



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de
Engenharia

A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES SÍSMICAS NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS EM CONCRETO ARMADO

PAULO DE SOUZA TAVARES MIRANDA

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto para
obtenção de Grau de Doutor em Engenharia Civil**

AREA DE ESPECIALIZAÇÃO: **Estruturas**

ORIENTADOR:
Humberto Salazar Amorim Varum

CO-ORIENTADOR:
Nelson Saraiva Vila Pouca

FEVEREIRO DE 2021



Universidade do Porto

FEUP Faculdade de Engenharia

A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES SÍSMICAS NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS EM CONCRETO ARMADO

PAULO DE SOUZA TAVARES MIRANDA

A presente tese foi submetida à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto como etapa parcial dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, sob a orientação científica do Doutor Humberto Salazar Amorim Varum, Professor de Engenharia Estrutural da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e co-orientação do Doutor Nelson Saraiva Vila Pouca, Professor de Engenharia Estrutural da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

FEVEREIRO DE 2021

Banca examinadora:

Presidente: Doutor Rui Manuel Carvalho Marques de Faria
 Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Porto

Membros: Doutor Sergio Hampshire de Carvalho Santos
 Professor Titular da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil

 Doutor Hugo Filipe Pinheiro Rodrigues
 Professor Associado da Universidade de Aveiro

 Doutor António José Coelho Dias Arêde
 Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

 Doutor Humberto Salazar Amorim Varum
 Professor Catedrático da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

*Dedico este trabalho à minha querida esposa **Priscila**, aos meus filhos **Giovanna, Guilherme e Gustavo**, aos meus pais **Paulo e Antônia**, aos meus irmãos **Soraia e Leonardo**, ao meu sogro **Afonso** e minha sogra **Maria**, por toda força, ajuda, dedicação, amor e compreensão.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos derramadas.

À minha família que me apoia de todas as formas e compreende minha ausência quando estou afastado do seu convívio, em especial, minha esposa Priscila, meus filhos Giovanna, Guilherme e Gustavo, meus pais Paulo de Souza e Antônia Tavares, meus irmãos Soraia e Leonardo, meu sogro Afonso e minha sogra Maria.

A todos os professores que durante minha vida estudantil e acadêmica contribuíram para construção do meu conhecimento.

À UFC - Universidade Federal do Ceará, instituição onde me formei e adquiri grau de Mestre em Engenharia Civil - Estruturas.

Ao IFCE - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Juazeiro; instituição da qual sou professor e permitiu meu afastamento para este período de aperfeiçoamento e qualificação.

Ao meu orientador, Professor Dr. Humberto Varum, pelos conhecimentos e experiências transmitidos, pela disponibilidade e principalmente pela amizade construída. Agradeço também à Professora Celeste Amorim, esposa do Professor Humberto, vossas filhas e parentes pelo acolhimento dado à minha família.

Ao meu co-orientador, Professor Dr. Nelson Vila Pouca, pelos ensinamentos e experiência transmitidos.

Aos amigos contemporâneos da FEUP, em especial e em ordem alfabética: Esequiel Mesquita, João Pantoja, Rodrigo Martins e Vitor Dacol.

Aos moradores do prédio 264 da Rua Boa Vista onde morei na maior parte do tempo em que estive em Porto, em especial ao casal amigo, Valentim Moraes e Manuela Pereira, seus filhos e parentes, a quem sou eternamente grato pelo convívio e amizade construída.

Aos amigos e colaboradores da Paulo Filho Engenharia e Consultoria Estrutural, Jailson Gonçalves e Lucas Fernandes, que em minha ausência zelaram pelos compromissos da empresa.

Ao meu amigo, o Engenheiro Marcos Carnaúba, que é grande incentivador, colaborador e divulgador dos meus trabalhos, artigos e palestras relacionados aos assuntos abordados em minha tese de doutoramento.

Aos Professores do curso de Arquitetura da UFC – Universidade Federal do Ceará: o Arquiteto Paulo Costa pela amizade, informações e contatos disponibilizados, o Engenheiro Civil Paulo Cunha pela prestatividade e informações compartilhadas e a Arquiteta Beatriz Diógenes pela disponibilidade e pelo envio do livro de sua autoria.

Aos Professores do curso de Engenharia Civil da cidade de Fortaleza pela disponibilidade e compartilhamento de informações sobre as estruturas dos edifícios residenciais da cidade: Engenheiro Aldo Oliveira (UFC), Engenheiro Eduardo Cabral (UFC), Engenheiro Joaquim Mota (UFC) e Engenheiro Sérgio Santos (IFCE).

Aos Professores Alberto Veloso (UnB), Marcelo Assumpção (USP) e Engenheiro Sergio Hampshire (UFRJ) pelo incentivo e sugestões dadas nas áreas de Sismologia, Engenharia Sísmica e Estruturas ao longo da produção deste trabalho.

Aos Professores de Topografia por compartilharem informações sobre a topografia da cidade de Fortaleza: Janeide Ferreira (URCA) e Vidal de Figueiredo (IFCE).

Ao Engenheiro Yuri Rocha pelos contatos e informações disponibilizadas sobre o solo da cidade de Fortaleza.

À Prefeitura Municipal de Fortaleza, na pessoa do Sr. Francisco Hécio, Chefe de Cadastro Imobiliário da Secretaria Municipal de Finanças, que forneceu a base de dados referente ao parque edificado da cidade de Fortaleza.

À ABECE – Associação Brasileira de Engenharia Estrutural e ao IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto, nas pessoas da Sra. Elaine Silva e do Sr. Fábio Pedroso respectivamente, pelo apoio na divulgação do questionário. Agradeço também a participação dos 384 Engenheiros e Engenheiras que gentilmente responderam ao questionário.

Ao IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística na pessoa do Sr. Dimas Lacerda por disponibilizar informações referentes ao parque edificado e população da cidade de Fortaleza.

RESUMO

Por ser um país de considerável estabilidade sísmica, o Brasil conta atualmente com pequenos investimentos e poucos pesquisadores ligados ao estudo sísmico. No entanto, as características construtivas das edificações brasileiras apontam para a necessidade de estudos mais profundos visando a redução da vulnerabilidade sísmica mesmo em situações de sismos moderados. Dentro deste contexto e impulsionada pela uniformização das normas técnicas no continente sul-americano associado ao maior registro de sismos no Brasil nos últimos anos a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas publicou em 2006 a NBR 15421 – projetos de estruturas resistentes a sismos, que trata da obrigatoriedade da consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de edificações. Devido à baixa sismicidade brasileira, muitos projetistas de estruturas desconhecem a norma e relutam em adotar os procedimentos nela estabelecidos, fato comprovado a partir das respostas de um questionário enviado a Engenheiros de todos os estados brasileiros. Para avaliar a influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado, foram realizadas várias análises em estruturas modelo que representam o parque edificado de Fortaleza, capital do estado do Ceará e a cidade de maior risco sísmico no Brasil. Os resultados apresentam as possíveis ações sísmicas (S) aplicadas nas estruturas frente à um cenário sísmico e relacionam também estas ações com aquelas obtidas a partir do vento (V) definindo assim o parâmetro S/V. Tais análises foram realizadas em todos os 120 bairros da cidade e avaliadas e interpretadas considerando características particulares das edificações como número de pavimentos, período em que foram projetadas, características das estruturas etc. Os valores encontrados do parâmetro S/V expõem claramente a dúvida quanto ao comportamento sísmico das estruturas em concreto dos edifícios residenciais da cidade de Fortaleza, principalmente aqueles mais baixos.

Palavras-chave: Ações sísmicas, estruturas de concreto, edificações brasileiras.

ABSTRACT

As a country of considerable seismic stability, Brazil currently presents small investments and few researchers working on seismic field. However, the constructive characteristics of Brazilian buildings point to the need for further studies aimed at reducing seismic vulnerability even in situations of moderate seismicity. In this context and driven by the standardization of technical codes in the South American associated with the largest record of earthquakes in Brazil in recent years, ABNT - Brazilian Association of Technical Standards published in 2006 the Brazilian seismic code, NBR 15421 - designs of seismic resistant structures, that deals with the mandatory consideration of seismic actions in building structure designs. Due to the low Brazilian seismicity, many structural Engineers are unaware of the code and are reluctant to adopt the procedures established in it, a fact proven by the responses to a questionnaire sent to Engineers from all Brazilian states. In order to assess the influence of seismic actions on Brazilian reinforced concrete buildings, several analyzes were carried out on model structures that represent the buildings in Fortaleza, capital of the state of Ceará and the city with the highest seismic risk in Brazil. The results present the possible seismic actions (S) applied to the structures in a seismic scenario and relate these actions to those obtained from the wind (V) defining this way the S/V parameter. Such analyzes were carried out in all 120 districts of the city and evaluated and interpreted considering characteristics of the buildings such as number of floors, period in which they were designed, structures characteristics etc. The S/V parameter values found clearly expose the doubtful seismic behavior of residential buildings in the city of Fortaleza, especially the lower ones.

Keywords: Seismic actions, concrete structures, Brazilian buildings.

Lista de abreviaturas e siglas

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland
ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC – Acre
ACI – *American Concrete Institute*
ACIC – *Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica*
AL – Alagoas
AM – Amazonas
AP – Amapá
ASCE – *American Society of Civil Engineers*
BA – Bahia
CAA – Classe de Agressividade Ambiental
CE – Ceará
CEN – Comitê Europeu de Normatização
CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CPRM - Serviço Geológico do Brasil
CREA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CSI – *Computer and Structures, Inc.*
DCH - *Ductility Class High*
DCL – *Ductility Class Low*
DCM - *Ductility Class Medium*
DF – Distrito Federal
DIF I – Distrito Industrial de Fortaleza
EC – EUROCÓDIGO
ES – Espírito Santo
EUA – Estados Unidos da América
FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
GEM - *Global Earthquake Model*
GFZ-Potsdam – *GeoForschungsZentrum Potsdam*
GO – Goiás
GSHAP - *Global Seismic Hazard Assessment Program*
GSHM - *Global Seismic Hazard Map*
IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências da USP
IBC – *International Building Code*
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto
ICC – *International Code Council*
IES – Instituições de Ensino Superior
INN - *Instituto Nacional de Normalizacion*
INPRES – *Instituto Nacional de Prevencion Sismica*
IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
LabSis – Laboratório Sismológico
MA – Maranhão
MCT – *Ministerio de Ciencia y Tecnologia*
ME - Método Espectral
MFHE - Método das Forças Horizontais Equivalentes
MG – Minas Gerais
MHAT - Método dos Históricos de Acelerações no Tempo
MM – *Mercalli* Modificada (escala de intensidade sísmica)
MS – Mato Grosso do Sul
MT – Mato Grosso
MVCS – *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*
NB – Norma Brasileira
NBR – Norma Brasileira
NEC - *Norma Ecuatoriana de la Construcción*
ON - Observatório Nacional
ONU – Organização das Nações Unidas
PA – Pará
PB – Paraíba
PDCF - Plano Diretor da Cidade de Fortaleza
PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
PE – Pernambuco
PI – Piauí
PIB - Produto Interno Bruto
PLNADIRF – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza
PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza
PR – Paraná
PUC-RJ – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
RJ – Rio de Janeiro
RMF - Região Metropolitana de Fortaleza
RN – Rio Grande do Norte
RO – Rondônia
RR – Roraima

RS – Rio Grande do Sul
RSBR - Rede Sismográfica do Brasil
SC – Santa Catarina
SE – Sergipe
Sefin – Secretaria de Finanças do Município de Fortaleza
SEI 7 – *Structures Engineering Institute 7*
SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará
SER - Secretarias Executivas Regionais
SIB - *Sociedad de Ingenieros de Bolivia*
SP – São Paulo
SPT – *Standard Penetration Test*
TO - Tocantins
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UnB – Universidade de Brasília
UNESP – Universidade Estadual Paulista
UNIVASF – Universidade Federal do Vale do São Francisco
USGS - *United States Geological Survey*
USP - Universidades de São Paulo
WWSSN - *World-Wide Standard Seismograph Network*

Lista de símbolos

$\psi_{0j,ef}$ – fator de combinação efetivo de cada uma das demais variáveis que podem agir concomitantemente com a ação principal F_{Q1} , durante a situação transitória

$\psi_{0j}F_{Qj,k}$ – valor reduzido de combinação de cada uma das demais variáveis

γ_q – coeficiente de majoração de cargas acidentais

γ_g – coeficiente de majoração de cargas permanentes

Δx – deslocamentos relativos dos pavimentos

$\bar{X}_j$ – média da amostra do grupo

$\bar{v}_s$ – velocidade média de propagação de ondas de cisalhamento – NBR 15421

$\bar{N}$ – número médio de golpes obtido no ensaio SPT - NBR 6484

$\bar{\bar{X}}$ – grande média

A – área

A_c – área concreto

A_c – área construída

A_f – área de forma

a_g – aceleração sísmica horizontal característica – NBR 15421

a_{gs0} – aceleração espectral para o período de 0,0s – NBR 15421

a_{gs1} – aceleração espectral para o período de 1,0s – NBR 15421

A_s – área aço

b – base

b_w – base da seção

C_a – fator de amplificação sísmica no solo, para os períodos de 0,0s – NBR 15421

C_s – coeficiente de resposta sísmica – NBR 15421

C_{up} – coeficiente de limitação do período – NBR 15421

C_v – fator de amplificação sísmica no solo, para os períodos de 1,0s – NBR 15421

C_{vx} – coeficiente de distribuição vertical – NBR 15421

d_i – espessura de cada uma das camadas do subsolo em solo estratificado - NBR 15421

E_c – módulo de deformação do concreto

E_{ci} – módulo de deformação inicial do concreto

E_{mh} – efeitos sísmicos na horizontal com sobre-resistência – NBR 15421

E_v – efeitos sísmicos na direção vertical – NBR 15421

F_b – forças laterais a força na base da estrutura – EUROCÓDIGO 8

f_{ck} – resistência característica da resistência à compressão

$F_{Gi,k}$ – valor característico das ações permanentes

$F_{Ik,j}$ – forças de inércia ao nível de cada piso k

f_j – frequências de vibração da estrutura

F_o – variabilidade entre grupos pela variabilidade dentro dos grupos
 $F_{Q,exc}$ – valor da ação transitória excepcional
 $F_{Qi,k}$ – valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação
 F_x – força no eixo x
 F_x – força sísmica de projeto correspondente ao piso x
 F_y – força no eixo y
 g – aceleração da gravidade
 G – carga permanente
 gl – grau de liberdade
 h – altura
 H – força horizontal total na base da estrutura determinada pelo MFHE – NBR 15421
 h_i e h_x – alturas entre a base e as elevações i ou x , respectivamente – NBR 15421
 h_n – altura, em metros, da estrutura acima da base – NBR 15421
 H_t – força horizontal total na base determinada pelo processo espectral – NBR 15421
 I – fator de importância de utilização – NBR 15421
 i – inclinação
 I_c – momento de inércia da seção bruta do concreto
 $i-max$ – inclinação máxima
 k – número de grupos
 k – expoente de distribuição, relacionado ao período natural da estrutura T – NBR 15421
 m – massa total composta pelas cargas permanentes mais 30% das cargas acidentais – EUROCÓDIGO 8
 $M_{1tot,d}$ – momento de tombamento
 MQ – média das variâncias das amostras
 M_t – momento de torção
 M_{ta} – momento torsional acidental
 N_i – número médio de golpes obtido no ensaio SPT em solos estratificados nas diversas camadas i – NBR 15421
 n_j – número de amostras do grupo (contagem)
 Pa – peso do aço
 P_R – probabilidade de o evento ser ultrapassado
 q – coeficiente de comportamento – EUROCÓDIGO 8
 R – coeficiente de modificação de resposta – NBR 15421
 r – relação entre as frequências dos modos i e j
 R^2 – coeficiente de determinação
 S – coeficiente do solo – EUROCÓDIGO 8
 S/V – sismo/vento (parâmetro)
 $S_a(T)$ – aceleração espectral – NBR 15421
 $S_d(T)$ – espectro de resposta de cálculo – EUROCÓDIGO 8
 S_j – variância da amostra do grupo
 SQ – soma das variâncias das amostras

T – período da estrutura

t – período de tempo

T_a – período natural aproximado da estrutura – NBR 15421

T_B – limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante – EUROCÓDIGO 8

T_C – limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante – EUROCÓDIGO 8

T_D – valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante – EUROCÓDIGO 8

T_F – período de tempo

T_L – período que define a região do espectro governada pelo deslocamento máximo – EUROCÓDIGO 8

T_R – período de retorno

V_c – volume de concreto

v_j – modos de vibração da estrutura

w_i e w_x – parcelas do peso efetivo total que correspondem às elevações i ou x , respectivamente – NBR 51421

W_x – peso total da estrutura correspondente ao piso x , incluindo o peso operacional de todos os equipamentos fixados na estrutura e dos reservatórios de água – NBR 15421

X_j – valor da amostra do grupo

α_E – coeficiente em função do agregado

β – coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo horizontal, sendo recomendado no anexo nacional português o valor 0,2

γ_z – coeficiente Gama-Z

$\Delta M_{tot,d}$ – soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura

ΔS – diferença de ações sísmicas

ΔT – diferença de períodos

δx – deslocamentos absolutos das elevações

λ – fator de correção – EUROCÓDIGO 8

ξ – taxa de amortecimento

Ω_0 – coeficiente de sobre-resistência – NBR 15421

Sumário

<i>Lista de figuras</i>	xx
<i>Lista de tabelas</i>	xxxvi
1 . Introdução	1
1.1 Objetivos.....	9
1.1.1 Objetivo principal	9
1.1.2 Objetivos específicos	10
1.2 Originalidade e relevância.....	10
1.3 Resumos dos capítulos.....	11
1.4 Linha temporal	14
2 . Atividades sísmicas no Brasil.....	17
2.1 Breve histórico das atividades sísmicas no mundo	17
2.2 Atividades sísmicas no Brasil.....	20
2.2.1 Falhas sísmicas brasileiras.....	20
2.2.2 Histórico de atividades sísmicas no Brasil.....	24
2.2.3 Sismicidade da região Nordeste do Brasil	30
2.3 Efeitos dos sismos nas estruturas brasileiras	41
2.4 Conclusão.....	42
3 . NBR 15421:2006 – Norma sísmica brasileira	43
3.1 NBR 15421	43
3.1.1 Acelerações sísmicas horizontais.....	44
3.1.2 Espectro de resposta de projeto.....	46
3.1.3 Categorias sísmicas e métodos de cálculo	47
3.2 Comparação entre a NBR 15421, EUROCÓDIGO 8, SEI 7/ASCE e normas sul-americanas de dimensionamento sísmico	48
3.3 Comparação entre a NBR 6118, EUROCÓDIGO 8 e ACI-318.....	54
3.4 Conclusão.....	58
4 . Estudos para revisão da NBR 15421:2006.....	59
4.1 Propostas do novo mapa de sismicidade brasileira	59
4.1.1 O estado do Ceará	69
4.2 Proposta do novo espectro de resposta de projeto	74
4.3 Conclusão.....	76
5 . A adoção da NBR 15421:2006.....	77
5.1 Distribuição do questionário	78
5.2 Respostas do questionário.....	80
5.2.1 Informações pessoais	80
5.2.2 Aspectos gerais	81

5.2.3 Estrutura global do edifício	84
5.2.4 Detalhamentos	88
5.2.5 Ações sísmicas.....	93
5.3 Conclusão.....	107
6 . O parque edificado da cidade de Fortaleza.....	111
6.1 Levantamento do parque edificado de Fortaleza-CE	113
6.2 O parque edificado de Fortaleza-CE.....	123
6.3 Conclusão.....	142
7 . Topografia e solo da cidade de Fortaleza	143
7.1 A influência da topografia na avaliação sísmica.....	143
7.2 Topografia da cidade de Fortaleza.....	144
7.3 A influência do solo nas ações sísmicas.....	148
7.4 Características geológicas e geotécnicas da cidade de Fortaleza	149
7.5 Classificação dos solos de Fortaleza	154
7.6 Conclusão.....	162
8 . Métodos de cálculo.....	163
8.1 O Método Espectral	166
8.1.1 Verificação das forças obtidas pelo método espectral	171
8.2 O método das forças horizontais equivalentes.....	172
8.2.1 Determinação do período da estrutura.....	173
8.3 Conclusão.....	174
9 . Aplicação da NBR 15421:2006.....	175
9.1 Determinação dos períodos das estruturas	181
9.2 Cálculo das ações sísmicas.....	186
9.3 Verificação do dimensionamento dos edifícios	190
9.3.1 Verificação do Edifício 01.....	192
9.3.2 Verificação do Edifício 02.....	194
9.3.3 Verificação do Edifício 03.....	197
9.4 Comparação das ações com o EUROCÓDIGO 8.....	198
9.5 Conclusão.....	204
10 . Definição das estruturas modelo.....	205
10.1 Definição do número de pavimentos e áreas construídas	205
10.2 Definição das formas geométricas.....	208
10.3 Definição dos vínculos das fundações	215
10.4 Definição do tipo de solo	217
10.5 Definição das idades (períodos de normas).....	217
10.6 Definição dos vãos médios das vigas e alturas dos pavimentos.....	218
10.7 Definição dos carregamentos	218

10.8 Definição das seções e armaduras das peças estruturais	219
10.9 Definição das propriedades do concreto	220
10.9.1 Definição do f_{ck}	220
10.9.2 Definição dos cobrimentos	223
10.9.3 Definição dos módulos de elasticidade.....	224
10.10 Definição das considerações de cálculo	224
10.10.1 Discretização das lajes e definição dos vínculos	224
10.10.2 Consideração aproximada da não linearidade física.....	225
10.11 Definição da manutenção das seções dos pilares ao longo da altura.....	225
10.12 Nomenclatura das estruturas modelo	226
10.13 Consumos de materiais	227
10.14 Conclusão.....	229
11 . Distribuição das estruturas modelo por bairros.....	231
11.1 Distribuição nos bairros selecionados.....	231
11.2 Quantidade de modelos nos bairros	237
11.3 Conclusão.....	241
12 . Análise das estruturas modelo	243
12.1 Períodos das estruturas modelo	244
12.2 Forças sísmicas.....	249
12.3 Relação entre forças sísmicas (S) e forças de vento (V)	251
12.4 Direção determinante das ações para a avaliação do parâmetro S/V	253
12.5 Ações sísmicas espectrais	255
12.6 Fatores que influenciam nas ações sísmicas espectrais verificadas	258
12.6.1 Classe de resistência do concreto.....	259
12.6.2 Classe de pavimento.....	260
12.6.3 Classe de forma.....	261
12.6.4 Classe de modelo	262
12.6.5 Classe de período de tempo	263
12.6.6 Classe de terreno	264
12.7 Fatores que influenciam nas ações sísmicas espectrais iniciais	265
12.8 Relação entre a esbeltez e as ações sísmicas	269
12.9 Conclusão.....	271
13 . Apresentação dos resultados.....	273
13.1 Valores de S/V por classes de pavimentos	280
13.1.1 Edifícios de classe de pavimento PA01.....	280
13.1.2 Edifícios de classe de pavimento PA02.....	285
13.1.3 Edifícios de classe de pavimento PA03.....	290
13.1.4 Edifícios de classe de pavimento PA04.....	295

13.1.5 Edifícios de classe de pavimento PA05.....	300
13.2 Exposição de edifícios e habitantes em função dos níveis de S/V	305
13.2.1 Nível N1 – $1,00 < S/V \leq 2,50$	310
13.2.2 Nível N2 – $2,50 < S/V \leq 4,00$	317
13.2.3 Nível N3 – $4,00 < S/V \leq 5,50$	325
13.2.4 Nível N4 – $S/V > 5,50$	331
13.3 Conclusão.....	337
14 . Síntese e discussão dos resultados	339
14.1 Avaliação dos níveis do parâmetro S/V em cada classe de pavimento	341
14.1.1 Classe de pavimento PA01	341
14.1.2 Classe de pavimento PA02	343
14.1.3 Classe de pavimento PA03.....	344
14.1.4 Classe de pavimento PA04.....	345
14.1.5 Classe de pavimento PA05.....	346
14.2 Avaliação das classes de pavimento em cada nível do parâmetro S/V.....	347
14.2.1 Nível P1 – $S/V \leq 1,00$	347
14.2.2 Nível N1 – $1,00 < S/V \leq 2,50$	349
14.2.3 Nível N2 – $2,50 < S/V \leq 4,00$	350
14.2.4 Nível N3 – $4,00 < S/V \leq 5,50$	351
14.2.5 Nível N4 – $S/V > 5,50$	352
14.3 Exposição de habitantes em edificações térreas	353
14.3.1 Porcentagens dos habitantes dos bairros em edificações térreas	354
14.3.2 Porcentagens dos habitantes de Fortaleza em edificações térreas	357
14.4 Resumo nos bairros selecionados	361
14.5 Conclusão.....	367
15 . Conclusões e considerações finais	369
15.1 Eventos sísmicos recentes	374
15.2 Vulnerabilidade das estruturas de Fortaleza	375
16 . Trabalhos futuros.....	377
16.1 Nível de danos.....	377
16.2 Modelagem das alvenarias	378
16.3 Componentes não-estruturais	379
16.4 Efeito nas edificações térreas	380
Bibliografia	383
Apêndices	395
Apêndice A - Grupos de pesquisa relacionados à área sísmica no Brasil	395
Apêndice B - Comparação entre normas de detalhamento sísmico	403
Apêndice C - Questionário	421

Apêndice D - Características do parque edificado dos bairros de Fortaleza	425
Apêndice E - Características topográficas e geológicas dos bairros de Fortaleza	545
Anexos.....	605
Anexo A - Mapas de gabaritos máximos da cidade de Fortaleza	605

Lista de figuras

Figura 1.1. Material de paredes externas - 1991 [6]	3
Figura 1.2. Material de paredes externas – 2010 [6].....	3
Figura 1.3. Domicílios em situação urbana [6].....	4
Figura 1.4. Sistema construtivo de residência em alvenaria.....	5
Figura 1.5. Sistema construtivo de edifício em concreto com fechamentos em alvenaria	6
Figura 1.6. Vista da orla marítima de Fortaleza-CE [19]	9
Figura 1.7. Infográfico representativo do trabalho	13
Figura 2.1. Mapa político do Brasil	20
Figura 2.2. Mapa das principais falhas sísmicas brasileiras	22
Figura 2.3. Porcentagem por estados das extensões totais das falhas sísmicas brasileiras catalogadas	23
Figura 2.4. Taxa de concentração de falhas sísmicas em cada estado.....	24
Figura 2.5. Distribuição das estações sismográficas no Brasil nos últimos 10 anos [43].....	25
Figura 2.6. Mapa da sismicidade brasileira [27].....	26
Figura 2.7. Sismos I no Brasil	27
Figura 2.8. Sismos II no Brasil.....	28
Figura 2.9. Mapa político do estado do Ceará.....	31
Figura 2.10. Mapa das principais falhas sísmicas no estado do Ceará.....	31
Figura 2.11. Sismos I no estado do Ceará	32
Figura 2.12. Sismos II no estado do Ceará.....	32
Figura 2.13. Sismos I na região do Cariri	33
Figura 2.14. Sismos I na região do Litoral Leste.....	33
Figura 2.15. Sismos I na região do Maciço de Baturité	34
Figura 2.16. Sismos I na região do Sertão de Canindé	34
Figura 2.17. Sismos I na região do Sertão de Sobral	34
Figura 2.18. Sismos I na região do Centro Sul	35
Figura 2.19. Sismos I na região do Litoral Norte	35
Figura 2.20. Sismos I na região da Serra da Ibiapaba.....	35
Figura 2.21. Sismos I na região do Sertão de Crateús.....	36
Figura 2.22. Sismos I na região do Vale do Jaguaribe	36
Figura 2.23. Sismos I na região da Grande Fortaleza	36
Figura 2.24. Sismos I na região do Litoral Oeste / Vale do Curu	37
Figura 2.25. Sismos I na região do Sertão Central	37
Figura 2.26. Sismos I na região do Sertão dos Inhamuns	37
Figura 2.27. Localização de falhas e ocorrências sísmicas no estado do Ceará.....	38
Figura 2.28. Frequência de sismos e população das regiões do Ceará.....	40
Figura 2.29. Desabamento de casa na cidade de João Câmara –RN [5]	41

Figura 3.1. <i>Global Seismic Hazard Map</i> [52]	44
Figura 3.2. Fração do mapa relativa ao Brasil [52].....	44
Figura 3.3. Zonas sísmicas no Brasil [9].....	45
Figura 3.4. Espectro de resposta de projeto [9]	47
Figura 4.1. Mapa de sismicidade da NBR 15421 x frequência de Sismos I (a) e II (b)	60
Figura 4.2. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira (USP) [73]	61
Figura 4.3. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira x frequência de Sismos I (a) e II (b).....	62
Figura 4.4. Mapas de sismicidade brasileira: NBR 15421:2006 (a) e nova proposta (b)	62
Figura 4.5. Comparação da distribuição das acelerações sísmicas no território brasileiro	64
Figura 4.6. Falhas sísmicas x zonas sísmicas (a) NBR 15421 (b) proposta USP.....	64
Figura 4.7. Mapa de ameaça sísmica mundial [75].....	65
Figura 4.8. Mapa de exposição mundial [76]	65
Figura 4.9. Mapa de risco sísmico mundial [77]	66
Figura 4.10. Mapa de ameaça sísmica - Brasil [75].....	66
Figura 4.11. Mapa de exposição – Brasil [76].....	67
Figura 4.12. Mapa de risco sísmico – Brasil [77].....	67
Figura 4.13. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira [78].....	68
Figura 4.14. Mapas de sismicidade cearense: NBR 15421:2006 (a) e nova proposta USP (b)	69
Figura 4.15. Mapa de sismicidade da NBR 15421 x frequência de Sismos I (a) e II (b) - Ceará	70
Figura 4.16. Proposta do novo mapa de sismicidade (USP) x frequência de Sismos I (a) e II (b) - Ceará.....	70
Figura 4.17. Comparação da distribuição das acelerações sísmicas no território cearense	71
Figura 4.18. Falhas sísmicas x zonas sísmicas (a) NBR 15421 (b) proposta USP - Ceará.....	72
Figura 4.19. Mapa de ameaça sísmica – Ceará [75]	72
Figura 4.20. Mapa de exposição – Ceará [76].....	73
Figura 4.21. Mapa de risco sísmico – Ceará [77]	73
Figura 4.22. Proposta do novo mapa de sismicidade cearense [78].....	74
Figura 4.23. Proposta do novo espectro de resposta da NBR 15421 [78].....	75
Figura 4.24. Comparação dos espectros de resposta: NBR 15421 e Alves [78].....	75
Figura 5.1. Participação dos diversos canais de distribuição do questionário	79
Figura 5.2. Taxa de participação dos estados no questionário.....	80
Figura 5.3. Envolvimento dos respondentes em atividades acadêmicas	81
Figura 5.4. Produção de projetos em estruturas de concreto nos estados segundo os respondentes	82
Figura 5.5. Produção de projetos x mapas de sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)	82
Figura 5.6. Distribuição de território, projetos e população segundo a NBR 15421.....	83
Figura 5.7. Distribuição de território, projetos e população segundo a proposta do mapa (USP).....	84
Figura 5.8. Sistemas estruturais mais adotados no Brasil pelos respondentes.....	85
Figura 5.9. Mapa de isoplefas [7]	87
Figura 5.10. Detalhamento de pilar com estribos abertos	89
Figura 5.11. Adoção de estribos abertos nos nós.....	89

Figura 5.12. Adoção de estribos abertos x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)	90
Figura 5.13. Adoção de estribos abertos nos nós nas zonas sísmicas brasileiras.....	91
Figura 5.14. Cuidados adicionais nos detalhamentos	92
Figura 5.15. Nível de conhecimento da NBR 15421 no cenário nacional.....	93
Figura 5.16. Nível de conhecimento da NBR 15421	94
Figura 5.17. Conhecimento da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)	94
Figura 5.18. Conhecimento profundo da NBR 15421:2006.....	95
Figura 5.19. Conhecimento profundo da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP).....	95
Figura 5.20. Adoção das recomendações da NBR 15421	96
Figura 5.21. Adoção das recomendações da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)	97
Figura 5.22. Motivos para não adoção das recomendações da NBR 15421:2006	98
Figura 5.23. Consideração das ações sísmicas e de vento.....	99
Figura 5.24. Métodos de análise adotados nas estruturas de categoria sísmica A	100
Figura 5.25. Cuidados adotados em estruturas de categorias sísmicas B e C.....	102
Figura 5.26. Métodos de análises adotados nas estruturas de categoria sísmica B e C	102
Figura 5.27. Adoção de detalhamentos sísmicos.....	103
Figura 5.28. Adoção de detalhamentos sísmicos x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)	104
Figura 5.29. Cuidados adotados nos detalhamentos sísmicos	104
Figura 5.30. Normas sísmicas internacionais usadas como referências	105
Figura 5.31. Consideração de cuidados com componentes não-estruturais.....	106
Figura 5.32. Cuidados com componentes não-estruturais x sismicidade: (a) NBR 1542 (b) proposta (USP).....	106
Figura 5.33. Interesse em receber os resultados do trabalho	107
Figura 6.1. Posição de Fortaleza no estado do Ceará.....	112
Figura 6.2. Divisão dos bairros e Secretarias Executivas Regionais de Fortaleza	112
Figura 6.3. Evolução das unidades habitacionais - posição nos pavimentos	114
Figura 6.4. Evolução das unidades habitacionais - posição nos pavimentos	115
Figura 6.5. Taxas de crescimento - posição nos pavimentos.....	116
Figura 6.6. Orla marítima de Fortaleza – comparação entre 1975 e 2016 [87]	116
Figura 6.7. Fluxograma da caracterização das unidades edificadas da cidade de Fortaleza	117
Figura 6.8. Evolução das unidades habitacionais - materiais estruturais.....	117
Figura 6.9. Evolução das unidades habitacionais - materiais estruturais.....	118
Figura 6.10. Taxas de crescimento - materiais estruturais	119
Figura 6.11. Condomínio de blocos de apartamentos residenciais	121
Figura 6.12. Evolução da adoção dos materiais estruturais na cidade de Fortaleza.....	124
Figura 6.13. Evolução da expansão da quantidade de edifícios residenciais em Fortaleza	126
Figura 6.14. Comparativo de porcentagem de casas e apartamentos – Aldeota e Meireles	127
Figura 6.15. Fortaleza nas décadas de 1960 e 1970 [85].....	129
Figura 6.16. Edifícios residenciais da cidade de Fortaleza [86]	130
Figura 6.17. Expansão da quantidade de edifícios de 2 a 4 pavimentos na cidade de Fortaleza.....	131

Figura 6.18. Expansão da quantidade de edifícios de 5 a 8 pavimentos na cidade de Fortaleza.....	132
Figura 6.19. Expansão da quantidade de edifícios de 9 a 12 pavimentos na cidade de Fortaleza.....	133
Figura 6.20. Expansão da quantidade de edifícios de 13 a 20 pavimentos na cidade de Fortaleza.....	134
Figura 6.21. Expansão da quantidade de edifícios acima de 20 pavimentos na cidade de Fortaleza	135
Figura 6.22. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aldeota	137
Figura 6.23. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cocó.....	138
Figura 6.24. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dionísio Torres	139
Figura 6.25. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Meireles.....	140
Figura 6.26. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pici.....	141
Figura 7.1. Pavimentos defasados e alinhados (adaptado de [1])	144
Figura 7.2. Mapa topográfico da cidade de Fortaleza [93].....	145
Figura 7.3. Topografia do bairro Aldeota	145
Figura 7.4. Topografia do bairro Cocó	146
Figura 7.5. Topografia do bairro Dionísio Torres.....	146
Figura 7.6. Topografia do bairro Meireles	146
Figura 7.7. Topografia do bairro Pici.....	147
Figura 7.8. Mapa geológico simplificado do Ceará [95].....	150
Figura 7.9. Classificação do solo de Fortaleza – região Centro-Norte.....	152
Figura 7.10. Localização dos ensaios de SPT em Fortaleza [100].....	154
Figura 7.11. Divisão da cidade de Fortaleza em quadrantes	158
Figura 7.12. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos quadrantes	158
Figura 7.13. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos quadrantes	159
Figura 7.14. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos bairros	160
Figura 7.15. Classificação dos solos dos bairros de Fortaleza.....	162
Figura 8.1. Espectro de resposta do terremoto de El Centro - 1940.....	166
Figura 8.2. Espectros de resposta de projeto aplicados nas estruturas modelo.....	171
Figura 9.1. Fotos do Edifício 01	176
Figura 9.2. Fotos do Edifício 02.....	176
Figura 9.3. Fotos do Edifício 03.....	176
Figura 9.4. Forma do pavimento tipo do Edifício 01	177
Figura 9.5. Forma do pavimento tipo do Edifício 02.....	177
Figura 9.6. Forma do pavimento tipo do Edifício 03.....	177
Figura 9.7. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 01.....	178
Figura 9.8. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 02.....	178
Figura 9.9. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 03.....	178
Figura 9.10. Esquema do processo P-Delta [105].....	180
Figura 9.11. Modos de vibração do Edifício 01	183
Figura 9.12. Modos de vibração do Edifício 02	184
Figura 9.13. Modos de vibração do Edifício 03	185

Figura 9.14. Força sísmica total F_x na base dos edifícios	188
Figura 9.15. Força sísmica total F_y na base dos edifícios	188
Figura 9.16. Relação entre forças sísmicas variando os módulos de elasticidade.....	189
Figura 9.17. Ações sísmicas e de vento F_x na base dos edifícios.....	190
Figura 9.18. Ações sísmicas e de vento F_y na base dos edifícios.....	190
Figura 9.19. Forma do pavimento tipo do Edifício 01 – ações sísmicas em terreno classe D	193
Figura 9.20. Forma do pavimento tipo do Edifício 02 – ações sísmicas em terreno classe E.....	196
Figura 9.21. Espectro de resposta de projeto - Sismo 1 - solo C	200
Figura 9.22. Espectro de resposta de projeto - Sismo 1 - solo D	200
Figura 9.23. Forças sísmicas em solo C/D segundo o EUROCÓDIGO 8/NBR 15421.....	202
Figura 9.24. Forças sísmicas em solo D/E segundo o EUROCÓDIGO 8/NBR 15421.....	203
Figura 9.25. Forças sísmicas (F_y) em solos D e E.....	203
Figura 10.1. Geometrias adotadas nas estruturas modelo	209
Figura 10.2. Distribuição de todos os edifícios - <i>Google Earth</i>	209
Figura 10.3. Distribuição dos edifícios baixos retangulares - <i>Google Earth</i>	210
Figura 10.4. Distribuição dos edifícios altos retangulares - <i>Google Earth</i>	210
Figura 10.5. Distribuição dos edifícios altos em "L" - <i>Google Earth</i>	211
Figura 10.6. Distribuição dos edifícios altos em "T" - <i>Google Earth</i>	211
Figura 10.7. Metodologia de representatividade das estruturas modelo	212
Figura 10.8. Relação entre os percentis e as porcentagens representativas de cada modelo	213
Figura 10.9. Exemplo de edifícios que possuem apenas pilares como elementos verticais	216
Figura 10.10. Exemplo de edifícios que possuem pilares e pilares-parede como elementos verticais.....	216
Figura 10.11. CAA da cidade de Fortaleza - adaptada de [108].....	221
Figura 10.12. Distribuição das classes de agressividade da cidade de Fortaleza	222
Figura 10.13. Pórticos com vínculos rotulados (a) e engastados (b).....	225
Figura 10.14. Variação das seções dos pilares ao longo da altura da estrutura	226
Figura 11.1. Porcentagens de ocorrência de edifícios retangulares PA04 nos bairros selecionados.....	233
Figura 12.1. Períodos modais e analíticos das estruturas modelo.....	245
Figura 12.2. Períodos das estruturas modelo sobrepostos no espectro de resposta solo D.....	245
Figura 12.3. Períodos das estruturas modelo sobrepostos no espectro de resposta solo E	246
Figura 12.4. Forças sísmicas nas estruturas modelo - F_x	249
Figura 12.5. Forças sísmicas nas estruturas modelo – F_y	250
Figura 12.6. Forças sísmicas nas estruturas modelo - F	251
Figura 12.7. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo - F_x	252
Figura 12.8. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo – F_y	252
Figura 12.9. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo - F	253
Figura 12.10. Relação entre as ações e consumos de aço das estruturas modelo.....	255
Figura 12.11. Variações significativas na classe de concreto para a determinação das forças sísmicas	265
Figura 12.12. Variações significativas na classe de concreto para a determinação dos parâmetros S/V	266

Figura 12.13. Variações significativas na classe de pavimentos para a determinação das forças sísmicas	266
Figura 12.14. Variações significativas na classe de pavimentos para a determinação dos parâmetros S/V	267
Figura 12.15. Variações significativas na classe de forma para a determinação das forças sísmicas	267
Figura 12.16. Variações significativas na classe de forma para a determinação dos parâmetros S/V	267
Figura 12.17. Variações significativas na classe de modelo para a determinação das forças sísmicas	268
Figura 12.18. Variações significativas na classe de modelo para a determinação dos parâmetros S/V	268
Figura 12.19. Variações significativas na classe de períodos de tempo	268
Figura 12.20. Variações significativas na classe de terreno	269
Figura 12.21. Relação entre esbeltez e força sísmica espectral verificada	269
Figura 12.22. Relação entre esbeltez e o parâmetro S/V (espectrais verificadas).....	270
Figura 12.23. Relação entre esbeltez e força sísmica espectral inicial.....	270
Figura 12.24. Relação entre esbeltez e o parâmetro S/V (espectrais iniciais)	271
Figura 13.1. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando todos os edifícios.....	276
Figura 13.2. Parâmetro S/V em todos os edifícios: (a) espectral verificada (b) espectral inicial.....	277
Figura 13.3. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando todos os edifícios.....	277
Figura 13.4. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando todos os edifícios.....	278
Figura 13.5. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando todos os edifícios	278
Figura 13.6. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando todos os edifícios	279
Figura 13.7. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando todos os edifícios	279
Figura 13.8. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando todos os edifícios	280
Figura 13.9. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA01.....	281
Figura 13.10. Parâmetro S/V em edifícios PA01: (a) espectral verificada (b) espectral inicial.....	282
Figura 13.11. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA01.....	282
Figura 13.12. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA01	283
Figura 13.13. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA01	283
Figura 13.14. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA01.....	284
Figura 13.15. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA01	284
Figura 13.16. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA01.....	285
Figura 13.17. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA02.....	286
Figura 13.18. Parâmetro S/V em edifícios PA02: (a) espectral verificada (b) espectral inicial.....	287
Figura 13.19. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA02.....	287
Figura 13.20. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA02	288
Figura 13.21. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA02.....	288
Figura 13.22. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA02.....	289
Figura 13.23. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA02	289
Figura 13.24. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA02.....	290
Figura 13.25. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA03.....	291
Figura 13.26. Parâmetro S/V em edifícios PA03: (a) espectral verificada (b) espectral inicial.....	291
Figura 13.27. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA03.....	292

Figura 13.28. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA03	292
Figura 13.29. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA03	293
Figura 13.30. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA03	293
Figura 13.31. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA03	294
Figura 13.32. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA03	294
Figura 13.33. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA04	296
Figura 13.34. Parâmetro S/V em edifícios PA04: (a) espectral verificada (b) espectral inicial	296
Figura 13.35. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA04	297
Figura 13.36. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA04	297
Figura 13.37. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA04	298
Figura 13.38. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA04	298
Figura 13.39. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA04	299
Figura 13.40. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA04	299
Figura 13.41. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA05	301
Figura 13.42. Parâmetro S/V em edifícios PA05: (a) espectral verificada (b) espectral inicial	301
Figura 13.43. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA05	302
Figura 13.44. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA05	302
Figura 13.45. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA05	303
Figura 13.46. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA05	303
Figura 13.47. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA05	304
Figura 13.48. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA05	304
Figura 13.49. Distribuição dos habitantes de Fortaleza por bairros	306
Figura 13.50. Densidade demográfica dos bairros de Fortaleza	307
Figura 13.51. Área construída por área territorial dos bairros de Fortaleza	308
Figura 13.52. Indicação de quadras e ruas dos bairros de Fortaleza	308
Figura 13.53. Área construída por habitantes dos bairros de Fortaleza	309
Figura 13.54. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER I em situação N1	310
Figura 13.55. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER II em situação N1	311
Figura 13.56. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1	311
Figura 13.57. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER V em situação N1	312
Figura 13.58. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1	312
Figura 13.59. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER I em situação N1	313
Figura 13.60. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER II em situação N1	313
Figura 13.61. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER III em situação N1	314
Figura 13.62. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1	314
Figura 13.63. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1	315
Figura 13.64. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER I em situação N1	315
Figura 13.65. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER II em situação N1	316
Figura 13.66. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1	316

Figura 13.67. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1	317
Figura 13.68. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N2	318
Figura 13.69. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N2.....	318
Figura 13.70. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2	319
Figura 13.71. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N2.....	319
Figura 13.72. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2	320
Figura 13.73. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER V em situação N2.....	320
Figura 13.74. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2	321
Figura 13.75. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER I em situação N2	321
Figura 13.76. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER II em situação N2.....	322
Figura 13.77. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER III em situação N2.....	322
Figura 13.78. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2	323
Figura 13.79. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER II em situação N2	323
Figura 13.80. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER III em situação N2.....	324
Figura 13.81. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2	324
Figura 13.82. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2	325
Figura 13.83. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N3	326
Figura 13.84. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER II em situação N3.....	326
Figura 13.85. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N3.....	327
Figura 13.86. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N3	327
Figura 13.87. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N3.....	328
Figura 13.88. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N3	328
Figura 13.89. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER I em situação N3	329
Figura 13.90. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER II em situação N3	329
Figura 13.91. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER III em situação N3.....	330
Figura 13.92. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER IV em situação N3	330
Figura 13.93. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N3	331
Figura 13.94. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N4	332
Figura 13.95. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER II em situação N4.....	332
Figura 13.96. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N4.....	333
Figura 13.97. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N4	333
Figura 13.98. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N4.....	334
Figura 13.99. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N4	334
Figura 13.100. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER I em situação N4	335
Figura 13.101. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER II em situação N4	335
Figura 13.102. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER III em situação N4.....	336
Figura 13.103. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER IV em situação N4.....	336
Figura 13.104. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N4.....	337
Figura 14.1. Edifícios e seus respectivos habitantes em função do nível de S/V	340

Figura 14.2. Edifícios e respectivos habitantes em função da classe de pavimento.....	340
Figura 14.3. Edifícios de Fortaleza e respectivos habitantes por nível de S/V e classe de pavimentos	341
Figura 14.4. Distribuição dos edifícios PA01 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V	342
Figura 14.5. Edifícios PA01 e respectivos habitantes em função do nível de S/V	342
Figura 14.6. Distribuição dos edifícios PA02 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V	343
Figura 14.7. Edifícios PA02 e respectivos habitantes em função do nível de S/V	343
Figura 14.8. Distribuição dos edifícios PA03 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V	344
Figura 14.9. Edifícios PA03 e respectivos habitantes em função do nível de S/V	345
Figura 14.10. Distribuição dos edifícios PA04 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V	345
Figura 14.11. Edifícios PA04 e respectivos habitantes em função do nível de S/V	346
Figura 14.12. Distribuição dos edifícios PA05 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V	346
Figura 14.13. Edifícios PA05 e respectivos habitantes em função do nível de S/V	347
Figura 14.14. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação P1	348
Figura 14.15. Edifícios em situação P1 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento	348
Figura 14.16. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N1.....	349
Figura 14.17. Edifícios em situação N1 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento	349
Figura 14.18. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N2.....	350
Figura 14.19. Edifícios em situação N2 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento	351
Figura 14.20. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N3.....	351
Figura 14.21. Edifícios em situação N3 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento	352
Figura 14.22. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N4.....	352
Figura 14.23. Edifícios em situação N4 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento	353
Figura 14.24. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros	354
Figura 14.25. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER I	354
Figura 14.26. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER II	355
Figura 14.27. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER III.....	355
Figura 14.28. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER IV.....	356
Figura 14.29. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER V.....	356
Figura 14.30. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER VI.....	357
Figura 14.31. Residentes em casas e apartamentos térreos - porcentagem da população total.....	357
Figura 14.32. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER I - porcentagem da população total	358
Figura 14.33. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER II - porcentagem da população total	358
Figura 14.34. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER III - porcentagem da população total.....	359
Figura 14.35. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER IV - porcentagem da população total	359
Figura 14.36. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER V - porcentagem da população total.....	360
Figura 14.37. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER VI - porcentagem da população total	360
Figura 14.38. Edifícios dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos	365
Figura 14.39. Edifícios dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos - totais.....	365
Figura 14.40. Habitantes dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos.....	366

Figura 14.41. Habitantes dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos - totais	366
Figura 15.1. Mapa dos valores de S/V na cidade de Fortaleza	371
Figura 15.2. Edifícios residenciais de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais verificados).....	372
Figura 15.3. Habitantes em edifícios de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais verificados)	372
Figura 15.4. Edifícios residenciais de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais iniciais)	373
Figura 15.5. Habitantes em edifícios de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais iniciais)	373
Figura 16.1. Colapsos de edificações pelo mecanismo de <i>soft-storey</i> [129]	378
Figura 16.2. Edifício residencial sem fechamento de alvenarias no térreo	379
Figura 16.3. Residências do bairro Granja Portugal	381
Figura AP.1. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Álvaro Weyne.....	425
Figura AP.2. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aerolândia	426
Figura AP.3. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aeroporto	427
Figura AP.4. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aldeota	428
Figura AP.5. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Alto da Balança	429
Figura AP.6. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Amadeu Furtado	430
Figura AP.7. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Ancuri	431
Figura AP.8. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Antônio Bezerra.....	432
Figura AP.9. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Autran Nunes.....	433
Figura AP.10. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Barra do Ceará	434
Figura AP.11. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Barroso	435
Figura AP.12. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bela Vista	436
Figura AP.13. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Benfica	437
Figura AP.14. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Boa Vista.....	438
Figura AP.15. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bom Futuro	439
Figura AP.16. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bom Jardim	440
Figura AP.17. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bonsucesso	441
Figura AP.18. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cais do Porto	442
Figura AP.19. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cajazeiras	443
Figura AP.20. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cambeba.....	444
Figura AP.21. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Canindezinho.....	445
Figura AP.22. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Carlito Pamplona	446
Figura AP.23. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Centro.....	447
Figura AP.24. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cidade 2000.....	448
Figura AP.25. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cidade dos Funcionários	449
Figura AP.26. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Coaçu	450
Figura AP.27. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cocó	451
Figura AP.28. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Ceará I.....	452
Figura AP.29. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Ceará II.....	453
Figura AP.30. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Esperança	454

Figura AP.31. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Palmeiras.....	455
Figura AP.32. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Couto Fernandes	456
Figura AP.33. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cristo Redentor	457
Figura AP.34. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Curió	458
Figura AP.35. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Damas	459
Figura AP.36. Perfil dos edifícios residenciais do bairro De Lourdes	460
Figura AP.37. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Demócrito Rocha	461
Figura AP.38. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dendê	462
Figura AP.39. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dias Macêdo	463
Figura AP.40. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dionísio Torres	464
Figura AP.41. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dom Lustosa.....	465
Figura AP.42. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Edson Queiroz	466
Figura AP.43. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Engenheiro Luciano Cavalcante	467
Figura AP.44. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Farias Brito	468
Figura AP.45. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Fátima	469
Figura AP.46. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Floresta.....	470
Figura AP.47. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Genibaú	471
Figura AP.48. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Granja Lisboa	472
Figura AP.49. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Granja Portugal.....	473
Figura AP.50. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Guajeru.....	474
Figura AP.51. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Henrique Jorge.....	475
Figura AP.52. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Itaoca.....	476
Figura AP.53. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Itaperi	477
Figura AP.54. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jacarecanga.....	478
Figura AP.55. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jangurussu	479
Figura AP.56. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim América.....	480
Figura AP.57. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Cearense.....	481
Figura AP.58. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim das Oliveiras.....	482
Figura AP.59. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Guanabara	483
Figura AP.60. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Iracema.....	484
Figura AP.61. Perfil dos edifícios residenciais do bairro José Bonifácio.....	485
Figura AP.62. Perfil dos edifícios residenciais do bairro João XXIII.....	486
Figura AP.63. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Joaquim Távora	487
Figura AP.64. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jóquei Clube	488
Figura AP.65. Perfil dos edifícios residenciais do bairro José de Alencar	489
Figura AP.66. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Lagoa Redonda	490
Figura AP.67. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Manoel Sátiro	491
Figura AP.68. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Manuel Dias Branco.....	492
Figura AP.69. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Maraponga.....	493

Figura AP.70. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Meireles.....	494
Figura AP.71. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Messejana	495
Figura AP.72. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Mondubim	496
Figura AP.73. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Monte Castelo.....	497
Figura AP.74. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Montese	498
Figura AP.75. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Moura Brasil	499
Figura AP.76. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Mucuripe	500
Figura AP.77. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Novo Mondubim.....	501
Figura AP.78. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Olavo Oliveira	502
Figura AP.79. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Padre Andrade	503
Figura AP.80. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pan-americano	504
Figura AP.81. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Papicu.....	505
Figura AP.82. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parangaba	506
Figura AP.83. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Araxá	507
Figura AP.84. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Dois Irmãos.....	508
Figura AP.85. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Iracema	509
Figura AP.86. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Manibura.....	510
Figura AP.87. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Presidente Vargas	511
Figura AP.88. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Santa Maria	512
Figura AP.89. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Santa Rosa.....	513
Figura AP.90. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque São José	514
Figura AP.91. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parquelândia	515
Figura AP.92. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parreão	516
Figura AP.93. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Passaré.....	517
Figura AP.94. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Patriolino Ribeiro.....	518
Figura AP.95. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Paupina.....	519
Figura AP.96. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pedras.....	520
Figura AP.97. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pici	521
Figura AP.98. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pirambu	522
Figura AP.99. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Planalto Ayrton Senna.....	523
Figura AP.100. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia de Iracema.....	524
Figura AP.101. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia do Futuro I	525
Figura AP.102. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia do Futuro II	526
Figura AP.103. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Prefeito José Walter	527
Figura AP.104. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Presidente Kennedy.....	528
Figura AP.105. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Quintino Cunha.....	529
Figura AP.106. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Rodolfo Teófilo.....	530
Figura AP.107. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Sabiaguaba.....	531
Figura AP.108. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Salinas	532

Figura AP.109. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São Bento	533
Figura AP.110. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São Gerardo	534
Figura AP.111. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São João do Tauape.....	535
Figura AP.112. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Sapiranga	536
Figura AP.113. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Serrinha	537
Figura AP.114. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Siqueira	538
Figura AP.115. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Varjota.....	539
Figura AP.116. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vicente Pinzon.....	540
Figura AP.117. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Ellery	541
Figura AP.118. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Pery.....	542
Figura AP.119. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila União	543
Figura AP.120. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Velha.....	544
Figura AP.121. Topografia e geologia do bairro Álvaro Weyne.....	545
Figura AP.122. Topografia e geologia do bairro Aerolândia	545
Figura AP.123. Topografia e geologia do bairro Aeroporto	546
Figura AP.124. Topografia e geologia do bairro Aldeota	546
Figura AP.125. Topografia e geologia do bairro Alto da Balança.....	547
Figura AP.126. Topografia e geologia do bairro Amadeu Furtado	547
Figura AP.127. Topografia e geologia do bairro Ancuri.....	548
Figura AP.128. Topografia e geologia do bairro Antônio Bezerra	548
Figura AP.129. Topografia e geologia do bairro Autran Nunes	549
Figura AP.130. Topografia e geologia do bairro Barra do Ceará	549
Figura AP.131. Topografia e geologia do bairro Barroso	550
Figura AP.132. Topografia e geologia do bairro Bela Vista	550
Figura AP.133. Topografia e geologia do bairro Benfica	551
Figura AP.134. Topografia e geologia do bairro Boa Vista.....	551
Figura AP.135. Topografia e geologia do bairro Bom Futuro.....	552
Figura AP.136. Topografia e geologia do bairro Bom Jardim	552
Figura AP.137. Topografia e geologia do bairro Bonsucesso	553
Figura AP.138. Topografia e geologia do bairro Cais do Porto	553
Figura AP.139. Topografia e geologia do bairro Cajazeiras	554
Figura AP.140. Topografia e geologia do bairro Cambeba.....	554
Figura AP.141. Topografia e geologia do bairro Canindezinho	555
Figura AP.142. Topografia e geologia do bairro Carlito Pamplona	555
Figura AP.143. Topografia e geologia do bairro Centro.....	556
Figura AP.144. Topografia e geologia do bairro Cidade 2000.....	556
Figura AP.145. Topografia e geologia do bairro Cidade dos Funcionários	557
Figura AP.146. Topografia e geologia do bairro Coaçu	557
Figura AP.147. Topografia e geologia do bairro Cocó.....	558

Figura AP.148. Topografia e geologia do bairro Conjunto Ceará	558
Figura AP.149. Topografia e geologia do bairro Conjunto Ceará II.....	559
Figura AP.150. Topografia e geologia do bairro Conjunto Esperança	559
Figura AP.151. Topografia e geologia do bairro Conjunto Palmeiras	560
Figura AP.152. Topografia e geologia do bairro Couto Fernandes	560
Figura AP.153. Topografia e geologia do bairro Cristo Redentor	561
Figura AP.154. Topografia e geologia do bairro Curió	561
Figura AP.155. Topografia e geologia do bairro Damas.....	562
Figura AP.156. Topografia e geologia do bairro De Lourdes	562
Figura AP.157. Topografia e geologia do bairro Demócrito Rocha	563
Figura AP.158. Topografia e geologia do bairro Dendê	563
Figura AP.159. Topografia e geologia do bairro Dias Macêdo	564
Figura AP.160. Topografia e geologia do bairro Dionísio Torres	564
Figura AP.161. Topografia e geologia do bairro Dom Lustosa.....	565
Figura AP.162. Topografia e geologia do bairro Edson Queiroz	565
Figura AP.163. Topografia e geologia do bairro Engenheiro Luciano Cavalcante	566
Figura AP.164. Topografia e geologia do bairro Farias Brito	566
Figura AP.165. Topografia e geologia do bairro Fátima.....	567
Figura AP.166. Topografia e geologia do bairro Floresta.....	567
Figura AP.167. Topografia e geologia do bairro Genibaú	568
Figura AP.168. Topografia e geologia do bairro Granja Lisboa.....	568
Figura AP.169. Topografia e geologia do bairro Granja Portugal	569
Figura AP.170. Topografia e geologia do bairro Guajeru.....	569
Figura AP.171. Topografia e geologia do bairro Henrique Jorge.....	570
Figura AP.172. Topografia e geologia do bairro Itaoca.....	570
Figura AP.173. Topografia e geologia do bairro Itaperi	571
Figura AP.174. Topografia e geologia do bairro Jacarecanga.....	571
Figura AP.175. Topografia e geologia do bairro Jangurussu	572
Figura AP.176. Topografia e geologia do bairro Jardim América.....	572
Figura AP.177. Topografia e geologia do bairro Jardim Cearense	573
Figura AP.178. Topografia e geologia do bairro Jardim das Oliveiras	573
Figura AP.179. Topografia e geologia do bairro Jardim Guanabara	574
Figura AP.180. Topografia e geologia do bairro Jardim Iracema.....	574
Figura AP.181. Topografia e geologia do bairro José Bonifácio.....	575
Figura AP.182. Topografia e geologia do bairro João XXIII.....	575
Figura AP.183. Topografia e geologia do bairro Joaquim Távora.....	576
Figura AP.184. Topografia e geologia do bairro Jóquei Clube	576
Figura AP.185. Topografia e geologia do bairro José de Alencar	577
Figura AP.186. Topografia e geologia do bairro Lagoa Redonda	577

Figura AP.187. Topografia e geologia do bairro Manoel Sátiro	578
Figura AP.188. Topografia e geologia do bairro Manuel Dias Branco.....	578
Figura AP.189. Topografia e geologia do bairro Maraponga.....	579
Figura AP.190. Topografia e geologia do bairro Meireles.....	579
Figura AP.191. Topografia e geologia do bairro Messejana	580
Figura AP.192. Topografia e geologia do bairro Mondubim	580
Figura AP.193. Topografia e geologia do bairro Monte Castelo.....	581
Figura AP.194. Topografia e geologia do bairro Montese	581
Figura AP.195. Topografia e geologia do bairro Moura Brasil.....	582
Figura AP.196. Topografia e geologia do bairro Mucuripe	582
Figura AP.197. Topografia e geologia do bairro Novo Mondubim.....	583
Figura AP.198. Topografia e geologia do bairro Olavo Oliveira	583
Figura AP.199. Topografia e geologia do bairro Padre Andrade	584
Figura AP.200. Topografia e geologia do bairro Pan-Americano	584
Figura AP.201. Topografia e geologia do bairro Papicu.....	585
Figura AP.202. Topografia e geologia do bairro Parangaba	585
Figura AP.203. Topografia e geologia do bairro Parque Araxá	586
Figura AP.204. Topografia e geologia do bairro Parque Dois Irmãos.....	586
Figura AP.205. Topografia e geologia do bairro Parque Iracema	587
Figura AP.206. Topografia e geologia do bairro Parque Manibura.....	587
Figura AP.207. Topografia e geologia do bairro Parque Presidente Vargas	588
Figura AP.208. Topografia e geologia do bairro Parque Santa Maria	588
Figura AP.209. Topografia e geologia do bairro Parque Santa Rosa.....	589
Figura AP.210. Topografia e geologia do bairro Parque São José	589
Figura AP.211. Topografia e geologia do bairro Parquelândia	590
Figura AP.212. Topografia e geologia do bairro Parreão	590
Figura AP.213. Topografia e geologia do bairro Passaré.....	591
Figura AP.214. Topografia e geologia do bairro Patriolino Ribeiro.....	591
Figura AP.215. Topografia e geologia do bairro Paupina.....	592
Figura AP.216. Topografia e geologia do bairro Pedras.....	592
Figura AP.217. Topografia e geologia do bairro Pici	593
Figura AP.218. Topografia e geologia do bairro Pirambu	593
Figura AP.219. Topografia e geologia do bairro Planalto Ayrton Senna.....	594
Figura AP.220. Topografia e geologia do bairro Praia de Iracema.....	594
Figura AP.221. Topografia e geologia do bairro Praia do Futuro I	595
Figura AP.222. Topografia e geologia do bairro Praia do Futuro II.....	595
Figura AP.223. Topografia e geologia do bairro Prefeito José Walter	596
Figura AP.224. Topografia e geologia do bairro Presidente Kennedy.....	596
Figura AP.225. Topografia e geologia do bairro Quintino Cunha.....	597

Figura AP.226. Topografia e geologia do bairro Rodolfo Teófilo.....	597
Figura AP.227. Topografia e geologia do bairro Sabiaguaba.....	598
Figura AP.228. Topografia e geologia do bairro Salinas	598
Figura AP.229. Topografia e geologia do bairro São Bento	599
Figura AP.230. Topografia e geologia do bairro São Gerardo	599
Figura AP.231. Topografia e geologia do bairro São João do Tauape.....	600
Figura AP.232. Topografia e geologia do bairro Sapiranga.....	600
Figura AP.233. Topografia e geologia do bairro Serrinha	601
Figura AP.234. Topografia e geologia do bairro Siqueira	601
Figura AP.235. Topografia e geologia do bairro Varjota.....	602
Figura AP.236. Topografia e geologia do bairro Vicente Pinzon.....	602
Figura AP.237. Topografia e geologia do bairro Vila Ellery	603
Figura AP.238. Topografia e geologia do bairro Vila Pery.....	603
Figura AP.239. Topografia e geologia do bairro Vila União	604
Figura AP.240. Topografia e geologia do bairro Vila Velha.....	604
Figura AN.1. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 2128 de 1963 [92].....	605
Figura AN.2. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 4486 de 1975 [92].....	605
Figura AN.3. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 5122-A de 1979 [92].....	606
Figura AN.4. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 7987 de 1996 [92].....	606
Figura AN.5. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 062 de 2009 [92].....	607

Lista de tabelas

Tabela 1.1. Linha temporal	14
Tabela 2.1. Terremotos mundiais com magnitude maior ou igual a 7,0 graus - 2015 a 2017 [21]	18
Tabela 2.2. Alguns terremotos mundiais responsáveis por grandes catástrofes	19
Tabela 2.3. Falhas sísmicas brasileiras	22
Tabela 2.4. Quantidades e extensões das falhas sísmicas nos estados	23
Tabela 2.5. Frequência de sismos ocorridos no Brasil de 1724 a 2017.....	27
Tabela 2.6. Registro de ocorrência de terremotos (Sismos I e II) de 1724 a 2017.....	28
Tabela 2.7. Frequência de sismos e dados demográficos dos estados do Brasil.....	29
Tabela 2.8. Falhas sísmicas no estado do Ceará.....	32
Tabela 2.9. Cidades cearenses com presença de falhas e/ou atividades sísmicas	39
Tabela 2.10. Frequência de Sismos I e dados demográficos das regiões do Ceará.....	40
Tabela 2.11. Efeitos nas edificações brasileiras devido a alguns eventos sísmicos [21]*	41
Tabela 3.1. Zonas sísmicas brasileiras [9].....	45
Tabela 3.2. Categoria sísmica [9]	47
Tabela 3.3. Comparação entre normas de dimensionamento sísmico.....	49
Tabela 3.4. Limitações de uso do método das forças estáticas horizontais equivalentes e do método espectral ...	50
Tabela 3.5. Coeficientes de modificação de resposta das normas estudadas – adaptado de Arai [59].....	53
Tabela 3.6. Resumo da comparação entre normas de detalhamento.....	55
Tabela 3.7. Comparação entre dimensões mínimas dos pilares.....	57
Tabela 5.1. Meios de distribuição do questionário	79
Tabela 5.2. Distribuição de território, projetos e população segundo a NBR 15421	83
Tabela 5.3. Distribuição de território, projetos e população segundo a proposta do mapa (USP)	83
Tabela 5.4. Consideração das ações de vento nos projetos de estruturas de concreto - Brasil	88
Tabela 5.5. Consideração das ações de vento nos projetos de estruturas de concreto – Ceará.....	88
Tabela 5.6. Consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de concreto - Brasil	99
Tabela 5.7. Consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de concreto – Ceará	99
Tabela 5.8. Comparação entre as respostas no cenário brasileiro e cearense	108
Tabela 6.1. Secretarias Regionais de Fortaleza [6].....	112
Tabela 6.2. Informações disponibilizadas pela PMF	114
Tabela 6.3. Paredes externas dos domicílios de Fortaleza [6]	119
Tabela 6.4. Áreas construídas de estruturas em alvenaria e concreto na cidade de Fortaleza em 2017	124
Tabela 6.5. Unidades residenciais em casas e edifícios por bairros na cidade de Fortaleza em 2017	126
Tabela 6.6. Comparativo de porcentagem de casas e apartamentos – Aldeota e Meireles.....	127
Tabela 6.7. Porcentagem de apartamentos em 1980.....	128
Tabela 7.1. Características topográficas dos bairros selecionados.....	145
Tabela 7.2. Classes de terreno [9].....	148

Tabela 7.3. Fatores de amplificação sísmica do solo [9].....	149
Tabela 7.4. Classificação do solo das sondagens no bairro Meireles.....	152
Tabela 7.5. Ensaios de SPT da SER I.....	154
Tabela 7.6. Ensaios de SPT da SER II.....	155
Tabela 7.7. Ensaios de SPT da SER III.....	155
Tabela 7.8. Ensaios de SPT da SER IV.....	156
Tabela 7.9. Ensaios de SPT da SER V.....	156
Tabela 7.10. Ensaios de SPT da SER VI.....	157
Tabela 7.11. Ensaios de SPT da Regional VII.....	157
Tabela 7.12. Comparação entre as classificações do solo nas regiões.....	160
Tabela 7.13. Classificação dos solos dos bairros de Fortaleza.....	161
Tabela 8.1. Irregularidades estruturais no plano.....	164
Tabela 8.2. Irregularidades estruturais na vertical.....	164
Tabela 8.3. Considerações em função das irregularidades estruturais.....	165
Tabela 8.4. Categorias de utilização e fatores de importância de utilização [9].....	169
Tabela 8.5. Coeficientes de modificação de resposta [9].....	170
Tabela 8.6. Valores de C_T e α para definição do período aproximado da estrutura T_a [9].....	173
Tabela 8.7. Coeficiente de limitação de período [9].....	174
Tabela 9.1. Características dos edifícios residenciais.....	175
Tabela 9.2. Parâmetros Gama-Z e deslocamentos horizontais totais.....	180
Tabela 9.3. Quantitativos das estruturas.....	181
Tabela 9.4. Períodos das estruturas nos 12 primeiros modos de vibração.....	181
Tabela 9.5. Porcentagem de massa capturada na análise espectral.....	182
Tabela 9.6. Períodos fundamentais dos edifícios.....	182
Tabela 9.7. Coeficientes sísmicos dos edifícios.....	186
Tabela 9.8. Ações horizontais nos edifícios.....	187
Tabela 9.9. Ações sísmica e de vento na base dos edifícios.....	189
Tabela 9.10. Coeficientes de ponderação e fatores de combinação e redução.....	191
Tabela 9.11. Forças distribuídas no Edifício 01.....	192
Tabela 9.12. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 01 em solo D.....	193
Tabela 9.13. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 01 em solo D.....	194
Tabela 9.14. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 01 em solo E.....	194
Tabela 9.15. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 01 em solo D.....	194
Tabela 9.16. Forças distribuídas no Edifício 02.....	195
Tabela 9.17. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 02 em solo D.....	195
Tabela 9.18. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 02 em solo E.....	196
Tabela 9.19. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 02 em solo E.....	196
Tabela 9.20. Forças distribuídas no Edifício 03.....	197
Tabela 9.21. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 02 em solo E.....	198

Tabela 9.22. Parâmetros do espectro de resposta de projeto - Sismo 1.....	200
Tabela 9.23. Períodos aproximados T_1 [61]	201
Tabela 9.24. Ações nos edifícios pela NBR 15421 [9] e pelo EUROCÓDIGO 8 [61]	202
Tabela 10.1. Porcentagem de edifícios baixos e altos por bairros na cidade de Fortaleza	206
Tabela 10.2. Amostras dos edifícios de Fortaleza por bairros visualizados via <i>Google Earth</i>	207
Tabela 10.3. Número de pavimentos e área por pavimento das estruturas modelo	208
Tabela 10.4. Porcentagem de edifícios altos com geometria “L” e “T” por bairros na cidade de Fortaleza	208
Tabela 10.5. Médias e desvio padrão dos edifícios - <i>Google Earth</i>	210
Tabela 10.6. Geometrias das estruturas modelo	213
Tabela 10.7. Informações sobre as saliências das geometrias irregulares	214
Tabela 10.8. Pavimentos e dimensões das estruturas modelo	215
Tabela 10.9. Classes de terreno de Fortaleza e seus respectivos códigos.....	217
Tabela 10.10. Classificação dos períodos das estruturas modelo e as respectivas normas técnica vigentes.....	217
Tabela 10.11. Vãos médios das estruturas modelo	218
Tabela 10.12. Limites de dimensões e armaduras das peças dos modelos	219
Tabela 10.13. Classes do concreto das estruturas modelo até 2002.....	220
Tabela 10.14. Classes de agressividades dos bairros selecionados.....	221
Tabela 10.15. Classes de agressividades dos bairros de Fortaleza.....	222
Tabela 10.16. Classes do concreto das estruturas modelo a partir de 2003.....	223
Tabela 10.17. Cobrimentos mínimos [70].....	223
Tabela 10.18. Cobrimentos das estruturas modelo	223
Tabela 10.19. Módulos de elasticidade das estruturas modelo	224
Tabela 10.20. Vínculos das vigas nos pilares de extremidade.....	225
Tabela 10.21. Estruturas modelo segundo os períodos de tempo	228
Tabela 10.22. Estruturas modelo segundo as classes de concreto	228
Tabela 10.23. Estruturas modelo segundo as classes de forma	228
Tabela 10.24. Estruturas modelo segundo as classes de modelo.....	228
Tabela 10.25. Estruturas modelo segundo os números de pavimentos	229
Tabela 11.1. Porcentagem estimada de edifícios em Fortaleza e nos bairros selecionados.....	232
Tabela 11.2. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 2 a 4 pavimentos.....	234
Tabela 11.3. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 5 a 8 pavimentos.....	234
Tabela 11.4. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 9 a 12 pavimentos.....	234
Tabela 11.5. Distribuição dos edifícios “L” por bairros - 9 a 12 pavimentos.....	235
Tabela 11.6. Distribuição dos edifícios “T” por bairros - 9 a 12 pavimentos.....	235
Tabela 11.7. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 13 a 20 pavimentos.....	235
Tabela 11.8. Distribuição dos edifícios “L” por bairros - 13 a 20 pavimentos.....	236
Tabela 11.9. Distribuição dos edifícios “T” por bairros - 13 a 20 pavimentos.....	236
Tabela 11.10. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros – acima de 20 pavimentos	236
Tabela 11.11. Distribuição dos edifícios “L” por bairros – acima de 20 pavimentos	237

Tabela 11.12. Distribuição dos edifícios “T” por bairros – acima de 20 pavimentos	237
Tabela 11.13. Quantidade de estruturas modelo por bairros	237
Tabela 11.14. Estruturas representativas período PN01 a PN04 - bairro Aldeota	239
Tabela 11.15. Estruturas representativas ajustadas período PN01 a PN04 - bairro Aldeota	240
Tabela 11.16. Estruturas representativas período PN05 a PN07 - bairro Aldeota	241
Tabela 12.1. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_1	247
Tabela 12.2. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_2	248
Tabela 12.3. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_3	248
Tabela 12.4. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_4	248
Tabela 12.5. Relação entre as ações e consumos de aço das estruturas modelo - ações sísmicas e de vento	254
Tabela 12.6. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_1	256
Tabela 12.7. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_2	256
Tabela 12.8. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_3	257
Tabela 12.9. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_4	257
Tabela 12.10. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de concreto	259
Tabela 12.11. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de concreto	259
Tabela 12.12. Resumo dos valores de S/V variando a classe de concreto	260
Tabela 12.13. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de concreto	260
Tabela 12.14. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento	260
Tabela 12.15. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento	260
Tabela 12.16. <i>Tukey's test</i> dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento	260
Tabela 12.17. Resumo dos valores de S/V variando a classe de pavimento	261
Tabela 12.18. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de pavimento	261
Tabela 12.19. <i>Tukey's test</i> dos valores de S/V variando a classe de pavimento	261
Tabela 12.20. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma	261
Tabela 12.21. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma	261
Tabela 12.22. <i>Tukey's test</i> dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma	261
Tabela 12.23. Resumo dos valores de S/V variando a classe de forma	262
Tabela 12.24. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de forma	262
Tabela 12.25. <i>Tukey's test</i> dos valores de S/V variando a classe de forma	262
Tabela 12.26. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de modelo	262
Tabela 12.27. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de modelo	262
Tabela 12.28. Resumo dos valores de S/V variando a classe de modelo	263
Tabela 12.29. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de modelo	263
Tabela 12.30. <i>Tukey's test</i> dos valores de S/V variando a classe de modelo	263
Tabela 12.31. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de períodos de tempo	263
Tabela 12.32. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de períodos de tempo	263
Tabela 12.33. Resumo dos valores de S/V variando a classe de períodos de tempo	264
Tabela 12.34. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de períodos de tempo	264

Tabela 12.35. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno	264
Tabela 12.36. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno	264
Tabela 12.37. Tukey's test dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno.....	264
Tabela 12.38. Resumo dos valores de S/V variando a classe de terreno.....	264
Tabela 12.39. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de terreno.....	265
Tabela 12.40. <i>Tukey's test</i> dos valores de S/V variando a classe de terreno.....	265
Tabela 13.1. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto em Fortaleza	274
Tabela 13.2. Parâmetro S/V em todos os edifícios da cidade de Fortaleza	274
Tabela 13.3. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto na Aldeota.....	275
Tabela 13.4. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Cocó	275
Tabela 13.5. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Dionísio Torres	275
Tabela 13.6. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Meireles	275
Tabela 13.7. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Pici	275
Tabela 13.8. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA01 da cidade de Fortaleza.....	280
Tabela 13.9. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA02 da cidade de Fortaleza.....	285
Tabela 13.10. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA03 da cidade de Fortaleza.....	290
Tabela 13.11. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA04 da cidade de Fortaleza.....	295
Tabela 13.12. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA05 da cidade de Fortaleza.....	300
Tabela 13.13. Porcentagem de habitantes nos bairros da cidade de Fortaleza.....	305
Tabela 13.14. Densidade demográfica dos bairros da cidade de Fortaleza	306
Tabela 13.15. Área construída por área territorial dos bairros da cidade de Fortaleza.....	307
Tabela 13.16. Área construída por habitante dos bairros da cidade de Fortaleza	309
Tabela 13.17. Habitantes e ocupações dos bairros selecionados	310
Tabela 14.1. Edifícios e habitantes da Aldeota por nível de S/V e classe de pavimento.....	361
Tabela 14.2. Edifícios e habitantes do Cocó por nível de S/V e classe de pavimento	362
Tabela 14.3. Edifícios e habitantes do Dionísio Torres por nível de S/V e classe de pavimento	362
Tabela 14.4. Edifícios e habitantes do Meireles por nível de S/V e classe de pavimento	363
Tabela 14.5. Edifícios e habitantes do Pici por nível de S/V e classe de pavimento	364
Tabela 16.1. Ausência de fechamentos de painéis de alvenaria no nível térreo	379

1. Introdução

O modelo de ressalto elástico proposto pelo sismólogo americano Harry Fielding Reid em 1910 fundamenta o comportamento cíclico da ocorrência de terremotos. Regiões onde aconteceram fortes sismos nos últimos 100 mil anos, certamente sofrerão novos eventos [1]. Em termos de registros sísmicos, o Brasil possui informações de apenas algumas centenas de anos, sendo, portanto, muito otimista afirmar que sismos de grandes magnitudes nunca acontecerão no Brasil.

Nas regiões de bordas das placas tectônicas, o movimento relativo entre as placas é impedido pelo atrito. Quando a resistência de atrito é superada, ocorrem deslizamentos. Nestas regiões, a ocorrência de fortes terremotos é absolutamente maior que nas regiões centrais das placas, as chamadas regiões intraplacas. O Brasil está localizado na região central da placa sul-americana.

Nas regiões intraplacas, embora a probabilidade de ocorrência de sismos seja muito menor, a natureza estável dos solos provoca a propagação mais eficiente das ondas sísmicas, caracterizando estas regiões como áreas potencialmente perigosas para sismos catastróficos.

Em algumas situações no mundo, sismos de grande magnitude foram observados em regiões intraplacas causando grandes prejuízos. Terremotos de grande magnitude, em torno de 8,0 graus na escala Richter, ocorreram no centro e leste dos Estados Unidos da América [2].

Destacam-se ainda entre os sismos em regiões intraplacas que causaram grandes destruições: o sismo de magnitude 7,7 graus na escala Richter, ocorrido em 26 de janeiro de 2001 em Bhui, ou Gujarat, na Índia, que causou a morte de pelo menos 20 mil pessoas, muitos feridos e destruiu cerca de 339 mil edificações [3] e o sismo de magnitude 7,5 graus na escala Richter ocorrido em 27 de julho de 1976 em Tangshan, no nordeste da China, que matou 242 mil pessoas, podendo ter atingido de acordo com fontes não oficiais o número de 655 mil mortos e deixado pelo menos 700 mil pessoas feridas [4].

Os danos observados em sismos de regiões intraplacas podem ser intensos, não só pelas características geológicas destas regiões, mas também pela ausência de cuidados antissísmicos nas edificações e falta de treinamento da população para reagir à situação.

Considerando a ocorrência em outras partes do mundo de sismos de mesma ordem de magnitude dos maiores sismos efetivamente registrados no Brasil, em torno de 5,8 graus na escala Richter, situações de grandes destruições foram observadas. Em 25 de abril de 1966, um sismo de magnitude 5,2 graus na escala Richter ocorreu em Tashkent, capital do Uzbequistão, matando 1.800 pessoas, deixando mais de 69 mil pessoas desabrigadas e causando a destruição ou sérios danos em mais de 85 mil edificações. Em 21 de fevereiro de 2011, um outro sismo de magnitude 6,1 graus na escala Richter ocorreu na cidade de Christchurch, na Nova Zelândia, matando mais de 166 pessoas, deixando 1.500 feridos e destruindo ou danificando cerca de 100 mil edificações [5].

Para a mesma magnitude, a maior ou menor intensidade do sismo, refletida pela capacidade de destruição, está associada às características geotécnicas e topográficas da região, profundidade do foco, características construtivas das edificações e densidade demográfica.

As edificações brasileiras, em geral, possuem como material de fechamento externo: alvenaria com revestimento, alvenaria sem revestimento, madeira aparelhada, madeira aproveitada, palha, taipa revestida e taipa não revestida. Em termos de estruturas, os materiais mais utilizados são o concreto, o aço e a madeira. Tanto em residências quanto em edifícios residenciais, a combinação mais utilizada é a estrutura em concreto com fechamentos em alvenaria.

A Figura 1.1 representa a distribuição do uso dos diferentes materiais de fechamentos das edificações brasileiras no ano de 1991.

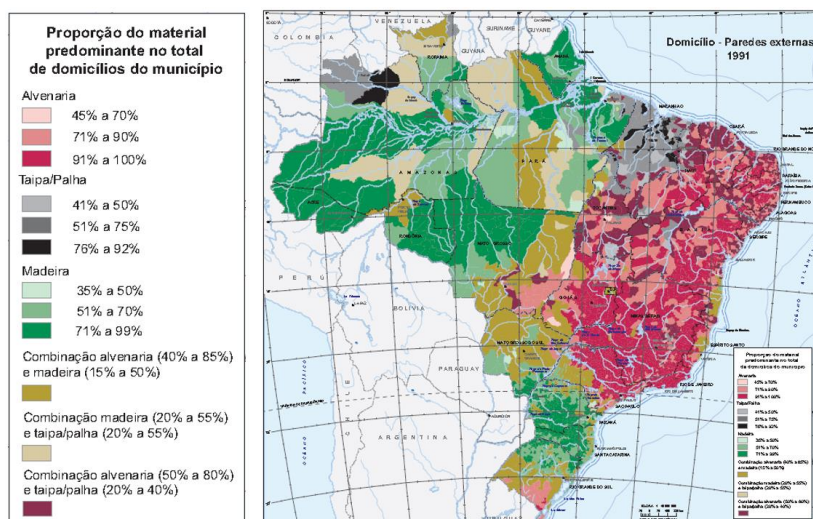


Figura 1.1. Material de paredes externas - 1991 [6]

Observa-se uma grande concentração de edificações em alvenaria na região Sudeste e grande parte da região Nordeste. Como as estruturas de concreto possuem em quase sua totalidade fechamentos externos em alvenaria, é justamente nestas mesmas regiões onde se concentram as estruturas de concreto.

O uso deste sistema construtivo, estrutura de concreto com fechamentos externos em alvenaria, vem crescendo no Brasil. Tal afirmação pode ser comprovada na Figura 1.2 que representa a distribuição do uso dos diferentes materiais de fechamentos das edificações brasileiras em 2010, ano do último censo oficial realizado no Brasil.

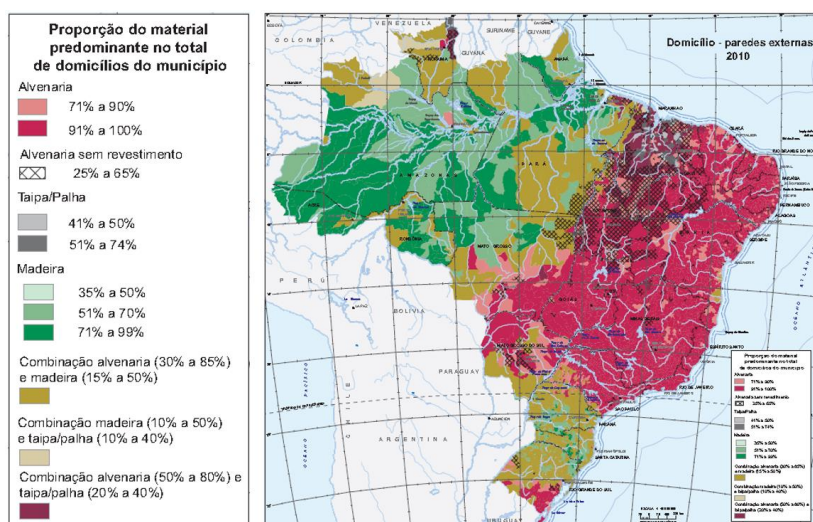


Figura 1.2. Material de paredes externas – 2010 [6]

Em termos de verticalização, as edificações brasileiras possuem a seguinte distribuição: casas - 84,0%, casas de vila ou condomínios - 2,0%, apartamentos - 12,4% e outros - 1,6% [6]. Casas correspondem às edificações de um ou mais pavimentos desde que ocupadas integralmente por um único domicílio, com acesso direto a um logradouro. Apartamentos localizados em edifícios correspondem às edificações de dois ou mais pavimentos com entradas independentes para os andares.

Observa-se na Figura 1.3 que os domicílios brasileiros em situação urbana se localizam na sua grande maioria nas áreas de utilização de alvenarias e estão concentrados principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste.

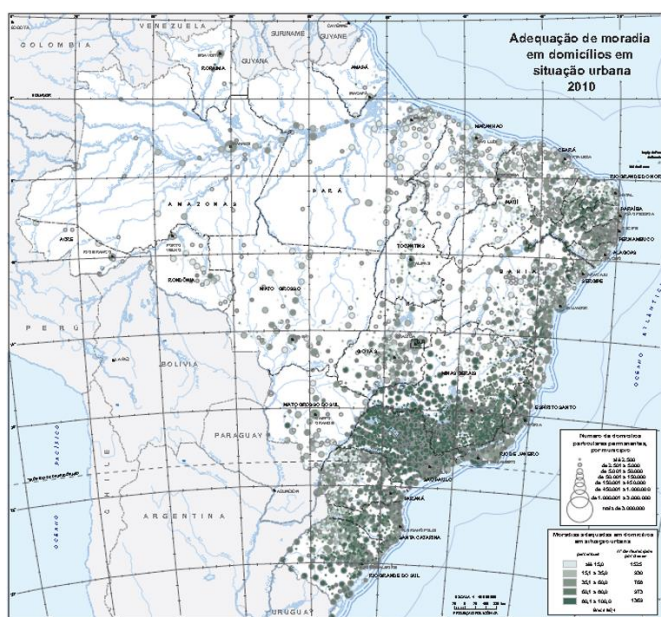


Figura 1.3. Domicílios em situação urbana [6]

A Figura 1.4 representa o sistema construtivo de residências em alvenaria. As residências, em geral, quando estruturadas, possuem estrutura de concreto bastante primária. As peças em concreto possuem mais função de amarração do que propriamente estrutural. Geralmente não há a presença de profissionais qualificados e habilitados na fase de projeto e execução. Os materiais muitas vezes são de baixa qualidade. Muitas das casas térreas não possuem lajes e quando possuem são do tipo treliçada. As cobertas são em estrutura de madeira com telhas cerâmicas e os fechamentos em alvenarias de blocos cerâmicos.

Este tipo de edificação, quando submetida às ações sísmicas, podem sofrer as seguintes consequências: fissuração das alvenarias, desabamento das cobertas e colapso parcial ou total.

Os problemas observados neste tipo de construção estão associados à falta de rigidez e de resistência das paredes devido ao processo construtivo usado, falta de travamento das paredes, má solução construtiva das cobertas que não travam as paredes e dão origem à presença de forças horizontais na zona mais crítica da parede, existência de descontinuidades arquitetônicas e ausência de estudos geológicos.



Figura 1.4. Sistema construtivo de residência em alvenaria

A Figura 1.5 representa o sistema construtivo de um edifício em concreto com fechamentos em alvenaria. Os edifícios de até 4 pavimentos em concreto armado, em geral, possuem lajes do tipo treliçada e fechamentos em alvenaria de blocos cerâmicos. Possuem pequenos vãos e muitos foram dimensionados sem levar em consideração o efeito do vento previsto na NBR 6123 [7]. Nestes edifícios, a fragilidade estrutural quando submetidos às ações sísmicas pode estar na ausência do cumprimento das normas técnicas, incluindo a relacionada à ação dos ventos e, na baixa qualidade dos materiais.

Os edifícios acima de 4 pavimentos, em geral, são dimensionados adequadamente seguindo os critérios das normas vigentes no período de projeto e construção. Possuem lajes do tipo treliçada, maciça e nervurada. Na grande maioria existe a presença de vigamentos. Os fechamentos também são em alvenaria de blocos cerâmicos. Uma particularidade observada é a presença de pé direito duplo no térreo com ausência de alvenarias de fechamento. Observa-se nos últimos 20 anos, uma forte tendência às ousadias arquitetônicas, evidenciadas nas irregularidades horizontais e verticais dos edifícios. Nestes edifícios, a fragilidade estrutural pode estar associada à possibilidade de *soft-storey* e à mudança abrupta das propriedades e características geométricas.

Mesmo que o efeito do vento seja levado em consideração nestas edificações, e considerando que essas ações possam ser maiores que as ações sísmicas, a ausência de detalhamento sísmico específico como forma e quantidade de estribos, ancoragens e traspases, principalmente nas zonas críticas, podem comprometer a resposta sísmica das estruturas de concreto [8].



Figura 1.5. Sistema construtivo de edifício em concreto com fechamentos em alvenaria

No ano de 2006, impulsionada pela verificação de maiores atividades sísmicas registradas no Brasil e pela necessidade de adequação das normas técnicas brasileiras às exigências internacionais visando uma maior integração econômica com outros países do mundo, a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, elaborou e publicou a NBR 15421 [9] - Projeto de estruturas resistentes a sismos [10].

A NBR 15421 [9] trata da obrigatoriedade da consideração das ações sísmicas nos projetos de novas estruturas. Devido à consideração da não simultaneidade das ações sísmicas e de vento estabelecida pela NBR 8681 [11] - Ações e segurança nas estruturas, percebe-se certa resistência por parte de alguns Engenheiros estruturais em aplicar os procedimentos previstos na norma de estruturas resistentes a sismos, alegando que os cuidados de projeto adotados para resistir às forças laterais de vento seriam suficientes para combater as eventuais ações sísmicas. Esta resistência por parte dos Engenheiros poderá ser constatada através da aplicação do questionário proposto neste trabalho.

Embora ainda em quantidade bastante reduzida, estudos considerando o efeito das ações sísmicas nas estruturas brasileiras têm sido desenvolvidos.

Santos e Lima [12] em um estudo comparativo entre os efeitos globais de forças sísmicas e de vento em dois tipos de edifício em concreto armado variando em altura de 1 a 50 pavimentos, localizados em

algumas cidades brasileiras, mostraram que em determinadas situações, nas zonas sísmicas 1, 2, 3 e 4, os efeitos das forças sísmicas apresentaram-se mais críticos que os efeitos devidos ao vento. Na cidade de Rio Branco-AC, localizada em zona sísmica 3, para qualquer uma das classes de terreno definidas na NBR 15421 [9], as forças cortantes e momentos fletores globais de sismo são claramente superiores aos de vento. Em Porto Velho-RO, em algumas situações, os efeitos do sismo também são superiores aos efeitos do vento. Em geral, os efeitos dos sismos são maiores aos efeitos do vento para edifícios de poucos pavimentos. As cargas de vento consideradas obedecem a NBR 6123 [7], com fatores topográfico e estatístico tomados iguais a 1,00 [12].

Parisenti [13] aplicando as ações sísmicas e variando as classes de terreno previstas na NBR 15421 [9] realizou a comparação dos efeitos dos sismos e do vento (adotando as recomendações da NBR 6123 [7]) em três edifícios modelo em concreto armado. A altura dos edifícios variando de 1 a 30 pavimentos na maioria das análises. Usando o método das forças estáticas equivalentes, nos edifícios menores que 10 pavimentos, os efeitos das ações sísmicas são maiores que os efeitos do vento, sendo maior ainda a diferença para edifícios de até 5 pavimentos. Mesmo para acelerações sísmicas horizontais características de $0,05g$ a consideração do efeito dos sismos pode gerar esforços significativos em comparação com os carregamentos usualmente considerados em projetos de edifícios no Brasil [13].

Galvão [14] usando as recomendações da NBR 15421 [9] analisou o comportamento estrutural de alguns elementos críticos de um edifício de escritórios com 12 pavimentos dotado de sistema sismo-resistente em pórticos e pilares-parede de concreto armado com detalhamento especial, localizado na cidade de Cruzeiro do Sul-AC, região de zona sísmica 4, e demonstrou ser necessária a adoção de alguns cuidados específicos de detalhamento de forma a tornar a estrutura mais dúctil [14].

Dantas [15] comparou as solicitações sísmicas e as de vento em um prédio residencial de 12 pavimentos com geometria composta por algumas irregularidades verticais e horizontais, padrão arquitetônico bastante usual no Brasil, localizado na cidade de Natal-RN, e verificou que as solicitações sísmicas apresentaram valores de momento fletores nas vigas em geral inferiores aos valores gerados pelas solicitações do vento, porém apresentando variações significativas e gerando momentos invertidos, o que pode representar grande risco estrutural. Com relação aos pilares, as solicitações geradas a partir das ações sísmicas geraram esforços cortantes próximos aos obtidos pelas solicitações do vento, porém os momentos fletores gerados na base devido às ações sísmicas foram bastante superiores. Na análise sísmica foi utilizado o método espectral e a análise de vento considerou velocidade de vento de 30 m/s e fatores topográfico e estatístico iguais a 1,0 [15]. Em um estudo considerando as forças sísmicas no

projeto de uma ponte localizada na região Nordeste, verificou-se um aumento de 18,0% no custo da superestrutura e 30,0% no custo da infraestrutura [16].

Mesmo considerando que as estruturas brasileiras possuam capacidade resistente para evitar o seu colapso parcial ou total, alguns cuidados construtivos para evitar o mau funcionamento de componentes não-estruturais quando submetidos a sismos de média magnitude também precisam ser observados. Colapsos de componentes não-estruturais podem causar vários danos incluindo ferimentos ou perda de vidas e prejuízos financeiros diretos ou indiretos [17].

Do ponto de vista sísmico, a situação confortável do cenário brasileiro expõe a fragilidade das estruturas, pois, diferente das cargas verticais que são facilmente verificadas a partir do momento em que são removidos os escoramentos, a verificação das cargas horizontais só é possível através de simulações numéricas ou experimentais, ou durante a aplicação real das cargas nas estruturas, sendo um exemplo de tais cargas horizontais, a ação sísmica [1]. Algumas edificações brasileiras, especialmente as de pequeno porte, são em geral construídas sem projetos específicos, com materiais inadequados e sem a participação de um profissional habilitado; em tais circunstâncias, mesmo não submetidas às cargas sísmicas, as edificações tendem a apresentar muitas patologias. As edificações também apresentam determinadas características tanto do ponto de vista arquitetônico quanto estrutural que levantam questionamentos quanto ao adequado comportamento quando submetidas às ações sísmicas. Outro aspecto que levanta questionamentos quanto à fragilidade das edificações brasileiras é o não cumprimento, em geral, de normas técnicas, incluindo a norma de ações sísmicas.

Como ainda não existem métodos confiáveis de previsão de sismos, a única maneira de reduzir as perdas é melhorar a capacidade resistente das edificações às ações sísmicas. Em alguns países, a falta de conhecimento na área sísmica e a dificuldade de recursos tornam a situação ainda mais difícil. Mesmo em países de baixa sismicidade, os investimentos em estudos sísmicos não devem ser motivo de crítica, mas sim um incentivo à compreensão do comportamento geológico e estrutural [5].

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo principal

Este trabalho tem como objetivo principal determinar as ações sísmicas atuantes nas estruturas correntes de concreto brasileiras e compará-las às ações de vento, notadamente os edifícios residenciais da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará.

Embora na região Norte do país existam áreas situadas em zonas de maior perigosidade sísmica segundo a NBR 15421 [9], a escolha da cidade de Fortaleza justifica-se pelos seguintes pontos:

1. Cidade localizada em zona sísmica 1 (50 km do limite para a zona sísmica 2);
2. Capital brasileira mais próxima de uma manifestação sísmica (sismo de magnitude 5,2 graus na escala Richter ocorrido em Pacajus-CE no ano de 1980);
3. Cidade com 2.452.185 habitantes segundo o censo de 2010 com estimativa segundo o IBGE de 2.627.482 habitantes em 2017;
4. Cidade com grande concentração de domicílios, contabilizando no ano de 2010, 710.066 unidades residenciais;
5. Presença de mais de 700 edifícios (acima de 10 pavimentos) [18];
6. Município de maior densidade demográfica do Brasil com 7.786,44 hab./km² [6];
7. Cidade com décimo maior PIB do Brasil [6].



Figura 1.6. Vista da orla marítima de Fortaleza-CE [19]

1.1.2 Objetivos específicos

- Estudar a norma brasileira de estruturas resistentes a sismos e compará-la com outras normas sísmicas;
- Pesquisar junto aos Engenheiros estruturais brasileiros o nível de conhecimento e adoção dos cuidados previstos na norma sísmica brasileira em seus projetos de estruturas de concreto armado;
- Fazer levantamento do parque edificado da cidade de Fortaleza-CE;
- Gerar modelos estruturais que representem o parque edificado de Fortaleza-CE;
- Realizar análises que permitam encontrar as ações sísmicas atuantes nos modelos estruturais representativos;
- Avaliar os resultados das análises comparando-os às ações de vento também atuantes nos modelos estruturais representativos em estudo.

1.2 Originalidade e relevância

Este trabalho apresenta como originalidade os seguintes aspectos:

1. Os modelos estruturais adotados em outros trabalhos não foram criados a partir de levantamentos e, portanto, não representam bem o parque edificado de uma cidade brasileira;
2. Nas análises em grande escala que comparam os efeitos do vento com os efeitos sísmicos, os parâmetros topográficos e de solo adotados não seguem critérios de mapeamento e não correspondem à realidade local.

Os aspectos seguintes constituem pontos de grande relevância:

1. São apresentadas além das acelerações previstas na NBR 15421 [9], as acelerações indicadas em estudos para a elaboração do novo mapa de sismicidade brasileira e consequente revisão da norma sísmica;
2. Observa-se em geral, que as ações de vento são superiores às ações sísmicas em edifícios altos. Já em edifícios de poucos pavimentos, as ações sísmicas são, em geral, superiores às ações de vento. O levantamento do parque edificado poderá apontar para a necessidade de avaliação detalhada dos edifícios de pouco pavimentos baseada na estimativa de perdas em função da população atingida.

1.3 Resumos dos capítulos

Este trabalho é composto por 16 capítulos. O primeiro corresponde à introdução, sendo abordadas a motivação, os objetivos, a originalidade e relevância do tema. São apresentados também um infográfico representativo do trabalho e a linha temporal. O segundo capítulo trata das atividades sísmicas no Brasil. Apresenta um breve histórico das atividades sísmicas no mundo, as atividades sísmicas no Brasil, no Nordeste brasileiro e em particular no estado do Ceará. Neste capítulo faz-se também uma apresentação dos efeitos dos sismos nas estruturas brasileiras.

O terceiro capítulo apresenta a norma sísmica brasileira, a NBR 15421 [9], comparando-a com outras normas sísmicas. O quarto capítulo apresenta estudos para a revisão da norma sísmica brasileira.

O quinto capítulo indica, através dos resultados extraídos de um questionário aplicado em nível nacional, o nível de conhecimento e adoção das recomendações da norma sísmica brasileira. São levantadas questões relacionadas à estrutura global dos edifícios, questões relacionadas ao detalhamento das estruturas correntes em concreto armado e questões relacionadas às ações sísmicas.

O sexto capítulo trata da caracterização do parque edificado da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, sendo destacados aspectos como o número de unidades habitacionais, número de pavimentos, idade das edificações, materiais utilizados etc. e exposta também a metodologia aplicada. O sétimo capítulo apresenta as características da topografia e do solo da cidade de Fortaleza descrevendo também a metodologia usada para classificar o solo segundo os parâmetros da norma sísmica brasileira.

O oitavo capítulo aborda os métodos de cálculo para determinação das ações sísmicas dando destaque aos métodos recomendados na norma sísmica brasileira e em especial os métodos usados neste trabalho, o método espectral e o método das forças horizontais equivalentes. No nono capítulo as recomendações da norma sísmica brasileira são aplicadas no dimensionamento e verificação de três edifícios residenciais em concreto armado e os valores das ações são comparados com os obtidos através do EUROCÓDIGO 8.

O décimo capítulo descreve o procedimento de criação dos modelos estruturais representativos do parque edificado de Fortaleza. A definição do número de pavimentos, áreas construídas, formas geométricas das plantas dos pavimentos, vínculos nas fundações, vãos médios e alturas dos pavimentos, carregamentos, seções das peças, propriedades do concreto etc.

No décimo primeiro capítulo, uma vez definido o parque edificado e idealizadas as diferentes estruturas modelo, estas são distribuídas por bairros observando as respectivas quantidades.

No décimo segundo capítulo as estruturas modelo são analisadas. São calculados os períodos das estruturas modelo e as forças sísmicas atuantes. São verificadas também as relações entre as forças sísmicas e de vento, neste trabalho chamadas de parâmetro S/V .

Conhecida a quantidade de cada uma das estruturas modelo por bairros e os resultados individuais das análises das estruturas modelo, os valores dos parâmetros S/V são apresentados no décimo terceiro capítulo sendo sintetizados e discutidos no décimo quarto capítulo.

No décimo quinto capítulo são apresentadas as conclusões e considerações finais e no décimo sexto e último capítulo são sugeridos assuntos para futuros trabalhos.

O infográfico da Figura 1.7 apresenta as acelerações sísmicas adotadas; a composição do parque edificado informando períodos de projeto, quantidades e número de pavimentos dos edifícios residenciais em concreto armado da cidade de Fortaleza-CE; a relação entre as ações sísmicas e as ações de vento (parâmetro S/V); e a estimativa da exposição de pessoas que habitam em edifícios. Detalhes de todas estas informações são apresentados ao longo do trabalho.

A INFLUÊNCIA DAS AÇÕES SÍSMICAS NAS EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS EM CONCRETO ARMADO

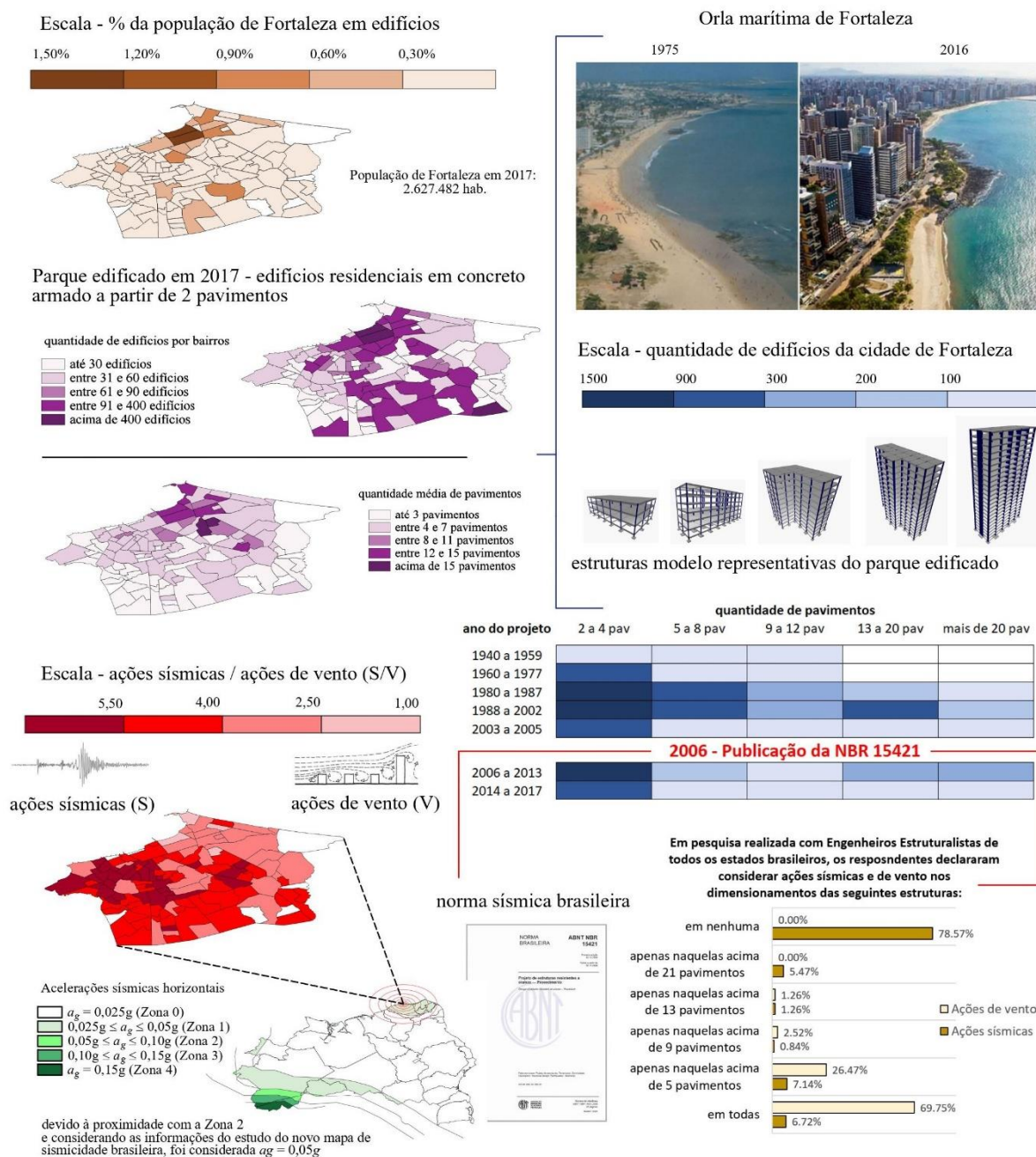


Figura 1.7. Infográfico representativo do trabalho

1.4 Linha temporal

Com o objetivo de proporcionar um melhor entendimento dos fatos ocorridos no Brasil e em Fortaleza e que são determinantes na formação dos cenários usados nas modelagens e análises deste trabalho, na Tabela 1.1, são apresentados acontecimentos que marcaram a economia, desenvolvimento, evolução dos materiais, normas e procedimentos relacionados às estruturas de concreto além do crescimento e verticalização da cidade de Fortaleza.

Tabela 1.1. Linha temporal



1726	• A pequena aglomeração nascida em torno do forte de N. S. da Assunção em meados do século XVII é elevada à categoria de vila.
1799	• Criada a Capitania do Ceará. Fortaleza torna-se capital e passa a funcionar como um porto exportador de algodão.
1810	• Fortaleza contava com 1.200 habitantes.
1910	• Uma estação sismográfica, pertencente à rede sismográfica de John Milne, foi instalada na ilha de Fernando de Noronha.
1911	• Primeira aplicação do concreto armado (então chamado cimento armado) de que se tem notícia em Fortaleza. Construção da sala de armas do Quartel do Batalhão de Segurança.
1920	• Fortaleza contava com 78.000 habitantes, dos quais uns 60.000 habitavam na área urbana.
1926	• Instalação da primeira fábrica de cimento no Brasil pela Companhia Brasileira de Cimento Portland.
1931	• Inaugurado o primeiro “arranha-céu” da cidade de Fortaleza com 8 pavimentos. Sua estrutura era constituída de pilares, vigas e lajes executados com trilhos de trem e foi reforçada posteriormente com uma amarração de concreto armado calculada pelo Engenheiro Archias Medrado.
1933	• Criados os Conselhos Federal e Regional de Engenharia e Arquitetura (CONFEA e CREA), com a finalidade de regulamentar de forma oficial e específica as atividades profissionais de Engenheiros e Arquitetos (Decreto 23569).
1935	• Construção do primeiro edifício de apartamentos em concreto armado da cidade de Fortaleza. O Edifício Carneiro com 5 pavimentos.
1936	• Fundação da ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.
1940	• Publicação da NB-01 - Projetos de estruturas de concreto (primeira norma técnica publicada no Brasil pela ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas); • Construção do Cine Diogo com 9 pavimentos na cidade de Fortaleza; • Fortaleza contava com 180.901 habitantes.
1947	• Construção do Edifício Prudência em Fortaleza com 7 pavimentos; • Inaugurado o Porto do Mucuripe.
1950	• Fortaleza contava com 270.169 mil habitantes.
1951	• Primeira grande seca no estado do Ceará (período de grande imigração de outras partes do estado); • Início das operações da cimenteira suíça Holcim no Brasil.
1955	• Instalada a UFC – Universidade Federal do Ceará a partir da união de várias instituições de ensino superior então existentes na cidade de Fortaleza: Escola de Agronomia do Ceará, Faculdade de Direito do Ceará, Faculdade de Medicina do Ceará e Faculdade de Farmácia e Odontologia do Ceará; • Sismo de magnitude 6,6 graus na escala Richter na Serra do Tombador-MT.
1956	• Fundação da Escola de Engenharia impulsionando a presença de profissionais especializados de Engenharia, que proporcionaram notável impulso às construções na cidade de Fortaleza.
1958	• Segunda grande seca no estado do Ceará (período de grande imigração de outras partes do estado).
1959	• Apenas 19,0% das unidades habitacionais de Fortaleza dispunham de água canalizada; • Início das atividades da cimenteira francesa Lafarge no Brasil.
1960	• Publicação da primeira revisão da NB-01 - Projetos de estruturas de concreto; • Fortaleza contava com 514.818 habitantes.
1963	• Publicação do PDCF - Plano Diretor da Cidade de Fortaleza aprovado pela Lei Nº 2128 e elaborado pelo Arquiteto Hélio Modesto, a Urbanista Adina Mera, o Engenheiro Mário Laranjeiras e o Sociólogo José Artur Rios; • Sismo de magnitude 5,1 graus na escala Richter em Manaus-AM.

1964	• Implantada a ditadura militar no Brasil; • Implantação do DIF I – Distrito Industrial de Fortaleza; • Sismo de magnitude 5,4 graus na escala Richter no noroeste do Mato Grosso do Sul.
1965	• A energia da Usina Hidrelétrica de Paulo Afonso chega a Fortaleza que era servida com precariedade desde 1912 pela companhia inglesa <i>Light</i>; • Uma das estações da WWSSN (<i>World-Wide Standard Seismograph Network</i>), financiada pelo programa americano Vela, foi instalada na cidade de Natal-RN.
1968	• Sismo de 4,6 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Pereiro no Ceará; • Os britânicos instalaram em Brasília uma estação WWSSN.
1970	• Fortaleza contava com 842.702 habitantes.
1972	• Criação da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), através do PLNADIRF – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza, compreendendo os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape, Pacatuba e Aquiraz; • Fundação do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto.
1973	• Sismo de 4,4 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Parazinho no Rio Grande do Norte; • Primeira crise do petróleo; • O Brasil passa a produzir cimentos com resistências aos 28 dias de 32 MPa e 40 MPa (antes limitadas a 25 MPa).
1974	• O grupo nacional Camargo Corrêa inaugurou sua primeira fábrica de cimento no Município de Apiaí-SP.
1975	• Publicação da Lei Municipal Nº 4486 que estabelecia zoneamentos e limitava gabaritos em Fortaleza.
1978	• Publicação da segunda revisão da NB-01 - Projetos de estruturas de concreto.
1979	• Publicação da Lei Municipal Nº 5122-A que estabelecia novos zoneamentos e limitação de gabaritos na cidade de Fortaleza; • Segunda crise do petróleo.
1980	• Adequação das normas técnicas ao Sistema Internacional de unidades; • A NB-01 assume a nomenclatura NBR 6118 - Projetos de estruturas de concreto; • Publicação da NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações; • Sismo de 5,2 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Pacajús no Ceará; • Fortaleza contava com 1.308.919 habitantes.
1981	• Publicação do Código de Obras e Posturas do Município de Fortaleza.
1982	• Primeiro edifício em sistema de lajes nervuradas na cidade de Fortaleza de autoria do Engenheiro Dácio Carvalho.
1983	• Sismo de 5,5 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Codajás-AM.
1986	• Sismo de 5,1 graus de magnitude na escala Richter na cidade de João Câmara-RN; • Fundação da TQS, empresa que cria, desenvolve e comercializa <i>softwares</i> para a elaboração de projetos de estruturas e fundações de edificações.
1988	• Publicação da NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações; • Sismo de 4,2 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Palhano no Ceará.
1989	• Fundação da AltoQi, empresa especializada na produção e comercialização de <i>softwares</i> de Engenharia; • Sismo de 5,0 graus de magnitude na escala Richter na cidade de João Câmara-RN.
1990	• Fortaleza contava com 1.766.794 habitantes; • Sismo de 5,0 graus de magnitude na escala Richter no Rio Grande do Sul.
1992	• Publicação do PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano através da Lei Municipal Nº 7061, estabelecendo novo zoneamento e limites de gabaritos na cidade de Fortaleza.
1994	• Lançamento do Plano Real, plano econômico que tinha como objetivo reduzir a inflação, ampliar o poder de compra da população e remodelar os setores econômicos nacionais; • Fundação da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural.
1996	• A AltoQi lança no mercado o Eberick, <i>software</i> de projetos estruturais em concreto armado; • Publicação da Lei de Uso e Ocupação do Solo – Lei Nº 7987, estabelecendo novo zoneamento e limites de gabaritos na cidade de Fortaleza.
1997	• Primeiros projetos de edifícios residenciais em concreto protendido com uso de monocordoalha engraxada na cidade de Fortaleza; • Início da operação da cimenteira portuguesa Cimpor no Brasil.
1998	• Sismo de 5,2 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Porto Gaúcho-MT.
2000	• Fortaleza contava com 2.138.234 habitantes.
2001	• Crise de energia elétrica nacional (apagão).
2003	• Publicação da terceira revisão da NBR 6118 – Projetos de estruturas de concreto; • Publicação da NBR 8681 – Ações e segurança nas estruturas; • Publicação da NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto.
2006	• Publicação da NBR 15421 – Projetos de estruturas resistentes a sismos.



2007	• Sismo de 6,1 graus de magnitude na escala Richter na divisa entre o Acre e o Amazonas; • Sismo de 4,9 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Itacarambi-MG provocando a primeira vítima fatal da história do Brasil além de deixar cinco feridos e várias casas destruídas.
2009	• Implantação do projeto Rede Sismográfica do Brasil que deverá cobrir todo o país; • Publicação do Plano Diretor Participativo – Lei Nº 062, estabelecendo novo zoneamento e limites de gabaritos na cidade de Fortaleza.
2010	• Fortaleza contava com 2.452.185 habitantes.
2011	• Os efeitos da grande crise econômica mundial passam a ser sentidos no Brasil.
2012	• Publicada a Lei Municipal Nº 9913 que dispõe sobre a obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos ou privados no âmbito do Município de Fortaleza.
2013	• O Brasil destaca-se como o quarto produtor mundial de cimento.
2014	• Publicação da quarta revisão da NBR 6118 – Projetos de estruturas de concreto.
2015	• Sismo de 7,6 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Tarauaca-AC.
2017	• Fortaleza contava com 2.627.482 habitantes.

2. Atividades sísmicas no Brasil

Por ser o Brasil um país de baixa atividade sísmica, poucos são os grupos de pesquisa e trabalhos publicados na área da Engenharia sísmica. De acordo com o censo 2016 publicado pelo CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, existiam naquele ano no Brasil, 37.640 grupos de pesquisa cadastrados na plataforma Lattes e 199.566 pesquisadores envolvidos. Os grupos ligados diretamente à área sísmica (Apêndice A), independente da área predominante de atuação, eram apenas 49 (0,13% do total) com 310 pesquisadores envolvidos (0,16% do total). Considerando as Engenharias como área predominante do estudo sísmico, o número de grupos resumia-se a apenas 10 [20]. Sabe-se também que existem alguns poucos pesquisadores atuando nesta área sem que façam parte de nenhum grupo de pesquisa cadastrado no CNPQ.

Mesmo levando em consideração a estabilidade sísmica brasileira, como exposto anteriormente, não há garantia de que desastres de média a grandes proporções nunca acontecerão, seja pela própria possibilidade de ocorrência de grandes sismos, seja pela fragilidade das construções brasileiras frente às ações sísmicas.

2.1 Breve histórico das atividades sísmicas no mundo

Responsáveis por catástrofes, os grandes terremotos, com magnitude em geral acima de 8,0 graus na escala Richter, acontecem em média uma vez por ano [8]. Sismos com magnitude acima de 7,0 graus,

dependendo da área onde aconteçam, da profundidade do foco e das condições das edificações, em geral, podem causar muitos danos e perdas. A Tabela 2.1 a seguir apresenta os terremotos com magnitude igual ou superior a 7,0 graus registrados no mundo nos anos de 2015 a 2017 [21], período de coleta de dados deste trabalho.

Tabela 2.1. Terremotos mundiais com magnitude maior ou igual a 7,0 graus - 2015 a 2017 [21]

Local	Data	Magnitude	Profundidade (km)
Tadine, Nova Caledonia	19/11/2017	7,0	10,0
Halabjah, Iraque	12/11/2017	7,3	19,0
Ayutla, Mexico	19/09/2017	7,1	48,0
Tres Picos, Mexico	08/09/2017	8,2	47,4
Nikol'skoye, Russia	17/07/2017	7,7	10,0
Panguna, Papua Nova Guiné	22/01/2017	7,9	135,0
Tabiauan, Filipinas	10/01/2017	7,3	627,2
Puerto Quellon, Chile	25/12/2016	7,6	38,0
Taron, Papua Nova Guiné	17/12/2016	7,9	94,5
Kirakira, Ilhas Salomão	08/12/2016	7,8	40,0
Amberley, Nova Zelândia	13/11/2016	7,8	15,1
Gisborne, Nova Zelândia	01/09/2016	7,0	19,0
Ilha de Ascensão	29/08/2016	7,1	10,0
Ilhas Georgia do Sul	19/08/2016	7,4	10,0
Ile Hunter, Nova Caledônia	12/08/2016	7,2	16,4
Agrihan, Ilhas Marianas do Norte	29/07/2016	7,7	196,0
Visokoi Island, Ilhas Georgia S./Sandwich S.	28/05/2016	7,2	78,0
Norsup, Vanuatu	28/04/2016	7,0	24,0
Muisne, Equador	16/04/2016	7,8	20,6
Kumamoto-shi, Japão	15/04/2016	7,0	10,0
Sumatra, Indonésia	02/03/2016	7,8	24,0
Yelizovo, Rússia	30/01/2016	7,2	177,0
Old Iliamna, Alaska	24/01/2016	7,1	125,6
Murghob, Tajiquistão	07/12/2015	7,2	22,0
Sudeste da Crista Indiana	04/12/2015	7,1	35,0
Tarauaca, Brasil	24/11/2015	7,6	620,6
Iberia, Peru	24/11/2015	7,6	606,2
Farkhar, Afeganistão	26/10/2015	7,5	231,0
Port-Olry, Vanuatu	20/10/2015	7,1	135,0
Illapel, Chile	16/09/2015	7,0	28,4
Illapel, Chile	16/09/2015	8,3	22,4
Abepura, Indonésia	27/07/2015	7,0	48,0
Lata, Ilhas Salomão	18/07/2015	7,0	11,0
Crista Mesoatlântica Sul	17/06/2015	7,0	10,0
Chichi-shima, Japão	30/05/2015	7,8	664,0
Kodari, Nepal	12/05/2015	7,3	15,0
Panguna, Papua Nova Guiné	07/05/2015	7,1	10,0
Kokopo, Papua Nova Guiné	05/05/2015	7,5	55,0
Khudi, Nepal	25/04/2015	7,8	8,2
Kokopo, Papua Nova Guiné	29/03/2015	7,5	41,0
Nebe, Indonésia	27/02/2015	7,0	552,1
Crista Mesoatlântica	13/02/2015	7,1	16,7

No período listado, houve apenas uma ocorrência no Brasil de terremoto acima de 7,0 graus, com profundidade do foco a 620,6 km, mais precisamente na fronteira entre o Brasil e o Peru (em destaque na Tabela 2.1). Pela profundidade do foco e por ter ocorrido em uma área desabitada, não foram registradas perdas humanas ou econômicas.

Na história da humanidade, alguns fortes terremotos foram responsáveis por grandes catástrofes [22]; [5]; [23]; [24]. A Tabela 2.2 a seguir, apresenta alguns exemplos.

Tabela 2.2. Alguns terremotos mundiais responsáveis por grandes catástrofes

Local	Ano	Magnitude	Efeitos
China	1556	9,1	Aproximadamente 800 mil vítimas fatais.
Lisboa, Portugal	1755	9,0	Aproximadamente 60 mil vítimas fatais.
Messina e Reggio, Itália	1908	7,0	Aproximadamente 80 mil vítimas fatais.
Tóquio e Iocoama, Japão	1923	7,9	Aproximadamente 140 mil vítimas fatais.
Northridge, EUA	1994	6,7	Contabilizadas 57 vítimas fatais, tendo havido mais de 8 mil feridos e ficando desalojadas cerca de 20 mil pessoas. Levantamentos efetuados após o sismo apontam que 9.949 edificações foram destruídas, 15.122 seriamente danificadas e 29.929 apresentaram pequenos danos, perfazendo um total de 55 mil edificações com danos confirmados.
Kobe, Japão	1995	7,3	Mais de 10 mil edifícios colapsaram, 80 mil sofreram danos sérios e mais de 30 mil pessoas ficaram desalojadas.
Colômbia	1999	6,2	Confirmados 1.171 mortos, 4.795 feridos, 45 mil edifícios colapsaram e/ou ficaram seriamente danificados.
Izmit, Turquia	1999	7,6	Provocou 15.135 mortos, mais de 24 mil feridos e 50 mil desalojados. Cerca de 77 mil edifícios ficaram seriamente danificados, 80 mil com danos moderados e outros 90 mil com pequenos danos.
Haiti	2010	7,0	Segundo relatório da ONU, foram registradas mais de 220 mil mortes e mais de 700 mil pessoas desabrigadas.
Chile	2010	8,8	Foram registradas mais de 700 mortes e o número de edificações danificadas superou a marca de 1,5 milhão.
Japão	2011	9,1	Mais de 15 mil mortos.

Os sismos ocorridos no Haiti e no Chile no ano de 2010 representam um bom exemplo de como as edificações influenciam nas consequências de um evento sísmico. Embora o sismo do Chile tenha atingido maior magnitude quando comparado com o sismo do Haiti, os efeitos do primeiro, representados através dos danos observados, foram bem menores do que os do segundo. Isto se deve ao preparo adequado das edificações no Chile que as tornaram muito menos vulneráveis aos abalos sísmicos.

Embora as perdas econômicas em outras partes do mundo sejam bem menores que as perdas no Japão, Estados Unidos da América e países da Europa, o impacto na economia nacional pode ser bem maior quando analisadas em relação ao PIB - Produto Interno Bruto [25]. Em termos de perdas econômicas de alguns países devido aos sismos entre 1972 e 1990, as três maiores perdas em relação ao PIB encontram-se na América Central, sendo perdas de 40,0% do PIB na Nicarágua (1972), 18,0% do PIB na Guatemala (1976) e 31,0% do PIB em El Salvador (1986) [26].

Além dos grandes abalos sísmicos, todos os anos, milhares de terremotos com magnitude em torno de 4,5 graus são registrados no mundo e seus efeitos, mesmo que percebidos pelas pessoas, são bem pequenos para causar estragos nas edificações.

2.2 Atividades sísmicas no Brasil

Neste ponto são apresentadas informações sobre as falhas sísmicas brasileiras (suas localizações e extensões) e um breve histórico das atividades sísmicas no Brasil e no Nordeste brasileiro, especialmente no estado do Ceará.

2.2.1 Falhas sísmicas brasileiras

O Brasil, como mostra a Figura 2.1, é um país composto por 26 estados e 1 distrito federal, agrupados em cinco regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste.

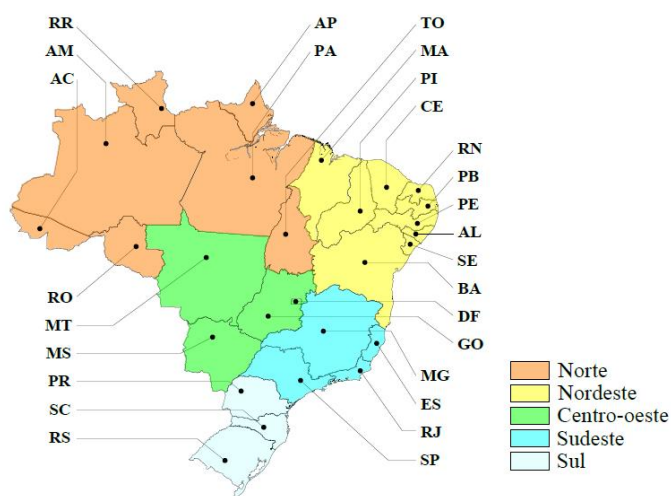


Figura 2.1. Mapa político do Brasil

Através da análise da geologia e da topografia de uma região, os estudos paleossísmicos buscam evidências de sismos ocorridos nos últimos 10 mil anos. As investigações de campo podem definir o quanto e de que maneira ocorreu a movimentação do terreno, permitindo estimar inclusive a magnitude do sismo. Pesquisadores brasileiros encontraram evidências de campo que teriam sido produzidas por paleoterremotos com magnitude da ordem de 7,0 graus, ou seja, em um passado geologicamente recente, ocorreram na região Nordeste do Brasil, sismos com magnitudes superiores às dos que vêm sendo registrados atualmente [27].

Estudos realizados na região Sudeste mostram que terremotos acontecidos entre 3 e 10 mil anos atrás teriam contribuído para dar forma às regiões mais elevadas do estado de São Paulo [28].

Em geral, não tem sido fácil correlacionar abalos sísmicos no Brasil com falhas visíveis na superfície do terreno. Os únicos casos conhecidos foram os surtos sísmicos em Belo Jardim, São Caetano e Caruaru [29], relacionados com o Lineamento Pernambuco, extensa zona de fraqueza que corta todo o estado de Pernambuco, desde Recife até a divisa com o estado do Piauí. Todavia, efeitos secundários de terremotos, como pequenas fissuras no terreno já foram observadas após os sismos de Pereiro-CE, em 1968 [30], no de João Câmara-RN em 1986 [31] [32] e, possivelmente, no tremor de Tubarão-SC, em 1939 [33].

Os sismos ocorridos no Brasil estão associados com os movimentos tectônicos de caráter global. As forças tectônicas agem em zonas frágeis chamadas zonas de descontinuidade (geossuturas proterozóicas) dando origem aos sismos [34]. No Brasil existem dez províncias sismotectônicas que são regiões onde existem concentração destas atividades sísmicas por conta da presença das falhas [35].

Em praticamente todas as províncias geológicas do país existem falhamentos Holocenos e anomalias geofísicas que mostram algum tipo de relação entre terrenos soerguidos com atividades sísmicas [36].

São catalogadas no Brasil, 48 falhas e lineamentos quaternários [37]. A extensão total destas falhas sísmicas brasileiras é de 18.035 *km*. O maior número de falhas concentra-se nas Regiões Sudeste e Nordeste, local onde se verifica a maior quantidade de abalos sísmicos, seguindo-se as Regiões Norte, Centro-Oeste e Sul, sendo esta a que apresenta o menor número de falhas, como representado na Figura 2.2. A Tabela 2.3 e a Tabela 2.4 mostram respectivamente a localização das falhas e a extensões em cada estado brasileiro. Além destas falhas quaternárias, no Brasil existem centenas de outras falhas de menores extensões.

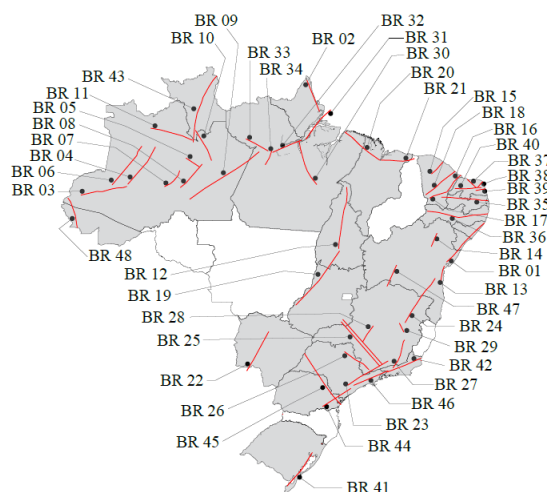


Figura 2.2. Mapa das principais falhas sísmicas brasileiras

Tabela 2.3. Falhas sísmicas brasileiras

Código	Nome	Estados	Código	Nome	Estados
BR-01	Falha de Propriá	BA, SE, AL	BR-25	DC do Alto Rio São Francisco	GO, MG
BR-02	Falha Amapá	AP	BR-26	Falha do Campo do Meio	SP, MG
BR-03	Lineamento Eurinepé	AM	BR-27	Falha Caratinga	MG, RJ
BR-04	Falha do Baixo Juruá	AM	BR-28	Falha Estrela	MG
BR-05	Falha de Codajás	AM	BR-29	Falha Cardeal Mota	MG
BR-06	Falha do Rio Jutai	AM	BR-30	Falha do Baixo Xingu	PA
BR-07	Falha do Baixo Coarí	AM	BR-31	Falha Macapá	PA
BR-08	Falha do Baixo Purús	AM	BR-32	Falha Monte Alegre	PA
BR-09	Falha do Rio Madeira	AM, PA	BR-33	Falha Baixo Trombetas	PA
BR-10	Falha do Rio Negro “A”	AM, RR	BR-34	Falha Baixo Tapajós	PA
BR-11	Falha Barcelos	AM	BR-35	Lineamento Patos	CE, PB, RN
BR-12	Falha da Serra do Estrondo	TO	BR-36	Lineamento Pernambuco	PE
BR-13	Falha Maragogipe	BA	BR-37	Falha Afonso Bezerra	RN
BR-14	Falha Pé de Serra	BA	BR-38	Falha Samambaia	RN
BR-15	Lineamento Sobral-Pedro II	CE	BR-39	Falha Potengi	RN
BR-16	Lineamento Jaguaribe	CE	BR-40	Lineamento Lajes	RN
BR-17	Falha Farias Brito	CE	BR-41	Falha Pelotas	RS
BR-18	Falha Arneiroz-Senador Pompeu	CE	BR-42	Falha Além Paraíba	RJ
BR-19	Falha Porangatu	TO, GO	BR-43	Falha Rio Branco	RR, AM
BR-20	Falha Gurupi	PA, MA	BR-44	Zona de Cubatão	PR, SP
BR-21	Falha Sobradinho	MA, PI	BR-45	Lineamento Guapiara	SP, PR
BR-22	Falha Coxim	MS	BR-46	DC do Rio Paraíba do Sul	SP, RJ
BR-23	DC do Alto Rio Grande	SP, MG	BR-47	Falha Manga	BA, MG
BR-24	Falha do Rio Araçuaí	BA, MG	BR-48	Falha Batá-Cruzeiro	AM, AC

Tabela 2.4. Quantidades e extensões das falhas sísmicas nos estados

Estado	Falhas sísmicas			Estado	Falhas sísmicas		
	Qnt.	extensão (km)	% extensão total		Qnt.	extensão (km)	% extensão total
Acre	1	227	1,26%	Paraíba	1	374	2,07%
Alagoas	1	215	1,19%	Pernambuco	1	723	4,01%
Amazonas	11	3475	19,27%	Piauí	1	48	0,27%
Amapá	1	416	2,31%	Paraná	2	604	3,35%
Bahia	5	900	4,99%	Rio de Janeiro	3	458	2,54%
Ceará	5	996	5,52%	Rio Grande do Norte	5	570	3,16%
Distrito Federal	0	0	0,00%	Rondônia	0	0	0,00%
Espírito Santo	0	0	0,00%	Roraima	2	667	3,70%
Goiás	2	569	3,16%	Rio Grande do Sul	1	479	2,66%
Maranhão	2	451	2,50%	Santa Catarina	0	0	0,00%
Minas Gerais	8	2123	11,77%	Sergipe	1	187	1,04%
Mato Grosso do Sul	1	501	2,78%	São Paulo	5	1245	6,90%
Mato Grosso	0	0	0,00%	Tocantins	2	836	4,64%
Pará	7	1971	10,93%				

Os gráficos da Figura 2.3 e Figura 2.4 apresentam a porcentagem por estados das extensões totais das falhas sísmicas brasileiras catalogadas e a taxa de concentração de falhas sísmicas em cada estado (extensões das falhas (km) por área territorial (km²)). O estado do Ceará, cuja capital é a cidade de Fortaleza, é o quinto estado em extensões absolutas de falhas sísmicas e o sexto em concentração de falhas.

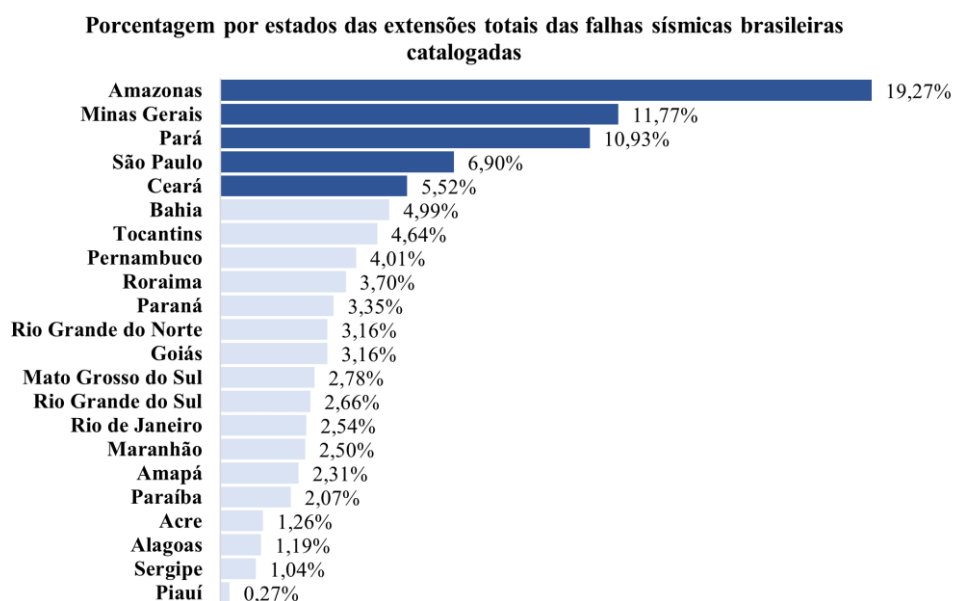


Figura 2.3. Porcentagem por estados das extensões totais das falhas sísmicas brasileiras catalogadas

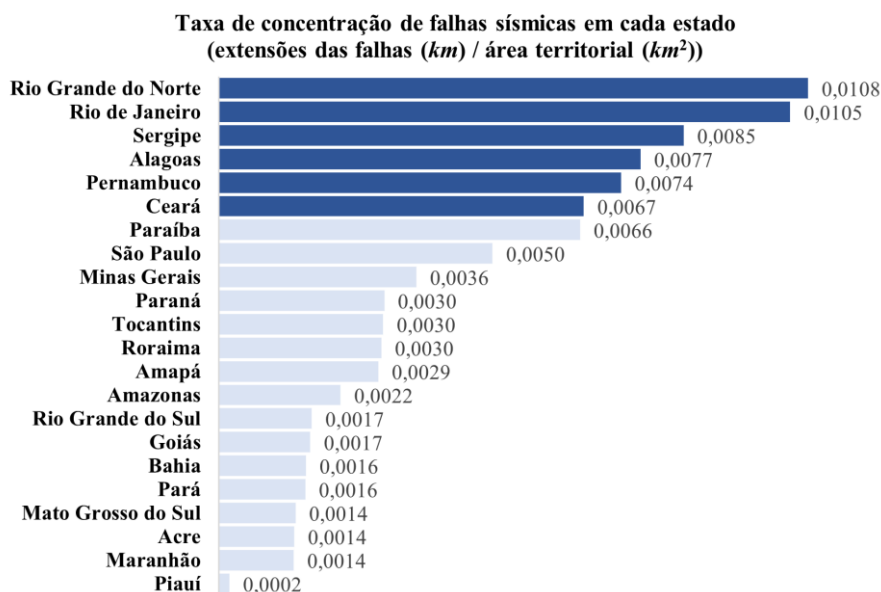


Figura 2.4. Taxa de concentração de falhas sísmicas em cada estado

Existe uma clara relação entre o neotectonismo no Brasil e a reativação destas falhas. A reativação de uma falha preexistente, desencadeada pelas ações da tectônica global (processo denominado tectônica ressurgente) é bem mais provável de acontecer do que a formação de uma nova linha de fraqueza [38]. A movimentação da placa tectônica sul-americana no sentido oeste-noroeste é o principal fator das ocorrências tectônicas no Brasil [39].

Entretanto, não há garantia de que sejam essas falhas superficiais e não outras que jazem, desconhecidas abaixo da superfície, as responsáveis por futuros terremotos.

2.2.2 Histórico de atividades sísmicas no Brasil

Desde o período colonial brasileiro, são realizadas pesquisas através de documentos e depoimentos que comprovam a ocorrência de sismos históricos. Os primeiros registros oficiais aconteceram no início do século XX. Em 1910, uma estação sismográfica, pertencente à rede sismográfica de John Milne, foi instalada na ilha de Fernando de Noronha; em 1965, uma das estações da WWSSN (*World-Wide Standard Seismograph Network*), financiada pelo programa americano Vela, foi instalada na cidade de Natal-RN e; em 1968, os britânicos instalaram em Brasília uma estação WWSSN [5].

Uma rede nacional de monitoração só começou a ser instalada na metade da década de 1970. O objetivo inicial era monitorar o possível surgimento de sismos induzidos nas áreas dos reservatórios artificiais. No Brasil, foram identificados cerca de 20 casos de sismos induzidos por reservatórios, com exemplos

em todas as cinco regiões do país [40]. O maior sismo ocorreu na região dos reservatórios Porto Colômbia e Volta Grande, na divisa MG-SP e atingiu magnitude 4,2 graus na escala Richter e intensidade VI-VII-MM [41]. No mundo, não são muitos os exemplos de sismos expressivos induzidos por reservatórios. Um exemplo importante aconteceu na Índia em 10 de dezembro de 1967, onde um tremor de magnitude 6,3 graus na escala Richter destruiu a vila de Koyna Nagar, causando 150 mortes, milhares de feridos e danos significativos na barragem de concreto [42]. A rede nacional de monitoração, além de observar os possíveis sismos induzidos por reservatórios, melhorou a capacidade de detecção sísmica em todo país.

Em 2009 começou a ser implantado, sob responsabilidade do ON - Observatório Nacional, das universidades de São Paulo (USP), Brasília (UnB) e Rio Grande do Norte (UFRN) e da CPRM - Serviço Geológico do Brasil, o projeto Rede Sismográfica do Brasil (RSBR) com o objetivo de estudar e monitorar a sismicidade do país. No período de 2011 a 2017, só na Amazônia por exemplo, uma das regiões pré-cambrianas com menor conhecimento geológico do mundo em virtude das dificuldades de acesso, foram instaladas mais de 25 estações levando a um aumento de 500,0% na cobertura dos eventos sísmicos [43]. A Figura 2.5 ilustra o aumento significativo do número de estações sismográficas no Brasil nos últimos 10 anos.



Figura 2.5. Distribuição das estações sismográficas no Brasil nos últimos 10 anos [43]

A Figura 2.6 representa a sismicidade brasileira ocorrida desde a época da colonização até 1981. Observa-se uma maior concentração de sismos na região Nordeste, mais precisamente nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte; na região Sudeste, mais precisamente no sul do estado de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo; e a presença de terremotos de elevada magnitude na região Norte e Centro-Oeste [27].

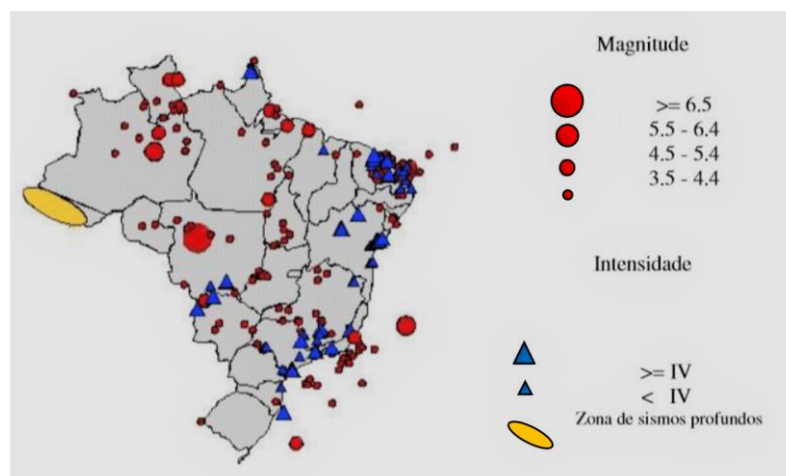


Figura 2.6. Mapa da sismicidade brasileira [27]

Alguns registros merecem destaque: Serra do Tombador-MT (1955) com 6,6 graus, Manaus-AM (1963) com 5,1 graus, noroeste do Mato Grosso do Sul (1964) com 5,4 graus, Pacajus-CE (1980) com 5,2 graus, Codajás-AM (1983) com 5,5 graus, João Câmara-RN (1986 e 1989) com 5,1 graus e 5,0 graus respectivamente, Plataforma-RS (1990) com 5,0 graus, Porto Gaúcho-MT (1998) com 5,2 graus e divisa entre Acre e Amazonas (2007) com 6,1 graus. Em Itacarambi-MG, no dia 09 de dezembro de 2007 ocorreu um terremoto com 4,9 graus na escala Richter que provocou a primeira vítima fatal da história do Brasil além de deixar cinco feridos e várias casas destruídas.

A Tabela 2.5 a seguir apresenta a frequência de sismos ocorridos no Brasil entre os anos de 1724 a 2017 [44]. Neste trabalho, para melhor compreensão da atividade sísmica no Brasil, os sismos são divididos em duas categorias: sismos com magnitude maior ou igual a 2,0 graus e menor que 5,0 graus (Sismo I) e sismos com magnitude maior ou igual a 5,0 graus (Sismo II).

Tabela 2.5. Frequência de sismos ocorridos no Brasil de 1724 a 2017

Estado	Sismo	
	I	II
Acre - AC	31	6
Alagoas - AL	17	0
Amazonas - AM	33	3
Amapá - AP	2	3
Bahia - BA	103	0
Ceará - CE	358	1
Distrito Federal - DF	1	0
Espírito Santo - ES	9	1
Goiás - GO	97	1
Maranhão - MA	19	0
Minas Gerais - MG	423	0
Mato Grosso do Sul - MS	31	1
Mato Grosso - MT	184	3
Pará - PA	62	0
Paraíba - PB	7	0
Pernambuco - PE	147	0
Piauí - PI	6	0
Paraná - PR	46	0
Rio de Janeiro - RJ	99	0
Rio Grande do Norte - RN	290	2
Rondônia - RO	12	0
Roraima - RR	11	0
Rio Grande do Sul - RS	29	1
Santa Catarina - SC	30	1
Sergipe - SE	7	0
São Paulo - SP	267	2
Tocantins - TO	43	0

A Figura 2.7 e a Figura 2.8 a seguir resumem respectivamente as ocorrências de Sismos I e II no território brasileiro.

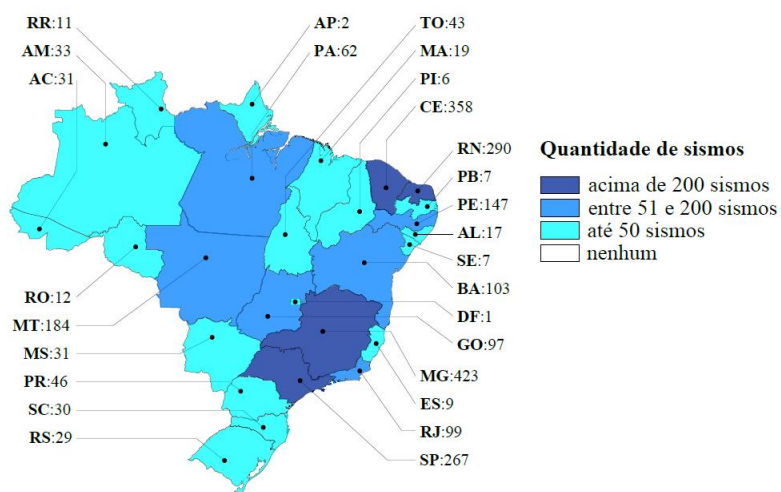


Figura 2.7. Sismos I no Brasil

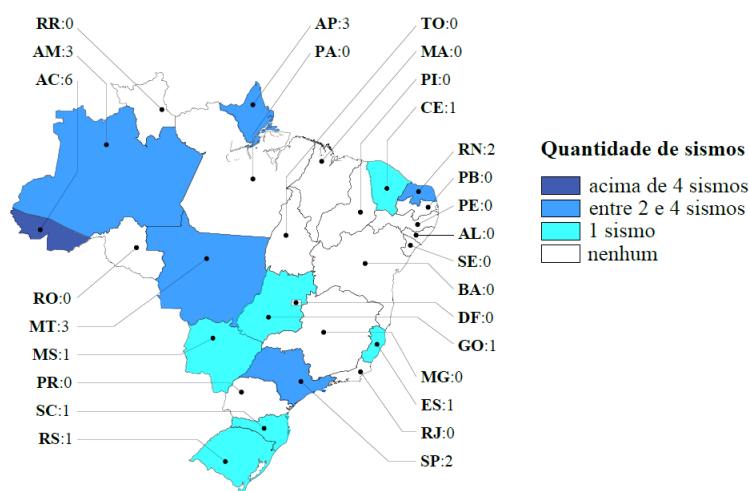


Figura 2.8. Sismos II no Brasil

Na confecção destes mapas foram consideradas apenas as frequências de ocorrência de sismos nos estados brasileiros, não considerando exatamente a localização dos epicentros e as profundidades dos focos.

A Tabela 2.6 a seguir, apresenta a frequência dos sismos ocorridos no Brasil entre os anos de 1724 a 2017 com magnitude maior ou igual a 2,0 graus (Sismos I e II) divididos em quatro diferentes períodos de tempo [44].

Tabela 2.6. Registro de ocorrência de terremotos (Sismos I e II) de 1724 a 2017

Estado	Período (t)			
	$t < 1960$	$1960 \leq t < 1980$	$1980 \leq t < 2000$	$t \geq 2000$
Acre - AC	0	3	2	32
Alagoas - AL	1	2	4	10
Amazonas - AM	1	4	11	20
Amapá - AP	2	0	2	1
Bahia - BA	16	6	46	35
Ceará - CE	11	13	229	106
Distrito Federal - DF	0	0	0	1
Espírito Santo - ES	2	0	1	7
Goiás - GO	1	8	49	40
Maranhão - MA	3	0	2	14
Minas Gerais - MG	24	20	187	193
Mato Grosso do Sul - MS	3	3	11	15
Mato Grosso - MT	6	2	94	85
Pará - PA	1	2	21	38
Paraíba - PB	0	1	5	1
Pernambuco - PE	2	11	31	103
Piauí - PI	0	0	5	1
Paraná - PR	1	9	22	14
Rio de Janeiro - RJ	2	6	38	53
Rio Grande do Norte - RN	5	21	180	86
Rondônia - RO	0	1	6	5
Roraima - RR	0	5	2	4

Rio Grande do Sul - RS	1	1	2	26
Santa Catarina - SC	2	1	15	13
Sergipe - SE	0	0	6	3
São Paulo - SP	10	14	122	123
Tocantins - TO	2	0	19	22
Total	96	133	1112	1079

Verifica-se que a partir da década de 80, após a instalação da rede nacional de monitoração, foi possível detectar um número bem maior de eventos sísmicos no território brasileiro.

A Tabela 2.7 apresenta em termos das quantidades totais, as porcentagens de frequência dos Sismos I e II nos estados brasileiros juntamente com dados demográficos [6]. Considerando as frequências dos sismos, o estado do Ceará (em destaque na Tabela 2.7) é o que apresenta a segunda maior quantidade de Sismos I (15,14% do total) e a quarta maior quantidade de Sismos II (4,00% do total). O estado é o décimo em densidade demográfica (61,33 hab./km²), superando em aproximadamente três vezes a densidade demográfica nacional (24,69 hab./km²) e é o vigésimo em taxa de urbanização (71,53%).

Tabela 2.7. Frequência de sismos e dados demográficos dos estados do Brasil

Estado	Frequência de Sismos (%)		População - 2010 %	Área territorial %	Densidade demográfica (hab./km ²)	Taxa de urbanização (%) - 2010
	Sismo I	Sismo II				
Acre - AC	1,31%	24,00%	0,38%	1,93%	5,37	72,56%
Alagoas - AL	0,72%	0,00%	1,64%	0,33%	119,86	68,01%
Amazonas - AM	1,40%	12,00%	1,83%	18,32%	2,66	79,09%
Amapá - AP	0,08%	12,00%	0,35%	1,67%	5,94	89,03%
Bahia - BA	4,36%	0,00%	7,35%	6,64%	26,34	72,07%
Ceará - CE	15,14%	4,00%	4,43%	1,75%	61,33	71,53%
Distrito Federal - DF	0,04%	0,00%	1,35%	0,07%	523,41	94,12%
Espírito Santo - ES	0,38%	4,00%	1,84%	0,54%	87,22	79,52%
Goiás - GO	4,10%	4,00%	3,15%	4,00%	20,63	87,88%
Maranhão - MA	0,80%	0,00%	3,45%	3,87%	21,46	59,53%
Minas Gerais - MG	17,89%	0,00%	10,27%	6,89%	36,09	82,00%
Mato Grosso do Sul - MS	1,31%	4,00%	1,28%	4,20%	7,78	84,08%
Mato Grosso - MT	7,78%	12,00%	1,59%	10,61%	3,86	79,37%
Pará - PA	2,62%	0,00%	3,97%	14,64%	6,91	54,92%
Paraíba - PB	0,30%	0,00%	1,97%	0,66%	71,16	71,06%
Pernambuco - PE	6,22%	0,00%	4,61%	1,15%	97,45	76,51%
Piauí - PI	0,25%	0,00%	1,63%	2,96%	13,01	62,91%
Paraná - PR	1,95%	0,00%	5,48%	2,34%	57,37	81,41%
Rio de Janeiro - RJ	4,19%	0,00%	8,38%	0,51%	394,62	96,04%
Rio Grande do Norte - RN	12,27%	8,00%	1,66%	0,62%	66,41	73,35%
Rondônia - RO	0,51%	0,00%	0,82%	2,79%	7,47	64,11%
Roraima - RR	0,47%	0,00%	0,24%	2,64%	2,70	76,15%
Rio Grande do Sul - RS	1,23%	4,00%	5,61%	3,31%	40,39	85,10%
Santa Catarina - SC	1,27%	4,00%	3,28%	1,12%	74,84	78,75%
Sergipe - SE	0,30%	0,00%	1,08%	0,26%	104,83	71,35%
São Paulo - SP	11,29%	8,00%	21,63%	2,92%	184,99	93,41%
Tocantins - TO	1,82%	0,00%	0,73%	3,26%	5,66	74,32%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	24,69	-

2.2.3 Sismicidade da região Nordeste do Brasil

A sismicidade da região Nordeste do Brasil apresenta algumas particularidades: continuidade da atividade sísmica durante um longo período de tempo (surto sísmico) e a baixa profundidade do foco, em torno de 10 *km* [5].

No caso dos eventos sísmicos registrados na cidade de João Câmara, estado do Rio Grande do Norte, quando a falha de Samambaia foi inicialmente detectada, esta possuía cerca de 10 *km* de extensão e com o passar do tempo aumentou consideravelmente. Se o aumento desta falha tivesse ocorrido de forma mais abrupta, ou seja, de uma única vez, um sismo da ordem de 7,0 graus na escala Richter poderia ter sido gerado. Na região ocorreu uma grande e duradoura sequência de abalos sísmicos fazendo a terra tremer intermitentemente por cerca de 7 anos. Além dos dois maiores sismos com magnitudes de 5,1 e 5,0 graus ocorreram outros 20 com magnitude igual ou superior a 4,0 graus. Importante observar que o maior sismo ocorrido em João Câmara, embora tenha sido bem menos potente que o maior sismo já registrado no Brasil, provocou sérios problemas: 4.348 edificações tiveram que ser reconstruídas ou recuperadas e 26.200 pessoas ficaram desabrigadas [5].

Na estimativa de ter gerado intensidade máxima VII-MM na área epicentral, os maiores tremores em João Câmara devem ter atingido acelerações da ordem de “0,2*g*”, em uma zona com diâmetro de 2 a 3 *km* [45].

Localizado na região Nordeste, o estado do Ceará está situado em uma área cortada por um conjunto de falhas ativas, apresentando uma sismicidade contínua e expressiva em relação ao resto do país, merecendo, portanto, a atenção dos órgãos de pesquisa e vigilância na sua investigação e acompanhamento.

Quase 50 dos 184 municípios do Ceará já apresentaram manifestações sísmicas e isto o torna um dos estados mais sismicamente ativos do país. Cidades como Pacajus, Pereiro, Palhano, Irauçuba, Cascavel e Baturité são locais frequentemente associados a abalos sísmicos [46].

O estado do Ceará é dividido em 14 regiões de planejamento como exposto na Figura 2.9 [47].

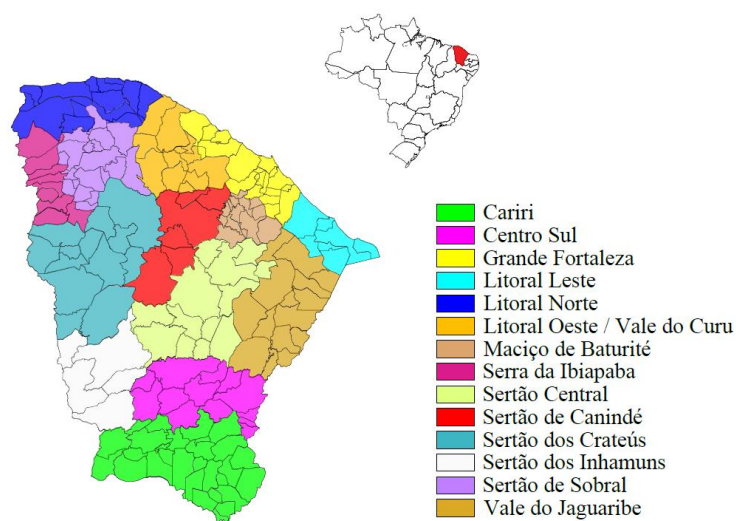


Figura 2.9. Mapa político do estado do Ceará

O estado é cortado por cinco falhas sísmicas quaternárias que passam por 42 cidades como indicam a Figura 2.10 e a Tabela 2.8.

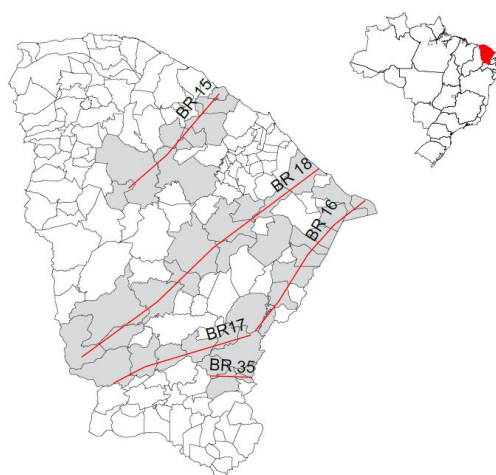
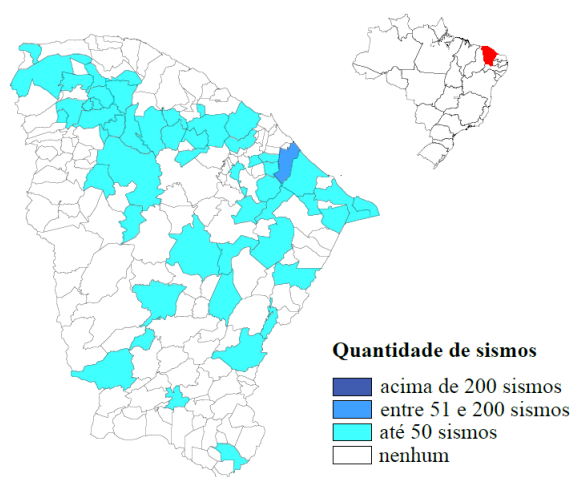
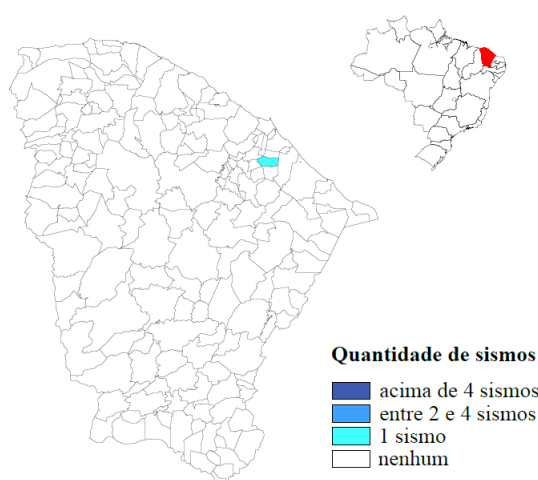


Figura 2.10. Mapa das principais falhas sísmicas no estado do Ceará

Tabela 2.8. Falhas sísmicas no estado do Ceará

Falha sísmica		Cidades
Código	Nome	
BR-15	Lineamento Sobral-Pedro II	Paracuru, São Gonçalo do Amarante, São Luís do Curu, Pentecoste, Apuiarés, General Sampaio, Tejuçuoca, Canindé, Santa Quitéria e Catunda
BR-16	Lineamento Jaguaribe	Icapuí, Aracati, Jaguaruana, Quixeré, Limoeiro do Norte, Tabuleiro do Norte, Alto Santo, Potiretama, Iracema, Pereiro e Jaguaribe
BR-17	Falha Farias Brito	Icó, Orós, Iguatu, Jucás, Saboeiro e Aiuaba
BR-18	Falha Arneiroz-Senador Pompeu	Beberibe, Morada Nova, Ibaretama, Quixadá, Banabuiú, Quixeramobim, Senador Pompeu, Mombaça, Tauá, Arneiroz e Parambu
BR-35	Lineamento Patos	Cedro, Lavras da Mangabeira, Baixio e Umari

Os mapas da Figura 2.11 e Figura 2.12 apresentam respectivamente a ocorrência de Sismos I e II no estado do Ceará.

**Figura 2.11. Sismos I no estado do Ceará****Figura 2.12. Sismos II no estado do Ceará**

Um único Sismo II foi registrado no Ceará entre os anos de 1724 e 2017, o sismo de magnitude 5,2 graus na escala Richter, no dia 20 de novembro de 1980 na cidade de Pacajús, cerca de 70 km de Fortaleza, capital do estado do Ceará. Este foi o maior tremor registrado no Nordeste e o terremoto mais próximo de uma metrópole brasileira. Na época do tremor, o município de Fortaleza possuía cerca de 1,3 milhões de habitantes; hoje já são mais de 2,6 milhões de habitantes. No mesmo período, de 1724 a 2017, foram registrados 358 Sismos I sendo as localidades e suas respectivas quantidades indicadas na Figura 2.13 à Figura 2.26.

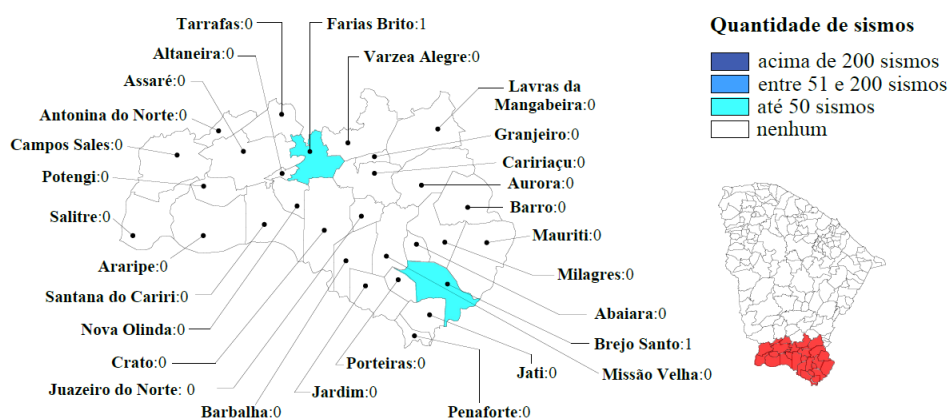


Figura 2.13. Sismos I na região do Cariri

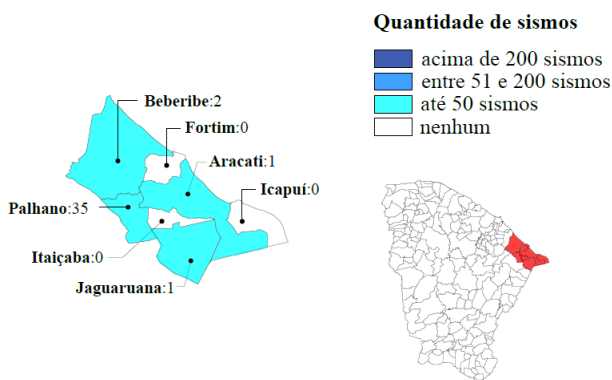


Figura 2.14. Sismos I na região do Litoral Leste

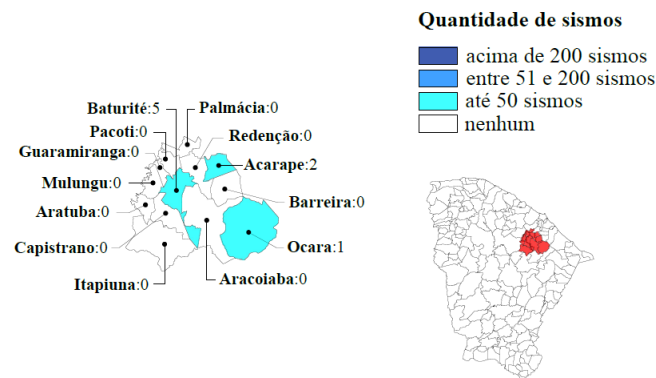


Figura 2.15. Sismos I na região do Maciço de Baturité

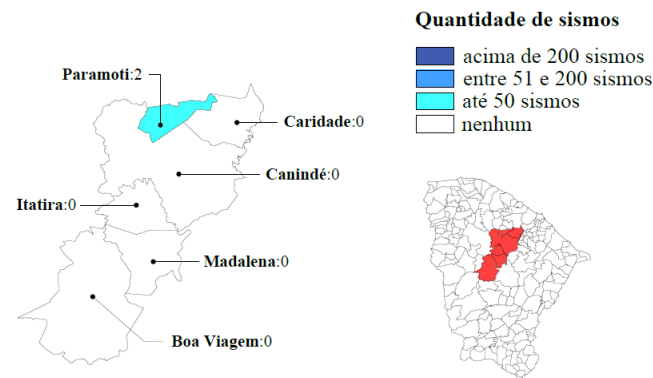


Figura 2.16. Sismos I na região do Sertão de Canindé

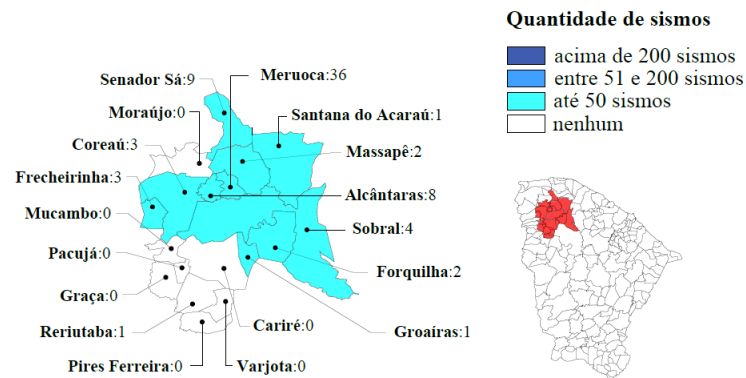


Figura 2.17. Sismos I na região do Sertão de Sobral

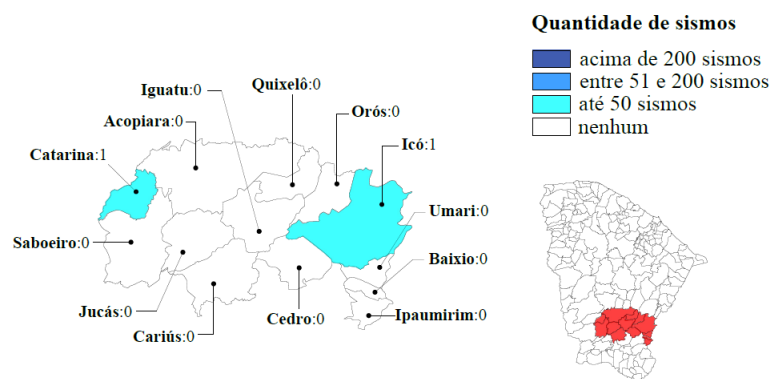


Figura 2.18. Sismos I na região do Centro Sul

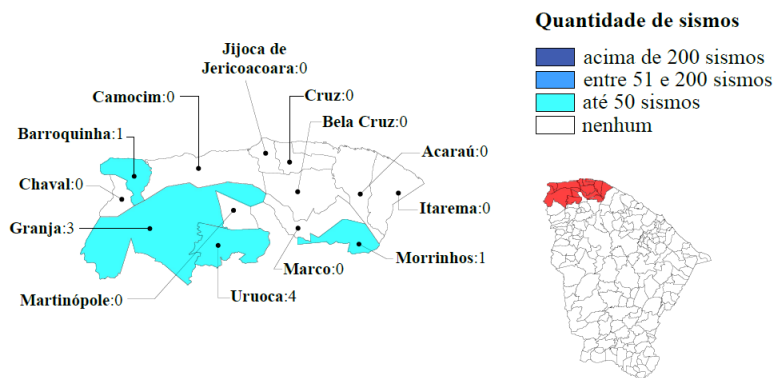


Figura 2.19. Sismos I na região do Litoral Norte

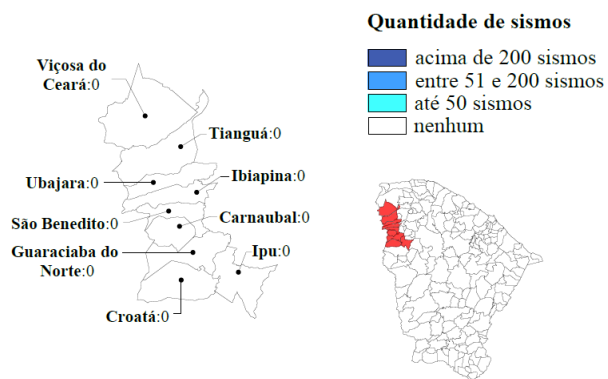


Figura 2.20. Sismos I na região da Serra da Ibiapaba

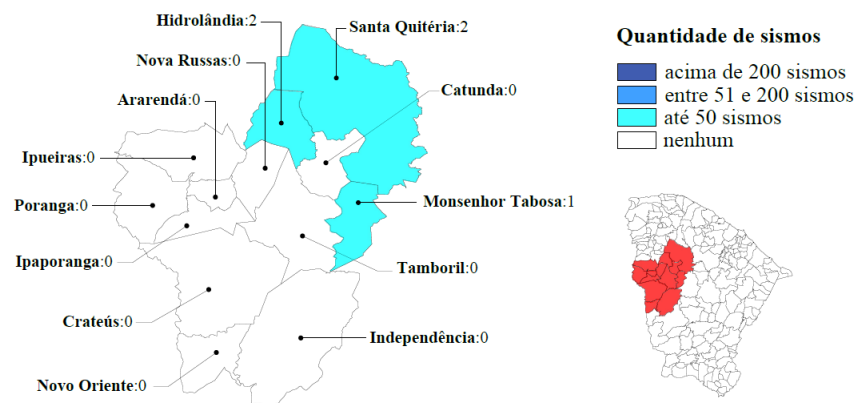


Figura 2.21. Sismos I na região do Sertão de Crateús

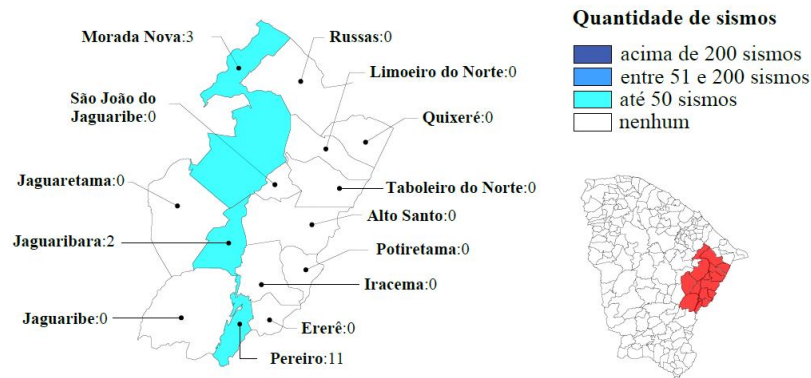


Figura 2.22. Sismos I na região do Vale do Jaguaribe

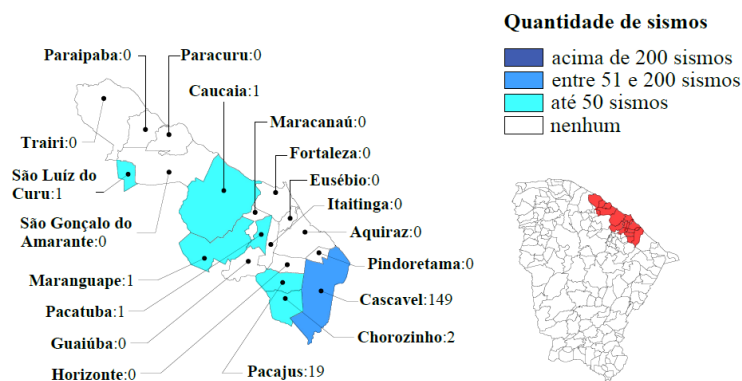


Figura 2.23. Sismos I na região da Grande Fortaleza

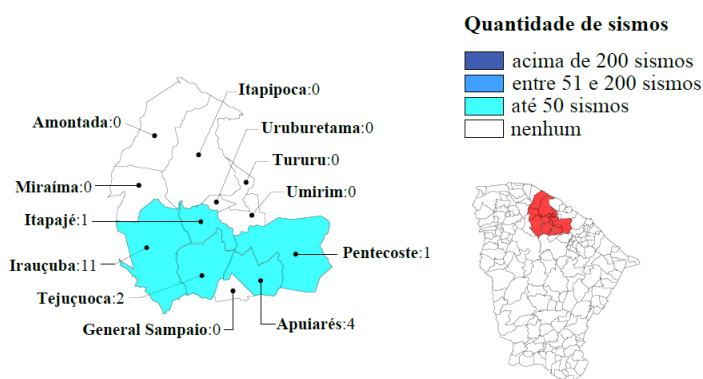


Figura 2.24. Sismos I na região do Litoral Oeste / Vale do Curu

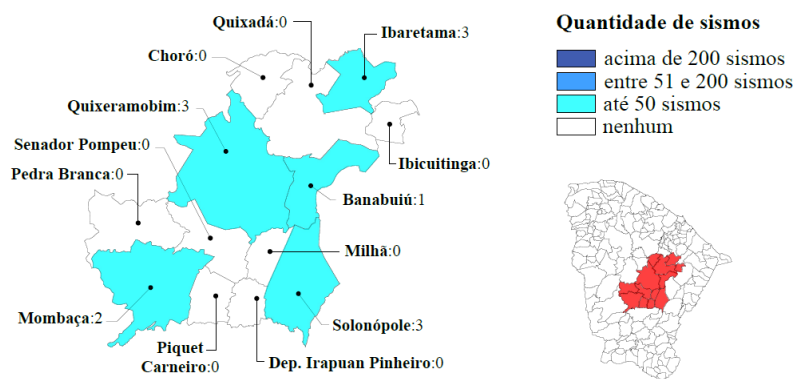


Figura 2.25. Sismos I na região do Sertão Central

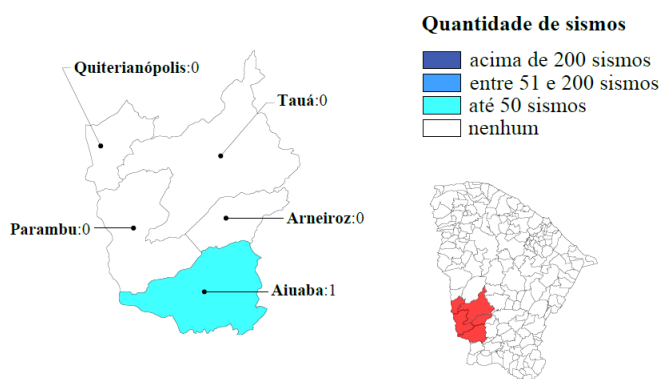


Figura 2.26. Sismos I na região do Sertão dos Inhamuns

A ocorrência de sismos está muitas vezes associada à presença das falhas sísmicas quaternárias do estado do Ceará. No entanto, conforme exposto na Figura 2.27 e na Tabela 2.9, nem todas as ocorrências sísmicas foram verificadas nas regiões próximas a estas falhas e por outro lado, a presença das falhas

não foi, nos registros disponíveis até o momento, condição obrigatória das manifestações sísmicas. Dos municípios cortados por estas falhas, 25 não apresentaram manifestações sísmicas. Entre aqueles onde os sismos foram registrados, 16 são cortados por estas falhas quaternárias e 33 não são cortados. Um exemplo que merece destaque de região com frequência de manifestações sísmicas onde não existem falhas quaternárias, principalmente pelos acontecimentos recentes, é a região do sertão de Sobral.

No mês de maio de 2008, nas proximidades da cidade de Sobral, um sismo de 4,2 graus de magnitude na escala Richter deu início a uma intensa atividade sísmica. O estudo destas atividades foi realizado com uma rede sismográfica local constituída de até 11 estações digitais, sendo analisados 581 sismos registrados [48]. Tais sismos não estão relacionados às falhas com indícios de movimentação quaternária. As áreas epicentrais estão localizadas nas proximidades do Lineamento Transbrasiliano (estrutura geológica de sutura referente ao fechamento do oceano Goiás-Frausiano que evoluiu durante o Precambriano e passou por, pelo menos, três episódios de reativação), uma zona de cisalhamento que corta a região, com hipocentros localizados entre 1 km e 8 km. Apesar da proximidade da atividade sísmica com o Lineamento Transbrasiliano, não se pode afirmar também a relação entre a sismicidade da região e a reativação do lineamento [49].

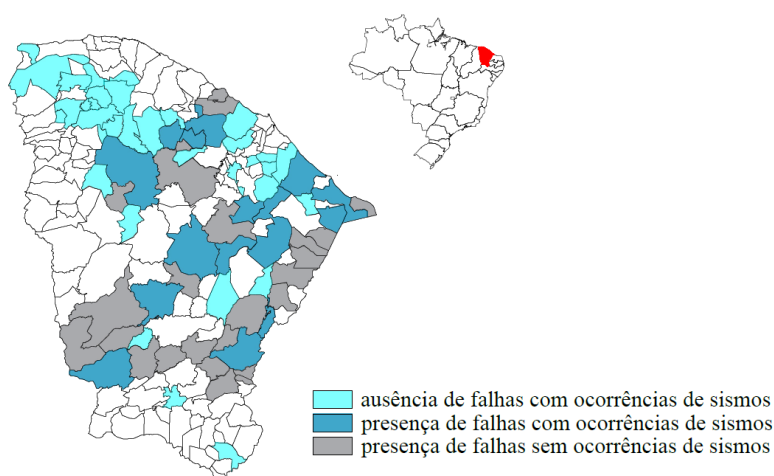


Figura 2.27. Localização de falhas e ocorrências sísmicas no estado do Ceará

Na Tabela 2.9 estão destacados os municípios cortados pelas falhas quaternárias e que já apresentaram alguma manifestação sísmica.

Tabela 2.9. Cidades cearenses com presença de falhas e/ou atividades sísmicas

Cidade	Sismos I	Falha sísmica	Cidade	Sismos I	Falha sísmica
Paracuru		BR 15	Alto Santo		BR 16
São Gonçalo do Amarante		BR 15	Iracema		BR 16
São Luís do Curu	1	BR 15	Jaguaribe		BR 16
Pentecoste	1	BR 15	Pereiro	11	BR 16
Apuiarés	4	BR 15	Farias Brito	1	-
Tejuçuoca	2	BR 15	Brejo Santo	1	-
General Sampaio		BR 15	Palhano	35	-
Canindé		BR 15	Acarape	2	-
Santa Quitéria	2	BR 15	Ocara	1	-
Catunda		BR 15	Baturité	5	-
Beberibe	2	BR 18	Paramoti	2	-
Morada Nova	3	BR 18	Senador Sá	9	-
Ibaretama	3	BR 18	Meruoca	36	-
Quixadá		BR 18	Santana do Acaraú	1	-
Banabuiú	1	BR 18	Massapê	2	-
Quixeramubim	3	BR 18	Alcântaras	8	-
Senador Pompeu		BR 18	Coreaú	3	-
Mombaça	2	BR 18	Frecheirinha	3	-
Tauá		BR 18	Sobral	4	-
Arneiroz		BR 18	Groaíras	1	-
Parambu		BR 18	Forquilha	2	-
Icó	1	BR 17	Catarina	1	-
Orós		BR 17	Barroquinha	1	-
Iguatu		BR 17	Granja	3	-
Jucás		BR 17	Uruoca	4	-
Saboeiro		BR 17	Morrinhos	1	-
Aiuaba	1	BR 17	Hidrolândia	2	-
Baixio		BR 35	Monsenhor Tabosa	1	-
Umari		BR 35	Caucaia	1	-
Lavras da Mangabeira		BR 35	Maranguape	1	-
Cedro		BR 35	Pacajus	19	-
Icapuí		BR 16	Cascavel	149	-
Aracati	1	BR 16	Chorozinho	2	-
Jaguaruana	1	BR 16	Irauçuba	11	-
Quixeré		BR 16	Itapajé	1	-
Limoeiro do Norte		BR 16	Solonópole	3	-
Tabuleiro do Norte		BR 16	Juguaribara	2	-

A Tabela 2.10 e o gráfico da Figura 2.28 apresentam em termos das quantidades totais, as porcentagens de frequência dos Sismos I nas regiões do estado do Ceará juntamente com dados demográficos [6]. Dos 358 sismos registrados no período de 1724 a 2017, 357 tiveram epicentro nos municípios e 1 na plataforma continental. Considerando as frequências dos sismos, a região da Grande Fortaleza (em destaque na Tabela 2.10) é a que apresenta a maior quantidade de Sismos I (48,46% do total). A região é também a que apresenta maior densidade demográfica (531,27 hab./km²) e maior taxa de urbanização (94,43%).

Tabela 2.10. Frequência de Sismos I e dados demográficos das regiões do Ceará

Região	Sismos I		População - 2010	Área territorial	Densidade demográfica (hab./km ²)	Taxa de urbanização (%) - 2010
	Quant.	%	%	%		
Cariri	2	0,56%	11,30%	11,62%	57,76	69,46%
Centro Sul	2	0,56%	4,38%	7,78%	33,43	58,56%
Grande Fortaleza	173	48,46%	44,67%	5,00%	531,27	94,43%
Litoral Leste	39	10,92%	2,26%	3,11%	43,21	54,65%
Litoral Norte	9	2,52%	4,42%	6,29%	41,70	54,18%
Litoral Oeste / Vale do Curu	19	5,32%	4,35%	5,97%	43,26	56,66%
Maciço de Baturité	8	2,24%	2,70%	2,49%	64,46	48,69%
Serra da Ibiapaba	0	0,00%	3,96%	3,83%	61,46	51,95%
Sertão Central	12	3,36%	4,38%	10,76%	24,18	56,10%
Sertão de Canindé	2	0,56%	2,29%	6,18%	22,04	55,82%
Sertão de Sobral	69	19,33%	5,46%	5,73%	56,53	70,58%
Sertão de Crateús	5	1,40%	3,94%	13,84%	16,94	58,11%
Sertão dos Inhamuns	1	0,28%	1,52%	7,30%	12,35	46,28%
Vale do Jaguaribe	16	4,48%	4,37%	10,09%	25,75	58,61%
Total	357	100,00%	100,00%	100,00%	59,42	75,06%

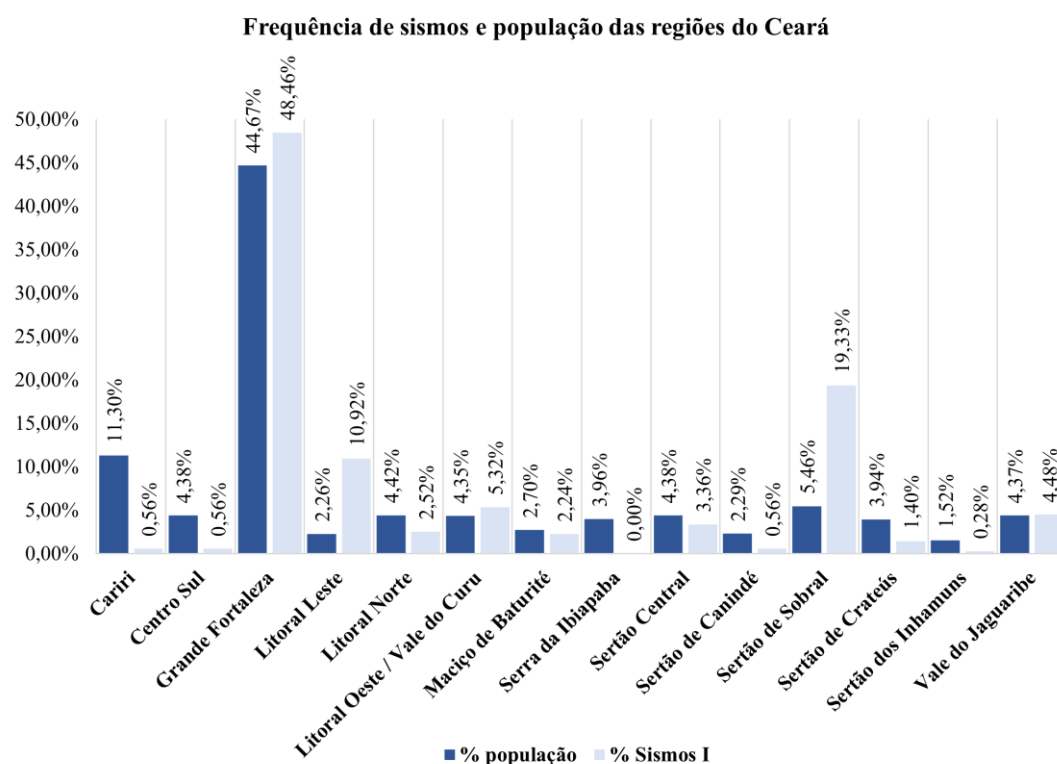


Figura 2.28. Frequência de sismos e população das regiões do Ceará

2.3 Efeitos dos sismos nas estruturas brasileiras

O comportamento das estruturas frente a uma situação de abalo sísmico está diretamente relacionado às considerações de dimensionamento em projeto, aos sistemas construtivos adotados e à qualidade destes serviços e dos materiais.

A Tabela 2.11 a seguir apresenta os mais relevantes efeitos nas edificações brasileiras devido a alguns eventos sísmicos [5].

Tabela 2.11. Efeitos nas edificações brasileiras devido a alguns eventos sísmicos [21]*

Local	Ano	Magnitude/ Profundidade do foco/ Distância do epicentro	Efeitos
Parazinho-RN	1973	4,4 / - / 14 km*	Rachaduras em casas e uma casa de taipa desabou. A energia elétrica foi interrompida.
Pacajus-CE	1980	5,2 / 5 a 10 km / 40 km*	Casas desabaram, trincas e rachaduras em paredes, vidraças quebradas, queda de telhas, desabamento parcial de telhados e queda de objetos. Pessoas feridas e desabrigadas. 488 casas foram recuperadas.
João Câmara-RN	1986	5,1 / 5 km / 9 km*	Paredes caíram e telhados desabaram. Casas completas desmoronaram. Pessoas feridas e desabrigadas. Mais de 10 mil pessoas deixaram a cidade. Cerca de 6 mil edificações apresentaram fissuras e 70,0% delas apresentavam risco de desmoronamento.



Figura 2.29. Desabamento de casa na cidade de João Câmara –RN [5]

As edificações que sofreram danos, como fissuras e desabamentos parciais ou totais, devido às atividades sísmicas até agora ocorridas no Brasil, são em geral construções de baixa qualidade, com

ausência de profissional habilitado e uso de materiais inadequados. Geralmente são edificações térreas, com fundações insuficientes, ausência de elementos estruturais, alvenarias e cobertas executadas com pouco critério. Este é o padrão construtivo adotado nas cidades do interior do Brasil e na periferia das grandes cidades.

Nos casos particulares de João Câmara-RN e Palhano-CE, após os sismos, as residências passaram por processos de reforços estruturais desenvolvidos pelo Batalhão de Engenharia do Exército. Em geral, em residências, as técnicas de reforço envolvem assegurar a continuidade das alvenarias, assegurar as ligações, uso de tirantes para travar alvenarias externas, aumento da resistência das alvenarias etc. [1]. Os detalhes construtivos compreendiam o uso de baldrame e cintas de concreto armado nas fundações, vergas e contra-vergas nas aberturas de portas e janelas, pilares em todos os cantos de alvenaria, colchões de concreto armado para receber as linhas dos telhados, contrafortes em todas as alvenarias externas com amarrações de ferragens e tijolos, introdução de uma terceira ripa na cobertura entre as existentes e uso de telhas com encaixes [5].

Em termos de edifícios em concreto armado, considerando também o cenário dos sismos até então ocorridos no Brasil, mesmo a grande maioria deles não tendo sido projetados levando em conta os cuidados sísmicos, estes apresentaram bom comportamento. Os moradores relatam sustos devido aos deslocamentos, mas as estruturas vistoriadas não apresentaram danos.

2.4 Conclusão

O Brasil é um país de baixa sismicidade localizado no centro da placa sul-americana, situação que, embora bastante estável, não garante a ausência de eventos sísmicos de elevada magnitude como já observado em outras regiões do mundo. Alguns estados da região Nordeste do Brasil apresentam considerável sismicidade, como por exemplo o Ceará cuja capital, Fortaleza, é a cidade brasileira de maior risco sísmico e objeto de estudo deste trabalho. Na previsão dos efeitos dos sismos no Brasil, soma-se a esta possibilidade de ocorrência, a fragilidade das edificações brasileiras frente às ações sísmicas devido às suas considerações de projeto e aspectos construtivos. Este cenário justifica maior investimento em estudos sísmicos no Brasil proporcionando maior número de pesquisas na área.

3. NBR 15421:2006 – Norma sísmica brasileira

As informações apresentadas no Capítulo 2, principalmente o aumento do registro dos eventos sísmicos, associadas à necessidade de maior integração técnica com outros países, motivou maior envolvimento de profissionais da área de Estruturas nos estudos de Engenharia sísmica culminando com a produção e publicação no ano de 2006 da norma brasileira que trata dos efeitos dos sismos nas estruturas, a NBR 15421 – projeto de estruturas resistentes a sismos [9].

Contrária à realidade do Brasil e justificada pela elevada atividade sísmica de algumas regiões, os Estados Unidos da América dispõem e aplicam várias normas e documentos relacionados a projetos de estruturas resistentes a sismos. Dentre estes documentos destacam-se o IBC [50] e o SEI 7 [51]. Estes dois documentos americanos serviram de base para a elaboração da norma brasileira, sendo observadas algumas adaptações em função da realidade de baixa sismicidade verificada no Brasil. São apresentados a seguir alguns parâmetros da norma sísmica brasileira.

3.1 NBR 15421

Neste ponto são apresentadas importantes informações da NBR 15421 [9] consideradas na determinação das ações sísmicas, quais sejam: acelerações sísmicas horizontais, espectro de resposta de projeto, métodos de cálculo e categorias sísmicas.

3.1.1 Acelerações sísmicas horizontais

Na NBR 15421 [9], os valores definidos como característicos nominais para as ações sísmicas são aqueles que têm 10,0% de probabilidade de serem ultrapassados no sentido desfavorável, durante um período de 50 anos, o que corresponde a um período de retorno de 475 anos.

O estudo das acelerações sísmicas horizontais no Brasil teve como base inicial um estudo de perigo sísmico a nível mundial, o *Global Seismic Hazard Maps* exposto na Figura 3.1, realizado por várias instituições internacionais [12]. A Figura 3.2 mostra a região do mapa relativa ao Brasil dando destaque à escala de acelerações sísmicas e o perigo sísmico associado [52].

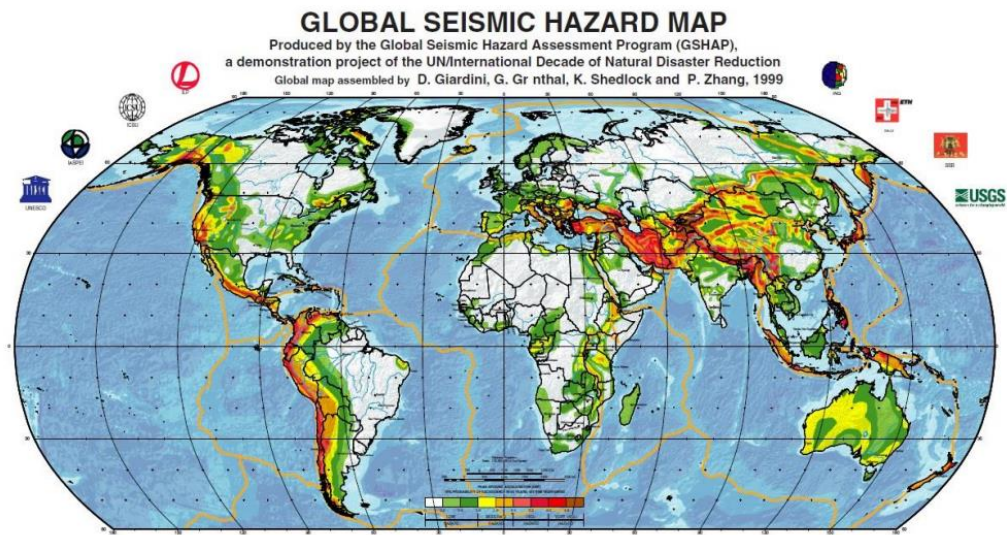


Figura 3.1. *Global Seismic Hazard Map* [52]

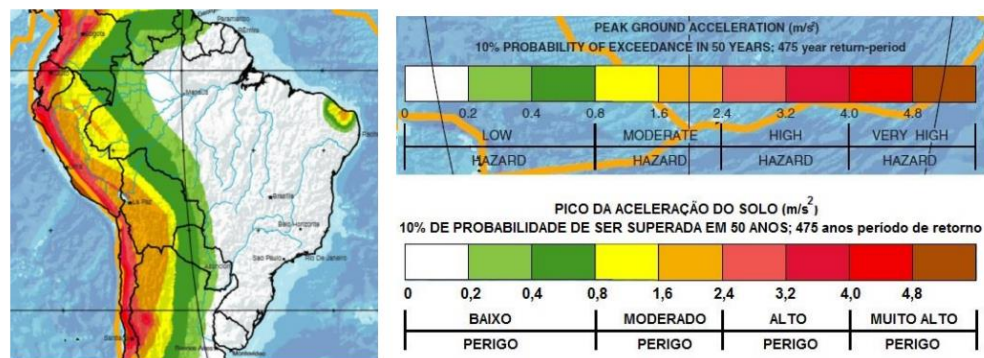


Figura 3.2. Fração do mapa relativa ao Brasil [52]

Outros estudos importantes sobre a zonificação sísmica brasileira [53] também contribuíram para a elaboração do mapa de acelerações sísmicas presente na NBR 15421 [9].

As cinco zonas sísmicas são definidas no item 6.1 da NBR 15421 [9] de acordo com a variação de aceleração sísmica horizontal característica, a_g , normalizada para terrenos Classe B (Rocha) nas faixas estabelecidas na Tabela 3.1. A NBR 15421 [9] classifica no item 6.2 os diferentes tipos de terrenos em seis categorias. Os valores de a_g independem do período da estrutura.

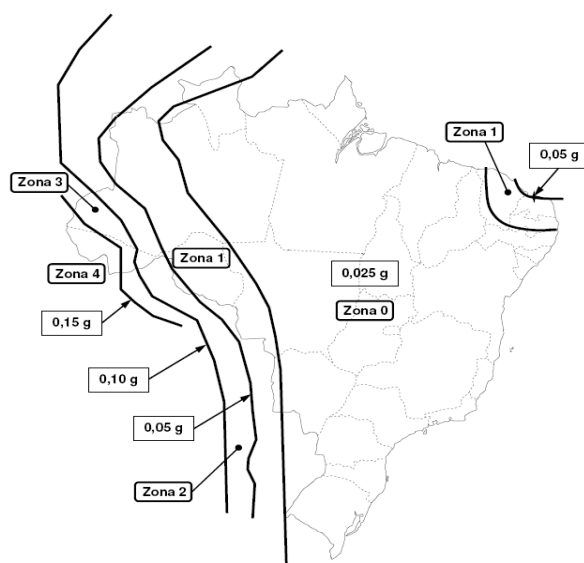


Figura 3.3. Zonas sísmicas no Brasil [9]

Tabela 3.1. Zonas sísmicas brasileiras [9]

Zona sísmica	Valores de a_g
Zona 0	$a_g = 0,025g$
Zona 1	$0,025g \leq a_g \leq 0,05g$
Zona 2	$0,05g \leq a_g \leq 0,10g$
Zona 3	$0,10g \leq a_g \leq 0,15g$
Zona 4	$a_g = 0,15g$

A maior parte do território brasileiro encontra-se na Zona 0. Muitos dos grandes centros urbanos brasileiros, como as cidades de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Curitiba, Porto Alegre, Salvador e Brasília estão localizados nesta área.

Diferente dos mapas apresentados em outras normas sísmicas sul-americanas, o mapa de zonas sísmicas da NBR 15421 [9] apresenta uma regionalização bastante simplificada [54].

3.1.2 Espectro de resposta de projeto

O espectro de resposta de projeto aplicado à base da estrutura, $S_a(T)$, para acelerações horizontais, correspondente à resposta elástica de um sistema de um grau de liberdade com uma fração de amortecimento crítico igual a 5,0%, definido no item 6.3 da NBR 15421 [9], encontra-se representado graficamente na Figura 3.4 e expresso numericamente em três trechos, os quais são representados pelas Equações (3.1), (3.2) e (3.3).

$$S_a(T) = a_{gs0} \cdot \left(18,75 \cdot T \cdot \frac{C_a}{C_v} + 1,0 \right) \quad \left(\text{para } 0 \leq T \leq \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,08 \right) \quad (3.1)$$

$$S_a(T) = 2,5 \cdot a_{gs0} \quad \left(\text{para } \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,08 \leq T \leq \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,4 \right) \quad (3.2)$$

$$S_a(T) = \frac{a_{gs1}}{T} \quad \left(\text{para } T \geq \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,4 \right) \quad (3.3)$$

sendo:

- a_{gs0} e a_{gs1} as acelerações espectrais para os períodos de 0,0s e 1,0s respectivamente, já considerado o efeito da amplificação sísmica no solo;
- C_a e C_v os fatores de amplificação sísmica no solo, para os períodos de 0,0s e 1,0s, respectivamente (valores expostos na Tabela 7.3);
- T o período natural (em segundos), associado a cada um dos modos de vibração da estrutura.

As acelerações espectrais são calculadas a partir das Equações (3.4) e (3.5).

$$a_{gs0} = C_a \cdot a_g \quad (3.4)$$

$$a_{gs1} = C_v \cdot a_g \quad (3.5)$$

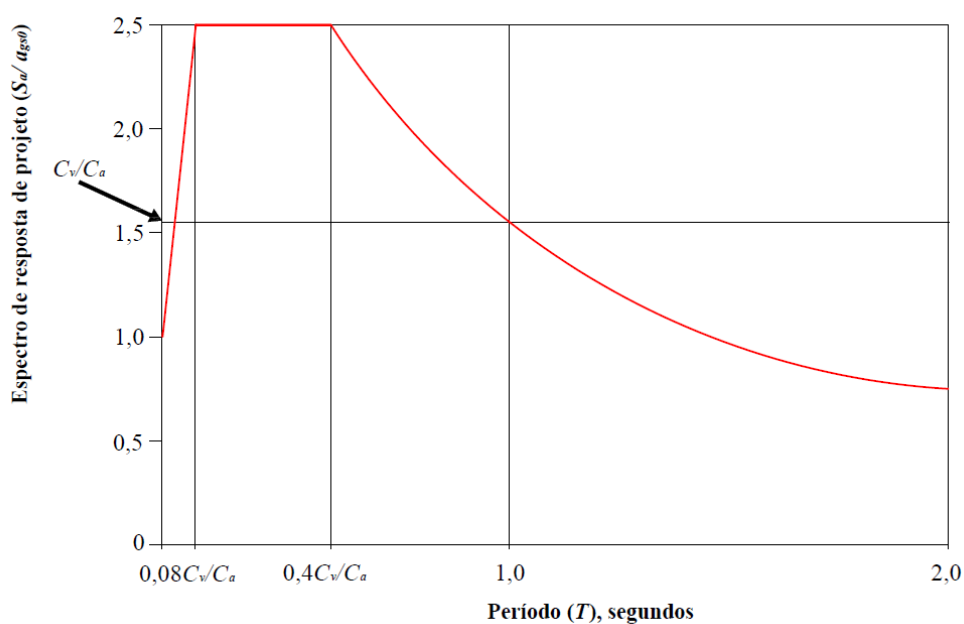


Figura 3.4. Espectro de resposta de projeto [9]

3.1.3 Categorias sísmicas e métodos de cálculo

As categorias sísmicas, definidas no item 7.3 da NBR 15421 [9], são utilizadas para estabelecer os sistemas estruturais sísmo-resistente permitidos, as limitações nas irregularidades das estruturas, os componentes da estrutura que devem ser projetados quanto à resistência sísmica e os tipos de análises sísmicas (métodos de cálculo) que podem ser adotados.

Segundo a NBR 15421 [9], a categoria sísmica é definida exclusivamente em função de sua zona sísmica como mostra a Tabela 3.2 a seguir e está relacionada com a aceleração sísmica horizontal característica, a_g .

Tabela 3.2. Categoria sísmica [9]

Zona sísmica	Categoria sísmica
Zonas 0 e 1	A
Zona 2	B
Zonas 3 e 4	C

A NBR 15421 [9] em seu item 8.6 possibilita a utilização de três métodos de cálculo para a análise sísmica: o método das forças horizontais equivalentes (MFHE), o método espectral (ME) e método dos históricos de acelerações no tempo (MHAT).

Nas estruturas de categoria sísmica A, para a Zona 0, nenhum requisito de resistência sísmica é exigido, sendo o projeto estrutural convencional suficiente. Para a Zona 1, as estruturas devem apresentar sistemas estruturais resistentes às forças sísmicas horizontais em duas direções ortogonais, inclusive com um mecanismo de resistência a esforços de torção. Devem resistir às cargas horizontais aplicadas simultaneamente a todos os pisos e independentemente em cada uma das duas direções ortogonais. Neste caso pode ser adotado, conforme o item 7.3.1 da NBR 15421 [9], o procedimento **simplificado** da força sísmica horizontal, sendo as cargas aplicadas simultaneamente em todos os pisos e independentemente em cada uma das duas direções ortogonais, com valor numérico igual ao exposto na Equação (3.6):

$$F_x = 0,01 \cdot W_x \quad (3.6)$$

sendo:

- F_x a força sísmica de projeto correspondente ao piso x ;
- W_x o peso total da estrutura correspondente ao piso x , incluindo o peso operacional de todos os equipamentos fixados na estrutura e dos reservatórios de água. Nas áreas de armazenamento e estacionamento, este peso deve incluir 25,0% da carga acidental.

As estruturas de categoria sísmica B e C podem ser analisadas por qualquer um dos métodos de cálculo previstos na NBR 15421 [9] sendo observados os cuidados referentes principalmente à limitação de pavimentos e irregularidades estruturais.

3.2 Comparação entre a NBR 15421, EUROCÓDIGO 8, SEI 7/ASCE e normas sul-americanas de dimensionamento sísmico

Com o objetivo de melhor entender os parâmetros das normas sísmicas e encontrar subsídios para futuras revisões, é bastante comum no meio técnico, a produção de trabalhos que fazem comparação entre normas adotadas em diferentes países e regiões. São exemplos de publicações neste sentido: Nakashima *et al.* [55], Tada *et al.* [56], Yayong [57], Marino *et al.* [58], Arai [59] e Shi [60].

Neste trabalho foram estudadas e servem de base de comparação com a NBR 15421 [9], em destaque na Tabela 3.3, Tabela 3.4 e Tabela 3.5, as seguintes normas sísmicas: EUROCÓDIGO 8 [61] - europeia, SEI 7/ASCE [62] - americana, INPRES-CIRSOC 103 [63] - argentina, NCh 433 [64] - chilena, NSR-10 [65] - colombiana, NEC-11 [66] - equatoriana, E.030 [67] - peruana, COVENIN 1756-1 [68] - venezuelana e NBDS [69] - boliviana.

Foram resumidos na Tabela 3.3 os seguintes parâmetros: zoneamento sísmico e acelerações horizontais características, período de retorno, coeficientes de importância e métodos de análise. Os coeficientes de importância são relacionados às categorias de utilização da edificação e serão abordados mais detalhadamente no desenvolvimento deste trabalho.

Tabela 3.3. Comparação entre normas de dimensionamento sísmico

Norma	Zoneamento e acelerações ^d	Período de retorno	Coeficientes de importância	Métodos de análises			
				Método das forças estáticas horizontais equivalentes	Método espectral	Análise linear com histórico no tempo	Análise pseudoestática (“pushover analysis”)
NBR 15421 (2006)	5 zonas ($0,025g < a_g < 0,15g$)	475 anos	$1,00 < I < 1,50$	x	x	x	
EUROCÓDIGO 8 (2010)	zonas sob responsabilidade dos países ($0,020g < a_g < 1,00g$)	475 anos / 95 anos (fortes/moderados)	$0,80 < I < 1,40$	x	x	x	x
SEI 7/ASCE (2010)	zonas extremamente detalhadas ^a	2475 anos ^b	$1,00 < I < 1,50$	x	x	x	
INPRES-CIRSOC 103 (2013)	5 zonas ($0,04g < a_g < 0,35g$)	500 anos	$0,80 < I < 1,50$	x	x	x	
NCh 433 (2009)	3 zonas ($0,20g < a_g < 0,40g$)	não explícito (determinística)	$0,60 < I < 1,20$	x	x		
NSR-10 (2010)	10 zonas ($0,05g < a_g < 0,50g$)	475 anos	$1,00 < I < 1,50$	x	x	x	x
NEC-11 (2014)	6 zonas ($0,15g < a_g < 0,50g$)	475 anos	$1,00 < I < 1,50$	x	x	x	x ^c
E.030 (2016)	4 zonas ($0,10g < a_g < 0,45g$)	475 anos	$1,00 < I < 1,50$	x	x	x	
COVENIN 1756-1 (2001)	8 zonas ($0,10g < a_g < 0,40g$)	475 anos	$1,00 < I < 1,30$	x	x	x	x
NBDS (2006)	8 zonas ($0,04g < a_g < 0,12g$)	não explícito (determinística)	$0,00 < I < 1,40$		x	x	x

a) as acelerações espectrais (em porcentagem de g) para os períodos de 0,2s e 1,0s e o período T_L que define a região do espectro governada pelo deslocamento máximo;

b) Porém, por razões de viabilidade econômica das construções, essa norma define um fator de redução de 2/3 a ser aplicado nas forças sísmicas resultantes da aplicação dos espectros obtidos desta forma;

c) Para análise de desempenho de estruturas essenciais e de ocupação especial;

d) acelerações a_g em rocha.

O estudo do zoneamento, acelerações e período de retorno permite identificar cenários semelhantes ao brasileiro. Os coeficientes de importância poderão ser usados para determinar coeficientes de resposta sísmica em uma possível comparação entre resultados usando a norma brasileira e as outras normas estudadas. O estudo dos métodos de análises possibilita identificar quais os métodos mais indicados entre as normas estudadas e os efetivamente aplicados na prática. O método espectral (ME) é indicado em todas as normas estudadas e o método das forças horizontais equivalentes (MFHE) também é

indicado em todas as normas estudadas com exceção da norma boliviana. O método de análise pseudoestática (*push-over*) é pouco indicado e o método dos históricos de aceleração no tempo (MHAT) embora indicado em todas as normas sísmicas com exceção da chilena, é um método ainda pouco aplicado na prática corrente devido à ausência de informações suficientes.

A Tabela 3.4 a seguir, apresenta as limitações de uso do método das forças estáticas horizontais equivalentes e do método espectral para cada uma das normas estudadas.

Tabela 3.4. Limitações de uso do método das forças estáticas horizontais equivalentes e do método espectral

Norma	Limitação de uso	
	Método das forças estáticas horizontais equivalentes	Método espectral
NBR 15421 (2006)	Não há limitação de uso, sendo observados cuidados nas categorias sísmicas B e C.	Não há limitação de uso, sendo observados cuidados nas categorias sísmicas B e C.
EUROCÓDIGO 8 (2010)	Edifícios cuja resposta não seja significativamente afetada pelas contribuições dos modos de vibração mais elevados que o modo fundamental em cada direção principal. Considera-se satisfeito o requisito acima nos edifícios cujos períodos de vibração fundamentais nas duas direções principais sejam inferiores a valores determinados no EC-8 e satisfaçam os critérios de regularidade em altura também apresentados no EC-8.	Análise aplicada aos edifícios que não satisfaçam as condições exigidas para a aplicação do método de análise por forças laterais. Devem ser consideradas as respostas de todos os modos de vibração que contribuam significativamente para a resposta global da estrutura, situação satisfeita quando uma das seguintes condições for demonstrada: - A soma das massas modais efetivas para os modos considerados representa, pelo menos, 90,0% da massa total da estrutura; - Todos os modos com massas modais efetivas superiores a 5,0% da massa total são considerados. Quando se utiliza um modelo espacial, as condições acima definidas deverão ser verificadas para cada direção considerada.
SEI 7/ASCE (2010)	Pode ser aplicado em todas as estruturas de categoria sísmica A, B e C. Estruturas de categoria sísmica D, E e F que atendam aos seguintes critérios: - Estruturas de categoria de risco I ou II que não excedam dois pavimentos acima da base; - Estruturas sem irregularidades estruturais e que não excedam 48 m de altura; - Estruturas sem irregularidades estruturais, acima de 48 m de altura cujo período fundamental seja inferior a 3,5 T_s ; - Estruturas abaixo de 48 m que possuam irregularidades horizontais tipo 2, 3, 4 ou 5 descritas na SEI 7/ASCE ou irregularidades verticais tipo 4, 5a ou 5b também descritas na SEI 7/ASCE.	Não há limitação de uso.
INPRES-CIRSOC (2013)	Se admite para todas as construções com até 3 níveis ou altura máxima de 9 m. Nas zonas sísmicas 0, 1 e 2, construções de no máximo 60 m de altura (altura variável em função da categoria de utilização) e que apresentem determinados limites de irregularidades estruturais verticais e horizontais estabelecidas na INPRES-CIRSOC. Nas zonas sísmicas 3 e 4, construções de no máximo 45 m de altura (altura	Não há limitação de uso.

	variável em função da categoria de utilização) e que apresentem determinados limites de irregularidades estruturais verticais e horizontais estabelecidas na INPRES-CIRSOC.	
NCh 433 (2009)	Pode ser utilizado nas seguintes estruturas: - Todas as estruturas de categoria I e II localizadas na zona sísmica 1; - Todas as estruturas com no máximo 5 pavimentos limitadas a 20 m de altura; - Estruturas de 6 a 15 pavimentos que satisfaçam as seguintes condições para cada direção de análise: • as relações entre a altura total do edifício e os períodos dos modos com maior massa translacional equivalente nas direções “x” e “y”, T_x e T_y, respectivamente, devem ser iguais ou superiores a 40 m/s; • o sistema das forças sísmicas horizontais do método estático deve ser tal que os esforços cortantes e momentos em cada nível não defiram em mais de 10,0% em relação ao resultado obtido através de análise modal espectral com igual esforço de corte basal.	Aplicado em estruturas que apresentem modos normais de vibração clássicos, com amortecimentos da ordem de 5,0% do amortecimento crítico.
NSR-10 (2010)	Pode ser utilizado nas seguintes estruturas: - Todas as edificações, regulares e irregulares, nas zonas de ameaça sísmica baixa; - Todas as edificações, regulares e irregulares, pertencentes ao grupo de uso I, localizadas nas zonas de ameaça sísmica intermediária; - Edificações regulares, de no máximo 20 pavimentos e 60 m de altura medidos a partir da base, em qualquer zona de ameaça sísmica, exceto edificações localizadas em áreas que tenham perfil de solo tipo D, E F, com períodos de vibração maiores que $2T_C$; - Edificações irregulares que não tenham mais de 6 pavimentos nem mais de 18 m de altura medidos a partir da base; - Estruturas flexíveis apoiadas sobre estruturas mais rígidas que cumpram requisitos estabelecidos na NSR-10.	Estruturas não coberta pelo método das forças horizontais equivalentes, incluindo as seguintes: - Edificações com mais de 5 pavimentos ou mais de 20 m de altura, localizadas em zonas de ameaça sísmica alta, que não tenham o mesmo sistema estrutural em toda sua altura; - Estruturas regulares ou irregulares, localizadas em regiões que tenham perfil de solo D, E ou F e que tenham um período maior que $2T_C$. Neste caso a análise deve incluir os efeitos da interação solo-estrutura. Exceções são aplicadas, em função principalmente das irregularidades estruturais.
NEC-11 (2014)	Aplicação em todas as estruturas de configurações horizontais e verticais expostas na NEC-11.	Aplicação em todo tipo de estrutura (com exceção às totalmente regulares expostas na NEC-11).
E.030 (2016)	Podem ser analisadas usando este método: - Estruturas regulares ou irregulares localizadas na zona sísmica 1; - Algumas estruturas regulares citadas na NEC-11 e que possuam no máximo 30 m de altura; - Estruturas em paredes de concreto e alvenaria armada ou confinada com no máximo 15 m de altura, mesmo que apresentem irregularidades horizontais e verticais.	Não há limitação de uso. Qualquer estrutura pode ser projetada por esse método.
COVENIN 1756-1 (2001)	A aplicação deste método é limitada a edifícios classificados como regulares pela COVENIN 1756 e altura máxima de 10 pavimentos ou 30 m.	Aplicação em edificações regulares com mais de 10 pavimentos ou 30 m de altura.
NBDS (2006)	Não recomendado.	Não há limitação de uso. Qualquer estrutura pode ser projetada por esse método.

Em geral, a limitação de uso do método das forças horizontais equivalentes (MFHE) está associada à zona sísmica, altura e irregularidades verticais e horizontais das edificações. O método espectral (ME) apresenta poucas situações de limitação de uso.

Em um estudo comparativo entre a aplicação do método das forças estáticas horizontais equivalentes e o método espectral realizado por Parisenti [13], o primeiro mostrou-se mais conservador. Utilizando-se a equação aproximada da NBR 15421 [9] para o período fundamental, a força horizontal total na base calculada pelo método das forças estáticas horizontais equivalentes ficou em geral bem maior do que a obtida pelo método espectral. Utilizando o período fundamental calculado através da análise modal, os resultados entre os dois métodos ficaram bastante próximos [13].

Na NBR 15421 [9], o coeficiente que representa a capacidade de ductilidade global dos elementos da estrutura é chamado de coeficiente de modificação de resposta, R , que corresponde ao coeficiente de comportamento, q , do EUROCÓDIGO 8 [61]. O desempenho dúctil é importante porque a energia sísmica é dissipada através da plasticidade dos componentes estruturais e porque permite consideráveis deslocamentos durante um sismo de grande magnitude sem riscos à integridade da estrutura e segurança de seus ocupantes. Embora não se possa fazer uma comparação direta entre os coeficientes de modificação de respostas das diferentes normas sísmicas, uma vez que a contribuição destes na determinação das ações é bastante particular, a Tabela 3.5 a seguir, apresenta resumo dos coeficientes de modificação de resposta das normas estudadas.

Tabela 3.5. Coeficientes de modificação de resposta das normas estudadas – adaptado de Arai [59]

Tipo de estrutura		Pórticos em concreto			Pórticos em aço			Sistema dual, composto de pórticos e pilares-parede de concreto			Sistema dual, composto de pórticos de aço e treliças de contraventamento			Estruturas do tipo pêndulo invertido		
Detalhamento		Especial	Intermediário	Usual	Especial	Intermediário	Usual	Especial	Intermediário	Usual	Especial	Intermediário	Usual	Especial	Intermediário	Usual
Norma	NBR-15421 (2006)	8	5	3	8	4,5	3,5	7	5,5	4,5	7	-	-	2,5	-	-
	ASCE/SEI 7 (2010)	8	5	3	8	4,5	3,5	7	5,5	4,5	7	-	-	2	-	-
	EUROCÓDIGO 8 (2010)	5,9	3,9	1,5 ^a	5,9	3,9	-	5,4	3,6	-	5,4	3,6	-	2	1,5	-
	INPRES-CIRSOC 103 (2013)	7	-	3,5	7	4,5	3	6	-	3,5	5	-	3	2,5	-	-
	NCH 433 (2009)	R	7			7	5	4	7			5,5	-	3	2	
		R ₀	11			11	6	5	11			8	-	5	-	
	NSR-10 (2010)	7	5	2,5	7	5	3	8	6	-	8	6	-	2,5	1,5	-
	NEC-11 (2014)	6			6			7			7			-		
	E.030 (2016)	8			9,5			7			6			-		
	COVENIN 1756-1 (2001)	6	4	2	6	4,5	2,5	5	3,5	1,75	5	4	2,25	2	1,5	1,25
	NBDS (2006) (FC) ^b	2	1			2	1			2	1			1		

a) EUROCÓDIGO 2;

b) Este fator não está associado apenas à ductilidade estrutural, mas também à própria estrutura, à qualidade do projeto estrutural, à qualidade dos materiais de construção, à qualidade e distribuição dos elementos não-estruturais (o que pode melhorar ou prejudicar o comportamento sísmico da estrutura), à distribuição dos espaços e usos (distribuição de cargas), ao adequado estado de conservação e manutenção da estrutura e às reservas de resistências sísmicas que os métodos convencionais não consideram.

Em geral, as normas sísmicas sul-americanas apresentam um grau de complexidade e profundidade de detalhes maior que a norma sísmica brasileira. Em muitos casos, como o colombiano, por exemplo, esta complexidade é justificada pelas elevadas acelerações sísmicas horizontais quando comparadas às brasileiras. Em um mesmo período de retorno, as acelerações previstas na norma colombiana variam de 0,2g a 0,4g ao passo que as acelerações previstas na norma brasileira variam de 0,025g a 0,15g.

No caso particular da Bolívia, mesmo as acelerações horizontais características sendo relativamente baixas, variando de 0,04g a 0,12g, as recomendações e os níveis de detalhamento expostos na norma sísmica são bem mais rigorosos que os apresentados na norma brasileira que nem sequer possui um capítulo referente ao detalhamento de estruturas expostas às ações sísmicas. A justificativa apresentada na própria norma boliviana para tais cuidados é o elevado risco sísmico gerado pela alta vulnerabilidade das edificações mesmo no cenário de sismicidade baixa a moderada.

3.3 Comparação entre a NBR 6118, EUROCÓDIGO 8 e ACI-318

A NBR 15421 [9] não trata de detalhamentos específicos das estruturas submetidas às ações sísmicas. A norma brasileira que trata do detalhamento das estruturas de concreto armado é a NBR 6118 [70] – projeto de estruturas de concreto. Neste ponto do trabalho, para identificar em que nível os detalhamentos das estruturas de concreto brasileiras, de forma preliminar, atenderiam às recomendações de projetos de estruturas submetidas a carregamentos sísmicos, a NBR 6118 [70], que também não faz nenhuma referência a detalhamentos sísmicos foi comparada com a norma europeia, EUROCÓDIGO 8 [61], e com a norma americana, ACI-318 [71].

Tanto a norma europeia quanto a americana, apresentam três níveis de detalhamento das estruturas de concreto em função das ações aplicadas. O EUROCÓDIGO 8 [61] apresenta os níveis DCL (baixa capacidade de dissipação de energia), DCM (média capacidade de dissipação de energia) e DCH (alta capacidade de dissipação de energia); e o ACI-318 [71] apresenta os níveis Geral, Intermediário e Especial. No caso específico da norma europeia, quando não há especificação de detalhamento DCL, são usadas para efeito de comparação com a NBR 6118 [70], as recomendações do EUROCÓDIGO 2 [72]. Importante destacar que não há relação direta entre os três níveis de ductilidade e, consequentemente detalhamentos, apresentados nas normas americana e europeia.

No estudo de comparação, foram usados os seguintes parâmetros: dimensões e taxas de armaduras (dimensões mínimas de pilares, vigas e lajes, taxas mínima e máxima de armaduras em pilares, vigas e lajes), zonas críticas de pilares (extensão, diâmetro mínimo e espaçamento máximo dos estribos), zonas críticas de vigas (extensão, diâmetro mínimo e espaçamento máximo dos estribos) e outros aspectos (forma dos estribos e regiões de emendas por traspasse). O estudo comparativo detalhado destes parâmetros está exposto no Apêndice B.

A Tabela 3.6 apresenta um resumo do estudo de comparação, indicando por legenda de cores, como estão posicionados os parâmetros da NBR 6118 [70] quando comparados aos diferentes níveis de detalhamento das normas americana e europeia.

As cores adotadas como legenda para os diferentes níveis de detalhamento das normas usadas na comparação são destacadas na coluna da NBR 6118 [70] de acordo com as semelhanças.

Tabela 3.6. Resumo da comparação entre normas de detalhamento

Norma (abordando estruturas sismo-resistentes)						
Parâmetro	EUROCÓDIGO 8:2010 (Europeia)		ACI 318:2014 (Americana)		NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto (Brasileira)	
SITUAÇÕES GERAIS – DIMENSÕES E TAXAS DE ARMADURAS						
Dimensões mínimas de pilares	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Dimensões mínimas de vigas	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Dimensões mínimas de lajes	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa mínima de armaduras em pilares	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa máxima de armaduras em pilares	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa mínima de armaduras em vigas	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa máxima de armaduras em vigas	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa mínima de armaduras em lajes	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Taxa máxima de armaduras em lajes	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
ZONAS CRÍTICAS DE PILARES						
Extensão	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Diâmetro mínimo dos estribos	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Espaçamento máximo dos estribos	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			

ZONAS CRÍTICAS DE VIGAS						
Extensão	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Diâmetro mínimo dos estribos	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Espaçamento máximo dos estribos	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
OUTROS ASPECTOS						
Forma dos estribos	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			
Regiões de emendas por traspases	DCL		Geral			
	DCM		Intermediário			
	DCH		Especial			

Pode-se usar como exemplo, para interpretação da Tabela 3.6, a comparação das dimensões mínimas de pilares.

Tabela 3.7. Comparação entre dimensões mínimas dos pilares

Norma (abordando estruturas sismo-resistentes)					
Parâmetro	EUROCÓDIGO 8:2010 (Europeia)		ACI 318:2014 (Americana)		NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto (Brasileira)
Dimensões mínimas de pilares * EC-2	DCL	100 mm em seções ocas e 150 mm em seções compactas.*	Geral	Não há limites.	EC-8
					ACI 318
	DCM	A menos que $\theta \leq 0,1$, as dimensões da seção transversal de pilares sísmicos primários não deverão ser inferiores a um décimo da maior distância entre o ponto de inflexão e as extremidades do pilar, para a flexão num plano paralelo à dimensão considerada do pilar.	Intermediário	Não há limites.	A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm. Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes por um coeficiente adicional.
	DCH	A dimensão mínima da seção transversal dos pilares sísmicos primários não deve ser inferior a 250 mm.	Especial	A menor dimensão da seção transversal deve ser 300 mm.	
		A menos que $\theta \leq 0,1$, as dimensões da seção transversal de pilares sísmicos primários não deverão ser inferiores a um décimo da maior distância entre o ponto de inflexão e as extremidades do pilar, para a flexão num plano paralelo à dimensão considerada do pilar.		A relação entre as dimensões da base e altura do pilar não devem ser inferiores a 40,0% para evitar uma grande variação de rigidez entre os planos de carregamento.	

As dimensões mínimas de pilares segundo a NBR 6118 [70] possuem maiores semelhanças com as recomendações dos níveis DCL e Geral do EUROCÓDIGO 8 [61] e ACI-318 [71] respectivamente. Esta semelhança é observada na maioria dos parâmetros estudados. Em poucas situações, como por exemplo as dimensões mínimas de lajes, a NBR 6118 [70] possui maior semelhança aos critérios de detalhamentos especiais das outras normas.

Importante observar que embora a NBR 15421 [9] tenha usado como base para a determinação do coeficiente de modificação de resposta, R , a norma americana ASCE/SEI 7 [62], classificando inclusive estes coeficientes segundo o nível de detalhamento das estruturas de concreto (usual, intermediário e especial), diferente da realidade americana, onde os níveis de detalhamento são bem definidos, no Brasil, nenhuma norma técnica apresenta os critérios para os diferentes níveis de detalhamentos.

3.4 Conclusão

Devido a sensação de total segurança sísmica causada pela baixa sismicidade do país, no Brasil é comum o negligenciamento ao cumprimento da norma sísmica brasileira, a NBR 15421 [9], e ao estudo aprofundado das ações sísmicas. Acredita-se que isto decorre também do fato de que as regiões Sul e Sudeste do país, locais de maior concentração da produção econômica e intelectual brasileira, não estejam localizadas nas zonas de maior perigosidade sísmica como exposto ao longo deste capítulo.

O estudo das normas sísmicas deve ser incentivado aos Engenheiros brasileiros tanto pela necessidade de aplicação nas estruturas brasileiras como para que, dentro do cenário de globalização, possam atuar em outros países.

4. Estudos para revisão da NBR 15421:2006

Desde a publicação da NBR 15421 [9], cujos determinados parâmetros e considerações foram abordados no Capítulo 3, que os estudos na área de Engenharia sísmica, apoiados fortemente pelos trabalhos em Sismologia no Brasil, são direcionados à divulgação da norma no meio técnico incentivando ações que contribuam tanto para sua maior aplicação como para produzir subsídios para futuras revisões.

4.1 Propostas do novo mapa de sismicidade brasileira

A Figura 4.1 apresenta a sobreposição do mapa de zoneamento sísmico da NBR 15421 [9] com os mapas de frequência de sismos no Brasil apresentados na Figura 2.7 e Figura 2.8.

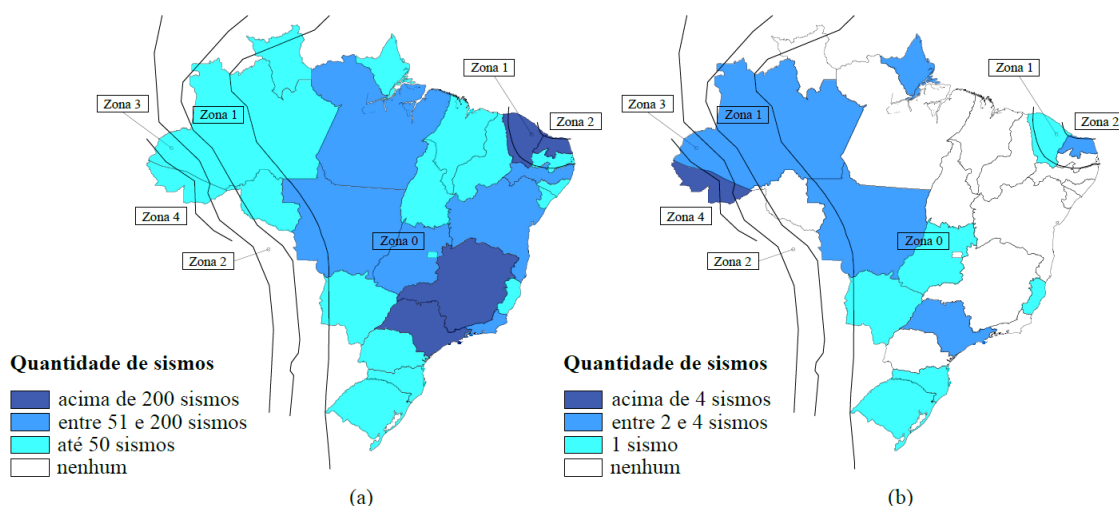


Figura 4.1. Mapa de sismicidade da NBR 15421 x frequência de Sismos I (a) e II (b)

Percebe-se a considerável presença de Sismos I e II nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, justificando a sismicidade destes estados no mapa da NBR 15421 [9]. No entanto, algumas regiões que, segundo o mapa da NBR 15421 [9], estão localizadas na Zona 0 apresentam considerável sismicidade. Além dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, em termos de ocorrência de Sismos I, destacam-se os estados do Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Pernambuco, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro, todos eles com a ocorrência de mais de cinquenta sismos no período estudado. Em termos de ocorrência de Sismos II, destacam-se os estados do Amapá, Amazonas, Acre, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Espírito Santo, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, todos eles com pelo menos uma ocorrência no mesmo período.

Um trabalho conjunto vem sendo feito pela comunidade sismológica do Brasil, envolvendo USP – Universidade de São Paulo, UnB – Universidade de Brasília, UNESP – Universidade Estadual Paulista, ON – Observatório Nacional, UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, PUC-RJ – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas para atualizar o mapa de sismicidade brasileira. Os pesquisadores do IAG/USP – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências da USP, analisando os dados da Rede Sismográfica Brasileira e a localização das falhas sísmicas, divulgaram no final de 2017 o estudo para publicação do novo mapa sismológico brasileiro, incluindo novas regiões onde os tremores de terra podem ser mais frequentes. Nesta proposta do novo mapa de sismicidade, exposto na Figura 4.2, além da confirmação da sismicidade dos estados do Ceará e Rio Grande do Norte, foram inseridas como regiões de atividades sísmicas importantes regiões que não constam na NBR 15421 [9], como a região do Pantanal, região central de Goiás, região sul de Minas Gerais, região nordeste do estado de São Paulo e parte da Amazônia. Esta inclusão obrigaria

a consideração de ações sísmicas em estados onde a concentração de domicílios brasileiros é bem elevada.

Este mapa ainda passará por estudos conclusivos, principalmente no que se refere aos possíveis efeitos da sismicidade andina exposta no mapa *GSHM* [73]. O período de retorno das acelerações horizontais em terreno classe B indicadas no mapa é de 475 anos.

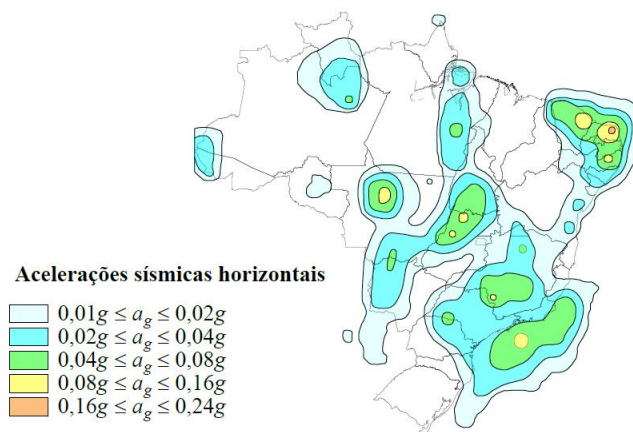


Figura 4.2. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira (USP) [73]

Nesta proposta do novo mapa, regiões dos estados da Paraíba, Pará, Amazonas, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Minas Gerais, São Paulo e Paraná passariam a apresentar acelerações sísmicas horizontais características de 0,04g a 0,08g. Regiões dos estados do Ceará, Pernambuco, Mato Grosso e Goiás passariam a apresentar acelerações variando de 0,04g a 0,16g, situações que, dependendo da fragilidade das edificações, podem causar consideráveis danos. No estado do Rio Grande do Norte são apresentadas regiões com acelerações variando de 0,08g a 0,24g [73].

A Figura 4.3 apresenta a sobreposição da proposta do novo mapa de sismicidade brasileira com os mapas de frequência de sismos no Brasil apresentados na Figura 2.7 e Figura 2.8 respectivamente.

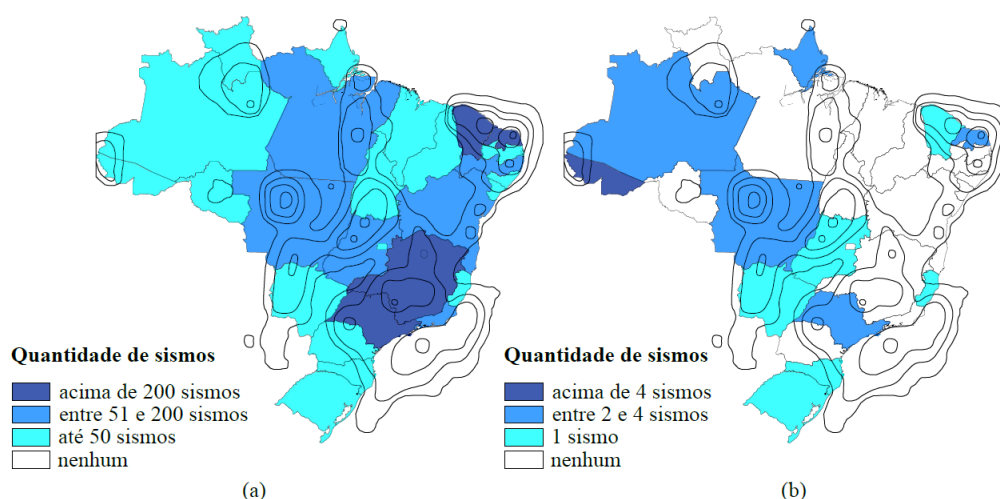


Figura 4.3. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira x frequência de Sismos I (a) e II (b)

Com exceção da região oeste do Brasil, próxima aos Andes e ainda em processo de estudo, percebe-se maior coerência na sobreposição das frequências de sismos com a proposta do novo mapa quando comparado com a sobreposição das frequências de sismos com o atual mapa da NBR 15421 [9].

A Figura 4.4 a seguir indica a distribuição das acelerações sísmicas horizontais no território brasileiro permitindo a comparação da sismicidade considerada no mapa atual da norma brasileira e a sugerida na proposta do novo mapa.

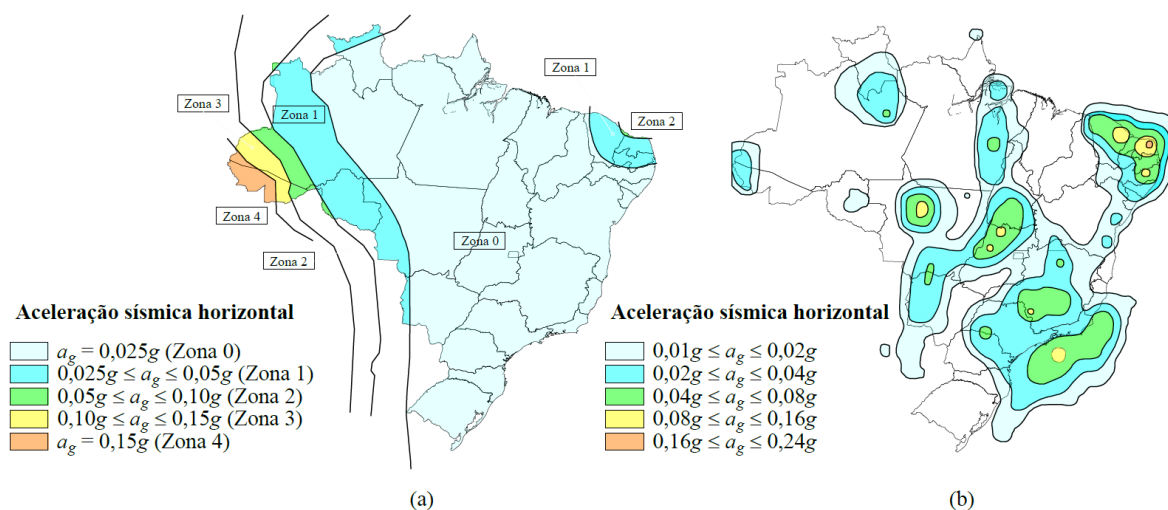


Figura 4.4. Mapas de sismicidade brasileira: NBR 15421:2006 (a) e nova proposta (b)

De acordo com o mapa de sismicidade da NBR 15421 [9], 80,0% do território nacional encontra-se em Zona 0, 14,9% do território em Zona 1, 2,0% em Zona 2, 1,8% em Zona 3 e 1,3% em Zona 4. Embora a proposta do novo mapa não defina as zonas por nomenclatura, usando apenas limites de acelerações sísmicas horizontais, a legenda usada na Figura 4.4 adota, através de cores, zonas de acelerações de ordens semelhantes às da NBR 15421 [9].

O gráfico da Figura 4.5 apresenta a comparação das áreas do território nacional, em porcentagem, submetidas às diferentes zonas sísmicas. No gráfico, a região sem aceleração sísmica (Zona -) não existe no mapa da NBR 15421 [9] e corresponde a aproximadamente 53,9% do território segundo a proposta do novo mapa de sismicidade. A Zona 0 considera acelerações horizontais mínimas da ordem de $0,01g$ e máximas da ordem de $0,02g$. Segundo a NBR 15421 [9], 80,0% do território está nesta faixa e segundo a proposta do novo mapa, 18,8%. Nos dois mapas, aproximadamente 75,0% do território brasileiro encontra-se em região de aceleração sísmica horizontal abaixo de $0,02g$. A Zona I considera acelerações horizontais mínimas da ordem de $0,02g$ e máximas da ordem de $0,05g$. Segundo a NBR 15421 [9] aproximadamente 14,9% do território brasileiro encontra-se nesta faixa e, segundo a nova proposta, esta porcentagem aumenta para aproximadamente 19,8%. A Zona II considera acelerações horizontais mínimas da ordem de $0,04g$ e máximas da ordem de $0,09g$. Segundo a NBR 15421 [9] aproximadamente 2,0% do território brasileiro encontra-se nesta faixa e, segundo a nova proposta, esta porcentagem aumenta para aproximadamente 6,5%. Há maior abrangência das Zonas I e II na nova proposta do mapa sísmico além de abranger diferentes estados. A Zona III considera acelerações horizontais mínimas da ordem de $0,09g$ e máximas da ordem de $0,15g$. Segundo a NBR 15421 [9] aproximadamente 1,8% do território brasileiro encontra-se nesta faixa e, segundo a nova proposta, esta porcentagem diminui para aproximadamente 0,9%. A Zona IV considera acelerações horizontais mínimas da ordem de $0,15g$ e máximas da ordem de $0,24g$. Segundo a NBR 15421 [9] aproximadamente 1,3% do território brasileiro encontra-se nesta faixa e, segundo a nova proposta, esta porcentagem diminui para aproximadamente 0,1% embora no mapa da norma brasileira a aceleração máxima seja de $0,15g$ contra $0,24g$ da proposta do novo mapa.

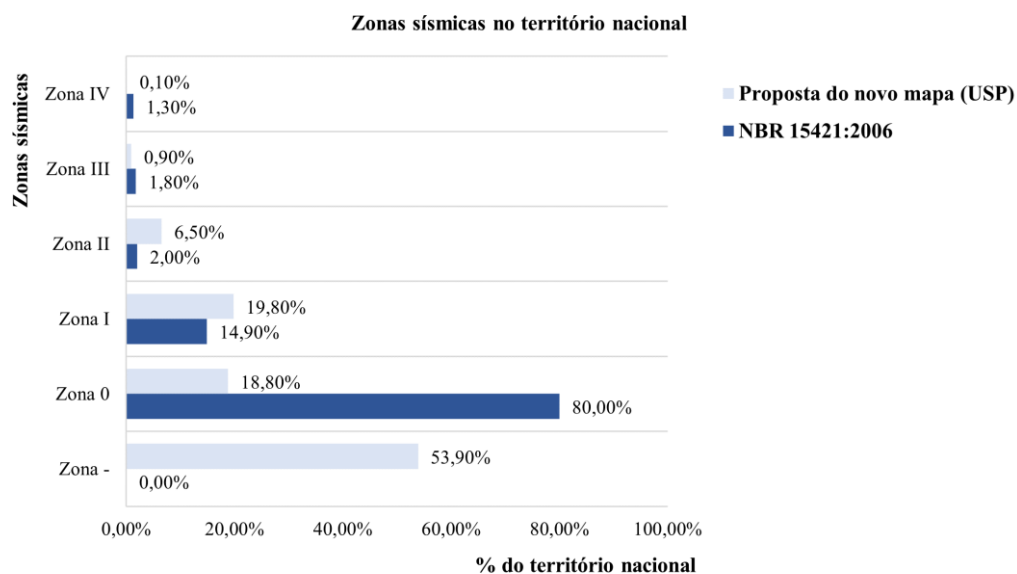


Figura 4.5. Comparação da distribuição das acelerações sísmicas no território brasileiro

Importante também observar na Figura 4.6 a relação entre a localização das falhas sísmicas quaternárias apresentadas no Capítulo 2 e as zonas sísmicas da NBR 15421 [9] e da proposta do novo mapa de sismicidade (USP).

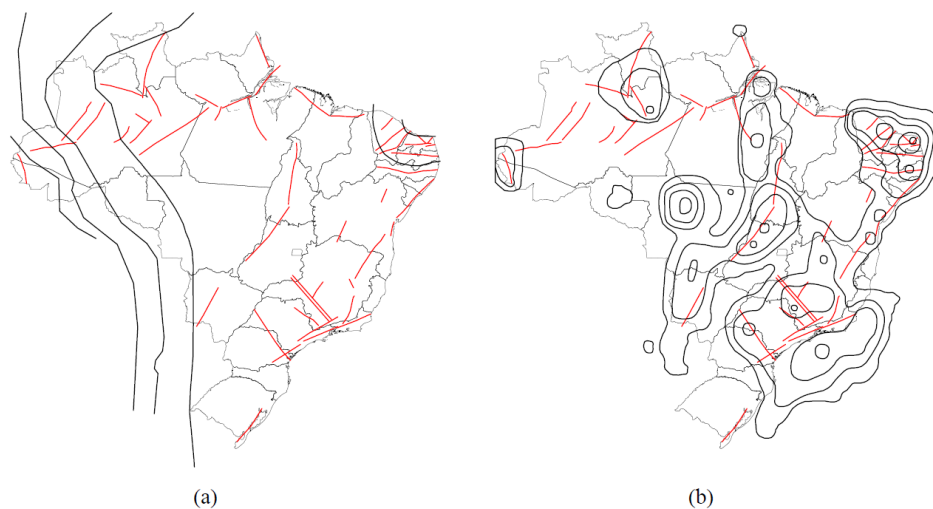


Figura 4.6. Falhas sísmicas x zonas sísmicas (a) NBR 15421 (b) proposta USP

Em paralelo ao estudo desenvolvido no Brasil, um estudo de abrangência mundial envolvendo renomadas instituições, entre elas, *Global Earthquake Model Foundation* (italiana), *EAFIT University* (colombiana), *EUCENTRE* (italiana), *GNS Science Wellington* (neozelandesa), *US Geological Survey* (americana), *Natural Resources of Canada* (canadense) e *GFZ Potsdam* (alemã) publicou mapas

relacionados à ameaça e risco sísmicos mundiais [74]. A Figura 4.7 apresenta a ameaça sísmica mundial a partir do parâmetro aceleração sísmica horizontal em rocha com um período de retorno de 475 anos tal qual adotado na NBR 15421 [9].

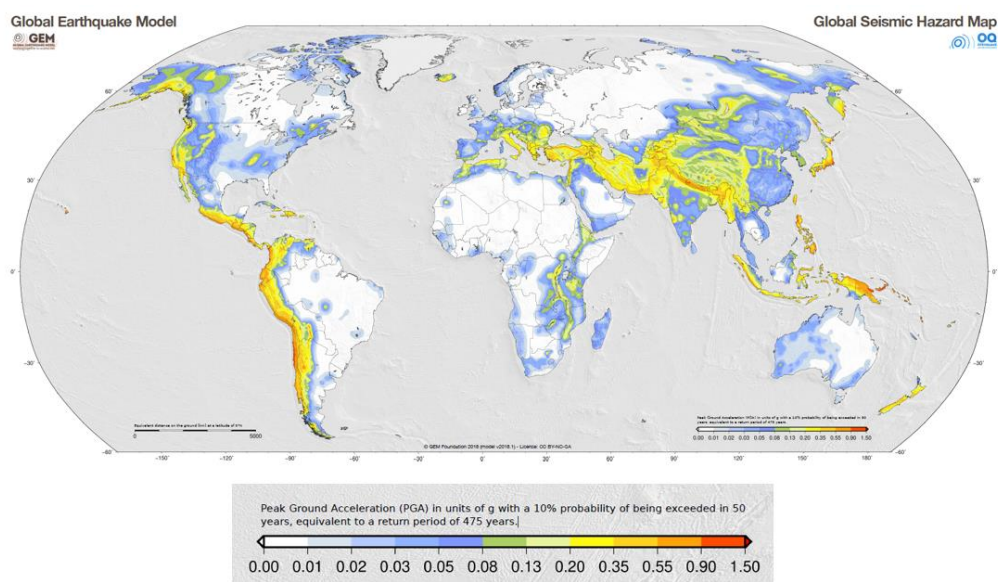


Figura 4.7. Mapa de ameaça sísmica mundial [75]

O mesmo trabalho apresenta através do mapa da Figura 4.8 a exposição de pessoas representada pela quantidade de edifícios [74].

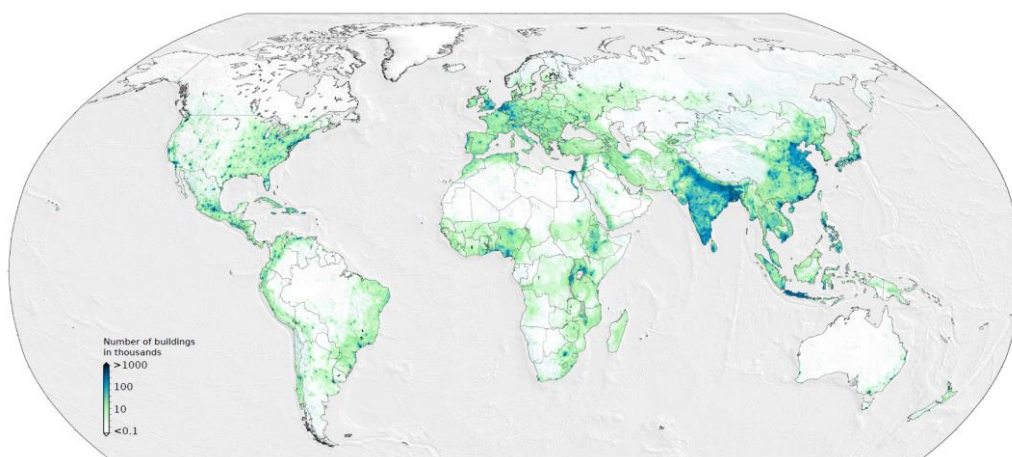


Figura 4.8. Mapa de exposição mundial [76]

Associando a ameaça sísmica à exposição de pessoas e vulnerabilidade das edificações determina-se o grau de risco sísmico de uma região. O mapa da Figura 4.9 apresenta o grau de risco sísmico mundial definido pela perda anual média normalizada pelo custo de construção.

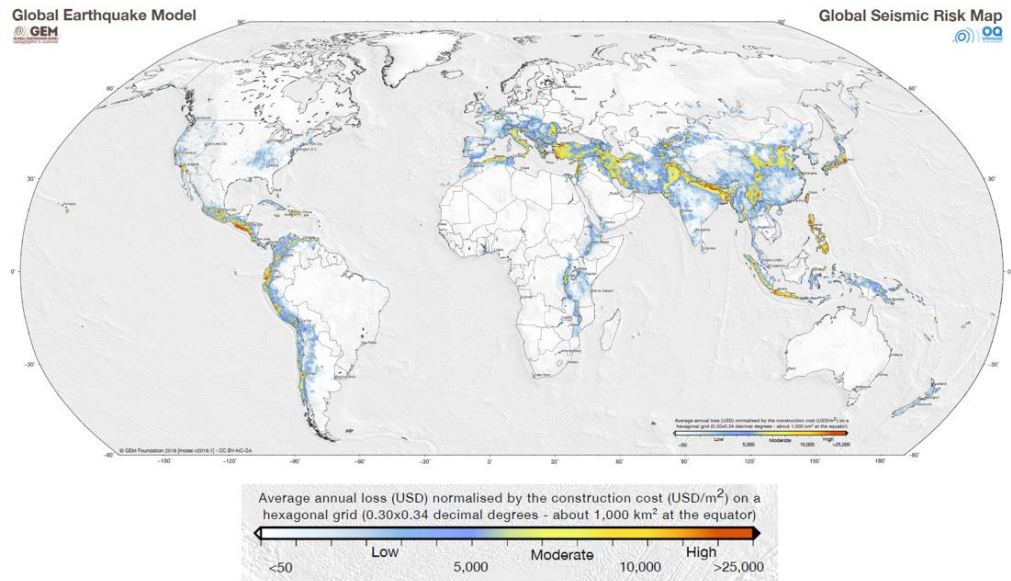


Figura 4.9. Mapa de risco sísmico mundial [77]

Nos mapas da Figura 4.10, Figura 4.11 e Figura 4.12 são apresentadas as informações da ameaça sísmica, da exposição de pessoas e do risco sísmico no território brasileiro.

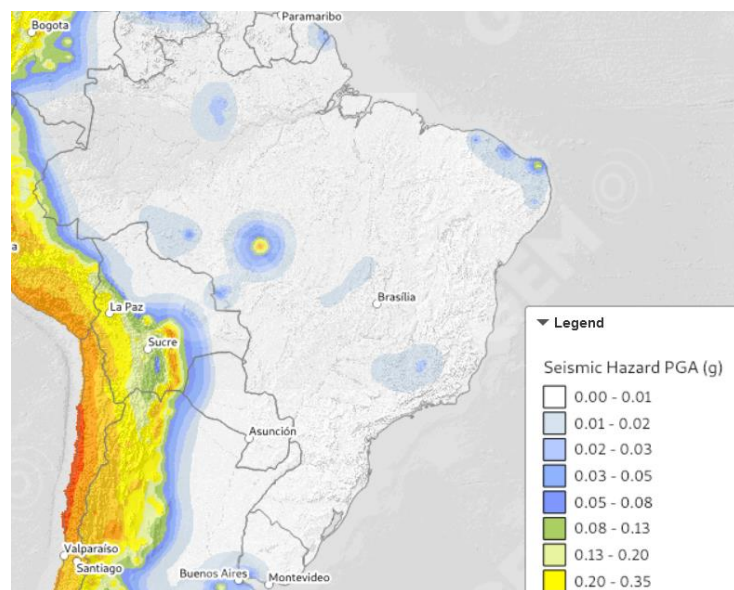


Figura 4.10. Mapa de ameaça sísmica - Brasil [75]

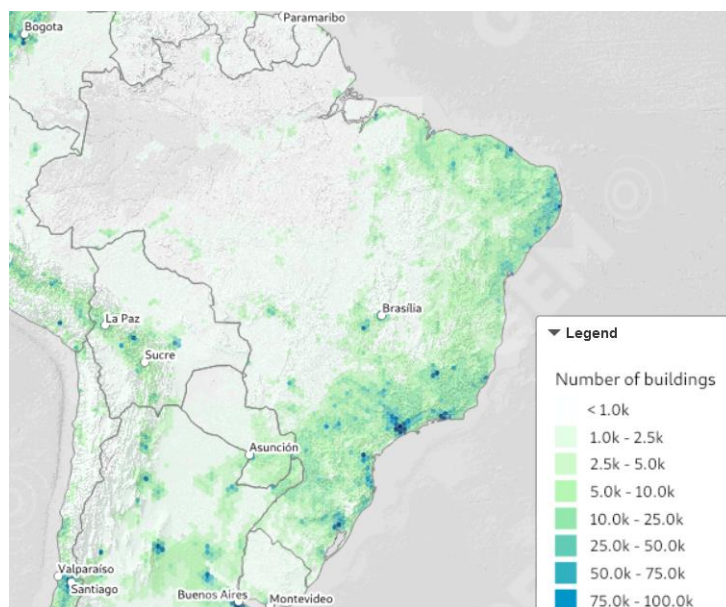


Figura 4.11. Mapa de exposição – Brasil [76]

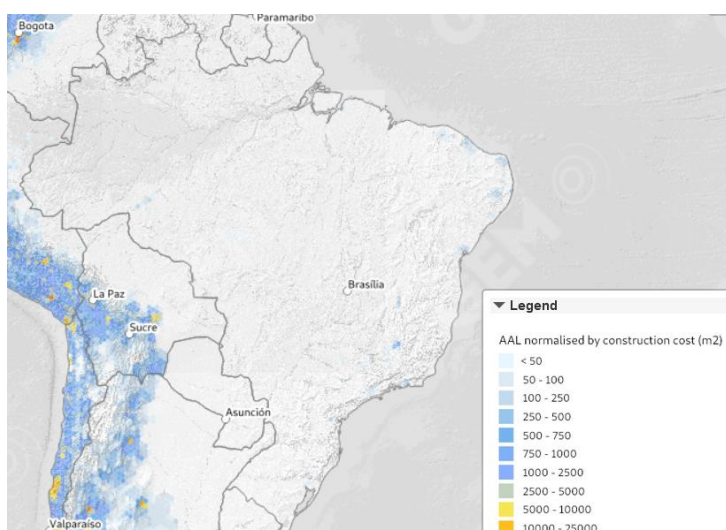


Figura 4.12. Mapa de risco sísmico – Brasil [77]

Tomando por base este estudo de nível mundial, as acelerações sísmicas horizontais em terreno de classe B no Brasil variam de $0,01g$ a valores ligeiramente superiores a $0,35g$ (Figura 4.10), estando estes valores compatíveis com os apresentados pela proposta do novo mapa de sismicidade brasileira liderada pela USP. Além disto, apresentam-se como áreas de considerável sismicidade, localidades das regiões Norte, Centro-oeste e Sudeste do Brasil. Percebe-se no mapa da Figura 4.12, mesmo que em níveis muito baixos aos comparados à escala mundial, áreas submetidas a algum risco sísmico, destacando-se áreas na região Nordeste e Sudeste do país.

Em outra linha de estudo, Alves [78] avaliou por equações de atenuação a sismicidade do Mato Grosso, Acre, região Nordeste, região Sudeste, região Centro-oeste e Amazonas. Foram consideradas no estudo acelerações sísmicas horizontais em solo B com um período de retorno de 475 anos (o mesmo do atual mapa de sismicidade da norma brasileira e adotado nos demais estudos apresentados neste trabalho). As áreas mais sísmicas da região Sudeste são as que recebem influência da Plataforma Continental, destacadamente o litoral norte-fluminense e o litoral do Espírito Santo. Essas regiões não apresentaram acelerações sísmicas horizontais superiores a $0,025g$. A grande maioria da região Sudeste apresentou acelerações próximas de $0,015g$. No Acre, na região mais a oeste, as acelerações sísmicas horizontais chegam perto de $0,20g$ e decrescem na direção leste chegando a valores da ordem de $0,025g$. Na região do Mato Grosso, os valores encontrados são os mais discrepantes quando comparados aos valores da atual versão da norma sísmica brasileira [78]. Na norma, esta região encontra-se em Zona 0 ($0,025g$) e a aceleração horizontal máxima encontrada por Alves [78] foi de $0,069g$. Na região Nordeste, a região mais sísmica compreende o norte do Ceará, o estado do Rio Grande do Norte e parte da Paraíba, chegando a valores de aceleração horizontal da ordem de $0,049g$. O restante da região Nordeste apresenta valores quase uniformes, atingindo o valor máximo de $0,020g$. Na região Centro-Oeste e Amazonas as acelerações horizontais confirmam os valores indicados na atual norma sísmica brasileira [78].

A partir das informações apresentadas, Alves [78] sugere o novo mapa de sismicidade da Figura 4.13 que apresenta como mudanças em relação ao mapa atual, a sismicidade do Mato Grosso, que passa a apresentar região em Zona 2 e patamar de acelerações constantes da ordem de $0,075g$; e a sismicidade do Nordeste com a criação de um patamar de acelerações constantes com $0,05g$.

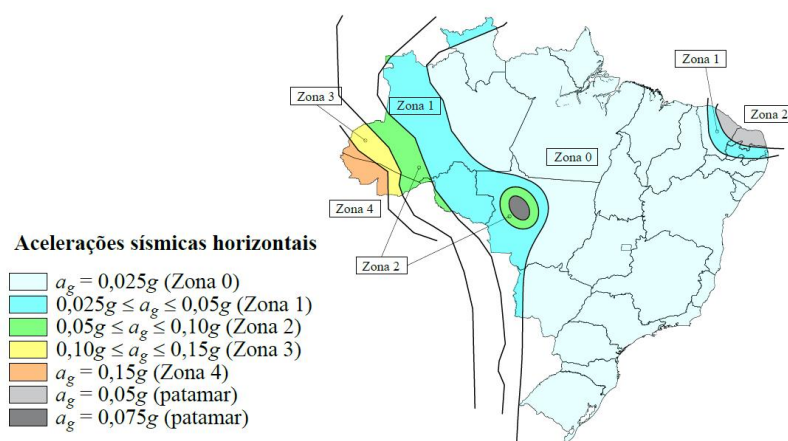


Figura 4.13. Proposta do novo mapa de sismicidade brasileira [78]

Foram de grande importância para o desenvolvimento do trabalho de Alves [78], os trabalhos de Silva [79], Dourado [80], Dourado [81] e Silva [82].

4.1.1 O estado do Ceará

A Figura 4.14 apresenta a sismicidade do estado do Ceará recomendada na NBR 15421 [9] e na proposta do novo mapa de sismicidade sugerido pelo grupo composto pela USP, UnB, UNESP, ON, UFRN, PUC-RJ e IPT [73], sendo dado destaque à cidade de Fortaleza, capital do estado.

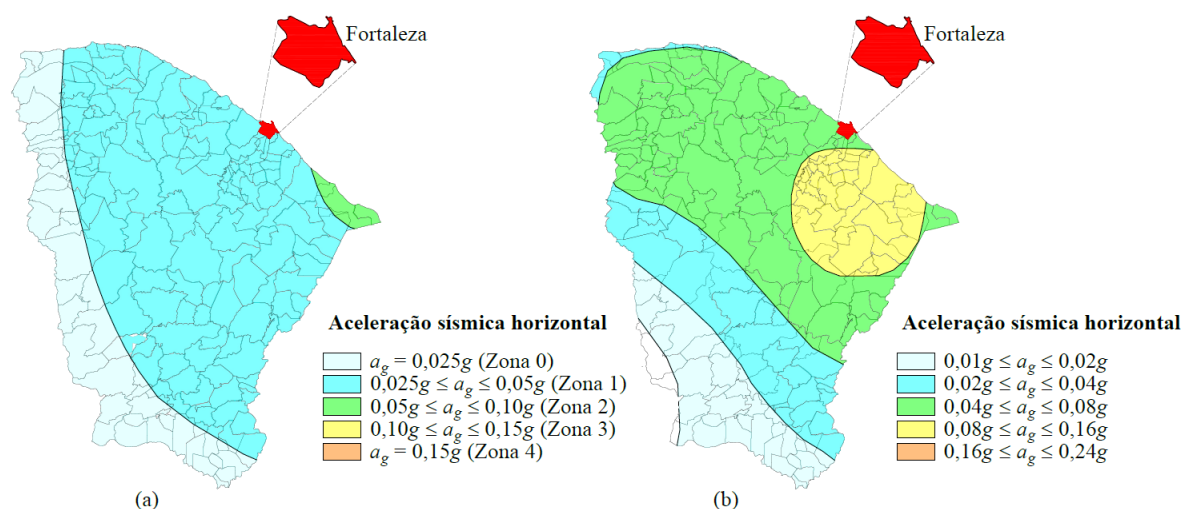


Figura 4.14. Mapas de sismicidade cearense: NBR 15421:2006 (a) e nova proposta USP (b)

A Figura 4.15 e Figura 4.16 apresentam respectivamente a sobreposição do mapa de zoneamento sísmico da NBR 15421 [9] e o mapa da proposta da nova sismicidade liderada pela USP nos mapas de frequência de sismos no estado do Ceará apresentados na Figura 2.7 e Figura 2.8.

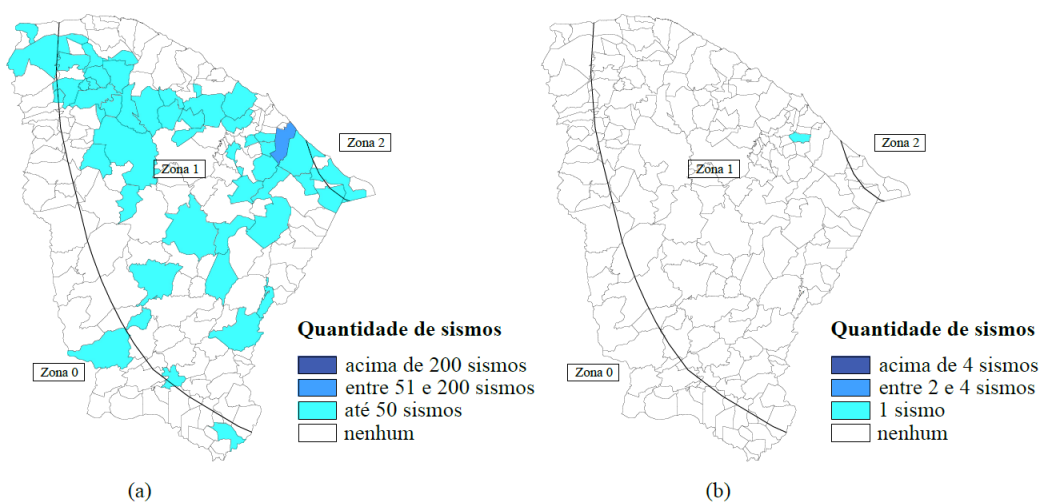


Figura 4.15. Mapa de sismicidade da NBR 15421 x frequência de Sismos I (a) e II (b) - Ceará

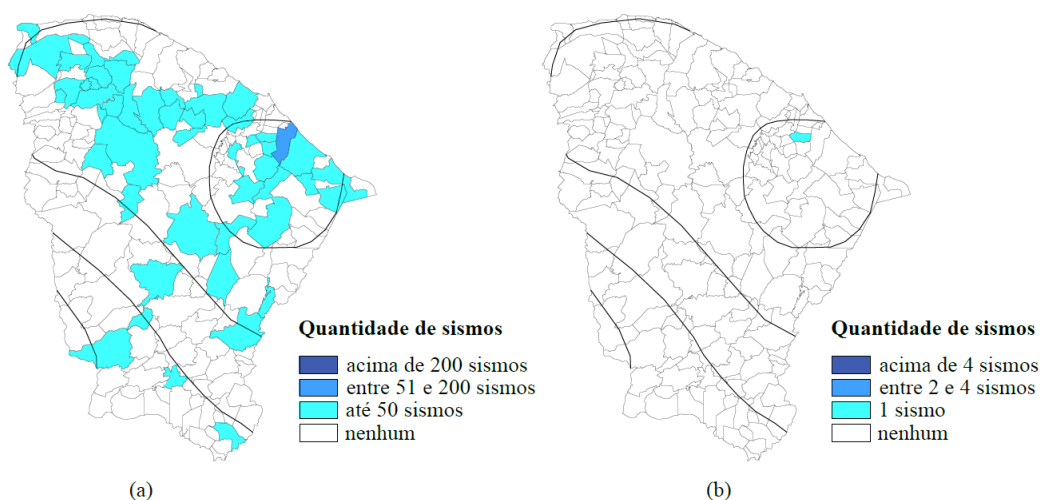


Figura 4.16. Proposta do novo mapa de sismicidade (USP) x frequência de Sismos I (a) e II (b) - Ceará

De acordo com o mapa de sismicidade da NBR 15421 [9], 22,1% do território cearense encontra-se em Zona 0, 76,5% do território em Zona 1 e 1,5% em Zona 2. Adotando a mesma linha de comparação usada na avaliação do mapa nacional foi confeccionado o gráfico da Figura 4.17 relativo ao território cearense. Segundo a proposta do novo mapa, 2,9% do território está em região sem aceleração sísmica (Zona -). Segundo a NBR 15421 [9] aproximadamente 76,5% do território cearense encontra-se na Zona I, segundo a nova proposta, esta porcentagem cai para aproximadamente 20,6%. No mapa da NBR 15421 [9] aproximadamente 1,5% do território cearense encontra-se na Zona II e, segundo a nova proposta, esta porcentagem aumenta significativamente para aproximadamente 45,6%. De acordo com

a NBR 15421 [9] não há nenhuma região do estado em Zona III e, segundo a nova proposta, existe uma porcentagem de aproximadamente 14,7% nesta zona.

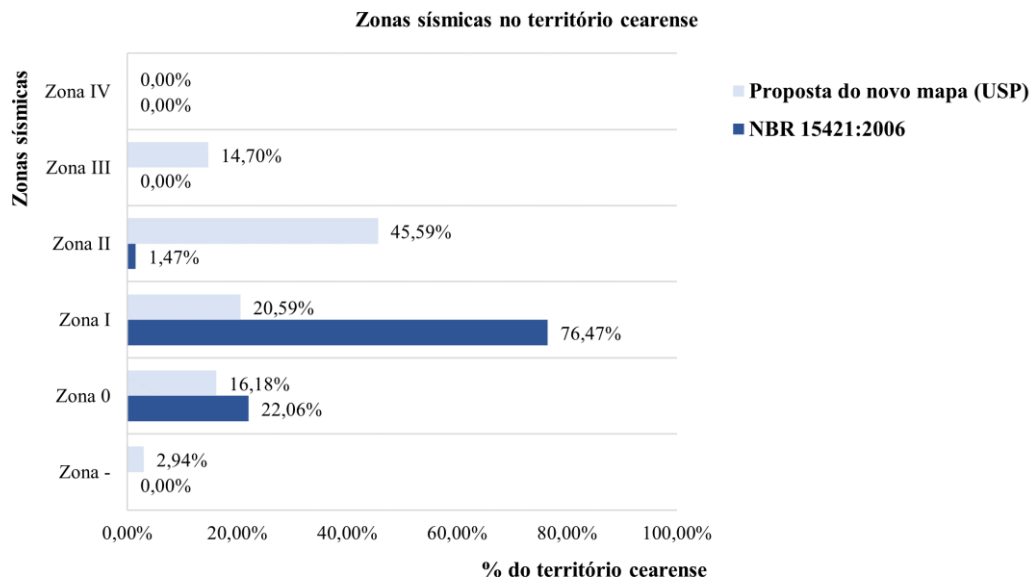


Figura 4.17. Comparação da distribuição das acelerações sísmicas no território cearense

Em termos gerais, de acordo com a proposta do novo mapa de sismicidade liderada pela USP, embora surja uma pequena parcela do estado do Ceará, em torno de 2,9%, sem aceleração sísmica (Zona -), a sismicidade do estado aumentaria quando comparada à atual condição exposta na NBR 15421 [9].

A cidade de Fortaleza, especificamente, situa-se de acordo com a NBR 15421 [9] na Zona 1 ($0,025g \leq a_g \leq 0,05g$) a aproximadamente 50 km do limite para a Zona 2 ($0,05g \leq a_g \leq 0,10g$). Na proposta do novo mapa, Fortaleza estaria em zona sísmica com acelerações horizontais de 0,04g a 0,08g e a aproximadamente 8 km do limite para a zona sísmica com acelerações horizontais de 0,08g a 0,16g.

A Figura 4.18 mostra a relação entre a localização das falhas sísmicas quaternárias e as zonas sísmicas da NBR 15421 [9] e da proposta do novo mapa de sismicidade no estado do Ceará.

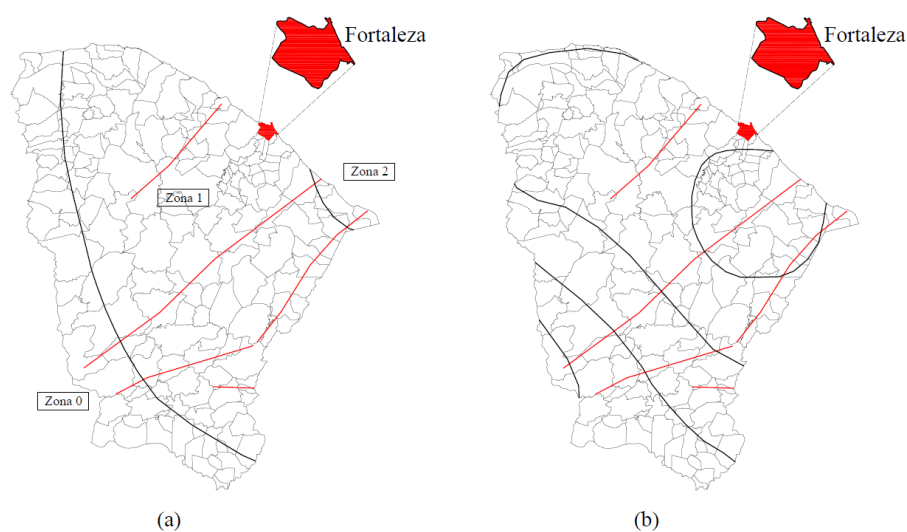


Figura 4.18. Falhas sísmicas x zonas sísmicas (a) NBR 15421 (b) proposta USP - Ceará

Os mapas da Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.21, produzidos pelo estudo de nível mundial citado no item 4.1, apresentam a ameaça sísmica, a exposição de pessoas (em função do número de edificações) e o risco sísmico no estado do Ceará. As acelerações sísmicas horizontais em rocha variam de $0,01g$ a valores ligeiramente superiores a $0,05g$. A cidade de Fortaleza está em região de aceleração sísmica horizontal de $0,02g$ bem próximo do limite de $0,03g$, sendo a cidade de maior exposição de pessoas e de maior risco sísmico do estado.

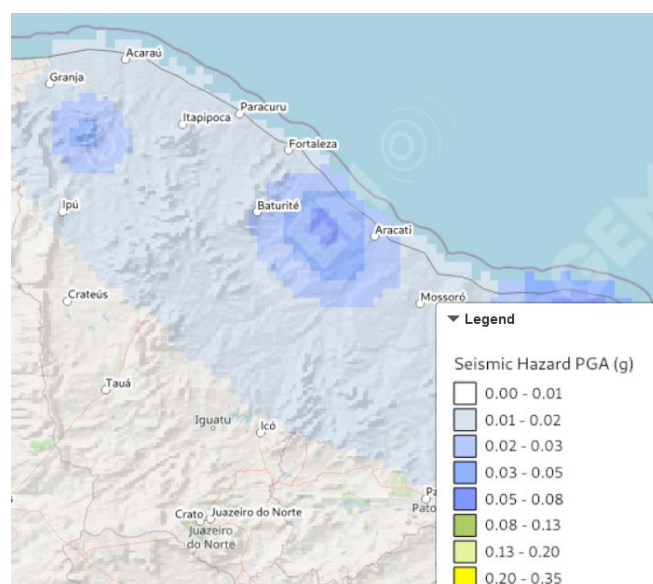


Figura 4.19. Mapa de ameaça sísmica – Ceará [75]

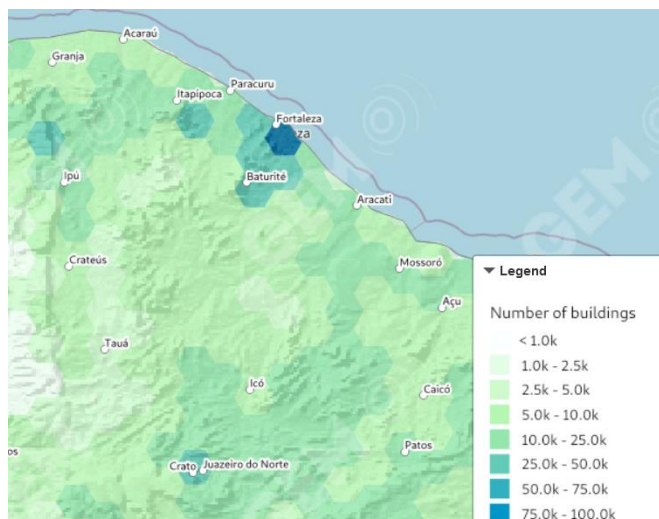


Figura 4.20. Mapa de exposição – Ceará [76]

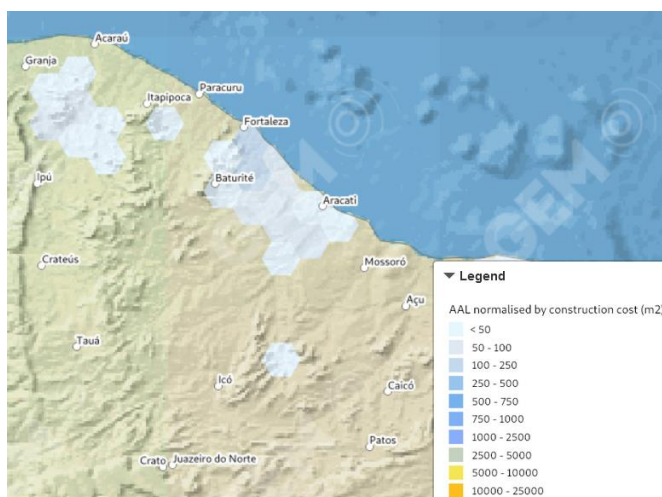


Figura 4.21. Mapa de risco sísmico – Ceará [77]

No mapa proposto por Alves [78], no estado do Ceará tem-se aproximadamente 38,0% do seu território em Zona 0 ($a_g = 0,025g$), 38,0% em Zona 1 ($0,025g \leq a_g \leq 0,05g$) e 24,0% do território em Zona 2 (patamar com $a_g = 0,05g$). Nesta configuração, a cidade de Fortaleza passa a pertencer à Zona 2 (patamar) como exposto na Figura 4.22.

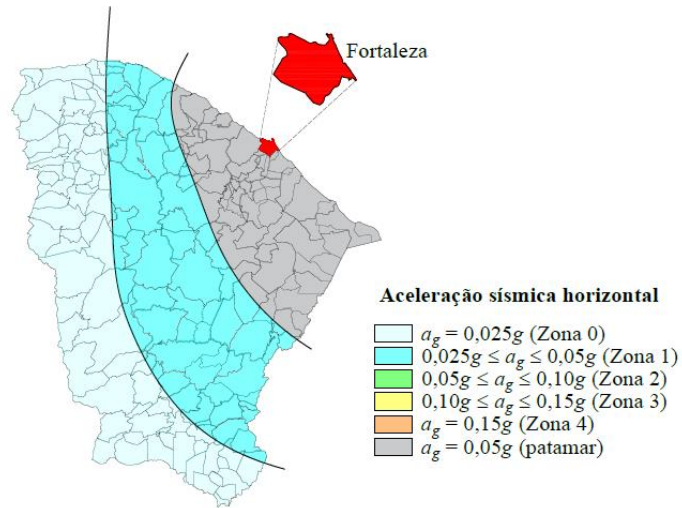


Figura 4.22. Proposta do novo mapa de sismicidade cearense [78]

4.2 Proposta do novo espectro de resposta de projeto

Alves [78] além de propor as alterações no mapa de sismicidade abordadas no item 4.1 apresenta também, baseado principalmente nos resultados do estudo da sismicidade do Mato Grosso, Região Centro-Oeste e Amazônia, alteração no formato do espectro de resposta da NBR 15421 [9]. O espectro proposto possui quatro trechos definidos pelas Equações (4.1) a (4.4) estando estes traçados no gráfico da Figura 4.23.

$$S_a(T) = a_{gs0} \cdot \left(37,5 \cdot T \cdot \frac{C_a}{C_v} + 1,0 \right) \quad \left(\text{para } 0 \leq T \leq \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,04 \right) \quad (4.1)$$

$$S_a(T) = 2,5 \cdot a_{gs0} \quad \left(\text{para } \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,04 \leq T \leq \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,30 \right) \quad (4.2)$$

$$S_a(T) = 0,75 \left(\frac{a_{gs1}}{T} \right) \quad \left(\text{para } \frac{C_v}{C_a} \cdot 0,30 \leq T \leq \frac{C_v}{C_a} \cdot 2,0 \right) \quad (4.3)$$

$$S_a(T) = 1,50 \cdot \left(\frac{C_v}{C_a} \right) \frac{a_{gs1}}{T^2} \quad \left(\text{para } T \geq \frac{C_v}{C_a} \cdot 2,0 \right) \quad (4.4)$$

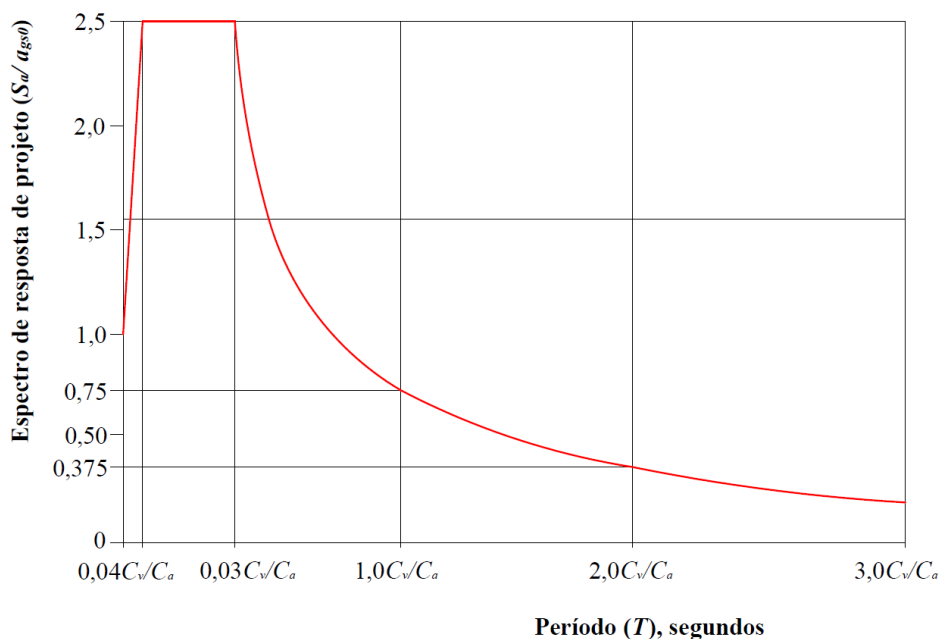


Figura 4.23. Proposta do novo espectro de resposta da NBR 15421 [78]

Na Figura 4.24 estão traçados quatro espectros de resposta, todos eles considerando a aceleração sísmica horizontal, a_g , de $0,05g$ (compatível com a cidade de Fortaleza como apresentado neste capítulo). São considerados solos D e E (classificação do solo da cidade de Fortaleza como exposto no Capítulo 7).

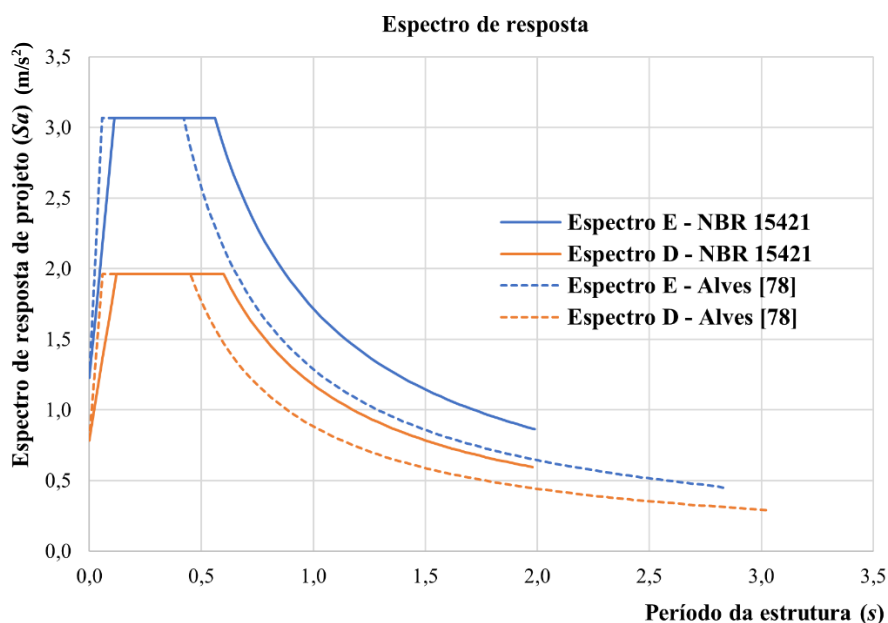


Figura 4.24. Comparação dos espectros de resposta: NBR 15421 e Alves [78]

Em solo D, nas estruturas de período até 0,12s, as acelerações espectrais, $S_a(T)$, são maiores no espectro proposto por Alves [78]; nas estruturas de período entre 0,12s e 0,45s as acelerações são iguais e; nas estruturas de período superior a 0,45s, as acelerações são menores no espectro proposto por Alves [78]. Em solo E, nas estruturas de período até 0,11s, as acelerações espectrais, $S_a(T)$, são maiores no espectro proposto por Alves [78]; nas estruturas de período entre 0,11s e 0,42s as acelerações são iguais e; nas estruturas de período superior a 0,42s, as acelerações são menores no espectro proposto por Alves [78].

No primeiro trecho do espectro (antes do patamar), as acelerações obtidas a partir de Alves [78] chegam a ser 42,9% superiores e depois do patamar, as acelerações obtidas a partir de Alves [78] são, em geral, 25,0% inferiores nas estruturas de período até 2,00s.

4.3 Conclusão

A NBR 15421 [9] embora não seja amplamente divulgada e aplicada no Brasil, vem sendo desde sua publicação, embora por parte de poucos pesquisadores como exposto no Capítulo 2, objeto de estudo. Trabalhos como os citados neste capítulo enriquecem a Sismologia e a Engenharia sísmica do Brasil e serão, sem dúvida, importante material para a futura revisão da norma sísmica brasileira.

5. A adoção da NBR 15421:2006

Para estimar a influência das ações sísmicas nas edificações brasileiras em concreto armado, objetivo principal deste trabalho, nas análises sísmicas realizadas no Capítulo 12 havia a necessidade de saber se nas estruturas projetadas a partir de 2006, ano de publicação da NBR 15421 [9], as ações sísmicas passaram a ser verdadeiramente consideradas. Com o objetivo de estimar o nível de conhecimento e aplicação da norma sísmica no Brasil, foi elaborado um questionário (Apêndice C) e enviado para os projetistas através de formulário digital. O questionário possui perguntas relacionadas aos aspectos gerais, à estrutura global dos edifícios, aos detalhamentos e às ações sísmicas. As perguntas foram direcionadas às estruturas de concreto dos edifícios projetados entre os anos de 2007 a 2017. As respostas do questionário auxiliaram também na confecção das estruturas modelo, assunto abordado no Capítulo 10 a seguir, além de apontarem quais os métodos de cálculo, assunto tratado no Capítulo 8, são os mais usados por aqueles que adotam os procedimentos da norma sísmica.

A partir das respostas relacionadas aos aspectos gerais pôde-se identificar a atuação dos profissionais em cada estado brasileiro, permitindo localizar a presença de seus projetos nas diferentes zonas sísmicas da NBR 15421 [9].

As respostas das questões relacionadas à estrutura global dos edifícios permitiram identificar o uso por parte dos projetistas dos sistemas estruturais mais frequentemente adotados nas edificações de concreto brasileiras e as possíveis irregularidades geométricas horizontais e verticais. Além disto, permitiram

traçar um perfil da consideração dos efeitos de vento nas estruturas de concreto em termos de números de pavimentos.

Com as respostas obtidas a partir das questões associadas ao detalhamento, pôde-se identificar a adoção de cuidados específicos de detalhamentos, que mesmo não recomendados em normas brasileiras, venham a melhorar o comportamento sísmico das estruturas.

As perguntas do grupo das ações sísmicas permitiram diagnosticar o nível de conhecimento e aplicação da NBR 15421 [9] por parte dos projetistas, bem como o conhecimento do meio técnico de outras normas sísmicas que podem suprir as deficiências apresentadas nas normas brasileiras.

5.1 Distribuição do questionário

Durante o período de 03 de maio a 14 de outubro de 2018, o *link* do questionário *online* foi distribuído através de diversas formas: correspondência oficial do IBRACON – Instituto Brasileiro do Concreto e da ABECE – Associação Brasileira de Engenharia Estrutural aos seus membros, *e-mails* enviados às coordenações de cursos de Engenharia Civil de universidades, faculdades e institutos da rede pública e privada (IES – Instituições de Ensino Superior), *e-mail* ao Sindicato dos Professores da Rede Federal de Ensino, redes sociais, grupos de relacionamento na área de Estruturas e através de contatos diretos.

O IBRACON possuía em 2018 mais de 450 associados espalhados por todo o Brasil. Através de seus associados o IBRACON tem como objetivo criar, divulgar e defender o correto conhecimento sobre materiais, projeto, construção, uso e manutenção de obras de concreto, desenvolvendo seu mercado, articulando seus agentes e agindo em benefício dos consumidores e da sociedade em harmonia com o meio ambiente.

A ABECE possuía também em 2018 mais de 300 Engenheiros associados que atuam em todo território nacional. Os profissionais associados à ABECE comungam de sua missão que é valorizar o Engenheiro de estruturas, estimular o intercâmbio de experiências profissionais (técnicas, administrativas e empresariais), canalizar as manifestações e articulações do setor perante os agentes institucionais, criar mecanismos de desenvolvimento e fortalecimento das empresas do setor, estabelecer padrões mínimos reconhecidos de desempenho dos profissionais do setor e fomentar a mais irrestrita ética entre os profissionais da área.

Foram obtidas no total 374 respostas segundo a distribuição mostrada na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Meios de distribuição do questionário

Meio de distribuição	Alcance	Respostas	Taxa de respostas	Participação
Membros do IBRACON	450	96	21,3%	25,7%
Membros da ABECE	300	51	17,0%	13,6%
IES da rede Federal que possuem curso de Engenharia Civil	137	15	10,9%	4,0%
IES da rede privada que possuem curso de Engenharia Civil	91	23	25,3%	6,1%
Redes sociais e grupos de relacionamento na área de Estruturas	-	41	-	11,0%
Sindicato dos professores da rede federal de ensino	-	3	-	0,8%
Contatos diretos	-	145	-	38,8%
Total	-	374	-	100,0%

A taxa de respostas dos membros do IBRACON e ABECE foi da ordem de 20,0%. A participação das IES sejam elas federais ou privadas foi bastante reduzida uma vez que os *e-mails* foram enviados aos coordenadores e solicitada a socialização com os professores do curso de Engenharia Civil. Nos outros meios não foi possível estimar a taxa de respostas. A Figura 5.1 apresenta graficamente a participação dos diferentes canais de distribuição nas respostas totais do questionário.

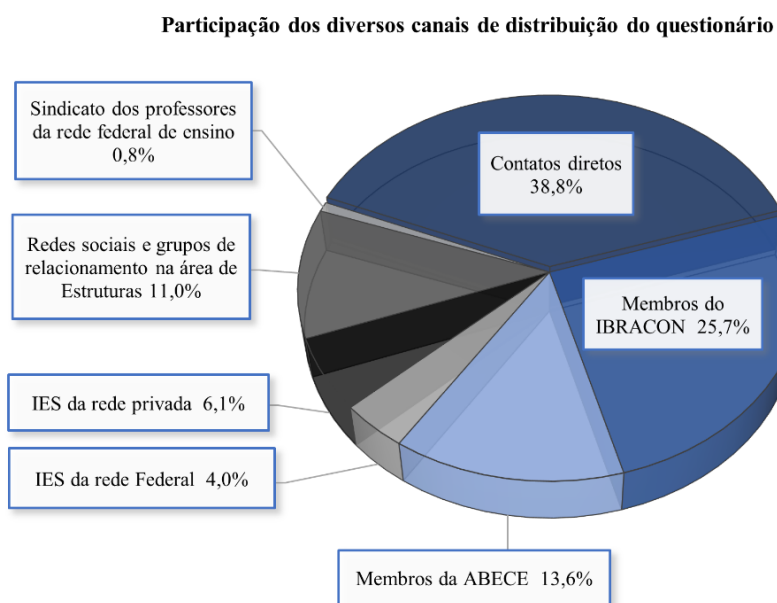


Figura 5.1. Participação dos diversos canais de distribuição do questionário

O Brasil possuía em 2018, período de coleta das respostas, segundo dados do CONFEA – Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 307.606 Engenheiros Civis. Por não ser exigida no Brasil uma especialização que confira a atribuição de projetista estrutural, torna-se impossível saber exatamente quantos por cento dos Engenheiros Civis atuam na área estrutural. A partir de uma consulta informal às

duas maiores empresas brasileiras de produção e comercialização de *softwares* para projeto de estruturas de concreto foi possível obter as seguintes informações: a primeira empresa possui aproximadamente 20.000 clientes (entre licenças profissionais e acadêmicas) e a segunda empresa possui 30.000 clientes. As duas empresas acreditam existir no país, cerca de 50.000 Engenheiros que trabalham regularmente ou eventualmente com projetos de estruturas de concreto. A amostra, representada pelo retorno das respostas, deve corresponder, portanto, a algo em torno de 0,75% do universo, o que conduz a uma margem de erro de 5,0% com um grau de confiança de 95,0%.

Participaram da pesquisa, Engenheiros estruturais de todos os estados brasileiros. O mapa da Figura 5.2 apresenta a taxa de participação dos estados, r , sendo esta a relação entre a porcentagem de participação dos Engenheiros do estado no questionário (respondentes) e a porcentagem de Engenheiros no estado em relação ao país. O estado do Ceará possui 81,3% do seu território em zonas sísmicas 1 e 2 e demonstrou uma boa participação no questionário com r igual a 2,77.

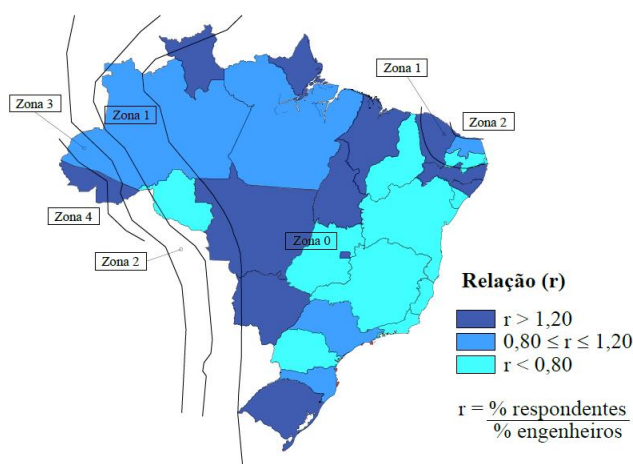


Figura 5.2. Taxa de participação dos estados no questionário

5.2 Respostas do questionário

5.2.1 Informações pessoais

As quatro primeiras perguntas do questionário estão relacionadas às informações pessoais: nome, empresa onde trabalha, cidade onde trabalha e tempo de atuação no mercado, sendo as duas primeiras não obrigatórias. Além destas questões, o respondente informava o seu envolvimento em atividades

acadêmicas. Em geral, os Engenheiros estruturais possuem elevada atuação na área acadêmica, seja como professor ou pesquisador. Em termos nacionais, 70,1% dos respondentes declararam envolvimento com atividades acadêmicas. O estado do Paraná demonstrou a menor participação entre os estados brasileiros onde apenas 40,7% dos respondentes declararam este tipo de atuação. O mapa da Figura 5.3 apresenta, por estados, o envolvimento dos respondentes em atividades acadêmicas.

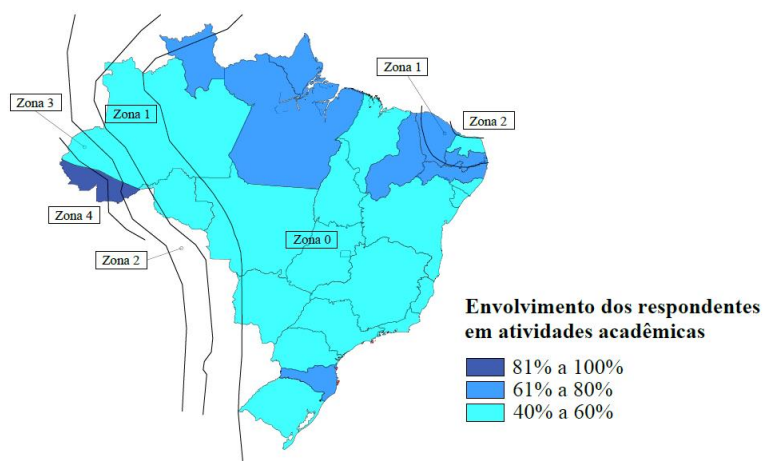


Figura 5.3. Envolvimento dos respondentes em atividades acadêmicas

5.2.2 Aspectos gerais

Questão 01: Em quais estados brasileiros você já desenvolveu projetos de estruturas de edifícios em concreto?

Nesta questão os respondentes poderiam marcar mais de uma opção, mas não tinham como informar a maior ou menor participação em cada estado. Os resultados das respostas levaram à confecção do mapa da Figura 5.4 que indica, dentro das limitações da metodologia adotada, as porcentagens em cada estado dos projetos em estruturas de concreto realizados no Brasil entre os anos de 2007 e 2017.

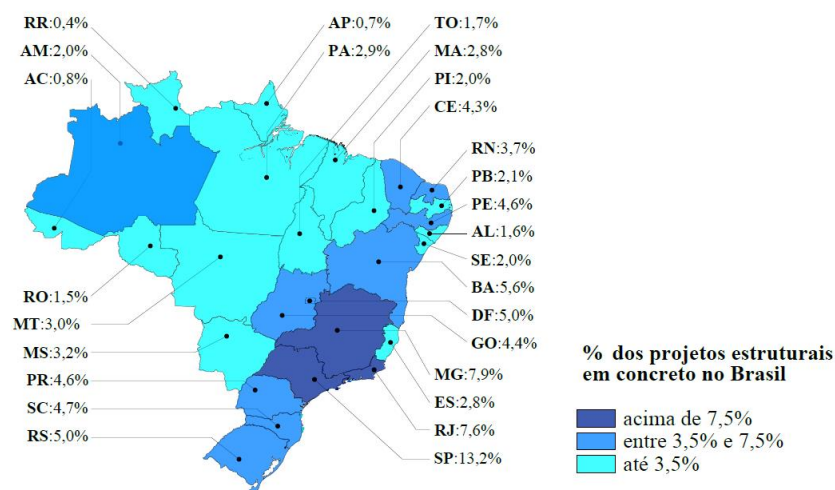


Figura 5.4. Produção de projetos em estruturas de concreto nos estados segundo os respondentes

Os estados de maior produção de projetos segundo as respostas do questionário correspondem aos locais de maior concentração de domicílios indicados no mapa da Figura 1.3 da página 4 segundo dados do IBGE.

Sobrepondo o mapa da Figura 5.4 no mapa de sismicidade brasileira da NBR 15421 [9] foi construído o mapa da Figura 5.5. Ainda na Figura 5.5 o mapa da Figura 5.4 foi sobreposto também à proposta do novo mapa de sismicidade do grupo formado pela USP, UnB, UNESP, ON, UFRN, PUC-RJ e IPT. Mesmo estando este mapa ainda em processo de estudo e não sendo exatamente este a compor uma futura revisão da norma sísmica, neste capítulo, este mapa será usado para efeito de comparação de cenários com a situação da norma sísmica vigente.

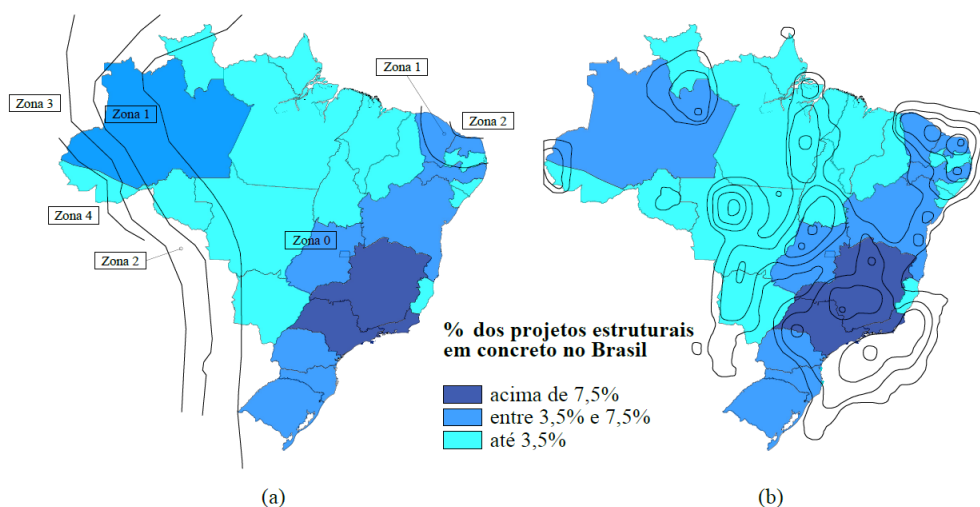


Figura 5.5. Produção de projetos x mapas de sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

Nos dois mapas, avaliando a extensão territorial, a população presente e a porcentagem de realização de projetos em estruturas de concreto segundo as respostas do questionário, tem-se a distribuição por zonas sísmicas apresentada na Tabela 5.2 e Tabela 5.3 e Figura 5.6 e Figura 5.7.

Tabela 5.2. Distribuição de território, projetos e população segundo a NBR 15421

	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
Território nacional	80,0%	14,9%	2,0%	1,8%	1,3%
Projetos em concreto	86,5%	12,1%	0,5%	0,4%	0,5%
População	90,1%	8,9%	0,4%	0,3%	0,3%

Tabela 5.3. Distribuição de território, projetos e população segundo a proposta do mapa (USP)

	Zona ^a -	Zona 0	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV
Território nacional	53,9%	18,8%	19,8%	6,5%	0,9%	0,1%
Projetos em concreto	28,6%	21,6%	35,5%	11,1%	2,9%	0,3%
População	27,6%	16,8%	43,0%	10,6%	1,9%	0,1%

a) A proposta do mapa de sismicidade liderada pela USP não apresenta claramente a nomenclatura das zonas sísmicas, sendo idealizada, para efeito de comparação com a NBR 15421, um zoneamento com acelerações compatíveis.

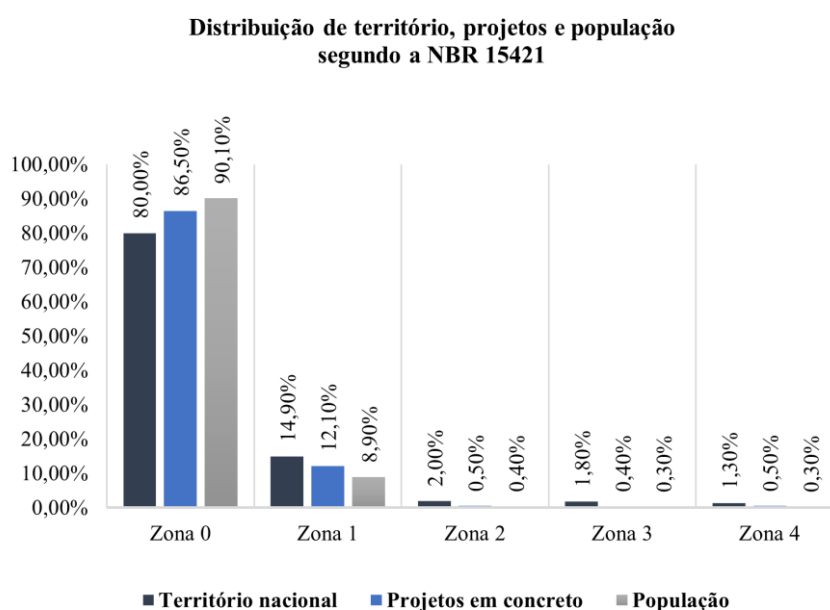


Figura 5.6. Distribuição de território, projetos e população segundo a NBR 15421

Na zonificação definida pela NBR 15421 [9], na Zona 0, região de maior extensão territorial, encontram-se a maior demanda por novos projetos e a maior concentração de pessoas. Na Zona 1, que corresponde a aproximadamente 15,0% do território nacional, têm-se a segunda maior demanda de projetos e segunda maior concentração de pessoas. Nesta zona estão as seguintes capitais brasileiras: Fortaleza, João Pessoa, Natal e Porto Velho. As demais zonas possuem pequena extensão territorial, baixa demanda de novos projetos e pequena concentração de pessoas.

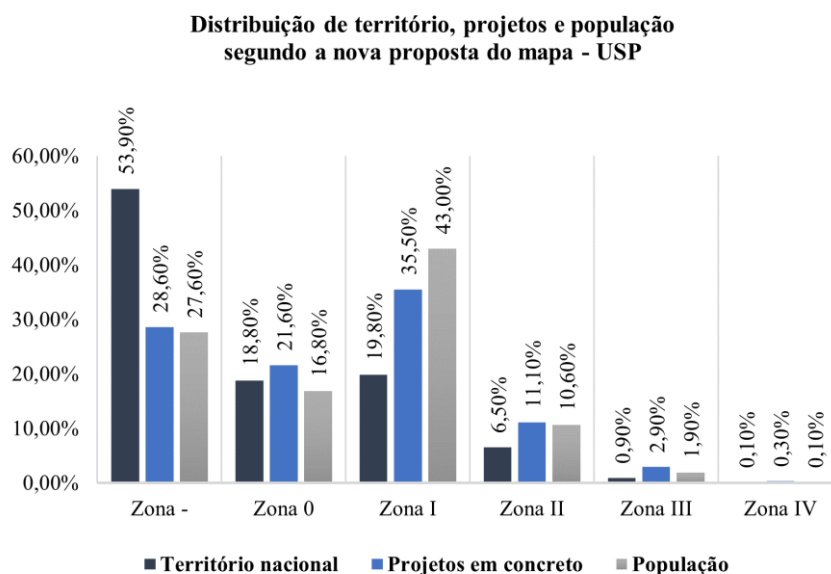


Figura 5.7. Distribuição de território, projetos e população segundo a proposta do mapa (USP)

Avaliando as mesmas relações na proposta do novo mapa de sismicidade liderada pela USP, os resultados são bastante diferentes. A demanda por projetos e a concentração de pessoas em zona de desprezível aceleração, chamada neste trabalho de Zona -, corresponde a apenas 28,0% do total brasileiro. Na Zona I, aceleração sísmica horizontal de até $0,04g$, embora corresponda a aproximadamente 20,0% do território nacional, possui uma demanda de projetos da ordem de 36,0% e uma população da ordem de 42,0%. As zonas II, III e IV, cujas acelerações variam de $0,04g$ a $0,24g$, passam a cobrir 7,5% do território nacional onde há uma demanda de 14,3% de novos projetos e uma exposição de 12,6% da população brasileira.

5.2.3 Estrutura global do edifício

Questão 02: Enumere em ordem de frequência os sistemas estruturais que você mais utiliza em seus projetos de estruturas de edifícios.

O questionário disponibilizava cinco opções que deveriam ser classificadas em ordem de frequência de uso, variando de 1 a 5, sendo 1 o sistema menos utilizado e 5 o mais utilizado. Como não havia possibilidade para o respondente informar a porcentagem de uso de cada um dos sistemas, as respostas indicam a preferência dos projetistas e não a porcentagem de adoção de determinado sistema. Os sistemas disponíveis para escolha eram: estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes pré-fabricadas (treliçadas etc.), estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes maciças, estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes nervuradas, estrutura em concreto pré-moldado (fundações, pilares, vigas, lajes etc.) e estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou cogumelo.

O sistema mais adotado, segundo os respondentes, é a estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes maciças com exceção do estado do Rio Grande do Norte, onde o sistema mais adotado é o sistema de estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes nervuradas.

O resultado no Brasil, em termos de preferência de uso dos sistemas estruturais está exposto na Figura 5.8. O estado do Ceará apresenta distribuição muito parecida com o cenário nacional apresentando como diferença a maior tendência ao uso de lajes nervuradas do que lajes treliçadas.

Em edifícios residenciais de grande porte na cidade de Fortaleza, o uso de lajes nervuradas e lisas, principalmente protendidas, ocupa, nestas últimas décadas, uma posição de destaque. O sistema de lajes nervuradas, introduzido a partir da metade da década de 1980, alcança praticamente 95,0% das construções de maior porte em andamento na cidade. O sistema é adequado para vencer vãos de até 7,5 m [83]. Alguns escritórios de projetos estruturais da cidade de Fortaleza passaram a adotar nos edifícios residenciais desde a segunda metade da década de 1990, a técnica do concreto protendido não aderente com uso de monocordoalhas engraxadas. A tendência é a maior participação das lajes lisas protendidas nas soluções estruturais vindo a substituir as lajes nervuradas [83].

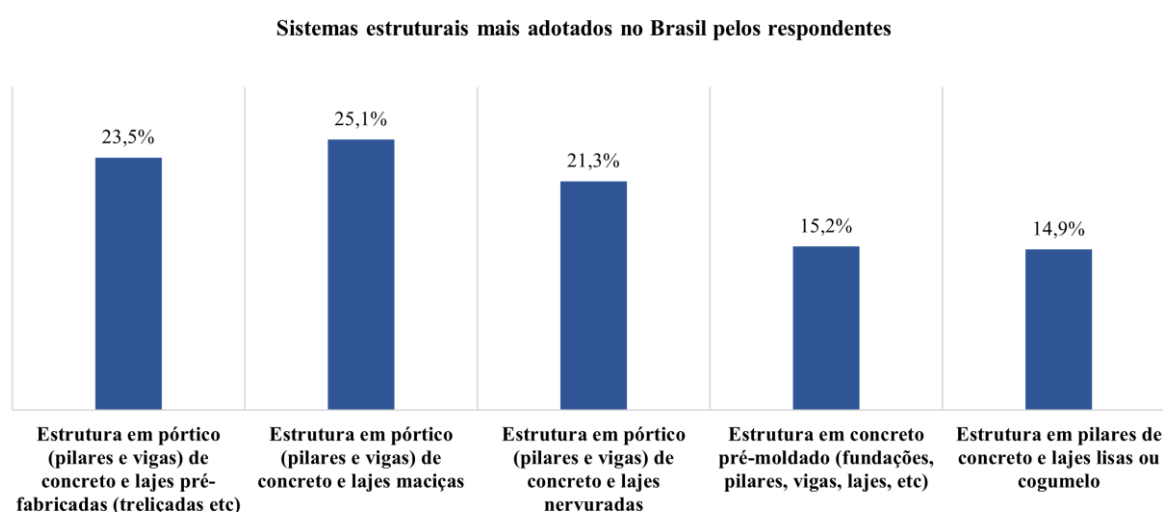


Figura 5.8. Sistemas estruturais mais adotados no Brasil pelos respondentes

Do ponto de vista de comportamento sísmico, os sistemas com lajes lisas ou cogumelo e as estruturas pré-moldadas merecem maiores cuidados. A adoção de lajes lisas apresenta alguns inconvenientes, embora contornáveis, do ponto de vista de comportamento sísmico. A ausência de vigas diminui as restrições à rotação dos pilares ao nível dos pisos de forma que, com a redução da rigidez, os deslocamentos e esforços internos dos pilares aumentam bastante quando submetidos às forças

horizontais. No caso das estruturas pré-moldadas, a experiência demonstra ser frequentemente deficientes às ações sísmicas, devido às fragilidades das ligações entre os elementos [1].

Estes sistemas foram indicados como menos frequentes pelos respondentes, sendo a presença destes sistemas no atual parque edificado brasileiro, mesmo considerando o crescimento do uso das lajes lisas como relatado na cidade de Fortaleza, ainda bastante reduzidos em comparação aos sistemas de pórticos convencionais.

Questão 03: Nos edifícios de concreto de múltiplos pavimentos projetados por você, o térreo possui fechamento de alvenaria entre pilares?

A ausência de fechamentos em alvenaria no pavimento térreo dos edifícios em concreto tem grande influência no comportamento sísmico destas estruturas. Tal configuração gera a situação de elementos rígidos sobre elementos bastante flexíveis (*soft-storey*). Mesmo as alvenarias sendo apenas de vedação, antes da danificação considerável dos tijolos, o painel impede a deformação dos pilares e vigas transformando o pórtico acima do térreo em “parede”. Nestes casos, a deformação devido às ações sísmicas tende a concentrar-se no andar inferior gerando deslocamentos relativos horizontais muito grandes entre as extremidades dos pilares [1]. Os resultados do questionário indicam que em nível nacional apenas 48,0% dos edifícios possuem fechamento de alvenaria no pavimento térreo. Através das respostas do questionário não é possível identificar a porcentagem de presença destes fechamentos em função do número de pavimentos do edifício.

Questão 04: Em que porcentagem estimada, os edifícios de concreto projetados por você apresentam: redução de áreas dos pavimentos ao longo da altura e pavimentos em forma de L, H, T ou U.

Quanto às características geométricas das estruturas, na fase de projeto, a escolha da configuração do edifício é um passo de grande importância. Esta decisão influenciará no comportamento do edifício quando submetido às ações sísmicas. O nível de danos observado em estruturas após terremotos mostra que, em condições semelhantes de aceleração do solo e propriedades dos materiais, os edifícios de configuração mais simples apresentam melhor desempenho sísmico [8].

As estruturas regulares, aquelas que não apresentam significantes discontinuidades geométricas e apresentam distribuição contínua de massa, resistência, rigidez e ductilidade, embora não agreguem bastante valor estético às construções, caracterizam-se como fatores de melhoria do desempenho sísmico. A pergunta do questionário tem como objetivo auxiliar a estimar a presença de irregularidades geométricas verticais e horizontais nas estruturas do parque edificado brasileiro.

No cenário brasileiro, 24,0% dos edifícios em concreto projetados pelos respondentes apresentam redução de áreas dos pavimentos ao longo da altura e 30,0% apresentam pavimentos em forma de L, H, T ou U. Em termos de irregularidades verticais, o menor resultado, 6,0% de ocorrência, foi verificado no estado do Amapá; o maior resultado, 30,0%, no estado de Minas Gerais; e no estado do Ceará uma presença de 17,0%. Em termos de irregularidades horizontais, o menor resultado, 19,0% de ocorrência, foi verificado no estado da Paraíba; o maior resultado, 43,0%, no estado de Roraima; e no estado do Ceará uma presença de 31,0%.

Questão 06: Em que tipo de estruturas você considera o efeito das ações de vento?

A NBR 6123 [7] – Forças devido ao vento em edificações, recomenda a consideração das ações de vento em qualquer estrutura. A velocidade de vento deve ser considerada obedecendo as isopletas do mapa da Figura 5.9. O estado do Ceará localiza-se na região de menor velocidade de vento da norma, 30 m/s, levando à obtenção de cargas horizontais nas estruturas menores que as de outras regiões do país.

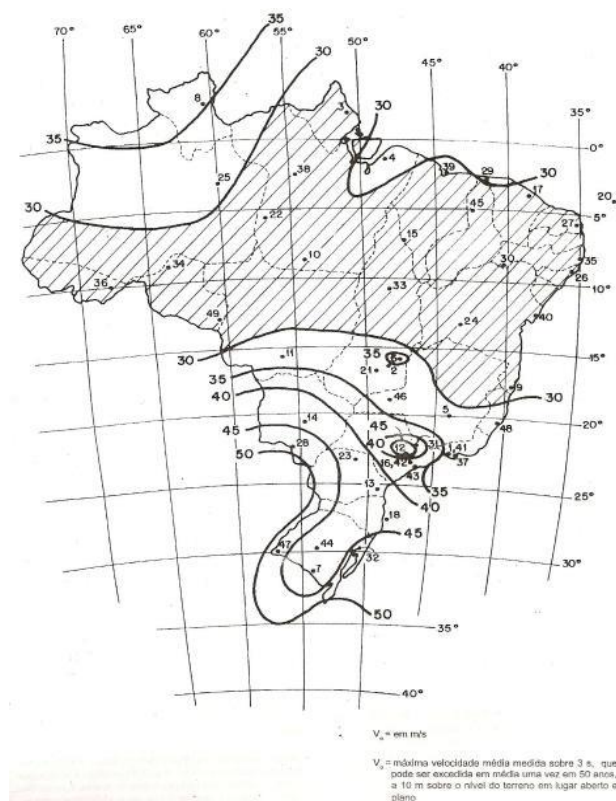


Figura 5.9. Mapa de isopletas [7]

A Tabela 5.4 e a Tabela 5.5 mostram quantos por cento dos respondentes consideram as ações de vento nas estruturas de concreto em função do número de pavimentos, tanto no cenário brasileiro quanto no

estado do Ceará, respectivamente. Os números do estado do Ceará são muito próximos à realidade brasileira.

Tabela 5.4. Consideração das ações de vento nos projetos de estruturas de concreto - Brasil

Estruturas	Ação de vento
em todas	69,75%
apenas naquelas acima de 5 pavimentos	26,47%
apenas naquelas acima de 9 pavimentos	2,52%
apenas naquelas acima de 13 pavimentos	1,26%
apenas naquelas acima de 21 pavimentos	0,00%
em nenhuma	0,00%

Tabela 5.5. Consideração das ações de vento nos projetos de estruturas de concreto - Ceará

Estruturas	Ação de vento
em todas	70,73%
apenas naquelas acima de 5 pavimentos	24,39%
apenas naquelas acima de 9 pavimentos	2,44%
apenas naquelas acima de 13 pavimentos	2,44%
apenas naquelas acima de 21 pavimentos	0,00%
em nenhuma	0,00%

Importante observar que, respectivamente, nos projetos de estruturas no Brasil e no Ceará, 30,3% e 29,3% dos projetistas não consideram ações de vento em estruturas de até 4 pavimentos. Do ponto de vista de edifícios altos, como já era esperado, todos os projetistas declararam considerar as ações de vento na análise e dimensionamento das estruturas de concreto.

5.2.4 Detalhamentos

Questão 06: Em seus projetos de estruturas de edifícios em concreto você adota detalhamento de estribos abertos na região dos nós (vigas x pilares) de forma a facilitar a montagem das armaduras?

Aspecto de grande importância no comportamento sísmico das estruturas de concreto é a ductilidade dos nós (encontros de viga e pilares). Independentemente de serem consideradas ações sísmicas, os nós precisam estar devidamente armados com a presença de estribos tanto nas vigas quanto nos pilares. Nem todos os Engenheiros projetistas destacam nos seus detalhamentos a importância de manter a montagem dos estribos na região destes encontros, e mesmo quando especificado em projeto, o procedimento raramente é executado em obra em função da dificuldade de montagem. Uma solução para o problema da montagem, é especificar em projeto, a adoção de estribos abertos como indicado na Figura 5.10.

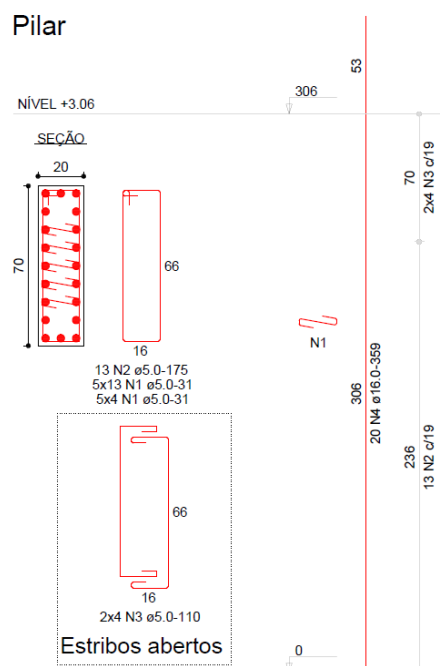


Figura 5.10. Detalhamento de pilar com estribos abertos

No cenário nacional, 24,8% dos respondentes declararam indicar o uso de estribos abertos nas regiões de nós. O mapa da Figura 5.11 indica, em todos os estados, a porcentagem dos projetos que indicam o uso de estribos abertos nas regiões do nós.

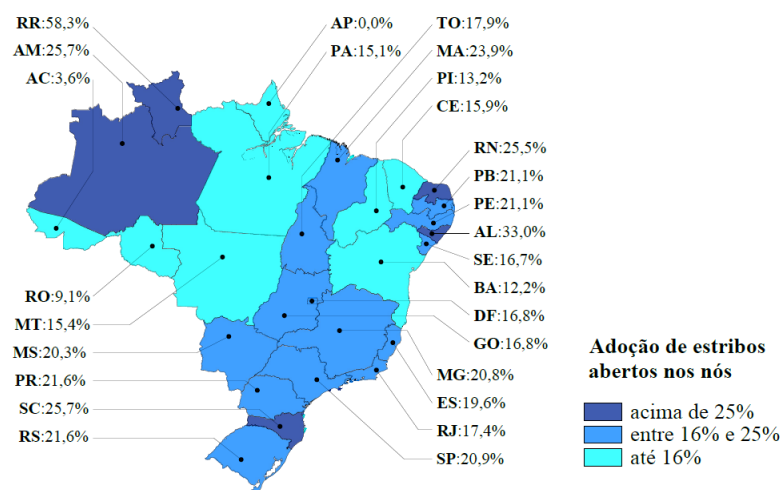


Figura 5.11. Adoção de estribos abertos nos nós

Nos mapas da Figura 5.11 e Figura 5.12, as zonas sísmicas estabelecidas na NBR 15421 [9] e as zonas sísmicas propostas no novo mapa de sismicidade (USP) são sobrepostas no mapa de porcentagem de

adoção de estribos abertos indicado na Figura 5.11. São consideradas três situações: porcentagem de até 16,0%, entre 16,0% e 25,0% e acima de 25,0% que configura aproximadamente a média de adoção nacional.

De acordo com o mapa da NBR 15421 [9], as capitais brasileiras que estão localizadas na Zona 1, Fortaleza, João Pessoa, Natal e Porto Velho, possuem respectivamente 15,9%, 21,1%, 25,5% e 9,1% de projetos de estruturas em concreto com indicação de uso de estribos abertos. Apenas uma capital brasileira localiza-se em Zona 2, Rio Branco, com apenas 3,6% de indicação de uso de estribos abertos. Nenhuma capital localiza-se em zonas sísmicas 3 e 4.

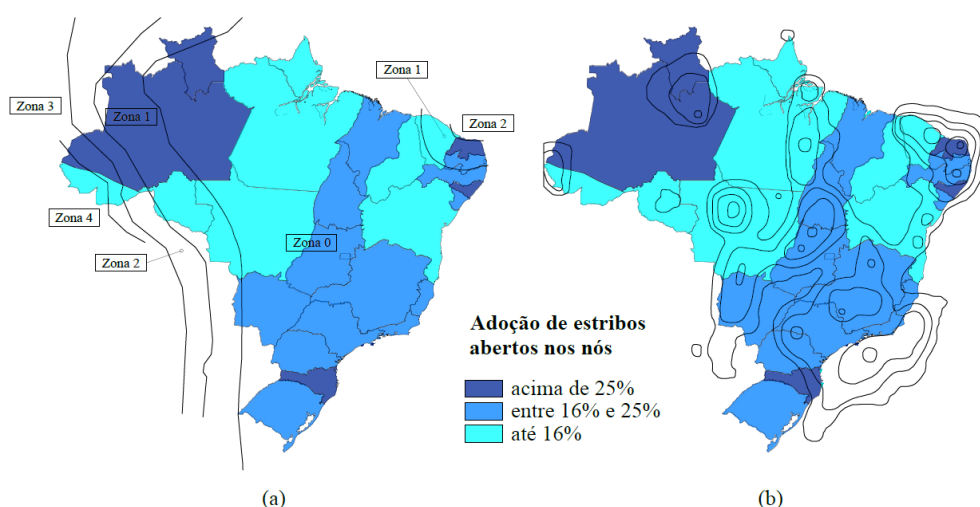


Figura 5.12. Adoção de estribos abertos x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

O gráfico da Figura 5.13 apresenta a comparação das porcentagens de indicação de uso de estribos abertos nas regiões de encontros de pilares e vigas, entre as diferentes zonas sísmicas, tanto no atual mapa da NBR 15421 [9] quanto na proposta do novo mapa de sismicidade (USP).

Nas regiões sísmicas da norma brasileira, a adoção dos estribos abertos está presente em torno de 20,0% dos projetos com exceção da Zona IV, onde apesar das maiores acelerações, a porcentagem de adoção é de apenas 6,9%. Nas zonas sísmicas da proposta do novo mapa, as recomendações da adoção de estribos abertos estão presentes em todas as zonas sísmicas e em porcentagem da ordem de 22,0%.

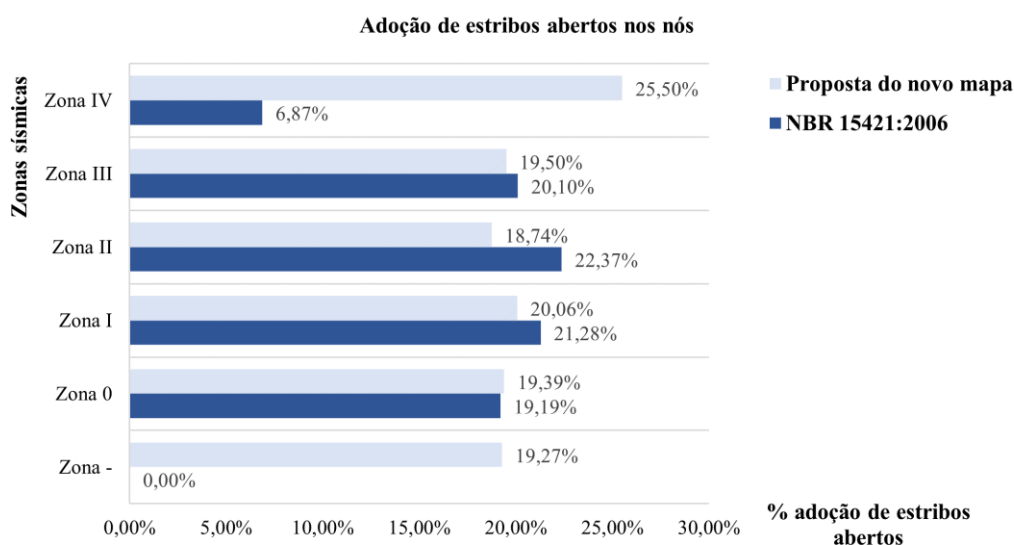


Figura 5.13. Adoção de estribos abertos nos nós nas zonas sísmicas brasileiras

Questão 07: Além dos cuidados exigidos na NBR 6118:2014, em que porcentagem aproximada, você recomenda em seus projetos de estruturas de concreto algum dos detalhamentos específicos a seguir?

Embora a NBR 15421 [9] e a NBR 6118 [70] não façam referência a cuidados adicionais extras para melhoria do comportamento sísmico das estruturas, nesta questão foram indicados, para escolha por parte dos respondentes, os seguintes cuidados: cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses, cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens, adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto e cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar), não necessariamente a adoção de estribos abertos.

A média nacional relacionada aos cuidados extras foi a seguinte: cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses – 68,0%, cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens – 70,0%, adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto – 41,0% e cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar) – 53,0%. Os mapas da Figura 5.14 indicam a situação dos estados brasileiros em relação à média nacional em cada um dos cuidados extras disponíveis no questionário.

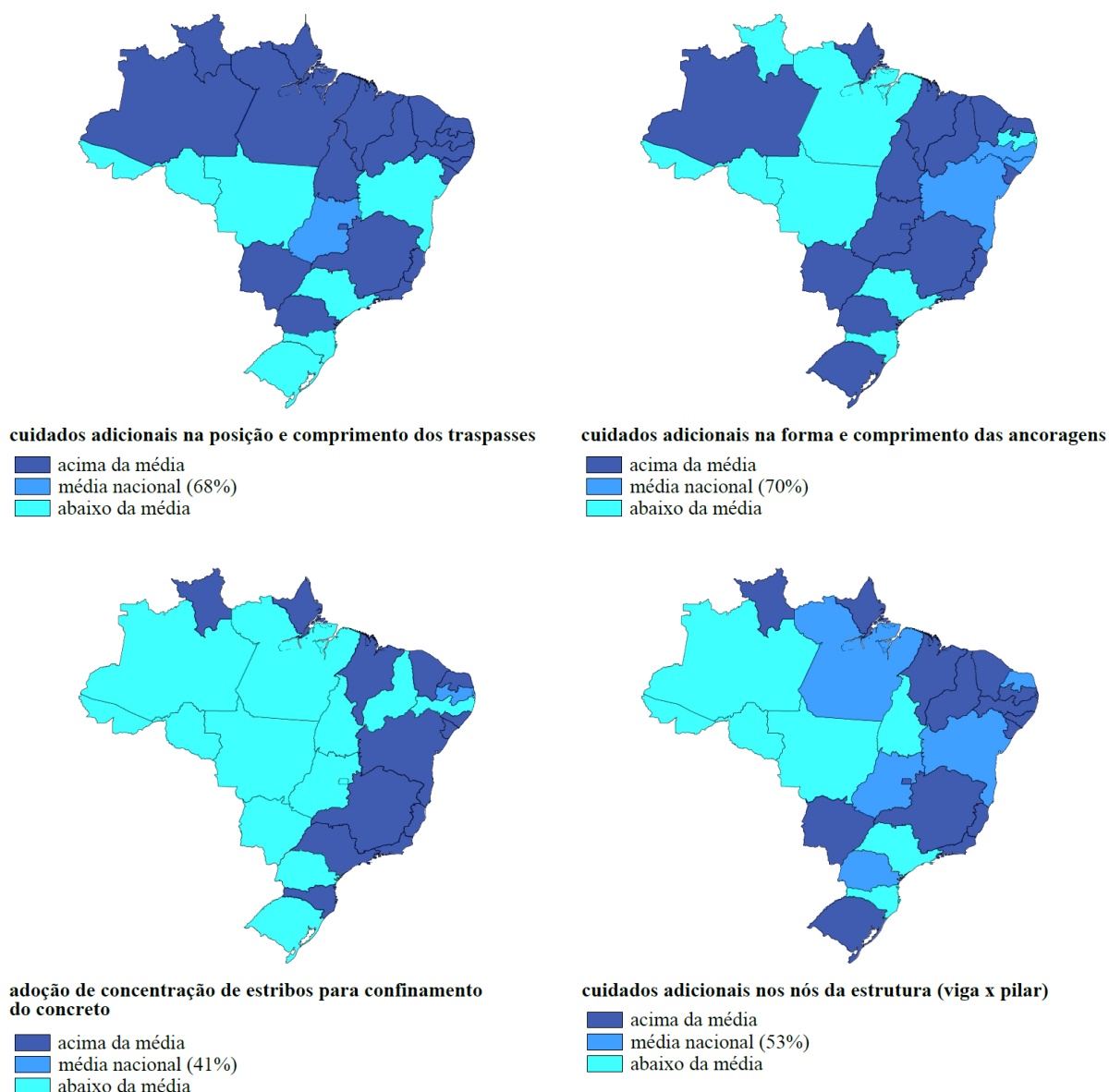


Figura 5.14. Cuidados adicionais nos detalhamentos

O estado do Ceará apresentou os seguintes resultados: cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses – 74,0%, cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens – 76,0%, adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto – 43,0% e cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar) – 63,0%, posicionando-se sempre acima da média nacional em todas as situações.

5.2.5 Ações sísmicas

Questão 08: Qual seu nível de conhecimento da NBR 15421:2006?

Nesta questão estavam disponíveis aos participantes quatro opções: nenhum conhecimento, conhecimento superficial, intermediário ou profundo. O gráfico da Figura 5.15 mostra o resultado do nível de conhecimento da norma sísmica brasileira em nível nacional.

Nível de conhecimento da NBR 15421:2006 no cenário nacional

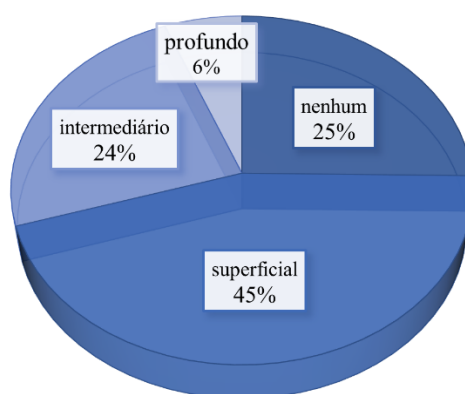


Figura 5.15. Nível de conhecimento da NBR 15421 no cenário nacional

Aproximadamente 75,0% dos respondentes declararam possuir algum nível de conhecimento sobre a norma sísmica brasileira. O mapa da Figura 5.16 indica a situação individual de cada estado e através de legendas têm-se o panorama dos estados em relação ao cenário nacional.

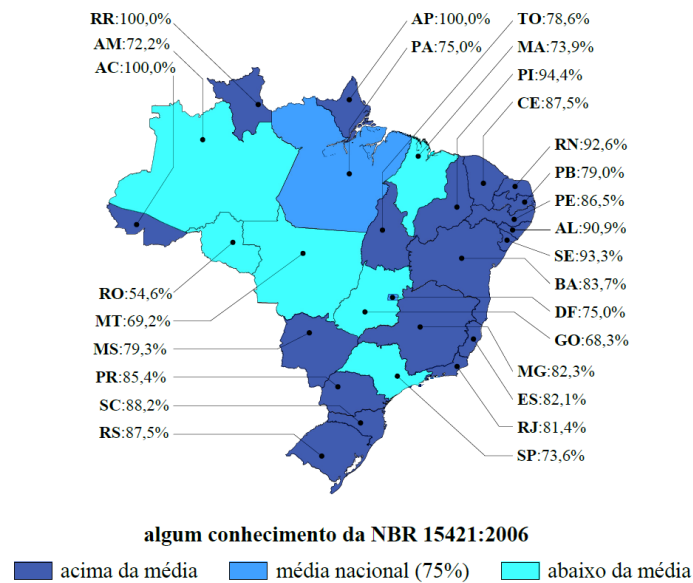


Figura 5.16. Nível de conhecimento da NBR 15421

Os projetistas que declararam fazer projetos para o estado do Ceará apresentam o seguinte perfil: nenhum conhecimento: 12,5%, conhecimento superficial: 42,5%, conhecimento intermediário: 37,5% e conhecimento profundo: 7,5%. Resumidamente, 87,5% declararam possuir algum nível de conhecimento, porcentagem superior ao cenário nacional. Os mapas da Figura 5.17 apresentam o mapa indicativo de algum conhecimento da norma sísmica brasileira sobreposto aos mapas de zoneamento sísmicos.

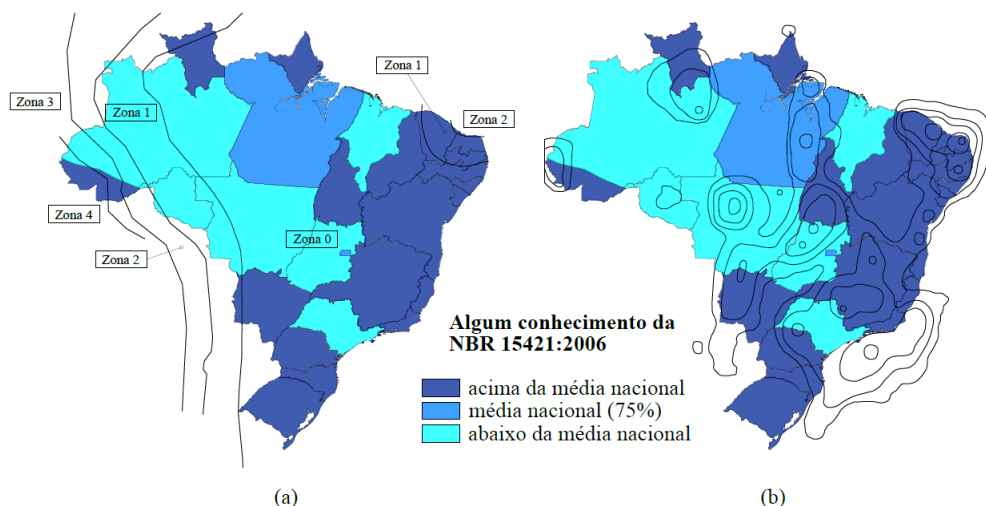


Figura 5.17. Conhecimento da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

Tratando-se de conhecimento profundo, a porcentagem de projetistas que afirmaram possuir este nível de conhecimento, atuando nos diferentes estados brasileiros, está exposta no mapa da Figura 5.18, sendo usado como referência na legenda, o nível de conhecimento profundo da norma brasileira em nível nacional.

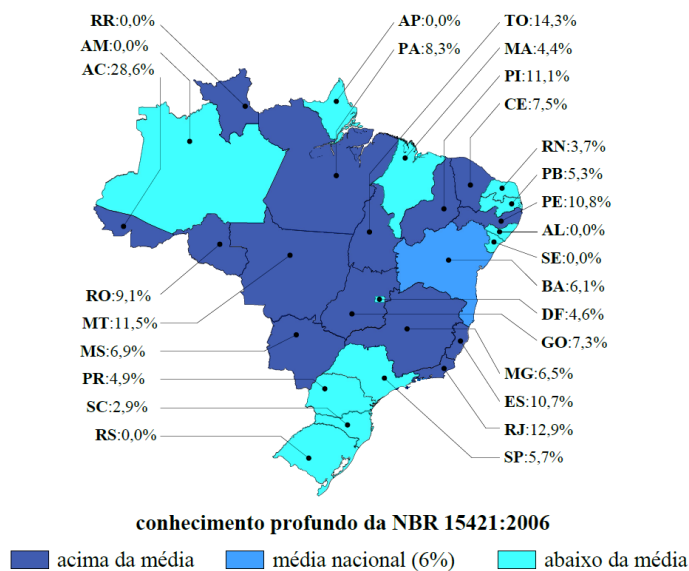


Figura 5.18. Conhecimento profundo da NBR 15421:2006

Interessante observar na Figura 5.19 que em alguns estados localizados em zonas sísmicas 1, 2 e 3 da NBR 15421 [9], especificamente o Rio Grande do Norte, Paraíba e Amazonas, os projetistas que neles atuam declararam possuir nível de conhecimento profundo da norma sísmica abaixo da média nacional.

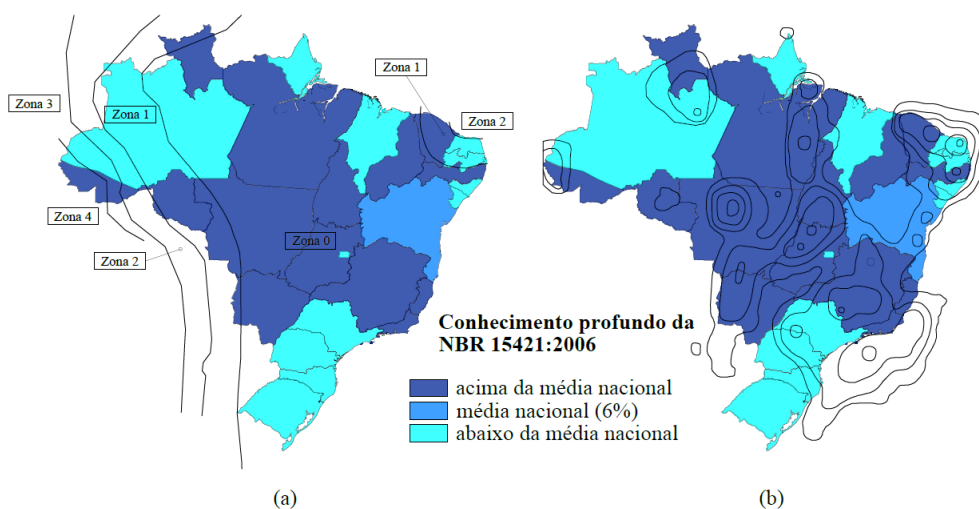


Figura 5.19. Conhecimento profundo da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

Questão 09: Em que porcentagem estimada você considera em seus projetos de estruturas de concreto as recomendações da NBR 15421:2006 – projeto de estruturas resistentes a sismos?

No cenário nacional, os projetistas declararam considerar as recomendações da NBR 15421 [9] em aproximadamente 12,0% dos seus projetos. O mapa da Figura 5.20 indica a situação individual de cada estado e através de legendas têm-se o panorama dos estados em relação ao cenário nacional. Dentre os estados, os projetistas que atuam no Tocantins declararam adotar as recomendações da norma sísmica em aproximadamente 8,9% dos casos, pior situação entre os estados e; os projetistas que atuam em Roraima declararam adotar as recomendações da norma em aproximadamente 58,3% dos casos, melhor situação entre os estados.

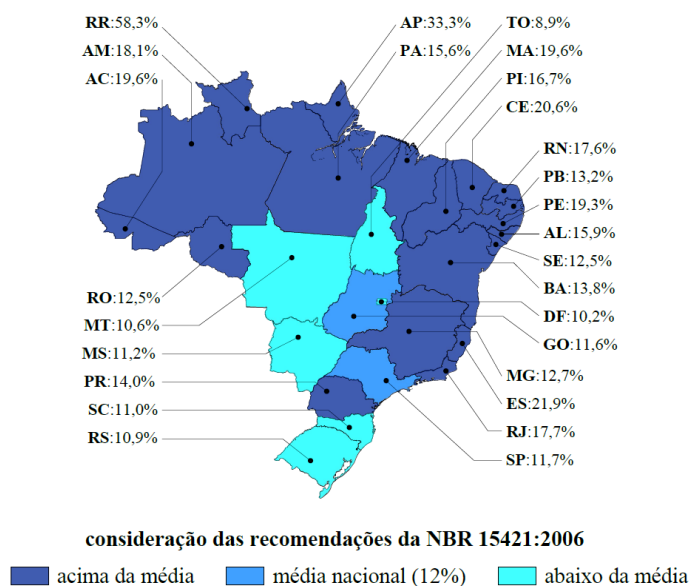


Figura 5.20. Adoção das recomendações da NBR 15421

No caso das recomendações da NBR 15421 [9], em todos os estados localizados em zonas sísmicas 1, 2, 3 e 4 da norma sísmica, com exceção do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, os projetistas declararam adotá-las acima da média nacional como mostra a Figura 5.21.

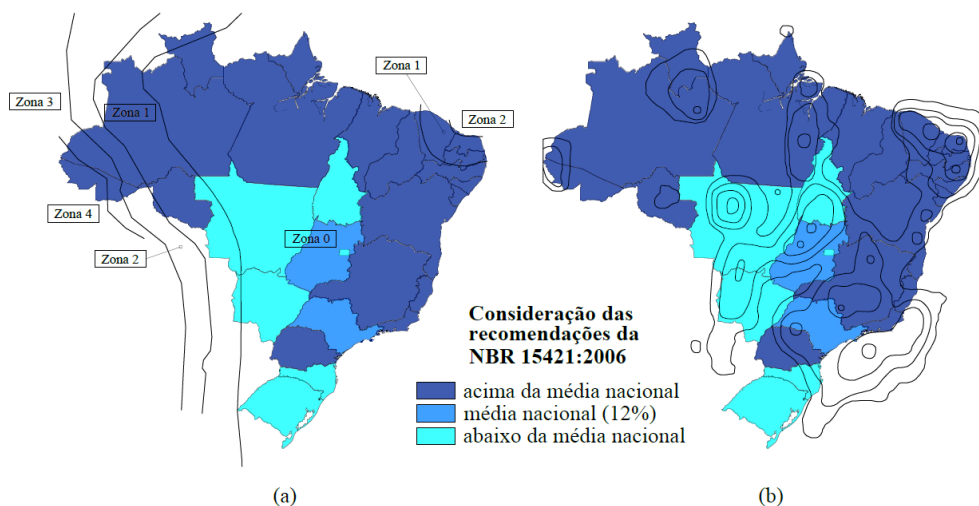


Figura 5.21. Adoção das recomendações da NBR 15421 x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

Questão 10: Por qual motivo você não considera as recomendações da NBR 15421:2006 em seus projetos?

Nesta questão os participantes que afirmaram nunca considerar as recomendações da norma sísmica brasileira poderiam escolher as seguintes opções: desconhecimento da norma, consideração de que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos, ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil ou outros motivos. Optando por outros motivos, o respondente podia complementar sua resposta informando o motivo.

A não simultaneidade das ações sísmicas com as ações de vento especificada na NBR 8681 [11] e o fato de que estas superam as ações sísmicas, embora apontada em muitos outros trabalhos como a maior justifica para a não consideração das ações sísmicas, foi apontada apenas por 8,2% dos respondentes, configurando a menor porcentagem dentre as opções disponíveis. O gráfico da Figura 5.22 mostra o resultado de cada umas das opções.

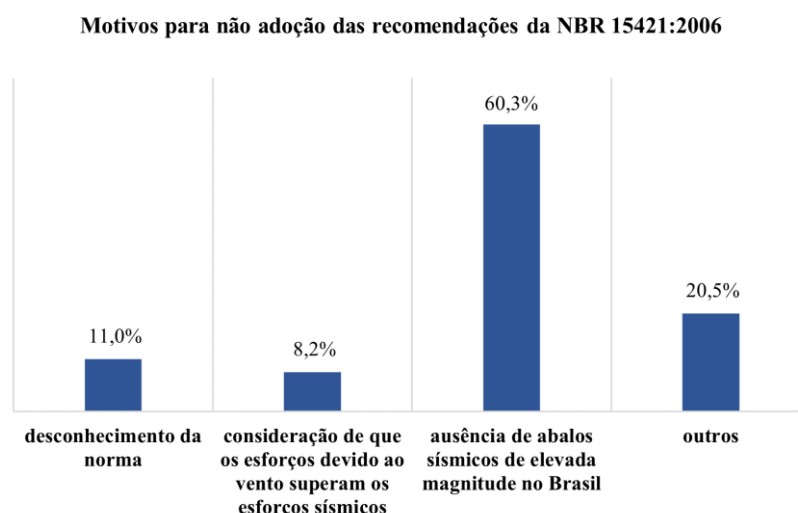


Figura 5.22. Motivos para não adoção das recomendações da NBR 15421:2006

A maior justificativa apresentada foi a ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil. No entanto, já foram apresentados neste trabalho registros sísmicos com a presença de sismos de considerável magnitude no Brasil e indicadas situações em que, em outros locais do mundo, sismos com a magnitude da ordem dos ocorridos no Brasil, geraram grandes desastres com consideráveis consequências.

Dentre as justificativas complementadas na opção “outros motivos” destacam-se: atuação unicamente em áreas de zona sísmica 0, elaboração de projetos de pequeno porte, falta de informações de dimensionamento e detalhamento na NBR 6118 [70], ausência de trabalhos que comprovem a necessidade de uso das recomendações da norma sísmica, resistência imposta pelos clientes devido ao aumento no consumo de materiais e a consideração de que os procedimentos adotados na NBR 6118 [70] levam à confecção de estruturas superdimensionadas.

As questões a seguir foram disponibilizadas apenas aos respondentes que declaram considerar em seus projetos as recomendações da NBR 15421:2006.

Questão 11: Em que tipo de estruturas você considera o efeito das ações sísmicas?

A Tabela 5.6 e Tabela 5.7 mostram quantos por cento dos respondentes consideram as ações sísmicas nas estruturas de concreto em função do número de pavimentos, tanto no cenário brasileiro quanto no estado do Ceará, respectivamente. Os números do estado do Ceará indicam maior nível de envolvimento e preocupação dos projetistas ao dimensionarem as estruturas para este estado.

Tabela 5.6. Consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de concreto - Brasil

Estruturas	Ação sísmica
em todas	6,72%
apenas naquelas acima de 5 pavimentos	7,14%
apenas naquelas acima de 9 pavimentos	0,84%
apenas naquelas acima de 13 pavimentos	1,26%
apenas naquelas acima de 21 pavimentos	5,47%
em nenhuma	78,57%

Tabela 5.7. Consideração das ações sísmicas nos projetos de estruturas de concreto - Ceará

Estruturas	Ação sísmica
em todas	12,20%
apenas naquelas acima de 5 pavimentos	9,76%
apenas naquelas acima de 9 pavimentos	0,00%
apenas naquelas acima de 13 pavimentos	0,00%
apenas naquelas acima de 21 pavimentos	17,06%
em nenhuma	60,98%

Cabe neste momento uma comparação entre a adoção das ações de vento e as ações sísmicas. No contexto nacional, em edificações com menos de 5 pavimentos, 30,3% dos respondentes não consideram ações de vento e 93,3% não consideram ações sísmicas. Ainda que levando em consideração a não simultaneidade das ações, os resultados da pesquisa indicam que são dimensionadas estruturas sem nenhum carregamento horizontal, mesmo havendo obrigatoriedade por parte das normas vigentes no país.

O gráfico da Figura 5.23 apresenta a porcentagem de consideração das ações sísmicas e de vento segundo os participantes da pesquisa em edifícios abaixo de 5 pavimentos e acima de 13 pavimentos no cenário nacional.

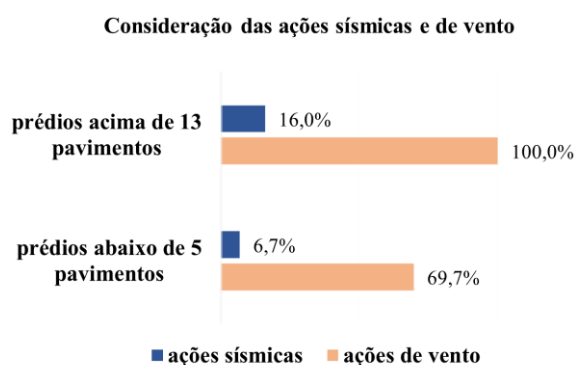


Figura 5.23. Consideração das ações sísmicas e de vento

Questão 12: Que ferramentas computacionais você utiliza na análise de ações sísmicas em seus projetos?

Nesta questão, o respondente informava de forma espontânea, sem opções pré-definidas, quais ferramentas computacionais eles utilizam para cálculo das ações sísmicas. Os projetistas informaram fazer uso principalmente dos seguintes *softwares*: TQS, SAP 2000 e Cypecad com indicações de 33,3%, 29,4% e 15,7% respectivamente.

Questão 13: Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos de estruturas de concreto nas estruturas de categoria sísmica A?

As estruturas de categoria sísmica A da NBR 15421 [9] são aquelas localizadas em Zona 0 e 1 podendo ser adotado qualquer um dos métodos de análise contemplados na norma, inclusive o método das forças estáticas simplificado estabelecido em seu item 7.3.1. Não há limitações em termos de regularidades estruturais e sistemas sismo-resistentes para a escolha do método a ser adotado. Além disto, estando a estrutura localizada em zona sísmica 0, nenhum requisito de resistência sísmica é exigido.

O questionário disponibilizava seis opções: nenhum método de análise adotado, método das forças horizontais equivalentes simplificado, método das forças horizontais equivalentes, método espectral, histórico de acelerações no tempo ou outro método não especificado na NBR 15421 [9]. Optando por outro método, o respondente podia complementar sua resposta informando o método.

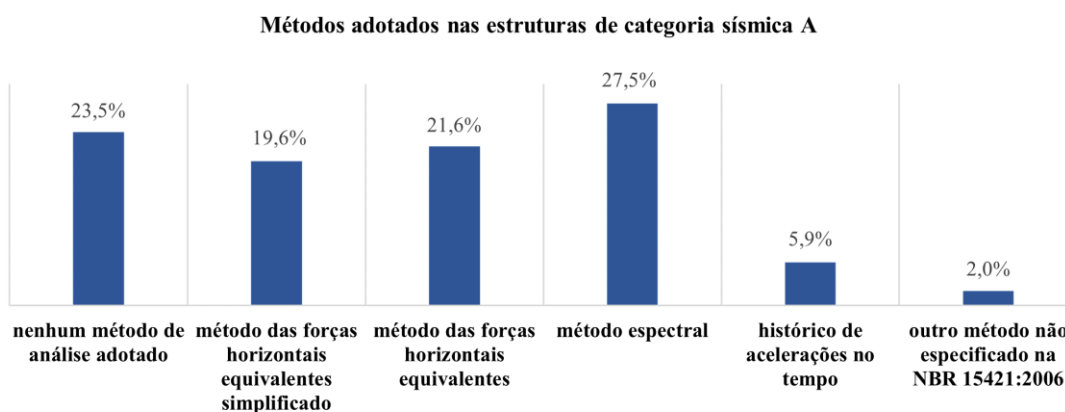


Figura 5.24. Métodos de análise adotados nas estruturas de categoria sísmica A

Como exposto na Figura 5.24, o método espectral demonstrou ser o método mais adotado pelos respondentes nas estruturas de categoria sísmica A com 27,5%. Em segundo lugar, tem-se o método das forças horizontais equivalentes com 21,6%. Aproximadamente 23,5% dos respondentes informaram não

adotar nenhum método de análise, estendendo assim, a não exigência dos requisitos de resistência sísmica também à Zona 1.

Questão 14: Em estruturas de categoria sísmica B e C, você adota que cuidados no lançamento da estrutura de concreto?

As estruturas de categoria sísmica B da NBR 15421 [9] são aquelas localizadas em Zona 2 e as estruturas de categoria sísmica C são aquelas localizadas em Zona 3 e 4. Tanto as estruturas de categoria sísmica B quanto C podem ser calculadas pelos métodos das forças horizontais equivalente, método espectral ou método de histórico de acelerações no tempo. No entanto, a decisão de qual método adotar depende de critérios de regularidade estrutural e sistemas sismo-resistentes adotados. Neste sentido, esta questão tem como objetivo identificar se estes critérios determinantes na escolha do método são observados, quais e em que porcentagens.

O questionário disponibilizava seis opções podendo ser marcada mais de uma: sistemas com descontinuidades bruscas de rigidez ou de resistência em planta ou elevação são evitados; assimetrias significativas de massa e de rigidez são evitadas; são utilizados sistemas estruturais apresentando redundância, através de várias linhas de elementos sismo-resistentes verticais, conectados entre si por diafragmas horizontais de elevada capacidade de dissipação de energia; todas as partes da estrutura são adequadamente conectadas ao sistema estrutural sismo-resistente principal; as lajes são dimensionadas como diafragmas rígidos e nenhum tipo de cuidado adotado.

O gráfico da Figura 5.25 indica em ordem decrescente os cuidados adotados pelos respondentes.

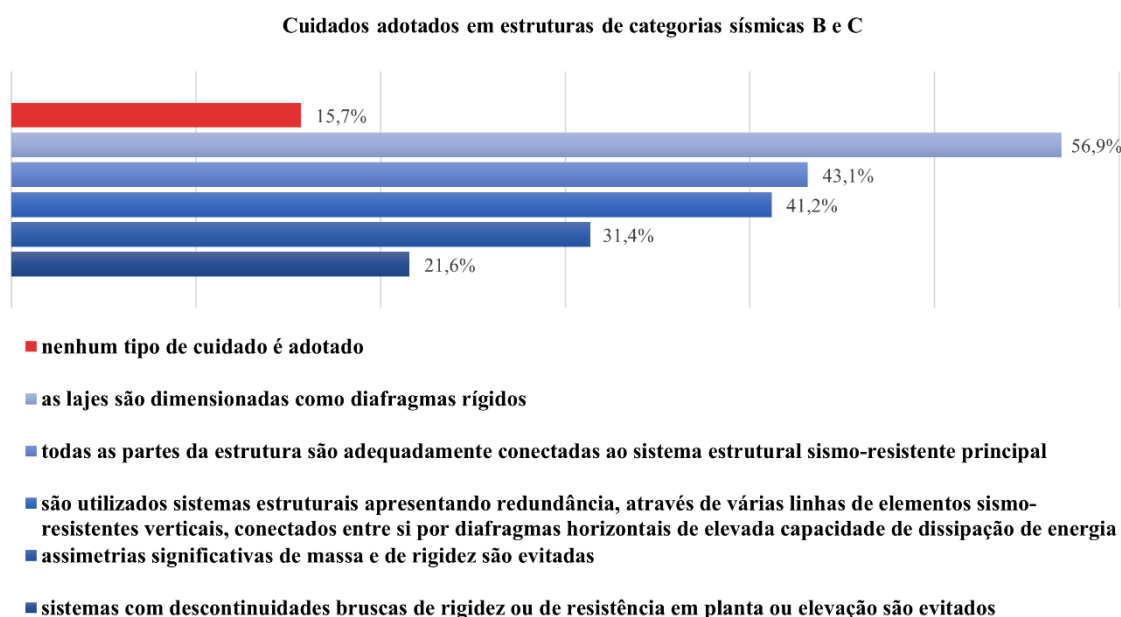


Figura 5.25. Cuidados adotados em estruturas de categorias sísmicas B e C

Questão 15: Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos nas estruturas de concreto de categorias sísmicas B e C?

O questionário disponibilizava como opção de resposta, as três possibilidades indicadas na NBR 15421 [9] além da possibilidade de o respondente informar um outro método não contemplado na norma sísmica brasileira. Os resultados desta questão encontra-se no gráfico da Figura 5.26.

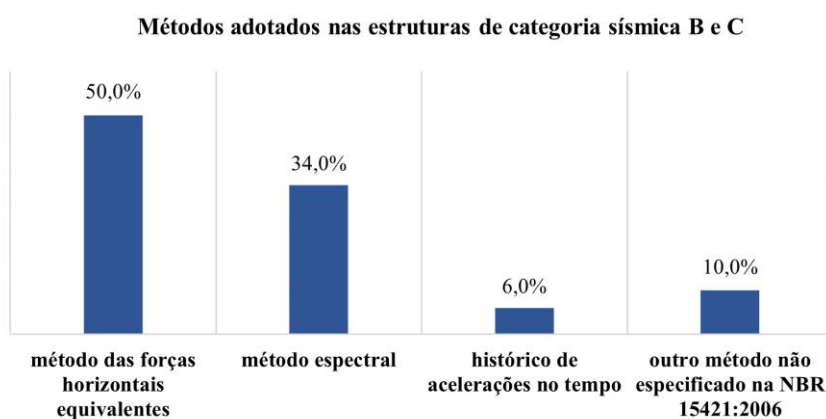


Figura 5.26. Métodos de análises adotados nas estruturas de categoria sísmica B e C

Estranhamente, o método espectral que foi o método mais indicado nas estruturas de categoria sísmica A, apresentou-se como sendo o segundo método mais utilizado pelos respondentes nas estruturas de

categorias sísmicas B e C com 34,0%. O método mais indicado foi o método das forças horizontais equivalentes (MFHE) com 50,0%.

Questão 16: Ao considerar as ações sísmicas você adota cuidados específicos nos detalhamentos de seus projetos de estruturas de concreto?

Como nem a NBR 15421 [9] nem a NBR 6118 [70] fazem referências a cuidados específicos nos detalhamentos de estruturas submetidas às ações sísmicas, esta questão tem por objetivo identificar a adoção de algum cuidado específico nos detalhamentos dos projetos daqueles que declararam considerar as ações sísmicas.

Dentre os 12,0% dos respondentes a nível nacional que declararam considerar de alguma forma as ações sísmicas em seus projetos, 74,5% declararam adotar cuidados específicos nos detalhamentos. O mapa da Figura 5.27 indica, em todos os estados, a porcentagem dentre os projetos que consideram as ações, aqueles que recomendam cuidados específicos em termos de detalhamentos sísmicos.

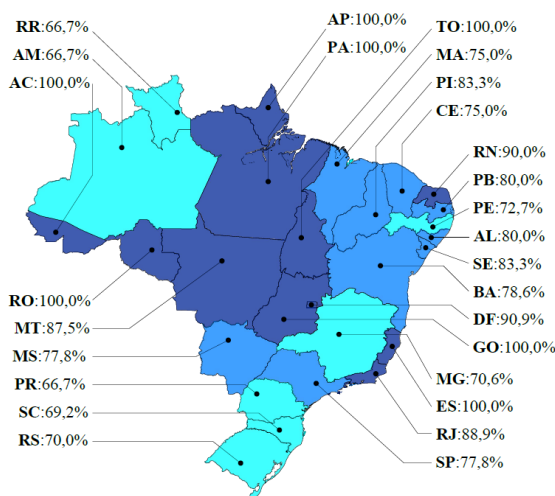


Figura 5.27. Adoção de detalhamentos sísmicos

Nos mapas da Figura 5.28, os mapas de sismicidade são sobrepostos ao mapa de adoção dos detalhamentos sísmicos por estados. Os estados são classificados quanto à adoção de detalhamentos sísmicos em três situações, porcentagem de até 75,0%, entre 75,0% e 85,0% e acima de 85,0%.

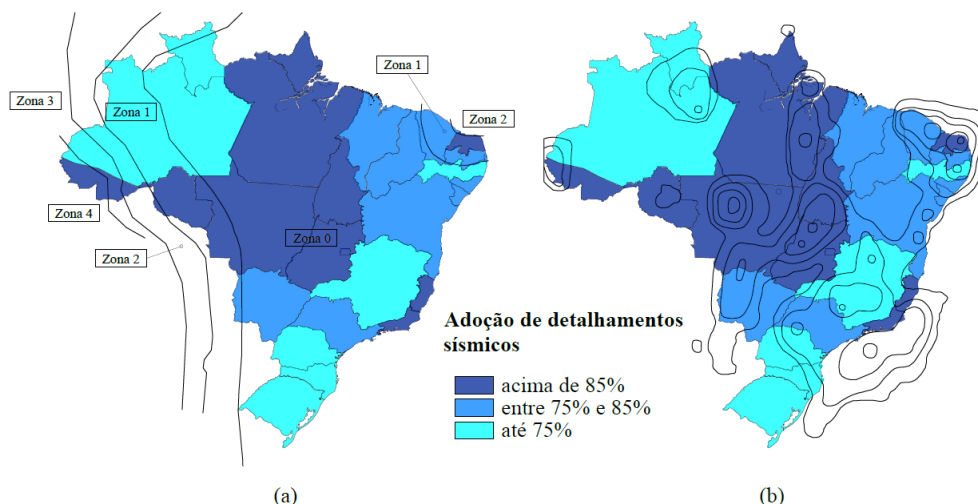


Figura 5.28. Adoção de detalhes sísmicos x sismicidade: (a) NBR 15421 (b) proposta (USP)

Questão 17: Que cuidados sísmicos são estes adotados e que norma você usa como base para os detalhes sísmicos?

Nesta questão eram disponibilizadas quatro opções de cuidados em detalhes podendo o respondente indicar mais de uma opção, sendo elas: cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses, cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens, adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto e cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar). O resultado encontra-se exposto na Figura 5.29.

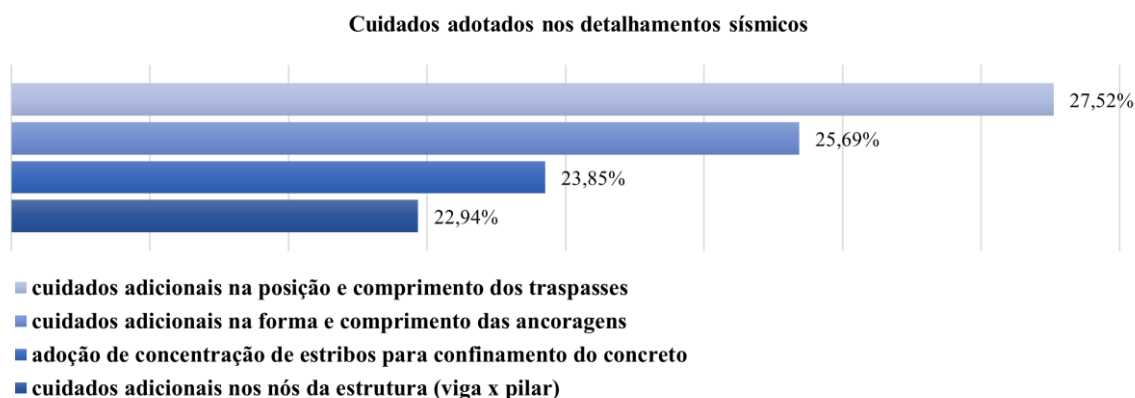


Figura 5.29. Cuidados adotados nos detalhes sísmicos

Além das opções de cuidados, os respondentes deveriam indicar em que norma internacional ele baseia-se para definir tais cuidados. Eram colocadas como opções as seguintes normas sísmicas: EUROCÓDIGO 8 (Europeia), ACI-318 (Americana), INPRES-CIRSOC (Argentina), NCh 433

(Chilena), NSR-10 (Colombiana), NEC-11 (Equatoriana), E.030 (Peruana), COVENIN 1756-1 (Venezuelana), NBDS (Boliviana) ou outra norma sísmica. Os resultados encontram-se no gráfico da Figura 5.30. As normas argentina, colombiana, venezuelana e boliviana não foram citadas. Dentre os outros documentos citados como referência destacam-se o SEI 7/ASCE e o anexo da norma sísmica espanhola.

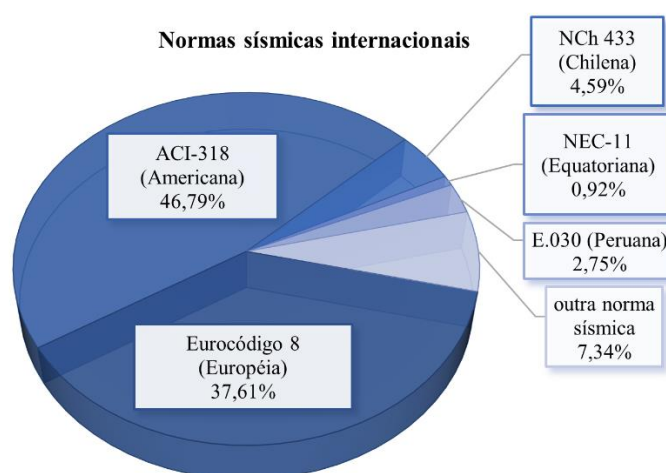


Figura 5.30. Normas sísmicas internacionais usadas como referências

Questão 18: Em que porcentagem estimada, você considera em seus projetos de estruturas de concreto resistentes a sismos, os requisitos para componentes não-estruturais da NBR 15421:2006?

A NBR 15421 [9] em termos de componentes não-estruturais estabelece em seu item 12 que todo componente arquitetônico, elétrico ou mecânico, permanentemente fixado a uma estrutura, deve ser projetado de forma a resistir às forças sísmicas a ele aplicadas e de forma que estas forças sejam adequadamente transferidas para a estrutura principal.

Em um cenário nacional, os participantes do questionário informaram considerar os requisitos para componentes não-estruturais da NBR 15421 [9], em aproximadamente 25,0% de seus projetos. Os mapas da Figura 5.31 e Figura 5.32 posicionam os estados brasileiros em relação à realidade do cenário nacional e relacionam as respostas da questão com as zonas sísmicas.

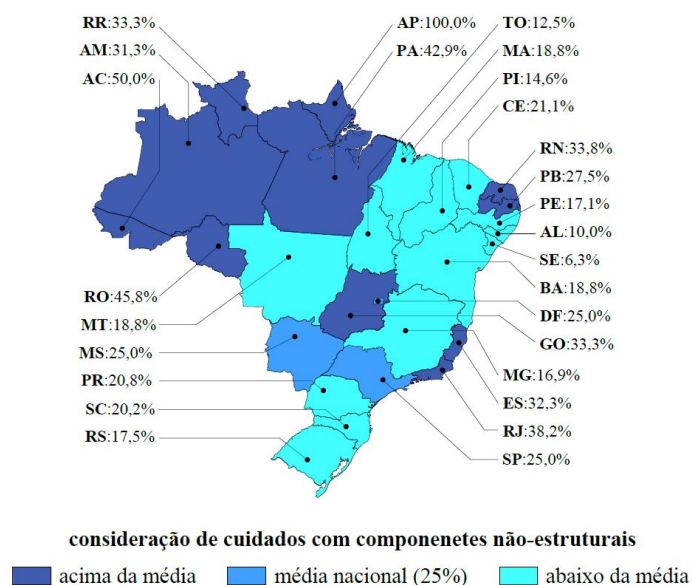


Figura 5.31. Consideração de cuidados com componentes não-estruturais

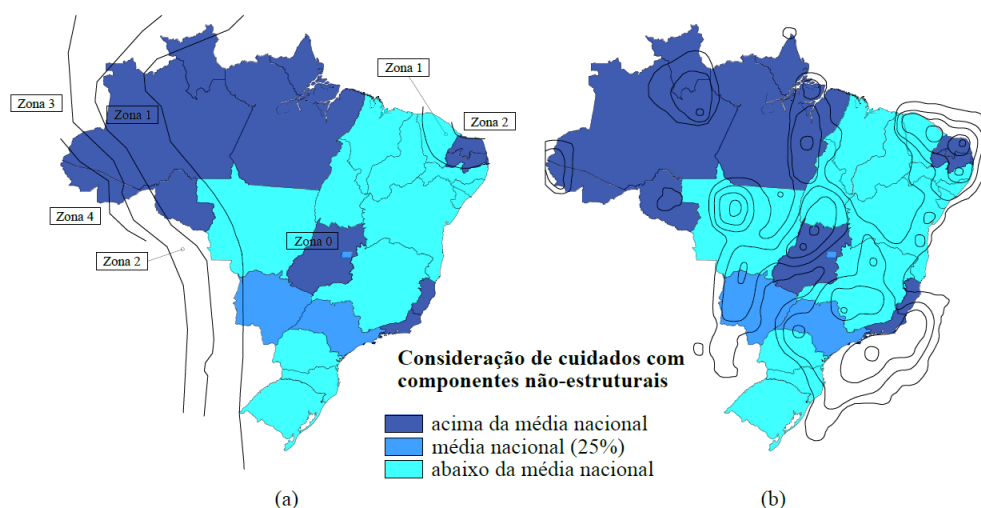


Figura 5.32. Cuidados com componentes não-estruturais x sismicidade: (a) NBR 1542 (b) proposta (USP)

Nos projetos desenvolvidos para o estado do Ceará, os cuidados com componentes não-estruturais giram em torno de 21,0%, pouco abaixo da média nacional.

Apenas 12,0% dos respondentes informaram considerar, em algum e qualquer nível, as recomendações da norma sísmica brasileira em seus projetos. Destes apenas 25,0% consideram os requisitos relacionados aos componentes não-estruturais, ou seja, apenas 3,0% dos participantes da pesquisa consideram em seus projetos os requisitos sísmicos para componentes não-estruturais.

Ao final do questionário o respondente informava se gostaria de receber os resultados da pesquisa. Esta questão é usada também como forma de avaliar o interesse dos participantes e identificar a quem os resultados deveriam ser passados inclusive como forma de agradecimento à participação. As porcentagens no mapa da Figura 5.33 indicam o interesse dos respondentes que atuam naquele estado. O interesse em nível nacional foi bastante satisfatório, aproximadamente, 89,0% dos respondentes, apresentando um valor mínimo de 83,0% nos projetistas que atuam nos estados do Rio Grande do Sul e Tocantins.

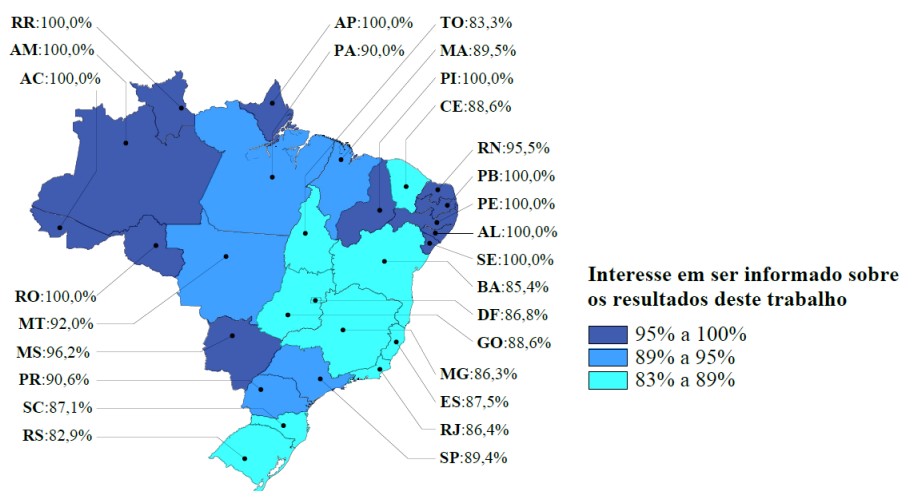


Figura 5.33. Interesse em receber os resultados do trabalho

5.3 Conclusão

Em geral, a aplicação do questionário confirma a falta de conhecimento e aplicação da norma sísmica brasileira. Foram extraídas também importantes informações sobre o parque edificado brasileiro que foram de grande valia no processo de geração das estruturas modelo a seguir e na previsão do comportamento sísmico das edificações, especialmente na cidade de Fortaleza-CE. A Tabela 5.8 resume os resultados de grande parte das perguntas do questionário. São expostas as respostas do cenário nacional e do estado do Ceará por ser o estado cuja capital, Fortaleza, será objeto do estudo da avaliação da influência das ações sísmicas nas estruturas de concreto.

Tabela 5.8. Comparação entre as respostas no cenário brasileiro e cearense

Questão		Brasil	Ceará
• Envolvimento do respondente em atividades acadêmicas		70,1%	64,0%
• Preferência por determinado sistema estrutural	• Estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes pré-fabricadas (treliçadas etc.) • Estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes maciças • Estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes nervuradas • Estrutura em concreto pré-moldado (fundações, pilares, vigas, lajes etc.) • Estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou coqueleto	23,5%	22,5%
• Desenvolvimento de projetos de múltiplos pavimentos com presença de fechamento de alvenaria entre pilares no térreo		25,1%	24,7%
• Em que porcentagem estimada, os edifícios de concreto projetados por você apresentam:	• Estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes nervuradas • Estrutura em concreto pré-moldado (fundações, pilares, vigas, lajes etc.) • Estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou coqueleto	21,3%	23,6%
• Em termos de número de pavimentos, as ações de vento são consideradas nas seguintes estruturas	• Estrutura em concreto pré-moldado (fundações, pilares, vigas, lajes etc.) • Estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou coqueleto	15,2%	14,1%
• Em seus projetos de estruturas de edifícios em concreto você adota detalhamento de estribos abertos na região dos nós (vigas x pilares) de forma a facilitar a montagem das armaduras?	• Estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou coqueleto	14,9%	15,1%
• Além dos cuidados exigidos na NBR 6118:2014, em que porcentagem aproximada, você recomenda em seus projetos de estruturas de concreto algum dos detalhamentos específicos a seguir?	• redução de áreas dos pavimentos ao longo da altura • pavimentos em forma de L, H, T ou U	47,4%	35,1%
• Qual seu nível de conhecimento da NBR 15421:2006?	• em todas • apenas naquelas acima de 5 pavimentos • apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	24,0%	17,0%
• Em que porcentagem estimada você considera em seus projetos de estruturas de concreto as recomendações da NBR 15421:2006 – projeto de estruturas resistentes a sismos?	• cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspases • cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens • adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto • cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	30,0%	31,0%
• Por qual motivo você não considera as recomendações da NBR 15421:2006 em seus projetos?	• em todas • apenas naquelas acima de 5 pavimentos • apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	69,8%	70,7%
• Em termos de número de pavimentos, as ações sísmicas são consideradas nas seguintes estruturas	• apenas naquelas acima de 5 pavimentos • apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	26,5%	24,4%
• Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos de estruturas de concreto nas estruturas de categoria sísmica A?	• apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	2,5%	2,4%
	• apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	1,3%	2,4%
	• apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	0,0%	0,0%
	• em nenhuma	0,0%	0,0%
	• nenhum • método das forças horizontais equivalentes simplificado • método das forças horizontais equivalentes • método espectral • histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	24,8%	15,9%
	• cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspases • cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens • adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto • cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	68,0%	74,0%
	• cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens • adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto • cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	70,0%	76,0%
	• adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto • cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	41,0%	43,0%
	• cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	53,0%	63,0%
	• nenhum • superficial • intermediário • profundo	25,2%	12,5%
	• superficial • intermediário • profundo	45,0%	42,5%
	• intermediário • profundo	23,9%	37,5%
	• profundo	6,0%	7,5%
	• desconhecimento da norma • consideração de que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos • ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil • outros	11,9%	20,6%
	• desconhecimento da norma • consideração de que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos • ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil • outros	11,0%	15,0%
	• consideração de que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos • ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil • outros	8,2%	5,0%
	• ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil • outros	60,3%	60,0%
	• outros	20,6%	20,0%
	• em todas • apenas naquelas acima de 5 pavimentos • apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	6,7%	12,2%
	• apenas naquelas acima de 5 pavimentos • apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	7,1%	9,8%
	• apenas naquelas acima de 9 pavimentos • apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	0,8%	0,0%
	• apenas naquelas acima de 13 pavimentos • apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	1,3%	0,0%
	• apenas naquelas acima de 21 pavimentos • em nenhuma	5,5%	17,1%
	• em nenhuma	78,6%	61,0%
	• nenhum método de análise adotado • método das forças horizontais equivalentes simplificado • método das forças horizontais equivalentes • método espectral • histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	23,5%	12,5%
	• método das forças horizontais equivalentes simplificado • método das forças horizontais equivalentes • método espectral • histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	19,6%	25,0%
	• método das forças horizontais equivalentes • método espectral • histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	21,6%	25,0%
	• método espectral • histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	27,5%	25,0%
	• histórico de acelerações no tempo • outro método não especificado na NBR 15421:2006	5,9%	6,3%
	• outro método não especificado na NBR 15421:2006	2,0%	6,3%

Em estruturas de categoria sísmica B e C, você adota que cuidados no lançamento da estrutura de concreto? (mais de uma opção pode ser marcada):	sistemas com descontinuidades bruscas de rigidez ou de resistência em planta ou elevação são evitados	41,2%	56,3%
	assimetrias significativas de massa e de rigidez são evitadas	43,1%	56,3%
	são utilizados sistemas estruturais apresentando redundância, através de várias linhas de elementos sismo-resistentes verticais, conectados entre si por diafragmas horizontais de elevada capacidade de dissipação de energia	21,6%	31,2%
	todas as partes da estrutura são adequadamente conectadas ao sistema estrutural sismo-resistente principal	31,4%	43,8%
	as lajes são dimensionadas como diafragmas rígidos	56,9%	50,0%
	nenhum tipo de cuidado é adotado	15,7%	18,8%
Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos nas estruturas de concreto de categorias sísmicas B e C?	método das forças horizontais equivalentes	50,0%	43,8%
	método espectral	34,0%	37,5%
	histórico de acelerações no tempo	6,0%	0,0%
	outro método não especificado na NBR 15421:2006	10,0%	18,8%
Em que porcentagem estimada, você considera em seus projetos de estruturas de concreto resistentes a sismos, os requisitos para componentes não-estruturais da NBR 15421:2006?		24,8%	21,1%
Ao considerar as ações sísmicas você adota cuidados específicos nos detalhes de seus projetos de estruturas de concreto?		74,5%	75,0%
Que cuidados são estes e que norma você usa como base para os detalhes sísmicos?	cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses	27,5%	46,2%
	cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens	25,7%	61,5%
	adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto	23,9%	61,5%
	cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar)	22,9%	61,5%
Quer ser informado regularmente sobre os resultados e conclusões deste trabalho?		89,0%	88,6%

6. O parque edificado da cidade de Fortaleza

Fortaleza, sem dúvida a cidade brasileira de maior risco sísmico pelos aspectos já apresentados no Capítulo 1, é objeto de estudo deste trabalho. Neste capítulo são apresentadas as características e a evolução do parque edificado da cidade que são aspectos indispensáveis à definição no Capítulo 10 das estruturas modelo representativas e à distribuição no Capítulo 11 destes modelos nos diversos bairros da cidade.

A cidade de Fortaleza está situada no norte do estado do Ceará nas coordenadas 3° 43' 06" S e 38° 32' 34" O. Com uma área territorial de 314.930 km^2 , a cidade possui 120 bairros agrupados em seis Secretarias Executivas Regionais (SER) que são subprefeituras, órgãos públicos de gestão direta de cada área.

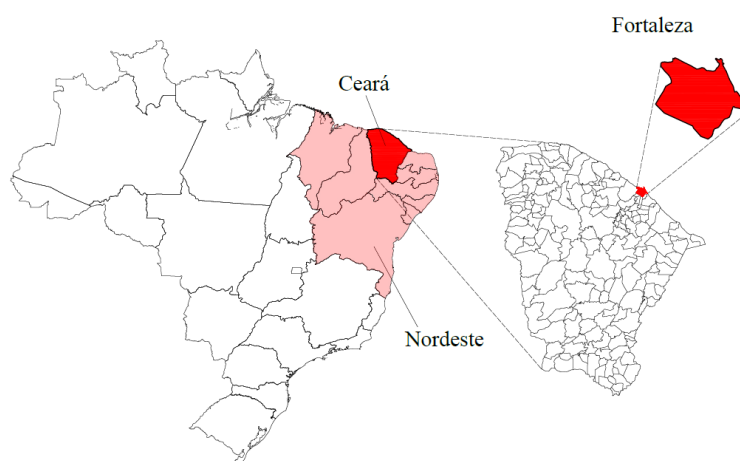


Figura 6.1. Posição de Fortaleza no estado do Ceará

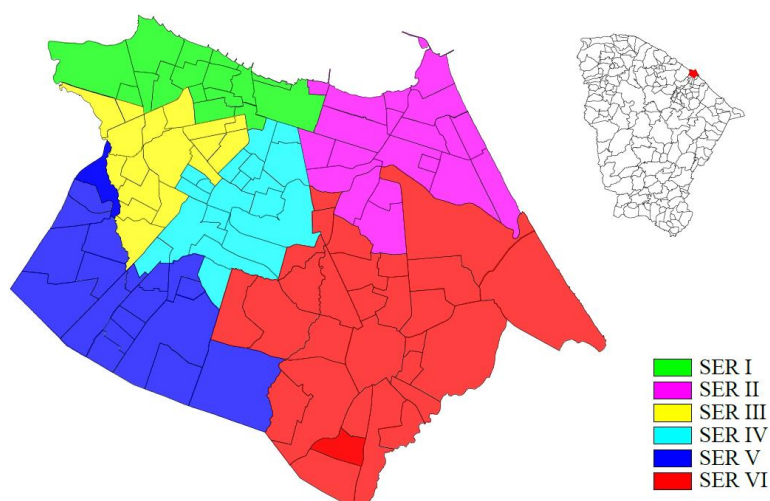


Figura 6.2. Divisão dos bairros e Secretarias Executivas Regionais de Fortaleza

Tabela 6.1. Secretarias Regionais de Fortaleza [6]

SER	Bairros	Área (km ²)	População -2010
I	16 ^a	29,2	392450
II	20	44,4	334868
III	17	25,8	360551
IV	19	33,0	281645
V	18	56,1	541511
VI	29	119,9	541160

a) Centro incluído na SER I.

Em 2010 a cidade possuía 2.452.185 habitantes, fazendo do município o mais populoso do estado do Ceará e o segundo entre as regiões Norte e Nordeste do país. O município detém, ainda, a maior densidade demográfica do Brasil, com 7.786,4 hab./km², todos vivendo em zona urbana [6]. A quase

totalidade dos domicílios do município conta com água tratada (98,7%), energia elétrica (99,7%), esgoto (98,6%) e coleta de lixo (98,7%). Fortaleza possui ainda uma área de influência regional que forma a terceira maior rede urbana do Brasil, com população de 20.573.035 estimada em 2010 [6].

Fortaleza é um dos maiores destinos turísticos do país. Segundo o Ministério do Turismo, a capital cearense é o segundo destino mais desejado do Brasil e o quarto que mais recebe visitantes. A agricultura é o setor de menor relevância econômica de Fortaleza. A indústria (setores têxteis, metalurgia e mecânica, material elétrico, químico e Construção Civil) é o segundo setor mais relevante para a economia do município. Comércio e serviço são os maiores geradores de riquezas da economia [84].

No início da década de 2000, dentre as capitais do Nordeste, Fortaleza possuía o terceiro maior Produto Interno Bruto (PIB), sendo superada por Recife e Salvador. Em 2012, o PIB de Fortaleza alcançou o valor de 43,4 bilhões de reais, o que consolidou o município como o mais rico da região Nordeste, o décimo do país e o oitavo entre as capitais [84].

6.1 Levantamento do parque edificado de Fortaleza-CE

No levantamento do parque edificado foram consideradas a classe arquitetônica, quantidade, número de pavimentos, área construída, idade e materiais estruturais utilizados nas edificações.

No ano de 2017, respondendo gentilmente à uma solicitação da FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, a PMF – Prefeitura Municipal de Fortaleza, através da Sefin – Secretaria de Finanças do Município de Fortaleza, forneceu dados do parque edificado da cidade. A planilha disponibiliza, entre outras, as seguintes informações sobre as unidades edificadas: ID, classe arquitetônica, área edificada, pavimento, data da construção, tipo da estrutura e bairro. O ID identifica as unidades edificadas que possuem o mesmo endereço e a área edificada contempla a área privada e a parcela de área comum. Com estas duas informações, associadas à informação dos pavimentos, pôde-se definir a área por pavimento e o número de pavimentos dos edifícios. A Tabela 6.2 resume os dados disponibilizados pela PMF das edificações construídas até o ano de 2017.

Tabela 6.2. Informações disponibilizadas pela PMF

Material		Alvenaria		Concreto		Madeira		Metálica		Total	
		Qnt.	%	Qnt.	%	Qnt.	%	Qnt.	%	Qnt.	%
Classe arquitetônica	Apartamento	9542	1,4	197005	29,3	328	0,1	20	0,0	206895	30,8
	Ap. cobert.	34	0,0	3077	0,5	2	0,0	0	0,0	3113	0,5
	Casa	247689	36,9	81594	12,1	23022	3,4	34	0,0	352342	52,4
	Barraco	1	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,0
	Conj. Salas	3892	0,6	4883	0,7	21	0,0	13	0,0	8809	1,3
	Sala	9174	1,4	22167	3,3	155	0,0	23	0,0	31519	4,7
	Sobreloja	0	0,0	10	0,0	0	0,0	0	0,0	10	0,0
	Loja	24709	3,7	23053	3,4	179	0,0	138	0,0	48079	7,2
	Estac. cob.	175	0,0	5666	0,8	11	0,0	68	0,0	5920	0,9
	Galpão aber.	1363	0,2	155	0,0	148	0,0	439	0,1	2105	0,3
	Galpão fech.	5937	0,9	1253	0,2	107	0,0	440	0,1	7737	1,2
	Subsolo	45	0,0	2290	0,3	11	0,0	0	0,0	2346	0,4
	Arq. especial	1113	0,2	2118	0,3	16	0,0	118	0,0	3365	0,5
Total		303674	45,2	343271	51,1	24000	3,6	1293	0,2	672241	100,0

Das unidades edificadas na cidade de Fortaleza, 83,7% correspondem a unidades residenciais, contabilizando 562.350 unidades. Destas unidades residenciais 62,7% são casas e 37,3% são apartamentos.

Os gráficos da Figura 6.3 e Figura 6.4 apresentam a evolução das unidades habitacionais em termos de posição nos pavimentos. Os períodos indicados nos gráficos representam os anos em que as edificações foram construídas.

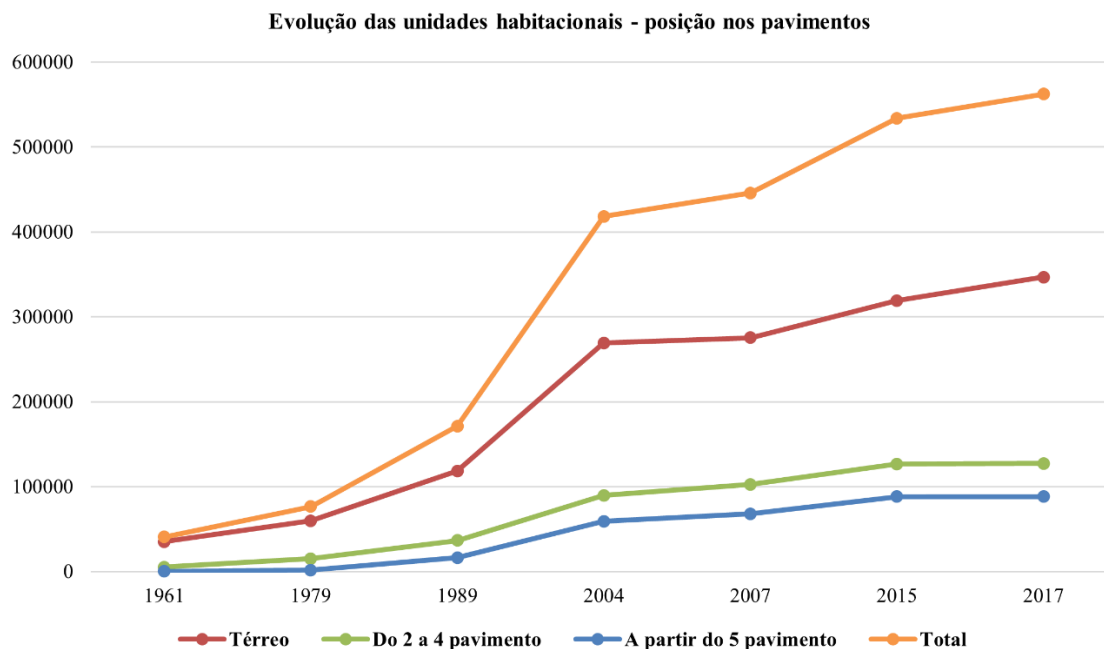


Figura 6.3. Evolução das unidades habitacionais - posição nos pavimentos

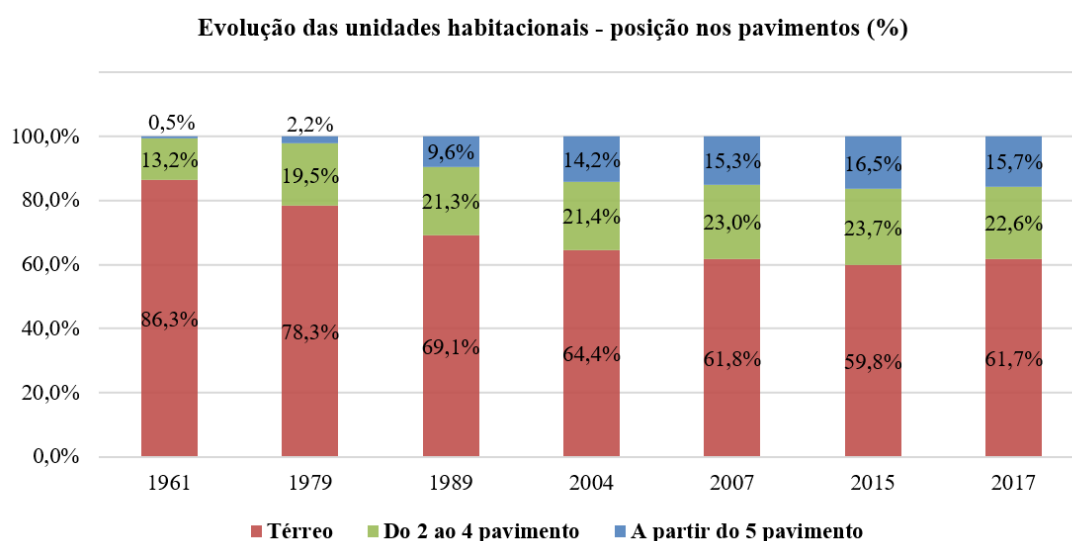


Figura 6.4. Evolução das unidades habitacionais - posição nos pavimentos

Até o ano de 1979, apenas 2,2% das unidades residenciais construídas na cidade de Fortaleza estavam posicionadas acima de quatro pavimentos. Das edificações residenciais construídas até 2017, estas unidades já correspondiam a 15,7% do total.

O processo de verticalização da cidade teve real início a partir da segunda metade da década de 1970. Alguns aspectos foram determinantes para o processo de verticalização de Fortaleza. Em 1972 a cidade ganhou mais destaque e disponibilidade de recursos federais através da criação da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), através do PLNADIRF – Plano de Desenvolvimento Integrado da Região Metropolitana de Fortaleza, compreendendo os municípios de Fortaleza, Caucaia, Maranguape, Pacatuba e Aquiraz [85]. A cidade adquiriu novos zoneamentos e alterou os limites dos gabaritos das edificações através da publicação de leis municipais como a Nº 2.128 (1963), Nº 4.486 (1975), Nº 5.122-A (1979), Nº 7.061 (1992), Nº 7.987 (1996) e Nº 062 (2009) [86]. Os mapas dos limites dos gabaritos encontram-se no Anexo A. Políticas de incentivos fiscais e modernização da estrutura urbana foram promovidas pelo setor público. A própria evolução nacional do mercado da Construção Civil e Engenharia foi determinante. Foram publicadas novas normas técnicas e surgiram as empresas de desenvolvimento e comercialização de *softwares* para elaboração de projetos estruturais. Novas técnicas construtivas como as lajes nervuradas e as lajes protendidas também foram inseridas e fortemente utilizadas.

Na primeira metade da década de 2000, com o mercado imobiliário também abalado pela crise energética ocorrida no Brasil, a taxa de crescimento das unidades residenciais diminuiu e a partir da

primeira década de 2010, sob reflexo da grande crise econômica mundial, iniciou-se a fase de decréscimo na construção de edifícios como indica o gráfico da Figura 6.5.

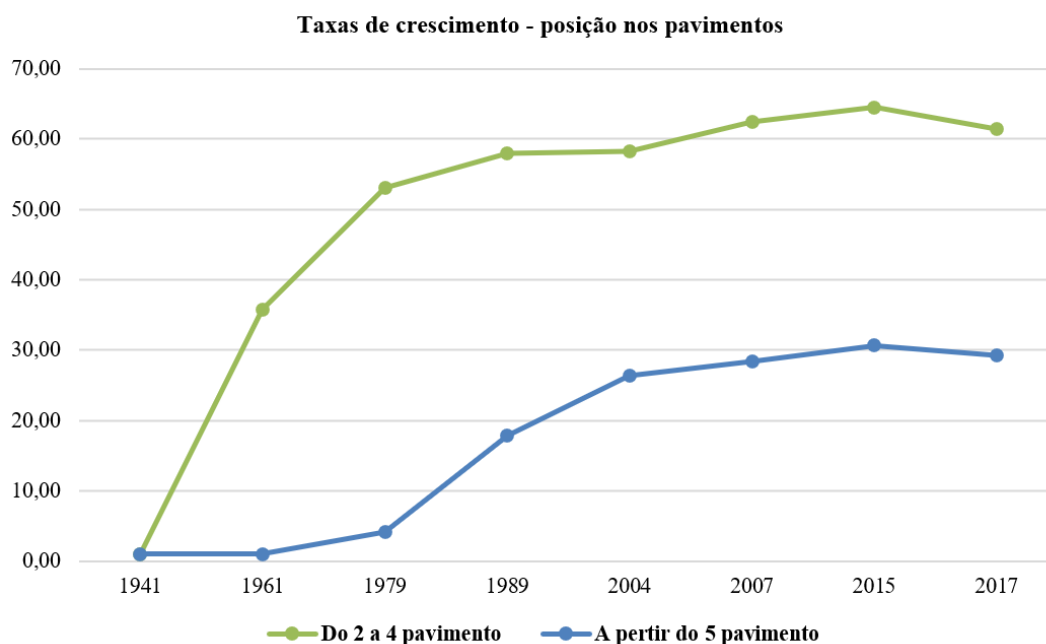


Figura 6.5. Taxas de crescimento - posição nos pavimentos

A Figura 6.6 apresenta claramente o processo de expansão e verticalização da cidade a partir da segunda metade da década de 70 do século passado.



Figura 6.6. Orla marítima de Fortaleza – comparação entre 1975 e 2016 [87]

Em termos de materiais estruturais, 95,3% dos apartamentos possuem estruturas em concreto e 4,5% em alvenaria. Em relação às casas, 23,2% possuem estruturas em concreto e 70,3% em alvenaria. O fluxograma da Figura 6.7 indica a distribuição das unidades edificadas sendo 29,8% do total compostas por apartamentos residenciais em concreto, objeto de estudo deste trabalho.

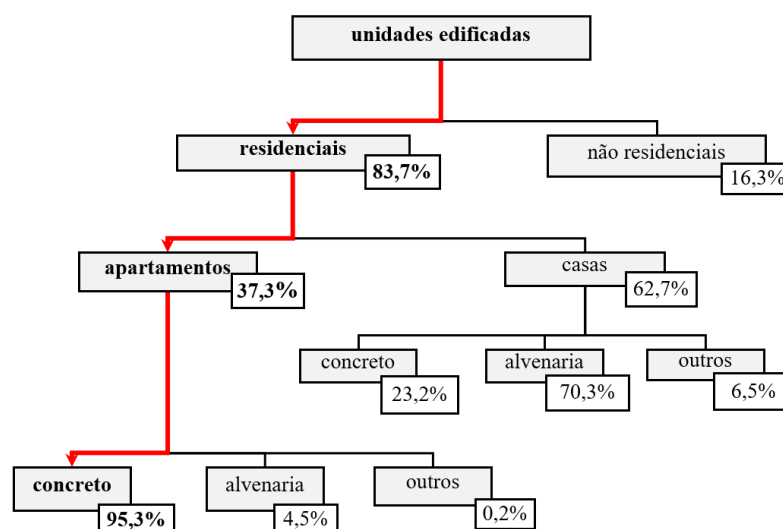


Figura 6.7. Fluxograma da caracterização das unidades edificadas da cidade de Fortaleza

Ainda a partir das informações fornecidas pela PMF, os gráficos da Figura 6.8 e Figura 6.9 a seguir, apresentam a evolução dos materiais estruturais usados nas unidades residenciais na cidade de Fortaleza.

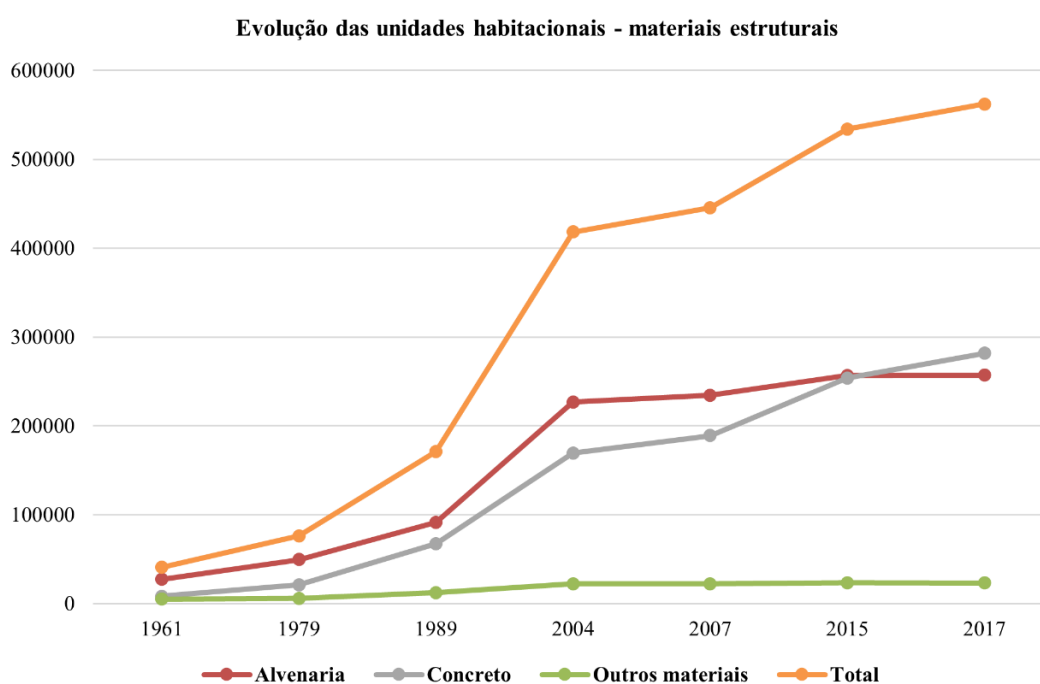


Figura 6.8. Evolução das unidades habitacionais - materiais estruturais

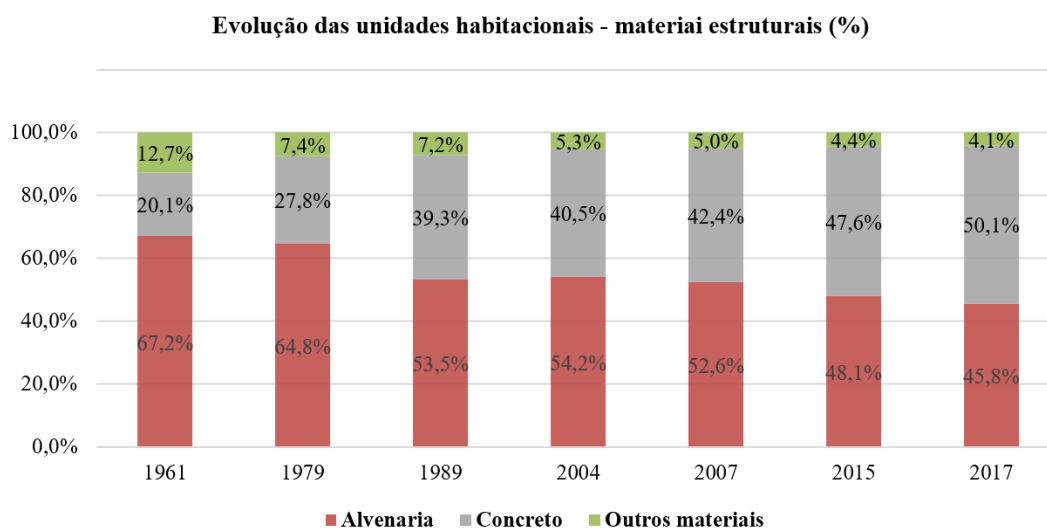


Figura 6.9. Evolução das unidades habitacionais - materiais estruturais

Por volta de 1961, 67,2% das edificações construídas na cidade de Fortaleza possuíam estrutura em alvenaria. O concreto, ao longo dos anos, ganhou bastante espaço como solução estrutural e em 2015 passou a ter praticamente a mesma participação das alvenarias, em torno de 48,0%. No ano de 2017, as soluções em concreto representam 50,1% dos sistemas estruturais superando as soluções em alvenaria que correspondem a 45,8%. Tal crescimento dá-se muito pela forte verticalização da cidade de Fortaleza e pela evolução da industrialização e comercialização do cimento. A partir de 1973 o Brasil passa a produzir cimentos com resistências aos 28 dias de 32 *MPa* e 40 *MPa* (antes limitadas a 25 *MPa*) e várias indústrias de cimento são instaladas no país [88]. A estagnação observada no início do século XXI foi resultado da falta de uma ampla política de desenvolvimento, sobretudo de aumento de créditos visando estimular o acesso a moradias. Sem dúvida, as políticas de juros altos e cortes no orçamento público, decorrentes das repercussões negativas da crise asiática, contribuíram para o baixo desempenho econômico e o consequente arrefecimento no consumo de cimento [89].

O gráfico da Figura 6.10 a seguir indica a taxa de crescimento de uso dos dois principais materiais estruturais na cidade de Fortaleza: concreto e alvenaria.

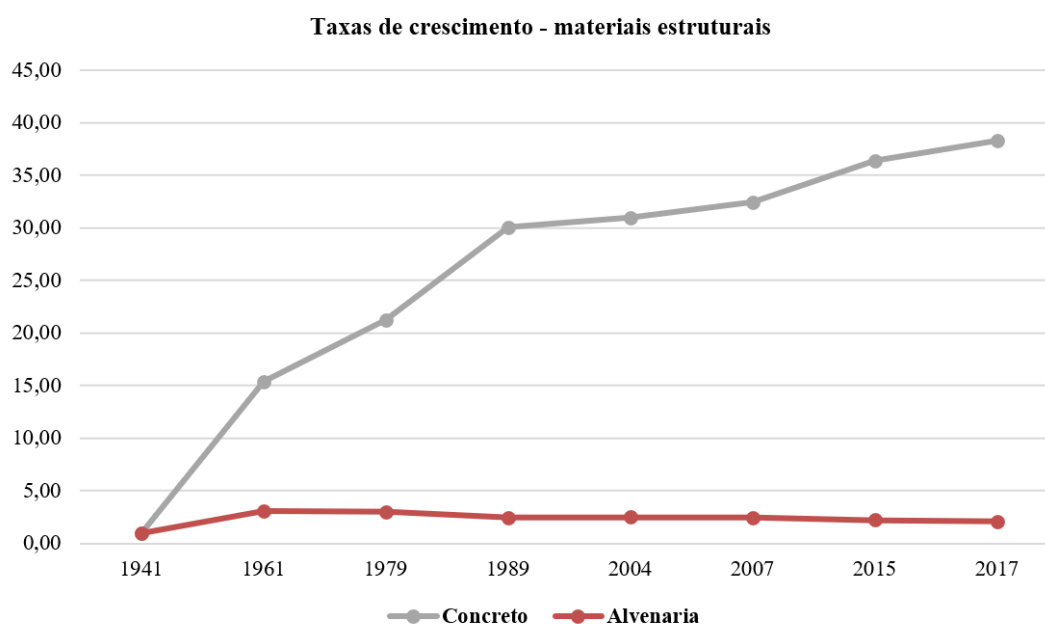


Figura 6.10. Taxas de crescimento - materiais estruturais

O material fornecido pela PMF não informa o material utilizado em paredes externas. O censo 2010 do IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística informa, relativas a este aspecto, as quantidades expostas na Tabela 6.3.

Tabela 6.3. Paredes externas dos domicílios de Fortaleza [6]

Paredes externas	Quantidade	%
Alvenaria com revestimento	636091	89,60%
Alvenaria sem revestimento	71603	10,09%
Madeira aparelhada	499	0,07%
Madeira aproveitada	508	0,07%
Palha	21	0,00%
Taipa revestida	254	0,04%
Taipa não revestida	282	0,04%
Outro material	694	0,10%
Total	709952	100,00%

Paredes externas em alvenaria estão presentes em 99,7% das unidades residenciais da cidade de Fortaleza.

As informações coletadas na PMF e IBGE confirmam como predominante, o sistema de residência em alvenaria representado na Figura 1.4 e o sistema estrutural em concreto com fechamento em alvenarias nos edifícios residenciais como representado na Figura 1.5.

A diferença na quantidade de unidades residenciais informadas pela PMF, 562.350 unidades no ano de 2017, e informadas pelo IBGE, 709.952 unidades em 2010, sinaliza a necessidade de uma avaliação detalhada das informações para confirmações e ajustes.

Usando o ID de cada unidade residencial fornecido na planilha da PMF foi possível definir os edifícios residenciais. A partir da planilha original, a cidade de Fortaleza contava com 6.041 edifícios residenciais em concreto armado dos quais 1.028 eram térreos (17,0%), 1.045 eram edifícios com mais de 900 m^2 por pavimento (17,3%), 448 eram edifícios térreos com mais de 900 m^2 de área construída – muitos deles com mais de 10.000 m^2 e recém-construídos em bairros de acentuada verticalização (7,4%), 849 apresentavam erros nas informações dos pavimentos (14,1%) e 2.375 apresentavam erros nas informações das datas de construção (39,3%).

A metodologia adotada para ajustar as informações da PMF foi a seguinte:

Metodologia de ajustes de datas

Nos edifícios que apresentavam mais de uma data relacionada às unidades habitacionais (apartamentos) foram realizados ajustes observando as seguintes condições:

1. Quando uma data se repetia muito mais que as demais, esta foi assumida como a idade do edifício supondo erros na digitação (em muitos casos a idade diferente aparecia uma única vez);
2. Quando havia várias datas repetidas em uma quantidade aproximada, foi considerada como idade do edifício a idade mais antiga, supondo que as datas diferentes correspondem a términos distintos das unidades habitacionais (apartamentos).

Metodologia de ajustes das áreas e número de pavimentos

Nos edifícios que apresentavam mais de uma indicação de número de pavimentos e/ou áreas construídas por pavimento superior a 900 m^2 , foram realizados ajustes observando as seguintes condições:

1. Para todos os bairros, foram filtradas as áreas por pavimentos entre 100 m^2 e 900 m^2 (sendo 100 m^2 adotada como mínima área para edifícios de múltiplos pavimentos e 900 m^2 a máxima área para prédios sem juntas de dilatação nas duas direções ortogonais – 30 m x 30 m);
2. Uma vez aplicado o filtro, foram identificadas por bairros, as áreas médias por pavimentos e o número máximo de pavimentos;

3. Um levantamento realizado por imagens via *Google Earth*, usando uma amostragem de aproximadamente 30,0% dos edifícios de cada bairro, serviu também como direcionamento para definição das áreas médias por pavimentos;
4. Outra fonte de validação das informações foi o banco de dados imobiliários do site *Emporis* [18] onde são disponibilizados o número de pavimentos, imagens e endereço de vários edifícios residenciais;
5. Em cada bairro, a área total do edifício foi dividida pela área média por pavimento possibilitando encontrar o número de pavimentos do edifício, sendo este número limitado pelo número máximo de pavimentos do bairro;
6. Na situação de o número máximo de pavimentos ser excedido, o edifício foi dividido em mais de um edifício mantendo a área média por pavimento. Esta metodologia justifica-se tanto para considerar as juntas de dilatação como pela elevada presença de condomínios com vários blocos de apartamentos, como representados na Figura 6.11, localizados e cadastrados no mesmo ID da PMF.



Figura 6.11. Condomínio de blocos de apartamentos residenciais

Após a realização dos ajustes, reorganizando as unidades habitacionais com erros, dividindo-as, mas mantendo a área construída total informada na planilha da PMF, foram contabilizados 9.858 edifícios residenciais em concreto na cidade de Fortaleza, o que corresponde a um aumento de aproximadamente 63,0% dos edifícios residenciais. Destes, 8.852 possuem dois ou mais pavimentos e são os objetos deste estudo investigativo.

Reavaliando as quantidades das unidades habitacionais a partir dos dados da PMF tem-se: 45,8% das unidades correspondem a casas e apartamentos em alvenaria (257.556 unidades). Com o acréscimo da quantidade de apartamentos através da metodologia descrita, o número de unidades desta classificação

passa de 304.794 para 496.814. O total de unidades residenciais em 2017 passa a ser 754.370. O crescimento populacional informado pelo IBGE entre os anos de 2010 e 2017 é de 1,1%. Como o IBGE não informa o número de domicílios em 2017, considerando a manutenção da taxa de habitantes/domicílios tem-se a estimativa de 759.648 domicílios na cidade de Fortaleza em 2017. Nestas condições, a diferença entre as quantidades de domicílios estimadas pela expectativa de crescimento a partir de informações de 2010 do IBGE e as quantidades obtidas pelos ajustes nas informações da PMF fornecidas em 2017 é de apenas 0,7%, confirmando assim a coerência na metodologia de ajuste adotada.

Em cada bairro, os edifícios foram classificados por número de pavimentos e idade de projeto. A data de projeto foi assumida como sendo a data de construção menos dois anos (período estimado médio de execução).

Quanto ao número de pavimentos, os edifícios foram divididos em cinco classes: 2 a 4 pavimentos, 5 a 8 pavimentos, 9 a 12 pavimentos, 13 a 20 pavimentos e acima de 20 pavimentos.

Em termos de datas de projetos, considerando que as obras em estruturas de concreto obedecem às recomendações técnicas, pôde-se dividir o histórico das construções em sete períodos: de 1940 a 1959, de 1960 a 1977, de 1978 a 1987, de 1988 a 2002, de 2003 a 2005, de 2006 a 2013 e de 2014 a 2017.

Esta divisão tem como base a publicação e evolução da norma de projeto de estruturas de concreto, a NBR 6118 [70], a publicação da norma de forças devidas ao vento em edificações, a NBR 6123 [7] e a publicação da norma de projeto de estruturas resistentes a sismos, a NBR 15421 [9].

A primeira versão da NBR 6118 [70] foi publicada em 1940 ainda com a denominação de NB-1, sendo inclusive a primeira norma técnica publicada pela ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Neste período, a NB-1 tratava do projeto e execução das estruturas de concreto. Em 1960, a NB-1 passou por seu primeiro processo significativo de revisão. A segunda revisão aconteceu em 1978. Em 1980, a segunda revisão da NB-1 passou a se chamar NBR 6118. Em 1988 foi publicada a NBR 6123 [7]. Em 2003, a NBR 6118 sofreu nova revisão, passando a tratar somente de projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, sendo criada a NBR 14931 [90] para tratar o assunto de execução de estruturas em concreto. Em 2006 foi publicada a NBR 15421 [9] e em 2014 foi publicada a última revisão da NBR 6118 [70].

Considerando as edificações residenciais de Fortaleza em 2017, observa-se que aproximadamente 28,0% das unidades habitacionais da cidade foram projetadas antes da publicação da norma de vento

brasileira, a NBR 6123 [7] e que 75,0% das unidades habitacionais foram projetadas antes da publicação da norma sísmica brasileira, a NBR 15421 [9].

6.2 O parque edificado de Fortaleza-CE

Uma vez definidos os edifícios residenciais classificados por tipo de material estrutural (concreto ou alvenaria), número de pavimentos e idade das construções, pôde-se definir o perfil do parque edificado e a evolução da expansão e verticalização em cada bairro.

Em termos de adoção do material estrutural, como já abordado no item anterior, o concreto ao longo dos anos vem aumentando a participação nas edificações residenciais, sendo atualmente o material mais adotado. Em 2017, considerando as quantidades das unidades residenciais em concreto e alvenaria, tem-se na cidade de Fortaleza 47,8% em alvenaria e 52,2% em concreto. Considerando a área construída, tem-se 40,5% em alvenaria e 59,5% em concreto. Os mapas da Figura 6.12 mostram a evolução ao longo dos anos da adoção destes materiais estruturais nos bairros de Fortaleza usando como referência a área construída. A Tabela 6.4 indica, por bairros, a relação entre as áreas construídas de edificações com materiais estruturais em concreto e alvenaria.

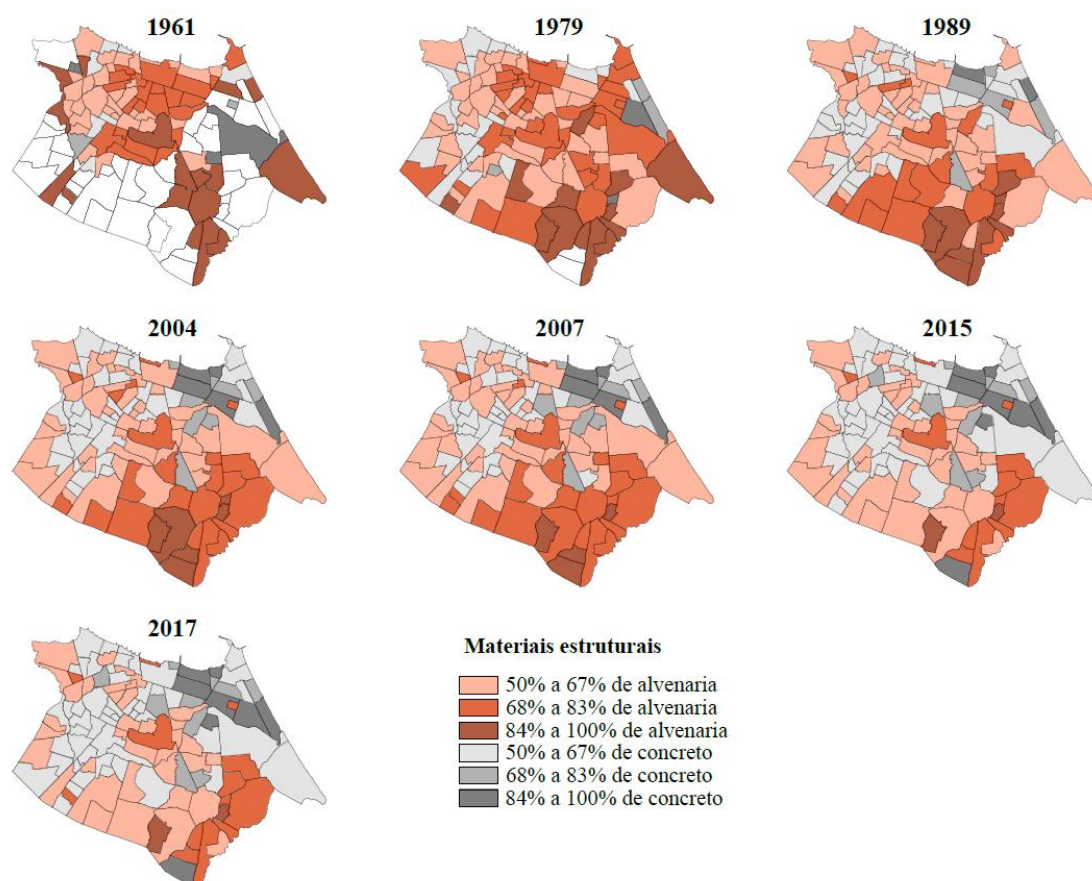


Figura 6.12. Evolução da adoção dos materiais estruturais na cidade de Fortaleza

Tabela 6.4. Áreas construídas de estruturas em alvenaria e concreto na cidade de Fortaleza em 2017

Bairro	Residenciais		Bairro	Residenciais		Bairro	Residenciais	
	alv.	con.		alv.	con.		alv.	con.
Álvaro Weyne	51%	49%	Aerolândia	66%	34%	Aeroporto	78%	22%
Aldeota	12%	88%	Alto da Balança	66%	34%	Amadeu Furtado	65%	35%
Ancuri	81%	19%	Antônio Bezerra	52%	48%	Autran Nunes	49%	51%
Barra do Ceará	46%	54%	Barroso	67%	33%	Bela Vista	43%	57%
Benfica	42%	58%	Boa Vista	62%	38%	Bom Futuro	49%	51%
Bom Jardim	46%	54%	Bonsucesso	44%	56%	Cais do Porto	44%	56%
Cajazeiras	32%	68%	Cambeba	45%	55%	Canindezinho	57%	43%
Carlito Pamplona	48%	52%	Centro	48%	52%	Cidade 2000	68%	32%
Cid. dos Funcionários	60%	40%	Coaçu	74%	26%	Cocó	5%	95%
Conjunto Ceará I	52%	48%	Conjunto Ceará II	52%	48%	Conjunto Esperança	35%	65%
Conjunto Palmeiras	98%	2%	Couto Fernandes	35%	65%	Cristo Redentor	39%	61%
Curió	73%	27%	Damas	39%	61%	De Lourdes	35%	65%
Demócrito Rocha	45%	55%	Dendê	44%	56%	Dias Macêdo	55%	45%
Dionísio Torres	21%	79%	Dom Lustosa	42%	58%	Edson Queiroz	48%	52%
Eng. Luc. Cavalcante	36%	64%	Farias Brito	56%	44%	Fátima	25%	75%
Floresta	49%	51%	Genibaú	45%	55%	Granja Lisboa	54%	46%
Granja Portugal	50%	50%	Guajeru	87%	13%	Henrique Jorge	47%	53%
Itaoca	52%	48%	Itaperi	48%	52%	Jacarecanga	41%	59%
Jangurussu	65%	35%	Jardim América	60%	40%	Jardim Cearense	38%	62%
Jardim das Oliveiras	62%	38%	Jardim Guanabara	37%	63%	Jardim Iracema	46%	54%
José Bonifácio	48%	52%	João XXIII	40%	60%	Joaquim Távora	35%	65%
Jóquei Clube	36%	64%	José de Alencar	78%	22%	Lagoa Redonda	70%	30%
Manoel Sátiro	54%	46%	M. Dias Branco	12%	88%	Maraponga	34%	66%
Meireles	5%	95%	Messejana	57%	43%	Mondubim	54%	46%

Monte Castelo	53%	47%	Montese	51%	49%	Moura Brasil	71%	29%
Mucuripe	11%	89%	Novo Mondubim	43%	57%	Olavo Oliveira	41%	59%
Padre Andrade	57%	43%	Pan-Americano	47%	53%	Papicu	20%	80%
Parangaba	45%	55%	Parque Araxá	67%	33%	Parque Dois Irmãos	62%	38%
Parque Iracema	22%	78%	Parque Manibura	66%	34%	Parque Pres. Vargas	49%	51%
Parque Santa Maria	70%	30%	Parque Santa Rosa	61%	39%	Parque São José	47%	53%
Parquelândia	55%	45%	Parreão	38%	62%	Passaré	42%	58%
Patriolino Ribeiro	8%	92%	Paupina	77%	23%	Pedras	5%	95%
Pici	41%	59%	Pirambu	49%	51%	Plan. Ayrton Senna	63%	37%
Praia de Iracema	23%	77%	Praia do Futuro I	20%	80%	Praia do Futuro II	8%	92%
Prefeito José Walter	51%	49%	Pres. Kennedy	31%	69%	Quintino Cunha	63%	37%
Rodolfo Teófilo	53%	47%	Sabiaguaba	40%	60%	Salinas	26%	74%
São Bento	62%	38%	São Gerardo	36%	64%	São João do Tauape	52%	48%
Sapiranga	73%	27%	Serrinha	51%	49%	Siqueira	46%	54%
Varjota	22%	78%	Vicente Pinzon	44%	56%	Vila Ellery	49%	51%
Vila Pery	50%	50%	Vila União	51%	49%	Vila Velha	54%	46%

A substituição do uso de alvenaria por concreto dá-se principalmente pela verticalização da cidade a partir da primeira metade da década de 1970 levando à redução do número relativo de casas por bairros como exposto nos mapas da Figura 6.13. Até o ano de 1961, tem-se 86,3% de unidades residenciais térreas, neste trabalho chamadas de casas, e em 2017 estas unidades correspondem a 61,7%. Analisando em termos de áreas construídas, em 2017 as casas (edificações térreas incluindo multifamiliares) correspondem a 70,3%.

Os mapas da Figura 6.13 mostram a evolução, por bairros, ao longo dos anos, das porcentagens de áreas construídas de casas e apartamentos. A Tabela 6.5 indica, por bairros, a relação entre as áreas construídas de casas e apartamentos em edifícios a partir de 2 pavimentos em 2017.

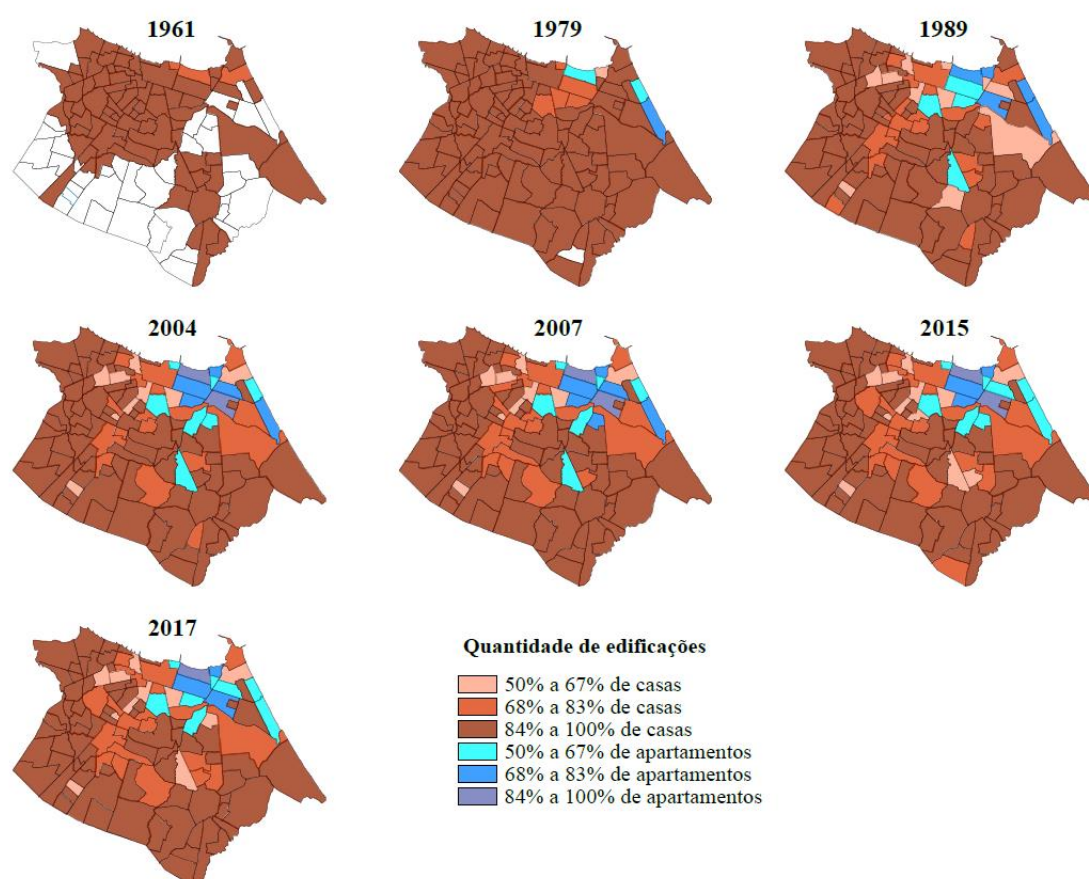


Figura 6.13. Evolução da expansão da quantidade de edifícios residenciais em Fortaleza

Tabela 6.5. Unidades residenciais em casas e edifícios por bairros na cidade de Fortaleza em 2017

Bairro	Residenciais		Bairro	Residenciais		Bairro	Residenciais	
	casa	apto		casa	apto		casa	apto
Álvaro Weyne	93%	7%	Aerolândia	96%	4%	Aeroporto	99%	1%
Aldeota	25%	75%	Alto da Balança	97%	3%	Amadeu Furtado	93%	7%
Ancuri	100%	0%	Antônio Bezerra	92%	8%	Autran Nunes	99%	1%
Barra do Ceará	92%	8%	Barroso	85%	15%	Bela Vista	78%	22%
Benfica	67%	33%	Boa Vista	93%	7%	Bom Futuro	88%	12%
Bom Jardim	96%	4%	Bonsucesso	96%	4%	Cais do Porto	78%	22%
Cajazeiras	57%	43%	Cambeba	68%	32%	Canindezinho	99%	1%
Carlito Pamplona	83%	17%	Centro	71%	29%	Cidade 2000	94%	6%
Cid. dos Funcionários	83%	17%	Coaçu	100%	0%	Cocó	24%	76%
Conjunto Ceará I	100%	0%	Conjunto Ceará II	100%	0%	Conj. Esperança	65%	35%
Conjunto Palmeiras	100%	0%	Couto Fernandes	57%	43%	Cristo Redentor	99%	1%
Curió	90%	10%	Damas	67%	33%	De Lourdes	92%	8%
Demócrito Rocha	95%	5%	Dendê	75%	25%	Dias Macêdo	97%	3%
Dionísio Torres	33%	67%	Dom Lustosa	91%	9%	Edson Queiroz	78%	22%
Eng. Luc. Cavalcante	86%	14%	Farias Brito	81%	19%	Fátima	44%	56%
Floresta	95%	5%	Genibaú	98%	2%	Granja Lisboa	100%	0%
Granja Portugal	99%	1%	Guajeru	98%	2%	Henrique Jorge	96%	4%
Itaoca	83%	17%	Itaperi	78%	22%	Jacarecanga	61%	39%
Jangurussu	91%	9%	Jardim América	90%	10%	Jardim Cearense	89%	11%
Jardim das Oliveiras	99%	1%	Jardim Guanabara	98%	2%	Jardim Iracema	98%	2%
José Bonifácio	73%	27%	João XXIII	100%	0%	Joaquim Távora	55%	45%
Jóquei Clube	86%	14%	José de Alencar	97%	3%	Lagoa Redonda	94%	6%
Manoel Sátiro	95%	5%	Man. Dias Branco	86%	14%	Maraponga	71%	29%

Meireles	15%	85%	Messejana	84%	16%	Mondubim	87%	13%
Monte Castelo	76%	24%	Montese	81%	19%	Moura Brasil	95%	5%
Mucuripe	22%	78%	Novo Mondubim	86%	14%	Olavo Oliveira	99%	1%
Padre Andrade	93%	7%	Pan-Americano	92%	8%	Papicu	46%	54%
Parangaba	80%	20%	Parque Araxá	97%	3%	Parq. Dois Irmãos	99%	1%
Parque Iracema	68%	32%	Parque Manibura	95%	5%	Parq. Pres. Vargas	97%	3%
Parque Santa Maria	85%	15%	Parque Santa Rosa	99%	1%	Parque São José	99%	1%
Parquelândia	84%	16%	Parreão	68%	32%	Passaré	78%	22%
Patriolino Ribeiro	58%	42%	Paupina	95%	5%	Pedras	97%	3%
Pici	83%	17%	Pirambu	100%	0%	Plan. Ayrton Senna	99%	1%
Praia de Iracema	41%	59%	Praia do Futuro I	44%	56%	Praia do Futuro II	33%	67%
Prefeito José Walter	99%	1%	Pres. Kennedy	64%	36%	Quintino Cunha	97%	3%
Rodolfo Teófilo	88%	12%	Sabiaguaba	100%	0%	Salinas	45%	55%
São Bento	98%	2%	São Gerardo	60%	40%	São J. do Tauape	73%	27%
Sapiranga	98%	2%	Serrinha	91%	9%	Siqueira	98%	2%
Varjota	41%	59%	Vicente Pinzon	66%	34%	Vila Ellery	92%	8%
Vila Pery	96%	4%	Vila União	76%	24%	Vila Velha	95%	5%

Barroso [86] apresenta números do parque edificado que podem ser usados como parâmetros de comparação. A metodologia por ele adotada consistiu em coleta de informações dos últimos quatro censos (1980, 1991, 2000 e 2010) do IBGE e análise quantitativa dos dados espaciais através do *software* de geoprocessamento *ArcGIS* [86]. A Tabela 6.6 e os gráficos da Figura 6.14 apresentam o comparativo entre as porcentagens de casas e apartamentos (em edifícios) apresentados por Barroso [86] e as encontradas no levantamento deste trabalho. São avaliados os bairros Aldeota e Meireles.

Tabela 6.6. Comparativo de porcentagem de casas e apartamentos – Aldeota e Meireles

		ano 1980		ano 1991		ano 2000		ano 2010	
		Barroso ^a		Barroso ^a		Barroso ^a		Barroso ^a	
Aldeota	% casas	64,0%	72,5%	45,0%	38,8%	26,0%	25,0%	20,0%	21,7%
	% aptos	22,0%	27,5%	53,0%	61,2%	74,0%	75,0%	80,0%	78,3%
Meireles	% casas	50,0%	41,3%	32,0%	18,3%	16,0%	13,9%	13,0%	10,5%
	% aptos	35,0%	58,7%	65,0%	81,7%	83,0%	86,1%	87,0%	89,5%

a) [86].

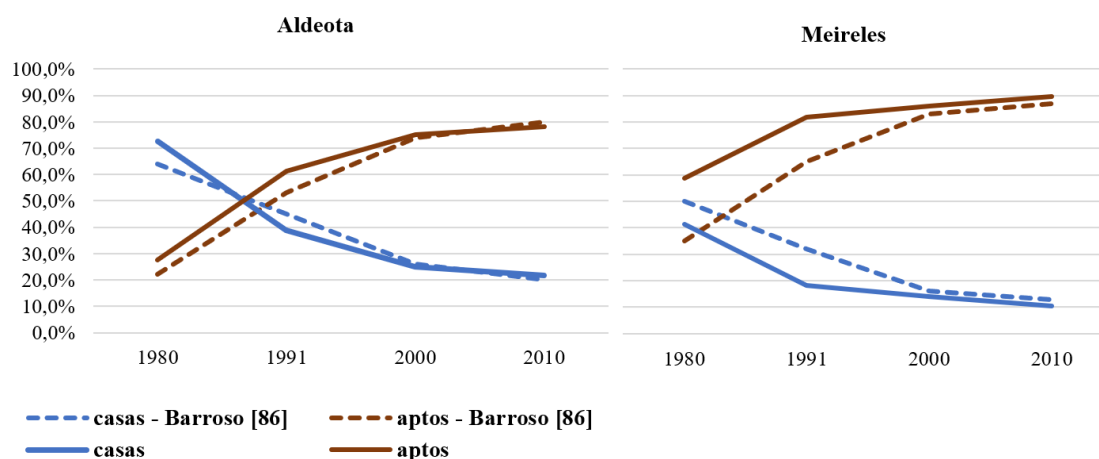


Figura 6.14. Comparativo de porcentagem de casas e apartamentos – Aldeota e Meireles

A evolução das curvas obtidas pelas duas fontes obedece a mesma configuração. Nos períodos mais recentes, 2000 e 2010, os valores são praticamente iguais. Nos períodos 1980 e 1991 os valores apresentam algumas diferenças. Percebe-se que nestes períodos, o somatório das porcentagens de casas e apartamentos informados por Barroso [86] não correspondem a 100,0%. Na classificação da tipologia das moradias por ele apresentada, além de casas e apartamentos, são contemplados também casa de vila ou condomínio, habitação em casa de cômodos e cortiço que não estão presentes na tabela comparativa.

Ainda comparando resultados, a Tabela 6.7 apresenta a porcentagem de apartamentos em alguns bairros de Fortaleza no ano de 1980.

Tabela 6.7. Porcentagem de apartamentos em 1980

Bairro	% de apartamentos		Δ
	Barroso [86]		
Centro	12,0%	12,7%	+5,8% ↑
Aldeota	22,0%	27,5%	+25,0% ↑
Fátima	22,0%	29,9%	+35,9% ↑
Praia de Iracema	23,0%	30,9%	+34,3% ↑
Dionísio Torres	30,0%	30,4%	+1,3% ↑
Cocó	2,6%	14,3%	+450,0% ↑
Meireles	35,0%	58,7%	+67,7% ↑

As diferenças apresentadas justificam-se tanto pela diferente classificação da tipologia adotada nos trabalhos quanto pela indefinição dos limites geográficos dos bairros, uma vez que além de sofrerem alterações de áreas ao longo dos anos, muitos bairros também já passaram por mudança de nomes.

As diferenças apontadas no ano de 1980, com exceção do bairro Cocó, são de certa forma aceitáveis. No caso do Cocó, a população total do bairro em 1980 era de apenas 0,13% da população de Fortaleza (1.308.919 hab.) o que equivale a aproximadamente 1.700 pessoas.

Já no ano de 2010, as porcentagens de apartamentos informadas pelas duas fontes, nos bairros Cocó, Meireles e Aldeota, são praticamente as mesmas. Em Barroso [86] tem-se 87,0%, 87,0% e 80,0% respectivamente, e nos dados levantados neste trabalho tem-se 88,1%, 89,5% e 78,3%.

As fotos das Figura 6.15 representam Fortaleza nas décadas de 1960 e 1970 e as fotos da Figura 6.16 representam edifícios do atual parque edificado de Fortaleza.



Figura 6.15. Fortaleza nas décadas de 1960 e 1970 [85]

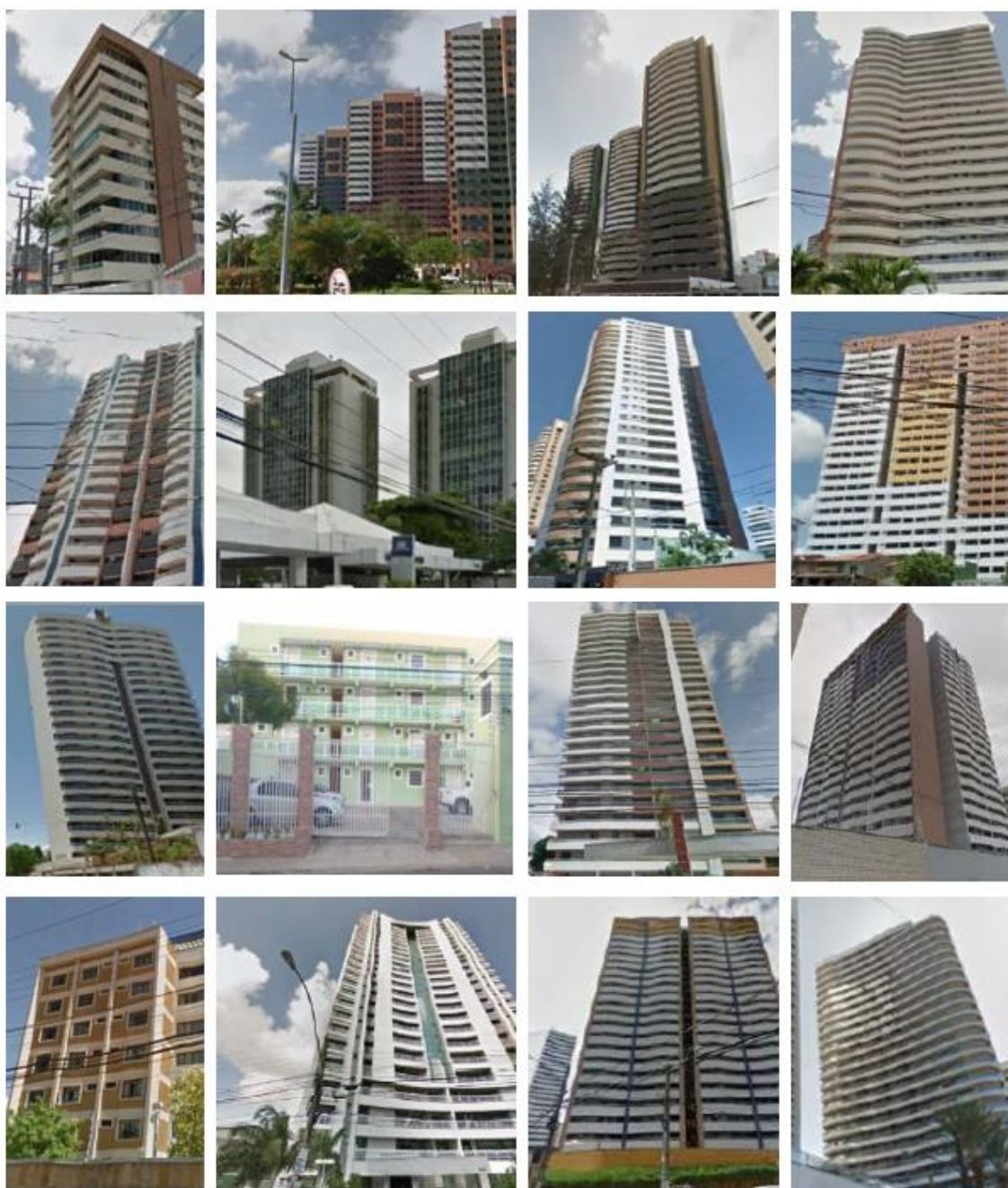


Figura 6.16. Edifícios residenciais da cidade de Fortaleza [86]

Os mapas da Figura 6.17 à Figura 6.21 mostram, ao longo dos tempos, não só a verticalização, mas também a expansão da quantidade de edifícios residenciais na cidade de Fortaleza. Os edifícios são classificados por números de pavimentos e apresentados na seguinte sequência: os edifícios de 2 a 4 pavimentos, 5 a 8 pavimentos, 9 a 12 pavimentos, 13 a 20 pavimentos e acima de 20 pavimentos.

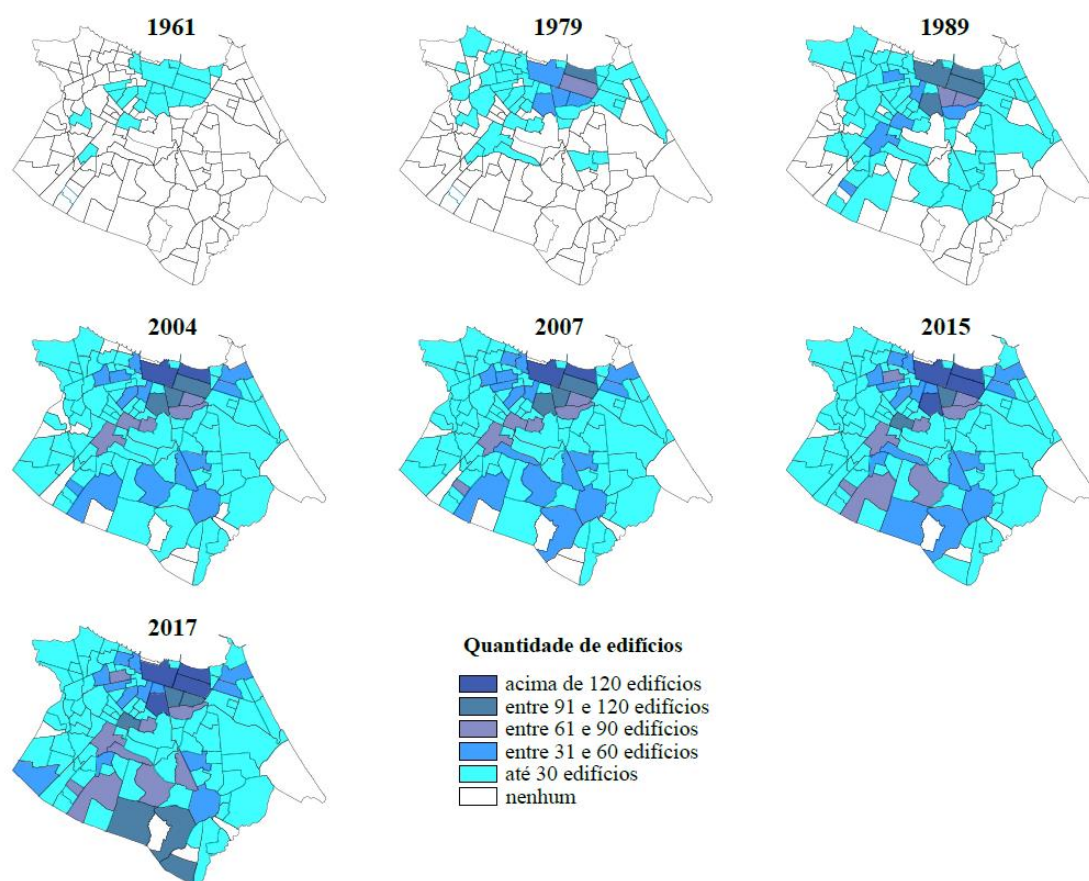


Figura 6.17. Expansão da quantidade de edifícios de 2 a 4 pavimentos na cidade de Fortaleza

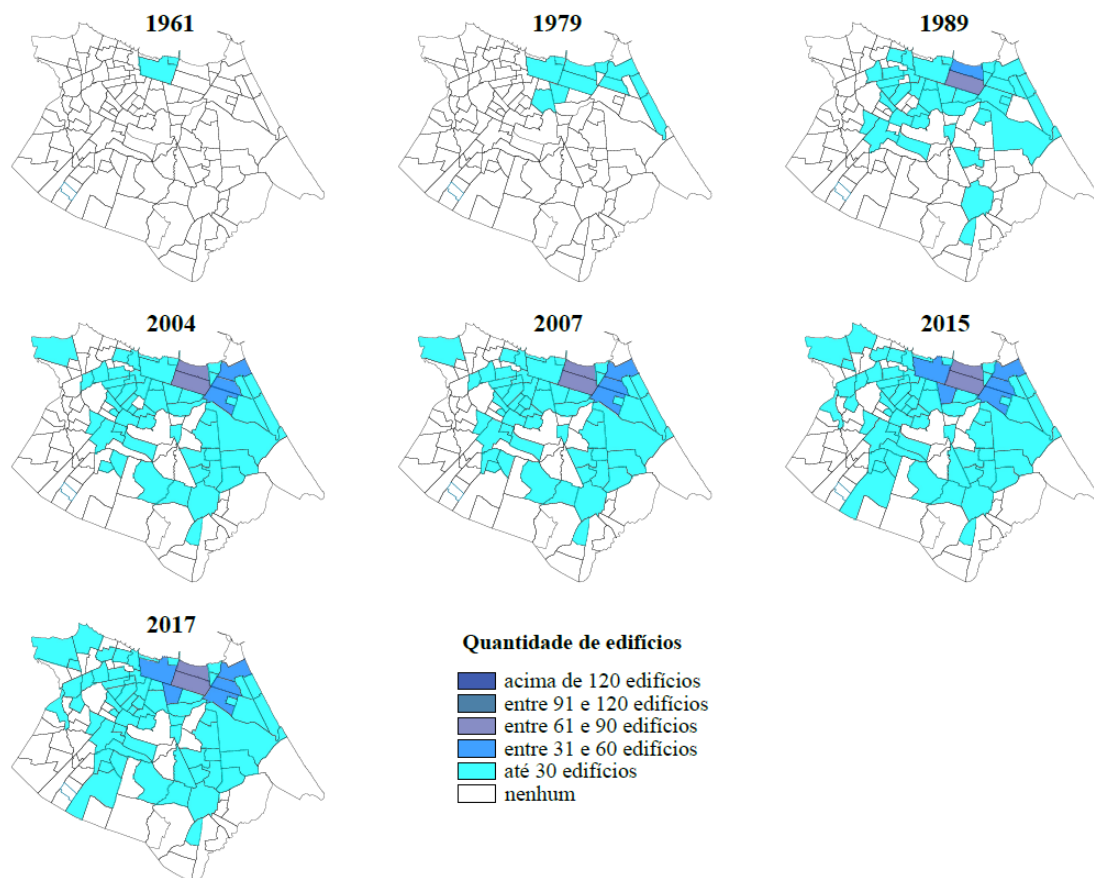


Figura 6.18. Expansão da quantidade de edifícios de 5 a 8 pavimentos na cidade de Fortaleza

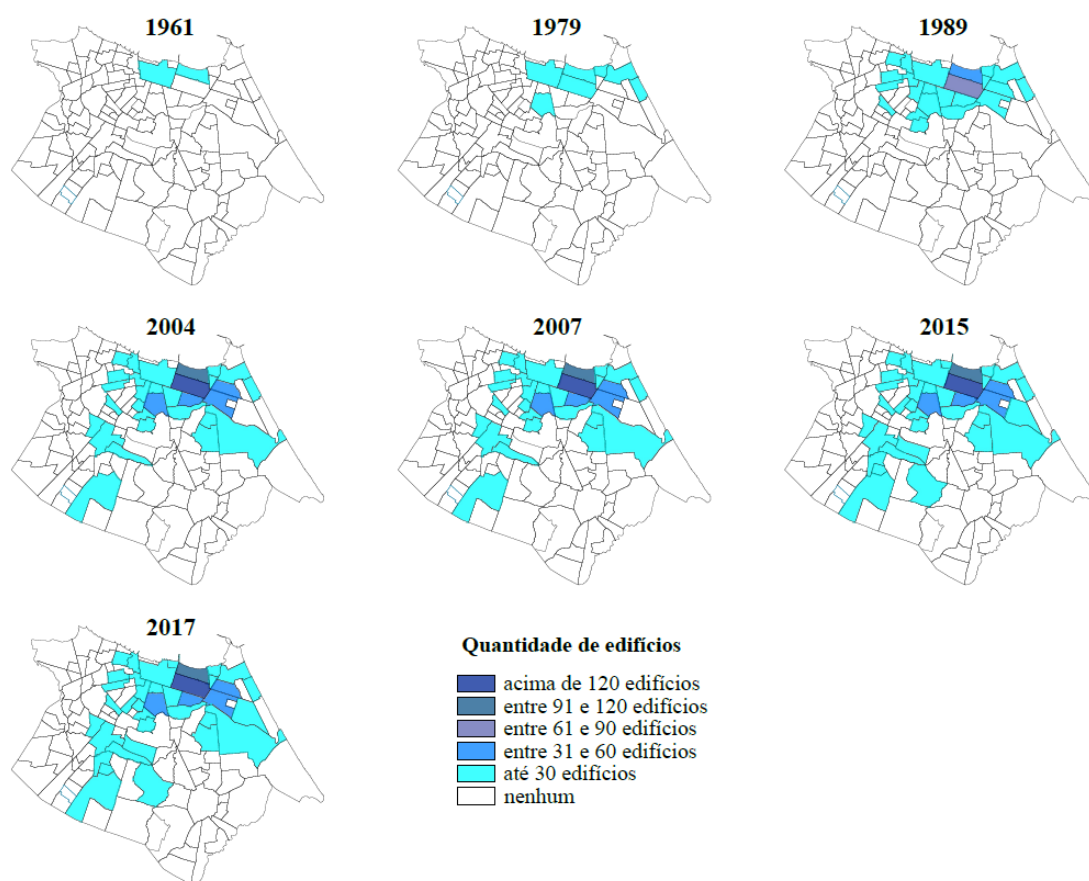


Figura 6.19. Expansão da quantidade de edifícios de 9 a 12 pavimentos na cidade de Fortaleza

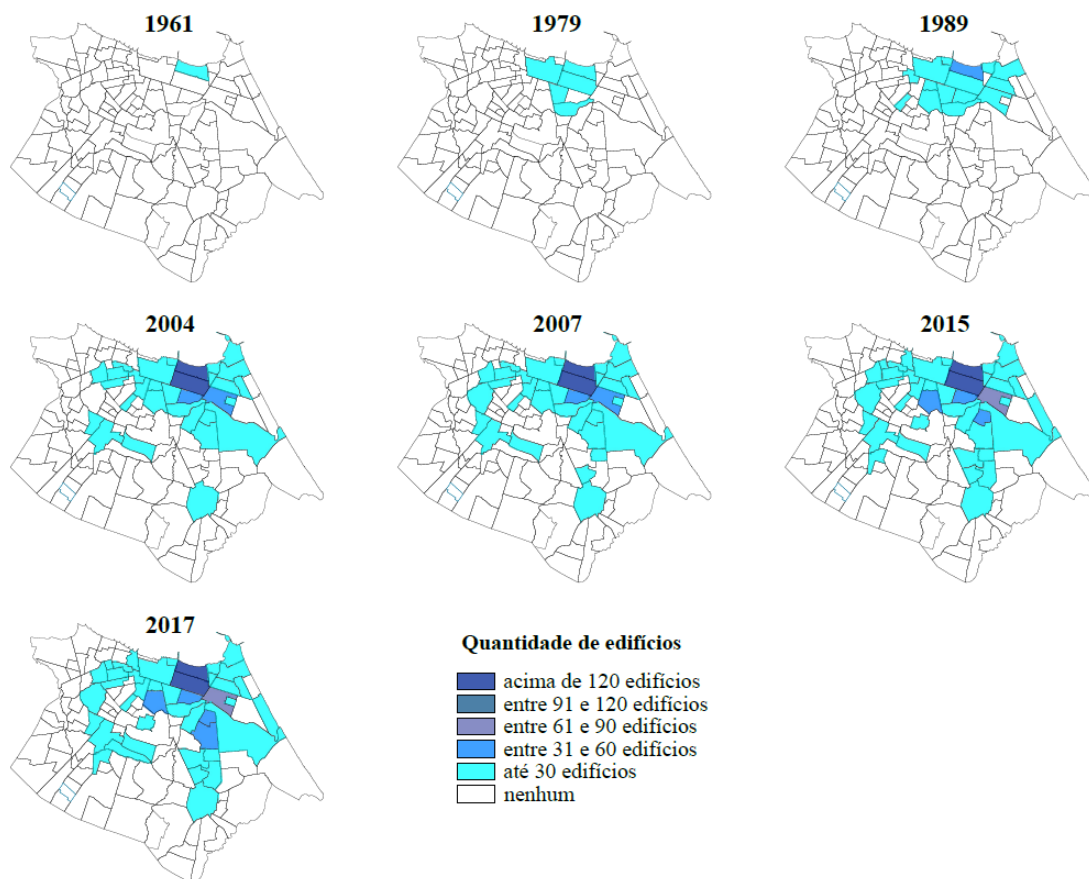


Figura 6.20. Expansão da quantidade de edifícios de 13 a 20 pavimentos na cidade de Fortaleza

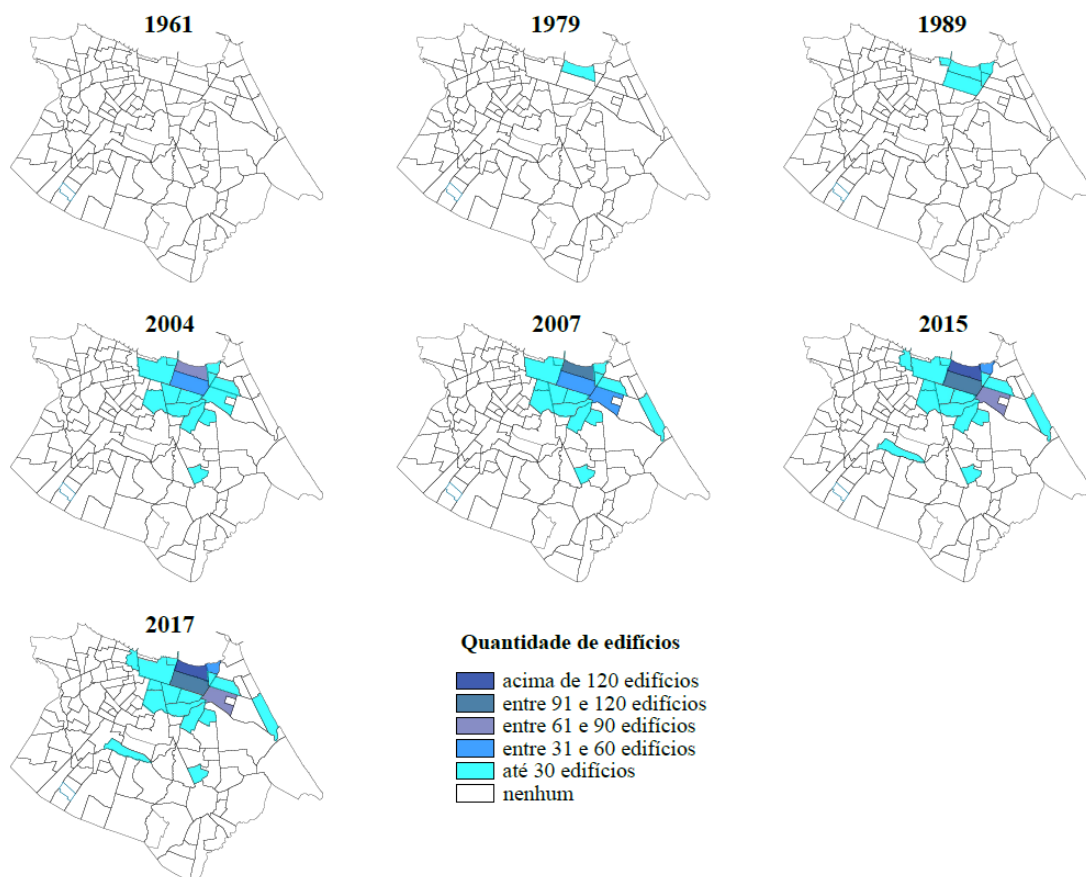


Figura 6.21. Expansão da quantidade de edifícios acima de 20 pavimentos na cidade de Fortaleza

Foram selecionados para detalhamento das metodologias adotadas ao longo deste trabalho, cinco bairros da cidade: Aldeota, Cocó, Dionísio Torres, Meireles e Pici. Estes bairros foram selecionados considerando suas importâncias na dinâmica da cidade e as evoluções observadas no parque edificado ao longo dos anos.

A Aldeota é, sem dúvida, o bairro mais valorizado da cidade por ser o preferido das classes alta e média alta desde a década de 1930. Conta com o melhor atendimento de infraestrutura de serviços urbanos, comércio e outros equipamentos. Durante os anos 1970, no início do processo de verticalização fora da área central, pequenos edifícios de apartamentos foram construídos na Aldeota. A construção de edifícios luxuosos, com apartamentos grandes, substituindo as grandes residências, deu-se a partir da década de 1980 [85].

O bairro do Cocó faz parte de um grande parque estadual que leva o mesmo nome. O Parque Estadual do Cocó é o maior parque natural em área urbana do Norte e Nordeste do Brasil e o quarto da América Latina, sendo o maior fragmento verde da cidade de Fortaleza, com extenso manguezal e dunas milenares no entorno [91]. Em 1980 era o bairro de menor densidade habitacional da cidade. Atualmente, juntamente com o Meireles, é o bairro com maior porcentagem de apartamentos da cidade [92].

Dionísio Torres é um bairro de importância cultural onde foi instalada a primeira estação de televisão do Estado em 1960 [85]. Na década de 1980, o bairro Dionísio Torres apresentava, juntamente com o Meireles, o maior percentual de apartamentos da cidade, principalmente prédios de até 3 pavimentos [86].

Diferente do bairro Aldeota, a Praia do Meireles era, até o início da década de 1960, um local com algumas casas de veraneio, muitas casas de pescadores e vários estabelecimentos que exploravam o lenocínio e a prostituição [85]. Na década de 1970 foram construídos edifícios multifamiliares de até 3 pavimentos. Na década de 1990 o bairro já contava com inúmeros edifícios habitacionais sendo atualmente o bairro mais verticalizado da cidade [86].

Durante a segunda guerra mundial, foi instalada no bairro do Pici, base para operações do Exército e Aeronáutica Norte-Americana [85]. Pici também é o bairro que abriga o campus da UFC – Universidade Federal do Ceará onde estão os blocos dos cursos de Engenharia da Universidade.

No material a seguir, Figura 6.22 a Figura 6.26, para cada um dos bairros selecionados foram definidas as quantidades dos edifícios residenciais classificados por número de pavimentos e idade de projeto. São indicadas também as normas técnicas vigentes em cada um dos sete períodos, informação que será de grande importância na confecção das estruturas modelo a seguir. Com auxílio das imagens de satélite capturadas no *Google Earth* pode-se verificar e confirmar o perfil do parque edificado de cada bairro. Os perfis de todos os bairros encontram-se no Apêndice D (Figura AP.1 a Figura AP.120).

Aldeota



área territorial: 3,88 km² (1,23% da cidade)
população em 2017: 45389 (1,73 % da cidade)
nº. de edifícios: 591 (6,55% da cidade)
nº. de residências: 2934 (0,83% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 87,83% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 12,17% do bairro

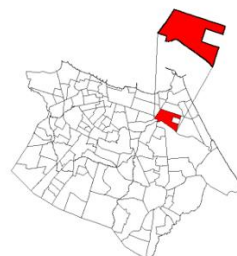


	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	5	0	0	0	0	NB-1:1940	5	1940 a 1959	0,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,85%
1960 a 1977	68	3	2	0	0	NB-1:1960	73	1960 a 1977	11,51%	0,51%	0,34%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	12,35%
1978 a 1987	35	61	64	17	1	NB-1:1978	178	1978 a 1987	5,92%	10,32%	10,83%	2,88%	0,17%	NB-1:1978	30,12%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	11	21	56	131	30	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	249	1988 a 2002	1,86%	3,55%	9,48%	22,17%	5,08%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	42,13%
2003 a 2005	0	1	0	9	13	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	23	2003 a 2005	0,00%	0,17%	0,00%	1,52%	2,20%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,89%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	1	8	47	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	58	2006 a 2013	0,34%	0,00%	0,17%	1,35%	7,95%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,81%
2014 a 2017	0	0	0	1	4	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,68%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,85%
1940 a 2017	121	86	123	166	95	diversas	591	1940 a 2017	20,47%	14,55%	20,81%	28,09%	16,07%	diversas	100,00%

Figura 6.22. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aldeota

Cocó

área territorial: 3,28km² (1,04% da cidade)
população em 2017: 21957 (0,84% da cidade)
nº. de edifícios: 267 (3,02% da cidade)
nº. de residências: 418 (0,12% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 95,39% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 4,61% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4
1978 a 1987	16	25	15	7	0	NB-1:1978	63
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	17	30	44	20	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	116
2003 a 2005	2	1	0	8	18	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	29
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	2	12	28	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	43
2014 a 2017	0	0	0	0	12	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12
1940 a 2017	28	43	47	71	78	diversas	267

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	1,50%
1978 a 1987	5,99%	9,36%	5,62%	2,62%	0,00%	NB-1:1978	23,60%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1,87%	6,37%	11,24%	16,48%	7,49%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	43,45%
2003 a 2005	0,75%	0,37%	0,00%	3,00%	6,74%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,86%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,37%	0,00%	0,75%	4,49%	10,49%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	16,10%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,49%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,49%
1940 a 2017	10,49%	16,10%	17,60%	26,59%	29,21%	diversas	100,00%

Figura 6.23. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cocó

Dionísio Torres



área territorial: 1,72km² (0,55% da cidade)
população em 2017: 16752 (0,64% da cidade)
nº. de edifícios: 260 (2,94% da cidade)
nº. de residências: 1368 (0,39% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 78,51% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 21,49% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1	1940 a 1959	0,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,38%
1960 a 1977	67	0	0	0	0	NB-1:1960	67	1960 a 1977	25,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	25,77%
1978 a 1987	17	20	19	9	0	NB-1:1978	65	1978 a 1987	6,54%	7,69%	7,31%	3,46%	0,00%	NB-1:1978	25,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	7	23	42	8	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	85	1988 a 2002	1,92%	2,69%	8,85%	16,15%	3,08%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32,69%
2003 a 2005	1	0	0	2	3	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6	2003 a 2005	0,38%	0,00%	0,00%	0,77%	1,15%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,31%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	19	0	2	4	9	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	34	2006 a 2013	7,31%	0,00%	0,77%	1,54%	3,46%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13,08%
2014 a 2017	0	0	0	0	2	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,77%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,77%
1940 a 2017	110	27	44	57	22	diversas	260	1940 a 2017	42,31%	10,38%	16,92%	21,92%	8,46%	diversas	100,00%

Figura 6.24. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dionísio Torres

Meireles



área territorial: 2,58km² (0,82% da cidade)
 população em 2017: 39626 (1,51% da cidade)
 n°. de edifícios: 719 (8,12% da cidade)
 n°. de residências: 1450 (0,41% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 95,44% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 4,56% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	10	0	1	0	0	NB-1:1940	11
1960 a 1977	84	16	4	0	0	NB-1:1960	104
1978 a 1987	12	36	45	41	3	NB-1:1978	137
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	26	15	57	158	86	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	342
2003 a 2005	0	0	1	7	27	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	35
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	1	6	13	56	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	79
2014 a 2017	0	0	0	1	10	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11
1940 a 2017	135	68	114	220	182	diversas	719

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1,39%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,53%
1960 a 1977	11,68%	2,23%	0,56%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	14,46%
1978 a 1987	1,67%	5,01%	6,26%	5,70%	0,42%	NB-1:1978	19,05%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3,62%	2,09%	7,93%	21,97%	11,96%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	47,57%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,14%	0,97%	3,76%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,87%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,42%	0,14%	0,83%	1,81%	7,79%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,99%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	1,39%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,53%
1940 a 2017	18,78%	9,46%	15,86%	30,60%	25,31%	diversas	100,00%

Figura 6.25. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Meireles

Pici



área territorial: 3,80km² (1,21% da cidade)
população em 2017: 45532 (1,73% da cidade)
nº. de edifícios: 40 (0,45% da cidade)
nº. de residências: 2748 (0,78% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 58,98% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 41,02% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2		5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	5,00%
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4		10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	10,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1		2,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2,50%
2003 a 2005	0	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	21	0	0	10	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31		52,50%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	77,50%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	28	0	0	12	0	diversas	40		70,00%	0,00%	0,00%	30,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura 6.26. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pici

6.3 Conclusão

O levantamento do parque edificado da cidade de Fortaleza, capital do estado do Ceará, realizado neste capítulo, servirá de base para a confecção das estruturas modelo representativas dos edifícios residenciais em concreto existentes. A influência das ações sísmicas nestas estruturas de concreto será verificada mediante aplicação das ações previstas na NBR 15421 [9].

7. Topografia e solo da cidade de Fortaleza

Como exposto no Capítulo 3 que trata da apresentação da NBR 15421 [9], as ações sísmicas não dependem exclusivamente das acelerações produzidas em um evento sísmico. Neste capítulo são apresentadas as influências da topografia e dos solos nas ações sísmicas e no comportamento sísmico das estruturas, sendo apresentadas características específicas da cidade de Fortaleza.

7.1 A influência da topografia na avaliação sísmica

O comportamento dos edifícios quando submetidos a cenários sísmicos não depende unicamente de suas características. A topografia é uma das condições determinantes no desempenho sísmico de edifícios. Um dos aspectos importantes decorrentes da topografia é a estabilidade das encostas. Durante um sismo, há um elevado risco de deslizamentos por conta da ação das forças de inércia geradas na massa de solo [1].

Em terrenos topograficamente acidentados, uma solução para a construção de edificações é o serviço de terraplanagem que cria através do sistema compensatório corte/aterro, uma área plana para implantação da edificação. Nestas situações são necessárias contenções para suporte das massas de solo. Do ponto de vista de comportamento sísmico das estruturas, não é indicado o assentamento das fundações, pelo menos de edificações de médio e pequeno porte, nas áreas que receberam aterro, isto pelo comportamento do solo após a vibração que pode gerar compactação e consequentes recalques. Além

de serem assentadas em região de corte do terreno, recomenda-se que as fundações sejam assentadas todas no mesmo nível [1].

Outra situação gerada pela topografia e que compromete o comportamento sísmico das estruturas é a existência de edifícios vizinhos com pavimentos desalinhados (não alinhados) como indicados na Figura 7.1. Nestes casos, o impacto da laje de um edifício a meia altura dos pilares do edifício vizinho aumenta significativamente os esforços nessa zona do pilar, podendo danificá-lo ou mesmo levá-lo ao colapso [1].

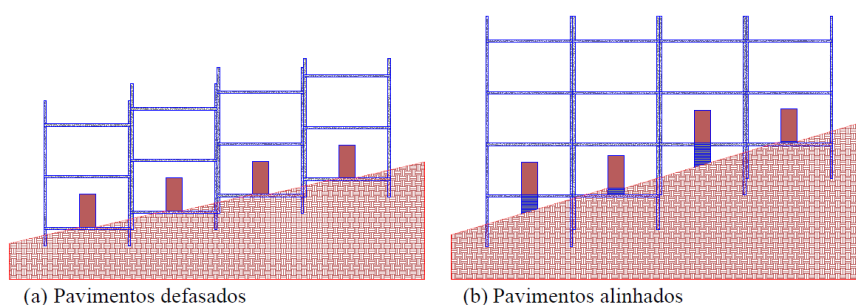


Figura 7.1. Pavimentos desfasados e alinhados (adaptado de [1])

7.2 Topografia da cidade de Fortaleza

O mapa da Figura 7.2 representa a topografia da cidade de Fortaleza. Uma cidade notadamente plana, altura média de 16 m acima do nível do mar, com a presença de elevações isoladas. A topografia de todos os bairros foi estudada individualmente e observada, através de um perfil na extensão mais crítica, as inclinações máximas (i_{max}) e a inclinação predominante (i). A Tabela 7.1 indica estas informações nos cinco bairros selecionados. Na sequência, na Figura 7.3 à Figura 7.7 são expostas as topografias e perfis destes bairros. No Apêndice E (Figura AP.121 a Figura AP.240) encontram-se os mapas topográficos e perfis de todos os bairros.

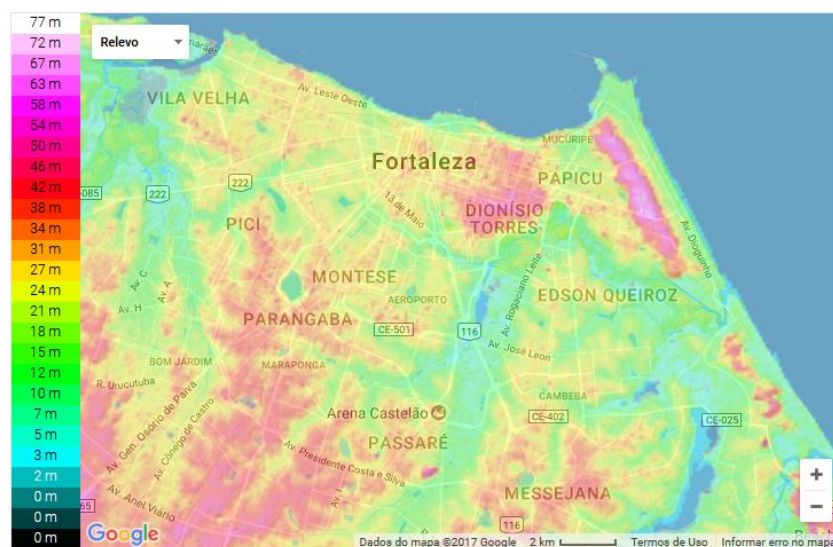


Figura 7.2. Mapa topográfico da cidade de Fortaleza [93]

Tabela 7.1. Características topográficas dos bairros selecionados

Bairro	Inclinação máxima (i_{max})			Inclinação preponderante (i)		
	%	Dimensão (m)	% da extensão	%	Dimensão (m)	% da extensão
Aldeota	14,16	35	2,31	0,00	750	49,01
Cocó	9,92	13	0,47	0,00	1374	50,18
Dionísio Torres	7,19	70	4,90	0,00	344	24,27
Meireles	37,04	14	0,44	0,00	1336	43,70
Pici	4,60	60	2,71	0,00	943	42,50

Aldeota

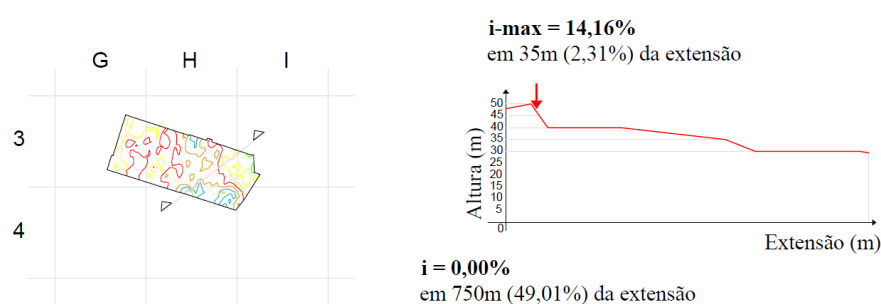


Figura 7.3. Topografia do bairro Aldeota

Cocó

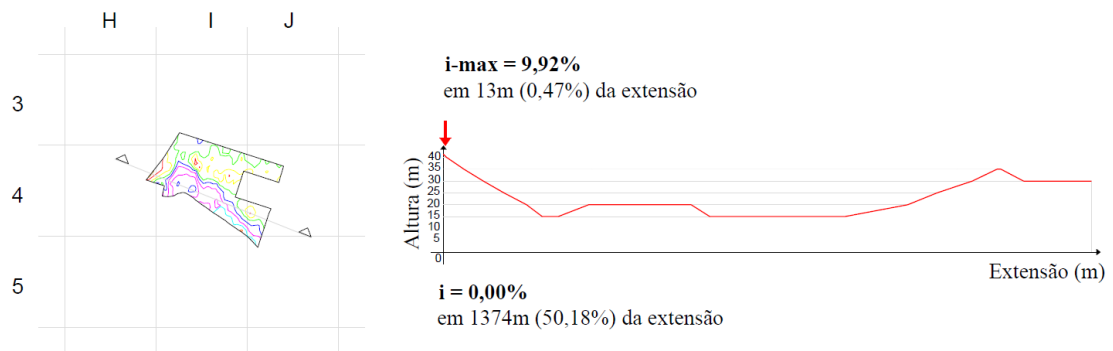


Figura 7.4. Topografia do bairro Cocó

Dionísio Torres

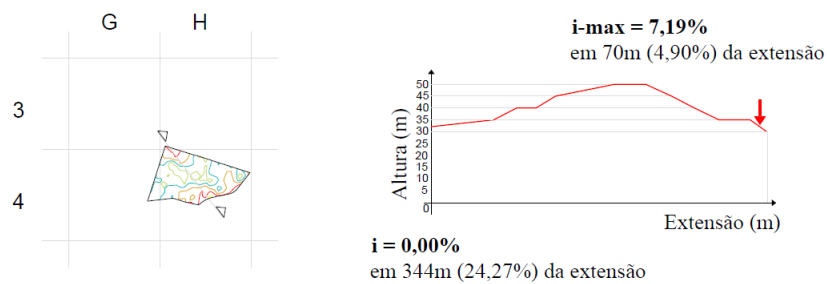


Figura 7.5. Topografia do bairro Dionísio Torres

Meireles

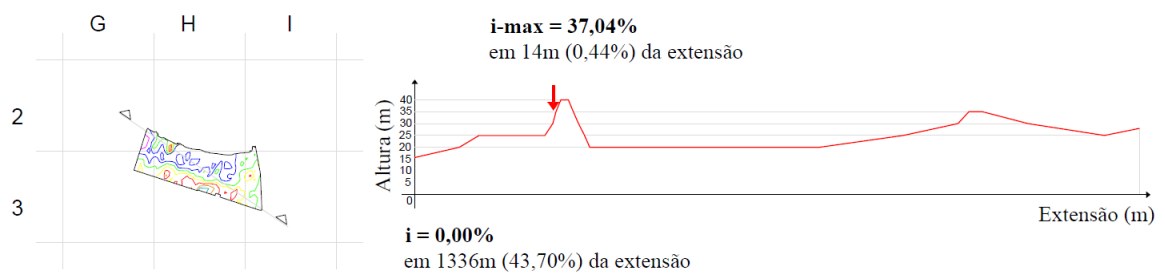
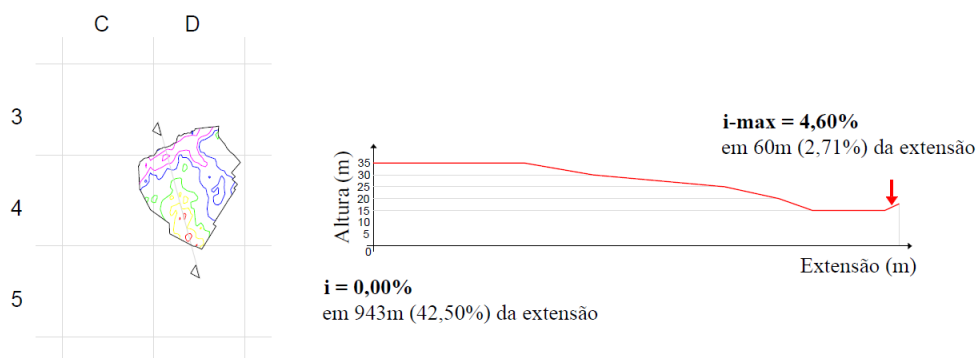


Figura 7.6. Topografia do bairro Meireles

Pici**Figura 7.7. Topografia do bairro Pici**

Em todos os bairros a inclinação preponderante é de no máximo 3,0% e as inclinações máximas são da ordem de 25,0%. Considerando inclinações acima de 5,0%, tais situações verificam-se em no máximo 15,0% da extensão do bairro (corte para confecção do perfil passando pela região mais crítica de cada bairro).

A cidade de Fortaleza não apresenta, portanto, características topográficas que desfavorecem o comportamento sísmico das estruturas. No entanto, faz-se necessário destacar a presença considerável de contenções, principalmente nos edifícios residenciais construídos a partir da década de 1990 para execução de níveis em subsolo para uso de estacionamento.

Na pesquisa realizada no site da *Emporis* [18] foram identificados 605 edifícios residenciais na cidade de Fortaleza com mais de 8 pavimentos. Esta quantidade corresponde a 27,3% dos edifícios acima de 8 pavimentos presentes em Fortaleza segundo a metodologia adotada neste trabalho. Dos 605 edifícios, 1,0% daqueles entre 9 e 12 pavimentos possuem subsolo, 3,7% dos edifícios entre 13 e 20 pavimentos possuem subsolo e 6,6% daqueles acima de 20 pavimentos possuem subsolo. Em geral esses edifícios possuem de 1 a 3 níveis de subsolo e estão predominantemente localizados nos bairros de maior destaque imobiliário como Aldeota, Meireles, Papicu e Cocó. A amostragem aqui apresentada conduz a uma margem de erro de 5,0% com um grau de confiança de 95,0%.

Para minimizar os efeitos dos sismos nas edificações que possuem contenções, recomenda-se deixar um espaço entre a parede de contenção e o edifício. Esta solução, no entanto, leva à redução da área de implantação da torre do edifício e como não é comum a consideração das ações sísmicas nas estruturas da cidade de Fortaleza, tal recomendação nunca é seguida nem fora observada.

7.3 A influência do solo nas ações sísmicas

As vibrações sísmicas provocam movimentos nas fundações das estruturas que se traduzem em forças de inércia na superestrutura podendo levar ao colapso estruturas indevidamente projetadas e executadas para resistir a estas ações. Tais movimentos não dependem exclusivamente da magnitude do sismo e da distância de seu epicentro ao edifício. Um fator determinante dos deslocamentos a nível de fundação é o tipo e as características do solo onde estão assentadas as fundações [1].

As ondas sísmicas propagam-se no substrato rochoso e atenuam sua amplitude à medida que se afastam da região epicentral. Além disto, mesmo em locais próximos entre si, os movimentos nas fundações podem ser consideravelmente diferentes em função do tipo do solo uma vez que as vibrações na superfície são diferentes das vibrações do substrato rochoso. Isto acontece porque o próprio solo pode ser considerado uma estrutura que sofre ações sísmicas no seu contato com a superfície rochosa onde se apoia estando assim sujeito aos fenômenos de amplificação de oscilações e ressonância [1].

Segundo a NBR 15421 [9] em seu item 6.2, a classificação do solo deve ser feita a partir da velocidade de propagação das ondas de cisalhamento, $\bar{v}_s$, e, quando este parâmetro geotécnico for desconhecido, classificar a partir do número médio de golpes, $\bar{N}$, no ensaio SPT de acordo com a NBR 6484 [94] conforme indicado na Tabela 7.2.

Para solos estratificados, os valores médios de $\bar{N}$ devem ser determinados pelos valores N_i nas diversas camadas i , através da Equação (7.1), em que d_i é a espessura de cada uma das camadas do subsolo. Os parâmetros geotécnicos devem ser avaliados nos 30 m superiores do terreno.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}} \quad (7.1)$$

Tabela 7.2. Classes de terreno [9]

Classe de terreno	Designação da classe do terreno	Propriedades médias para os 30 m superiores do terreno	
		$\bar{v}_s$	$\bar{N}$
A	Rocha sã	$\bar{v}_s \geq 1500 \text{ m/s}$	(não aplicável)
B	Rocha	$1500 \text{ m/s} \geq \bar{v}_s \geq 760 \text{ m/s}$	(não aplicável)
C	Rocha alterada ou solo muito rígido	$760 \text{ m/s} \geq \bar{v}_s \geq 370 \text{ m/s}$	$\bar{N} \geq 50$
D	Solo rígido	$370 \text{ m/s} \geq \bar{v}_s \geq 180 \text{ m/s}$	$50 \geq \bar{N} \geq 15$
E	Solo mole	$\bar{v}_s \leq 180 \text{ m/s}$	$\bar{N} \leq 15$

	-	Qualquer perfil incluindo camada com mais de 3 m de argila mole
F	-	Solo exigindo avaliação específica, como: 1. Solos vulneráveis à ação sísmica, como solos liquefazíveis, argilas muito sensíveis e solos colapsíveis fracamente cimentados; 2. Turfa ou argilas muito orgânicas; 3. Argilas muito plásticas; 4. Estratos muito espessos (≥ 35 m) de argila mole ou média.

Os solos liquefazíveis são caracterizados, segundo a NBR 15421 [9] como solo tipo F. O fenômeno da liquefação dá-se pela passagem de ondas sísmicas em depósitos de areias com determinadas granulometrias e níveis freáticos elevados. A vibração provoca a perda da ligação entre os grãos de areia por aumento da pressão intersticial em função da água impossibilitada de ser drenada, transformando o solo em um fluido [1].

Conforme exposto no item 3.1.2, o espectro de resposta de projeto, $S_a(T)$, para acelerações horizontais, aplicado na base da estrutura, é calculado em função da aceleração sísmica horizontal característica, a_g , (Tabela 3.1) e da classe do terreno. Para tanto são usadas as Equações (3.1) a (3.5) e os fatores de amplificação no solo, C_a e C_v , para os períodos de 0,0s e 1,0s, respectivamente, extraídos da Tabela 7.3, em função da classe do terreno.

Tabela 7.3. Fatores de amplificação sísmica do solo [9]

Classe do terreno	C_a		C_v	
	$a_g \leq 0,10g$	$a_g = 0,15g$	$a_g \leq 0,10g$	$a_g = 0,15g$
A	0,8	0,8	0,8	0,8
B	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,2	1,7	1,7
D	1,6	1,5	2,4	2,2
E	2,5	2,1	3,5	3,4

7.4 Características geológicas e geotécnicas da cidade de Fortaleza

Alguns trabalhos foram realizados com o objetivo de caracterizar, de forma geral, o subsolo de Fortaleza. Foram feitos estudos com o objetivo de mapear características do solo e do substrato rochoso, profundidade do nível de água, disposição de resíduos urbanos e águas servidas, espessura de materiais inconsolidados, classes de declividade e resistências, não tendo sido realizado até então, nenhum estudo para classificação do solo de Fortaleza segundo os aspectos sísmicos da NBR 15421 [9].

Em termos gerais, conforme indicado no mapa geológico simplificado do Ceará na Figura 7.8, o município de Fortaleza está localizado em área com predominância de rochas sedimentares (na cor creme) e uma pequena parcela em área de rochas ígneas intrusivas (na cor vermelha).

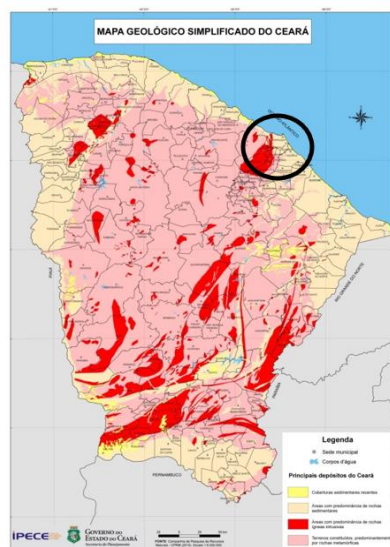


Figura 7.8. Mapa geológico simplificado do Ceará [95]

A região metropolitana de Fortaleza caracteriza-se por três feições geológicas com características geotécnicas bem definidas: rochas cristalinas dos tipos metamórficas e ígneas do Complexo Nordestino, sedimentos terciários do Grupo Barreiras e Dunas dos tipos edafizadas e móveis. Todas elas são cortadas por cursos d'água do sistema fluvial, nos quais os sedimentos recentes estão depositados [96].

As rochas cristalinas do Complexo Nordestino são constituídas de metassedimentos, gnaisses, xistos, quartzitos e calcários, com migmáticos e rochas graníticas associadas ao período Pré-Cambriano. Os gnaisses de coloração cinza claro, com granulometria média, constituídos de quartzo, feldspato e mica, são comuns na região metropolitana de Fortaleza. Na região próxima ao litoral de Fortaleza elas encontram-se abaixo do Grupo ou Formação Barreiras. Do ponto de vista geotécnico, a região das rochas cristalinas apresenta três níveis horizontais distintos. O primeiro, superficial, apresenta-se como arenoso-argiloso com pedregulhos, marrom, com presença de raízes e de matérias orgânicas; o segundo horizonte, conhecido no meio científico por solo residual maduro, apresenta-se como areia argilosa com pedregulhos, vermelha ou amarela e; o terceiro horizonte, conhecido por solo residual jovem ou horizonte saprolítico, possui aparência da rocha gnáissica com frações de areia, silte e argila [96].

A Formação Barreiras distribui-se como uma faixa sedimentar de largura variável de até 30 km acompanhando a linha da costa, parcialmente recoberta junto ao litoral por dunas e areias marinhas. Tais sedimentos são constituídos de argilas variegadas e arenitos avermelhados com níveis caulínicos ou ricos em cascalho, apresentando camadas laterizadas e conglomerações grosseiras com cimento ferruginoso. Do ponto de vista geotécnico, os solos são constituídos por areia, silte e argila em variadas proporções com níveis ricos em cascalho, com camadas de areias argilosas, areias siltosas e argilas

areno-siltosas, de coloração cinza claro ao vermelho, passando por amarelo e laranja. Além disto, há a existência de camadas conglomeráticas e laterizadas formando arenitos de cimento ferruginoso, presentes em cotas próximas ao nível do mar [96].

As dunas edafizadas, ou páleo-dunas, e as dunas móveis são constituídas de areias bem selecionadas de granulação fina a média, às vezes siltosas, quartzosas e quartzo-feldspáticas, com coloração amarela, laranja ou acinzentada. As dunas encontram-se sobre os sedimentos da Formação Barreiras e, na região metropolitana de Fortaleza, estão quase completamente descaracterizadas por conta do avanço da urbanização. As páleo-dunas estão cobertas por uma camada de areia com matéria orgânica, mostrando-se com coloração cinza ou marrom. Do ponto de vista geotécnico, os solos são constituídos por areias finas e médias, algumas vezes siltosas, de coloração cinza claro, amarela e laranja, com espessuras de até 15 metros e compactidade crescente [96].

Para a classificação dos solos do ponto de vista sísmico, como já comentado, na ausência de informações quanto à velocidade de propagação das ondas de cisalhamento, $\bar{v}_s$, pode-se adotar o número médio de golpes, $\bar{N}$, no ensaio SPT [9].

Pimentel [97] trata da estruturação de um banco de dados de informações geotécnicas georreferenciado e da elaboração de uma carta preliminar de fundações de uma parte da região centro-norte da cidade de Fortaleza havendo, para tanto, coletado 395 furos de sondagens à percussão. Na metodologia adotada, a cidade de Fortaleza foi subdividida em áreas de 1 km^2 e consideradas 23 regiões para análise. Cada região é representada por um perfil de sondagem definido por métodos estatísticos. Os perfis possuem profundidades que variam de 8 m a 25 m, indicam a presença marcante de areias siltosas finas e médias e com níveis de compactação variados; e níveis de água encontrados a profundidades também bastante variadas a partir de 1,0 m em relação à superfície do terreno [97].

De posse dos perfis de sondagens apresentados em Pimentel [97] e para classificar os solos segundo as recomendações da NBR 15421 [9], foram avaliados neste trabalho os parâmetros geotécnicos nos 30 m superiores do terreno. Como nenhum dos perfis apresentados possuem informações até esta profundidade e considerando a presença de um maciço cristalino na região, foi adotado para preencher os valores de N até a profundidade de 30 m, 80 golpes (maior valor de N apresentado nos perfis).

A Figura 7.9 apresenta, já do ponto de vista de classificação sísmica, o tipo de solo das 23 regiões definidas por Pimentel [97].

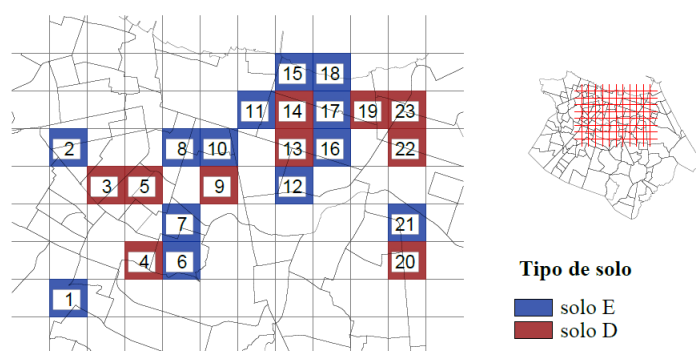


Figura 7.9. Classificação do solo de Fortaleza – região Centro-Norte

Sousa [98] analisa as características geológicas e geotécnicas do solo do bairro Meireles na cidade de Fortaleza. No trabalho, 48 relatórios de sondagem foram disponibilizados. Cada ensaio é composto por no mínimo três perfis, totalizando no mínimo 144 perfis. Os perfis possuem profundidades que variam de 6 m a 25 m e indicam a presença marcante de areias com níveis de compactação variados. Os dados foram coletados em 2010 não sendo informados os anos de construção dos edifícios [98]. Para preenchimento dos valores de N até 30 m de profundidade foi realizado o mesmo procedimento usado para completar os dados fornecidos por Pimentel [97]. A Tabela 7.4 apresenta os valores de N e a classificação do solo de cada sondagem. A média de $\bar{N}$ dos 48 ensaios de sondagem foi 16 classificando o solo do bairro Meireles como tipo D.

Tabela 7.4. Classificação do solo das sondagens no bairro Meireles

$\bar{N}$	Solo	$\bar{N}$	Solo	$\bar{N}$	Solo	$\bar{N}$	Solo	$\bar{N}$	Solo
12	E	15	E	21	D	14	E	10	E
25	D	17	D	9	E	27	D	13	E
19	D	13	E	13	E	22	D	19	D
45	D	20	D	10	E	12	E	11	E
11	E	18	D	11	E	26	D	20	D
12	E	12	E	13	E	14	E	13	E
16	D	11	E	22	D	13	E	9	E
15	E	14	E	16	D	12	E	13	E
23	D	16	D	16	D	9	E	-	-
17	D	14	E	17	D	26	D	-	-

Em Sousa [98], as sondagens foram realizadas para a construção de edifícios residenciais multifamiliares em concreto de 6 a 26 pavimentos classificados da seguinte forma em termos de números de pavimentos: 4,2% de 3 a 10 pavimentos, 43,8% de 11 a 20 pavimentos e 52,0% a partir de 21 pavimentos. Uma outra informação importante extraída de Sousa [98] é o tipo de fundação adotado. A fundação direta do tipo sapata isolada foi adotada em 64,6% dos edifícios e a fundação profunda em estacas foi adotada por 35,4%. Usando a classificação do número de pavimentos, tem-se a seguinte porcentagem de adoção de fundações diretas: 50,0% nos edifícios de 3 a 10 pavimentos, 67,0% nos edifícios de 11 a 20 pavimentos

e 64,0% nos edifícios a partir de 21 pavimentos. De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, existem no bairro Meireles 709 edifícios com este número de pavimentos de forma que a amostragem (edifícios estudados por Sousa [98]) conduz a uma margem de erro de 14,0% com um grau de confiança de 95,0%.

Braga [99] estuda os tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de Fortaleza, sendo 97,0% deles na própria cidade de Fortaleza. Foram consideradas, ao todo, 107 obras distintas, construídas entre os anos 2005 a 2009, constituídas por edificações residenciais e comerciais sendo 21,0% de 3 a 10 pavimentos, 23,0% de 11 a 20 pavimentos e 56,0% a partir de 21 pavimentos. Os prédios estão distribuídos em 27 bairros da cidade: Praia de Iracema, Papicu, Joaquim Távora, Eng. Luciano Cavalcante, Dionísio Torres, Guararapes, Centro, Cocó, Aldeota, Meireles, Serrinha, Damas, Fátima, Parque Manibura, Cambé, Ancuri, Edson Queiroz, Cidade dos Funcionários, Maraponga, Pici, Jôquei Clube, Barra do Ceará, Álvaro Weyne, Jacarecanga, Monte Castelo, São Gerardo e Farias Brito [99]. A maior quantidade dos prédios estudados, 25,2%, encontra-se no Meireles. Usando a classificação do número de pavimentos, tem-se a seguinte porcentagem de adoção de fundações diretas: 59,0% nos edifícios de 3 a 10 pavimentos, 24,0% nos edifícios de 11 a 20 pavimentos e 17,0% nos edifícios a partir de 21 pavimentos. No total de edifícios, independentemente do número de pavimentos, tem-se fundação direta adotada em 27,0% das obras e fundação profunda em 73,0%. Dentre as fundações diretas, 83,0% são do tipo sapata isolada e 17,0% do tipo radier, sendo todas elas em edifícios de 3 a 10 pavimentos. De acordo com a metodologia adotada neste trabalho, existem nos 27 bairros 3.625 edifícios com este número de pavimentos de forma que a amostragem (edifícios estudados por Braga [99]) conduz a uma margem de erro de 9,0% com um grau de confiança de 95,0%. Percebe-se pelos dados informados por Sousa [98] e Braga [99] que não há uma relação direta na cidade de Fortaleza entre a altura da edificação e o tipo de fundação adotado, percebendo, no entanto, maior adoção de fundações profundas nos edifícios construídos nos últimos anos.

Neste ponto, embora não aplicável à realidade de Fortaleza, faz-se necessário expor o comportamento sísmico esperado pelos diferentes tipos de fundação. As fundações diretas, do ponto de vista sísmico, passam a não ser apropriadas quando assentadas em solos liquefazíveis havendo a possibilidade de afundamento parcial ou total do edifício devido à perda da capacidade resistente do solo durante um sismo em presença de água. Na comprovação da natureza liquefazível do solo, as fundações precisam ser prolongadas até profundidades não afetadas pela liquefação através da adoção de fundações profundas, em geral, estacas [1].

7.5 Classificação dos solos de Fortaleza

Para classificar os solos de todos os bairros de Fortaleza, foi adotada neste trabalho a seguinte metodologia.

Barros [100] apresenta os resultados de 91 ensaios de SPT distribuídos em todas as Secretarias Regionais, o que corresponde a aproximadamente uma área de $3,5 \text{ km}^2$ coberta por cada ensaio [100]. As sondagens possuem profundidades variando de 3 a 20 m estando suas localizações indicadas na Figura 7.10.



Figura 7.10. Localização dos ensaios de SPT em Fortaleza [100]

Na divisão das Secretarias Regionais, o bairro Centro pertence à SER VII, diferindo do mapa da Figura 6.2 deste trabalho, em que o bairro Centro está incorporado à SER I.

A Tabela 7.5 à Tabela 7.11 indicam, por Secretarias Regionais, os valores do SPT ao longo da profundidade de cada ensaio, o valor médio $\bar{N}$ e a classificação do solo. Em vermelho, seguindo o procedimento descrito no item 7.4, o preenchimento dos valores complementares de N , 60 golpes, até a profundidade de 20 m. Embora não estejam presentes nas tabelas, o valor adotado de N para as profundidades de 20 m a 30 m foi de 80 golpes.

Tabela 7.5. Ensaios de SPT da SER I

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	5	1	1	4	2	6	2	4	4	7	16	11	-	-	-
2,0	6	2	4	8	1	7	5	6	11	13	9	5	-	-	-
3,0	4	4	9	7	1	2	2	13	20	18	23	4	-	-	-
4,0	4	13	7	4	4	1	1	16	28	11	30	3	-	-	-

5,0	5	11	8	9	8	1	2	18	25	60	60	12	-	-	-
6,0	2	13	11	24	8	1	6	22	30	60	60	37	-	-	-
7,0	3	10	10	21	11	1	9	16	36	60	60	50	-	-	-
8,0	17	6	15	35	10	1	10	20	34	60	60	20	-	-	-
9,0	12	4	21	60	11	2	60	60	60	60	60	60	-	-	-
10,0	60	7	14	60	11	5	60	60	60	60	60	60	-	-	-
11,0	60	40	13	60	9	5	60	60	60	60	60	60	-	-	-
12,0	60	25	10	60	5	5	60	60	60	60	60	60	-	-	-
13,0	60	60	7	60	7	2	60	60	60	60	60	60	-	-	-
14,0	60	60	21	60	10	4	60	60	60	60	60	60	-	-	-
15,0	60	60	26	60	13	34	60	60	60	60	60	60	-	-	-
16,0	60	60	38	60	29	47	60	60	60	60	60	60	-	-	-
17,0	60	60	23	60	45	27	60	60	60	60	60	60	-	-	-
18,0	60	60	23	60	28	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-
19,0	60	60	60	60	32	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-
20,0	60	60	60	60	39	60	60	60	60	60	60	60	-	-	-
$\bar{N}$	13	10	11	23	7	4	9	27	34	40	47	22	-	-	-
Solo	E	E	E	D	E	E	E	D	D	D	D	D	-	-	-

Tabela 7.6. Ensaios de SPT da SER II

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	4	3	10	3	10	3	7	7	2	14	19	4	12	18	3
2,0	4	3	7	4	7	3	9	29	10	16	11	5	18	20	7
3,0	5	5	2	5	7	7	16	21	1	22	24	6	25	20	14
4,0	7	8	4	16	8	8	40	9	7	26	28	10	11	35	15
5,0	12	12	12	33	11	7	60	10	2	29	34	11	11	28	23
6,0	20	13	9	24	12	8	9	10	1	33	35	18	9	24	24
7,0	20	11	4	48	16	11	11	7	1	35	44	22	20	25	38
8,0	16	15	60	60	26	11	17	24	2	41	49	25	38	19	24
9,0	10	14	60	60	33	9	18	32	1	50	34	28	60	60	18
10,0	6	14	60	35	36	8	10	45	27	43	30	42	60	60	15
11,0	5	17	60	46	40	10	14	53	27	14	60	14	60	60	18
12,0	11	14	60	48	42	9	11	36	34	17	60	11	60	60	30
13,0	11	15	60	45	45	13	60	31	18	6	60	13	60	60	28
14,0	60	15	60	60	36	35	60	29	22	2	60	11	60	60	30
15,0	30	17	60	60	60	60	60	10	60	5	60	18	60	60	41
16,0	14	18	60	60	40	60	60	60	60	3	60	60	60	60	60
17,0	8	60	60	60	46	60	60	60	60	3	60	60	60	60	60
18,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	2	60	60	60	60	60
19,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	7	60	60	60	60	60
20,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	10	60	60	60	60	60
$\bar{N}$	14	15	17	23	25	14	25	25	5	10	44	19	34	44	23
Solo	E	E	D	D	D	E	D	D	E	E	D	D	D	D	D

Tabela 7.7. Ensaios de SPT da SER III

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	4	8	2	12	4	3	4	2	3	3	4	25	2	4	1
2,0	5	4	2	26	1	9	4	7	2	14	3	39	3	5	13
3,0	10	3	5	22	1	6	4	7	1	24	2	31	3	22	34
4,0	7	4	7	37	9	1	4	11	3	18	1	27	2	60	22
5,0	7	2	7	60	17	1	3	9	20	14	3	32	5	60	40
6,0	3	4	6	60	32	2	2	60	30	11	4	33	9	60	37
7,0	8	15	6	60	8	16	4	60	29	5	3	35	5	60	37
8,0	7	36	5	60	60	23	3	60	60	2	4	28	31	60	47
9,0	31	24	60	60	60	60	21	60	60	4	11	13	60	60	52
10,0	20	24	60	60	60	60	26	60	60	2	30	21	60	60	30
11,0	21	60	60	60	60	60	31	60	60	1	27	28	60	60	13
12,0	27	10	60	60	60	60	24	60	60	1	27	41	60	60	35
13,0	28	32	60	60	60	60	60	60	60	1	16	30	60	60	60
14,0	33	32	60	60	60	60	60	60	60	4	25	41	60	60	60
15,0	36	31	60	60	60	60	60	60	60	15	38	30	60	60	60

16,0	21	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
17,0	32	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
18,0	14	38	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
19,0	27	26	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
20,0	19	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
$\bar{N}$	15	13	13	51	10	8	11	22	11	5	8	40	12	33	18
Solo	E	E	E	C	E	E	E	D	E	E	E	D	E	D	D

Tabela 7.8. Ensaios de SPT da SER IV

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	3	1	2	4	3	9	12	3	5	9	4	4	2	4	4
2,0	5	1	2	2	9	9	5	1	4	15	8	4	4	2	1
3,0	4	1	1	1	5	5	7	1	4	23	9	9	6	1	3
4,0	5	4	4	1	1	8	5	2	9	24	22	7	5	1	7
5,0	8	7	2	1	2	11	7	10	7	34	12	5	4	3	15
6,0	12	25	2	2	1	7	8	14	14	53	10	6	3	20	21
7,0	16	40	14	11	3	7	9	26	32	31	33	3	2	29	32
8,0	35	24	60	8	16	5	3	9	32	42	26	5	5	43	37
9,0	27	36	60	60	26	60	4	3	25	60	60	60	60	60	60
10,0	42	42	60	60	35	60	21	25	12	60	60	60	60	60	60
11,0	34	37	60	60	27	60	46	37	28	60	60	60	60	60	60
12,0	60	36	60	60	41	60	17	60	44	60	60	60	60	60	60
13,0	60	29	60	60	41	60	28	60	36	60	60	60	60	60	60
14,0	60	39	60	60	36	60	4	24	58	60	60	60	60	60	60
15,0	60	30	60	60	29	60	29	60	51	60	60	60	60	60	60
16,0	60	32	60	60	60	60	34	60	60	60	60	60	60	60	60
17,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
18,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
19,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
20,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
$\bar{N}$	18	8	8	6	8	21	13	8	19	43	27	15	11	9	13
Solo	D	E	E	E	E	D	E	E	D	D	D	E	E	E	E

Tabela 7.9. Ensaios de SPT da SER V

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	6	3	2	3	2	9	1	2	1	5	2	50	13	19	2
2,0	20	5	20	6	4	4	3	6	1	4	10	43	31	2	7
3,0	9	3	27	4	5	3	2	25	1	1	15	26	36	8	2
4,0	8	5	25	5	6	10	46	25	3	15	27	13	38	14	2
5,0	23	12	24	8	60	32	44	35	4	7	18	7	48	6	8
6,0	33	5	58	15	60	51	30	51	6	26	16	24	31	13	14
7,0	37	15	60	17	60	53	39	51	6	32	28	38	43	18	27
8,0	1	20	51	16	60	26	22	60	13	39	23	17	50	40	31
9,0	60	21	60	23	60	35	60	60	43	60	25	60	60	60	60
10,0	60	36	60	33	60	29	60	60	44	36	53	60	60	60	60
11,0	60	60	60	23	60	60	60	60	30	47	60	60	60	60	60
12,0	60	60	60	20	60	60	60	60	51	36	60	60	60	60	60
13,0	60	60	60	24	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
14,0	60	60	60	27	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
15,0	60	60	60	41	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
16,0	60	60	60	51	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
17,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
18,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
19,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
20,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
$\bar{N}$	16	16	29	17	20	24	13	26	7	14	24	40	51	21	13
Solo	D	D	D	D	D	D	E	D	E	E	D	D	C	D	E

Tabela 7.10. Ensaios de SPT da SER VI

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	5	2	1	3	2	1	16	3	37	4	3	21	3	5	9
2,0	4	8	3	14	4	5	3	2	35	1	1	2	4	5	17
3,0	4	5	1	22	2	1	5	1	17	1	2	11	22	5	11
4,0	4	25	1	16	3	1	4	1	19	1	21	42	16	6	10
5,0	3	30	1	36	4	1	4	3	18	1	37	46	21	6	13
6,0	2	29	4	25	4	3	9	2	19	1	34	37	28	7	46
7,0	1	26	13	29	5	20	18	19	60	3	60	16	41	5	60
8,0	12	42	35	20	11	21	20	23	60	12	60	29	44	11	60
9,0	30	60	40	24	44	60	18	28	60	25	60	30	36	18	60
10,0	60	44	31	50	38	60	32	50	60	35	60	18	27	23	60
11,0	60	60	60	35	52	60	33	60	60	25	60	23	51	60	60
12,0	60	34	23	60	52	60	46	60	60	12	60	17	38	60	60
13,0	60	35	60	60	53	60	52	60	60	60	60	28	30	60	60
14,0	60	39	60	60	39	60	60	60	60	60	60	60	33	60	60
15,0	60	38	60	60	52	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
16,0	60	31	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
17,0	60	51	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
18,0	60	42	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
19,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
20,0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
$\bar{N}$	9	22	6	29	11	6	18	7	47	5	13	23	25	17	37
Solo	E	D	E	D	E	E	D	E	D	E	E	D	D	D	D

Tabela 7.11. Ensaios de SPT da Regional VII

Prof. (m)	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
1,0	1	5	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,0	4	7	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	5	7	9	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4,0	3	11	12	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,0	1	15	18	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6,0	1	7	20	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7,0	2	9	15	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8,0	3	9	13	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,0	6	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,0	6	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11,0	7	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,0	11	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13,0	31	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14,0	36	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20,0	60	60	60	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{N}$	5	22	16	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	E	D	D	D	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Do ponto de vista de formação litológica, tem-se a seguinte predominância em cada uma das Secretarias Regionais: SER I – areia siltosa, SER II – areia siltosa, SER III – areia siltosa, SER IV – areia silto-argilosa, SER V – argila arenosa, SER VI – argila silto-arenosa e SER VII – areia siltosa. Tem-se também o nível da água apresentado nas sondagens de cada Secretaria Regional: SER I – mínimo 1,10 m, máximo 8,65 m, médio 4,18 m; SER II – mínimo 1,32 m, máximo 14,40 m, médio 6,11 m; SER III – mínimo 0,55 m, máximo 10,50 m, médio 4,63 m; SER IV – mínimo 1,12 m, máximo 8,20 m, médio 3,44

m ; SER V – mínimo 0,66 m , máximo 7,35 m , médio 3,53 m ; SER VI - mínimo 1,17 m , máximo 8,60 m , médio 3,43 m e; SER VII - mínimo 2,92 m , máximo 4,95 m , médio 3,55 m .

Como nem todos os bairros possuem informações geotécnicas em função da localização dos ensaios, para definir as classes de terreno dos bairros, foi adotado o seguinte procedimento. A cidade de Fortaleza foi dividida em quadrantes de 2 km x 2 km como indicado na Figura 7.11.

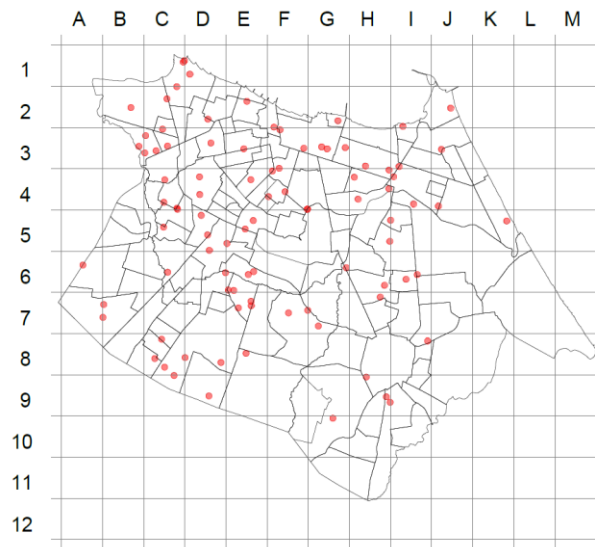


Figura 7.11. Divisão da cidade de Fortaleza em quadrantes

O número médio de golpes de cada quadrante é encontrado a partir da média dos valores dos números de golpes de cada quadrante. Em conjuntos de nove quadrantes, aqueles que não possuem informações, recebem o valor médio dos quadrantes como indicado na Figura 7.12. No exemplo, as lacunas são preenchidas, portanto, com o valor de $\bar{N}$ igual 23.

$\bar{N}=50$	$\bar{N}=14$	$\bar{N}=12$
1	2	3
$\bar{N}=?$	$\bar{N}=?$	$\bar{N}=29$
4	5	6
$\bar{N}=25$	$\bar{N}=17$	$\bar{N}=13$
7	8	9

Figura 7.12. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos quadrantes

Esse procedimento foi realizado quatro vezes mudando o sentido de avanço dos conjuntos de quadrantes. Inicialmente da esquerda para a direita e de cima para baixo, em seguida, da direita para a esquerda e de cima para baixo; da esquerda para a direita, de baixo para cima e por último da direita para a esquerda e de baixo para cima como indica o esquema da Figura 7.13.

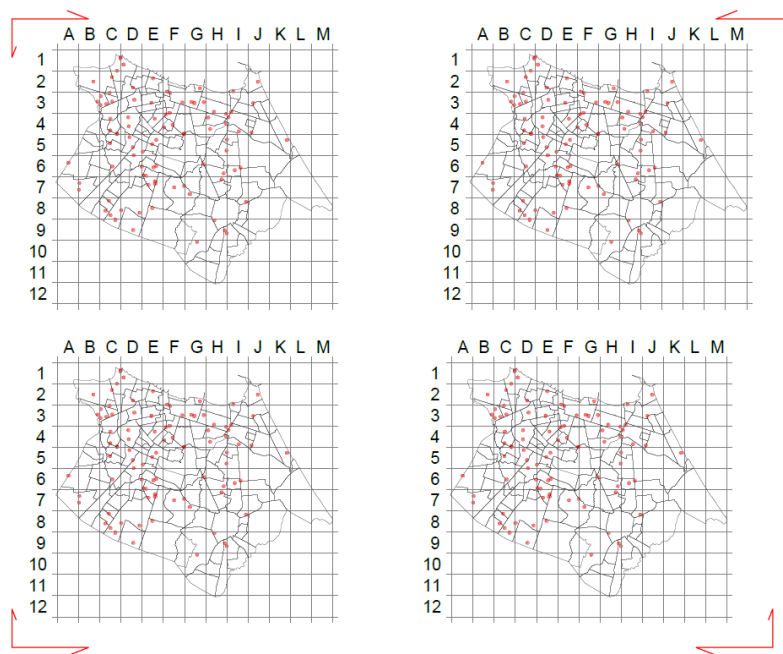


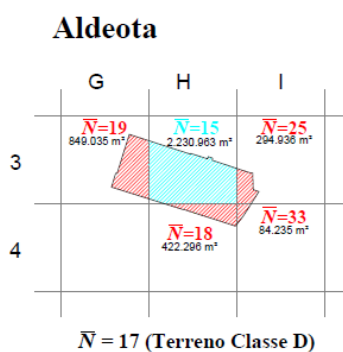
Figura 7.13. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos quadrantes

Desta forma, em cada quadrante sem informação de número médio de golpes, são encontrados quatro valores e o quadrante finalmente assume o valor médio destes. Foram comparadas as classificações dos solos encontrados neste trabalho com as determinadas a partir das informações da Pimentel [97]. Mesmo os quadrantes não possuindo mesmas dimensões, as informações da Tabela 7.12 a seguir mostram a coerência entre os resultados. Em aproximadamente 74,0% da área estudada (17 regiões das 23) a classificação do solo foi a mesma. Nas regiões em que a classificação não foi a mesma (destacadas na tabela), em mais de 80,0% da área, o solo definido a partir deste trabalho apresenta melhor comportamento sísmico, reduzindo as ações sísmicas e conduzindo a uma avaliação mais favorável do cenário.

Tabela 7.12. Comparação entre as classificações do solo nas regiões

Região	solo		Região	solo	
	Pimentel [97]			Pimentel [97]	
1	E	E	13	D	D
2	E	E	14	D	D
3	D	E	15	E	E
4	D	D	16	E	E
5	D	D	17	E	E
6	E	D	18	E	E
7	E	D	19	D	D
8	E	E	20	D	D
9	D	D	21	E	D
10	E	E	22	D	D
11	E	D	23	D	D
12	E	D	-	-	-

O valor $\bar{N}$ de cada bairro é, portanto, definido pela média ponderada dos valores de $\bar{N}$ e das áreas do bairro em cada um dos quadrantes nele presentes. A Figura 7.14 demonstra a determinação do valor de $\bar{N}$ do bairro Aldeota.



$$\bar{N} = \frac{(\bar{N}_{G3} \cdot A_{G3}) + (\bar{N}_{H3} \cdot A_{H3}) + (\bar{N}_{I3} \cdot A_{I3}) + (\bar{N}_{H4} \cdot A_{H4}) + (\bar{N}_{I4} \cdot A_{I4})}{(A_{G3} + A_{H3} + A_{I3} + A_{H4} + A_{I4})}$$

Figura 7.14. Esquema da metodologia para determinação do tipo de solo nos bairros

No Apêndice E (Figura AP.121 a Figura AP.240) encontram-se os mapas para definição das classes de terrenos de todos os bairros. A Tabela 7.13 e o mapa da Figura 7.15 resumem estas informações e apresentam as classes de terreno de todos os bairros. Na tabela, em destaque, os bairros que apresentam tipo de solo E, situação de maior amplificação das ações sísmicas. De acordo com a metodologia adotada, 20,4% da cidade possui terreno tipo E e 79,6% terreno tipo D.

Tabela 7.13. Classificação dos solos dos bairros de Fortaleza

Bairro	$\bar{N}$	Solo	Bairro	$\bar{N}$	Solo	Bairro	$\bar{N}$	Solo
Álvaro Weyne	11	E	Aerolândia	17	D	Aeroporto	17	D
Aldeota	17	D	Alto da Balança	15	E	Amadeu Furtado	12	E
Ancuri	32	D	Antônio Bezerra	13	E	Autran Nunes	13	E
Barra do Ceará	20	D	Barroso	21	D	Bela Vista	16	D
Benfica	13	E	Boa Vista	24	D	Bom Futuro	13	E
Bom Jardim	38	D	Bonsucesso	40	D	Cais do Porto	23	D
Cajazeiras	15	E	Cambeba	15	E	Canindezinho	30	D
Carlito Pamplona	27	D	Centro	16	D	Cidade 2000	27	D
Cid. dos Funcionários	6	E	Coaçu	26	D	Cocó	31	D
Conjunto Ceará I	30	D	Conjunto Ceará II	30	D	Conjunto Esperança	27	D
Conjunto Palmeiras	30	D	Couto Fernandes	11	E	Cristo Redentor	13	E
Curió	17	D	Damas	12	E	De Lourdes	16	D
Demócrito Rocha	17	D	Dendê	19	D	Dias Macêdo	23	D
Dionísio Torres	18	D	Dom Lustosa	12	E	Edson Queiroz	29	D
Eng. Luc. Cavalcante	14	E	Farias Brito	10	E	Fátima	16	D
Floresta	5	E	Genibaú	26	D	Granja Lisboa	29	D
Granja Portugal	39	D	Guajeru	21	D	Henrique Jorge	25	D
Itaoca	10	E	Itaperi	15	E	Jacarecanga	17	D
Jangurussu	29	D	Jardim América	16	D	Jardim Cearense	25	D
Jardim das Oliveiras	8	E	Jardim Guanabara	16	D	Jardim Iracema	14	E
José Bonifácio	14	E	João XXIII	31	D	Joaquim Távora	16	D
Jóquei Clube	14	E	José de Alencar	20	D	Lagoa Redonda	28	D
Manoel Sátiro	22	D	Man. Dias Branco	30	D	Maraponga	17	D
Meireles	18	D	Messejana	20	D	Mondubim	20	D
Monte Castelo	18	D	Montese	11	E	Moura Brasil	14	E
Mucuripe	23	D	Novo Mondubim	27	D	Olavo Oliveira	14	E
Padre Andrade	10	E	Pan-Americano	25	D	Papicu	22	D
Parangaba	13	E	Parque Araxá	11	E	Parque Dois Irmãos	22	D
Parque Iracema	7	E	Parque Manibura	11	E	Parque Pres. Vargas	26	D
Parque Santa Maria	27	D	Parque Santa Rosa	25	D	Parque São José	38	D
Parquelândia	11	E	Parreão	16	D	Passaré	21	D
Patriolino Ribeiro	23	D	Paupina	29	D	Pedras	34	D
Pici	26	D	Pirambu	27	D	Planalto Ayrton Senna	31	D
Praia de Iracema	23	D	Praia do Futuro I	18	D	Praia do Futuro II	36	D
Prefeito José Walter	25	D	Presidente Kennedy	8	E	Quintino Cunha	21	D
Rodolfo Teófilo	11	E	Sabiaguaba	35	D	Salinas	13	E
São Bento	28	D	São Gerardo	12	E	São João do Tauape	17	D
Sapiranga	23	D	Serrinha	18	D	Siqueira	33	D
Varjota	25	D	Vicente Pinzon	16	D	Vila Ellery	15	E
Vila Pery	29	D	Vila União	16	D	Vila Velha	15	E

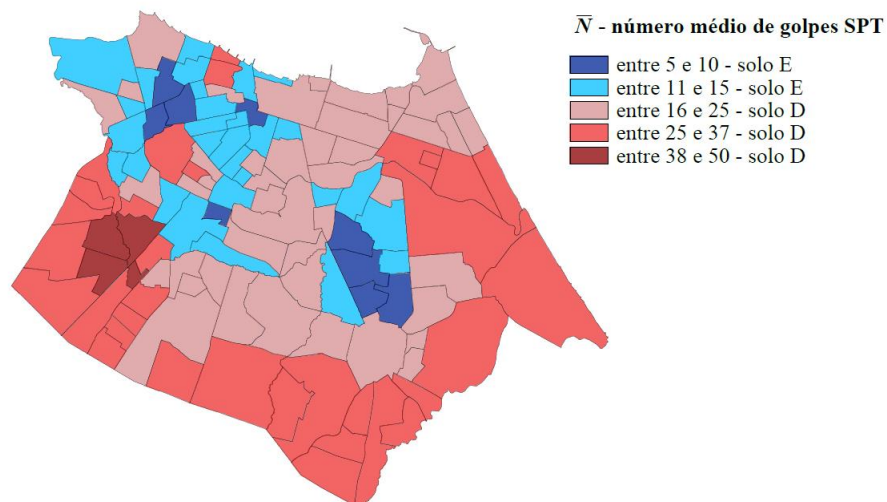


Figura 7.15. Classificação dos solos dos bairros de Fortaleza

7.6 Conclusão

Fortaleza, do ponto de vista topográfico, é uma cidade predominantemente plana, com elevações bastante localizadas. Neste sentido, o comportamento sísmico do parque edificado não é influenciado negativamente, principalmente com relação à possibilidade de deslizamento de encostas. Já o solo da cidade, classificado como tipo D e E, conduz à amplificação das ações sísmicas, levando a majorações que variam de 1,6 a 3,5 vezes.

8. Métodos de cálculo

Neste capítulo, os procedimentos de cálculo da NBR 15421 [9] citados e brevemente comentados no Capítulo 3, são abordados com maior profundidade de forma a permitir e justificar a escolha do método usado nas análises realizadas no Capítulo 12 e cujos resultados estão disponíveis no Capítulo 13.

Os efeitos das ações sísmicas podem ser determinados admitindo-se o comportamento linear ou não-linear das estruturas e, para cada situação, podem ser utilizados métodos de análises estáticas ou dinâmicas. Até o final da década de 1980, os métodos estáticos eram os mais utilizados e recomendados nas normas, sendo posteriormente inseridos os métodos de análises dinâmicas. As normas sísmicas especificam, em função de algumas particularidades, diferentes métodos de cálculo. Considerando quatro dos principais métodos de análise, sendo eles, Método das Forças Horizontais Equivalentes (MFHE), Método Espectral, Análise linear com histórico no tempo e Análise pseudoestática (*pushover analysis*), nas 10 normas sísmicas estudadas neste trabalho e abordadas no Capítulo 3, o Método Espectral é o único indicado em todas elas. O MFHE não é indicado na norma boliviana NBDS [69], a Análise linear com histórico no tempo não é indicada na norma chilena NCh 433 [64] e a Análise pseudoestática (*pushover analysis*) só é indicada no EUROCÓDIGO 8 [61], na norma colombiana NSR-10 [65], na norma equatoriana NEC-11 [66], na norma venezuelana COVENIN 1756-1 [68] e na norma boliviana NBDS [69].

Tanto o MFHE quanto o Método Espectral apresentam em cada uma das normas estudadas limitações de uso. No caso da norma sísmica brasileira, sendo a estrutura de categoria sísmica A, não há limitação

de uso destes métodos, e nas categorias sísmicas B e C, cuidados devem ser observados principalmente quanto à limitação de pavimentos e irregularidades estruturais. A Tabela 8.1 e Tabela 8.2 apresentam respectivamente as irregularidades estruturais no plano e na vertical relacionadas nos itens 8.3.2 e 8.3.3 da NBR 15421 [9].

Tabela 8.1. Irregularidades estruturais no plano

Tipo de irregularidade	Descrição da irregularidade
1	Irregularidade torsional, definida quando em uma elevação, o deslocamento relativo de pavimento em uma extremidade da estrutura, avaliado incluindo a torção accidental, medido transversalmente a um eixo, é maior do que 1,2 vezes a média dos deslocamentos relativos de pavimento nas duas extremidades da estrutura, ao longo do eixo considerado. Os requisitos associados à irregularidade torsional não se aplicam se o diafragma é classificado como flexível.
2	Descontinuidades na trajetória de resistência sísmica no plano, como elementos resistentes verticais consecutivos com eixos fora do mesmo plano.
3	Os elementos verticais do sistema sismo-resistente não são paralelos ou simétricos com relação aos eixos ortogonais principais deste sistema.

Tabela 8.2. Irregularidades estruturais na vertical

Tipo de irregularidade	Descrição da irregularidade
4	Descontinuidades na trajetória de resistência sísmica na vertical, como elementos resistentes verticais consecutivos no mesmo plano, mas com eixos afastados de uma distância maior de que seu comprimento ou quando a resistência entre elementos consecutivos é maior no elemento superior.
5	Caracterização de um “pavimento extremamente fraco”, como aquele em que a sua resistência lateral é inferior a 65,0% da resistência do pavimento imediatamente superior. A resistência lateral é computada como a resistência total de todos os elementos sismo-resistentes presentes na direção considerada.

Segundo o mapa de sismicidade da NBR 15421 [9], a cidade de Fortaleza está localizada na Zona 1 (50 km do limite para a Zona 2), sendo caracterizadas, portanto, as estruturas localizadas nesta zona como de categoria sísmica A. Pelas propostas do novo mapa de sismicidade apresentadas no Capítulo 4, a cidade de Fortaleza estaria localizada em região de aceleração sísmica horizontal variando de 0,04g a 0,08g. Considerando as condições das novas propostas e a proximidade com a atual zona sísmica 2, de aceleração sísmica horizontal de 0,05g a 0,10g, justifica-se a adoção de aceleração sísmica horizontal de 0,05g nas análises das estruturas modelo.

A confirmação da cidade de Fortaleza em zona sísmica 2 em uma futura revisão do mapa de sismicidade irá impor às novas edificações de Fortaleza, segundo critérios da própria NBR 15421 [9], algumas limitações no que se refere à concepção e análise:

- Todo prédio deve possuir um sistema estrutural capaz de fornecer adequada rigidez, resistência e capacidade de dissipação de energia relativamente às ações sísmicas, no sentido vertical e

em duas direções ortogonais horizontais, inclusive com um mecanismo de resistência a esforços de torção;

- Sistemas com descontinuidades bruscas de rigidez ou de resistência em planta ou em elevação não são recomendados. Uma distribuição uniforme e contínua de resistência e de rigidez nas estruturas é desejável. Assimetrias significativas de massa e de rigidez são indesejáveis. São recomendados sistemas estruturais apresentando redundância, através de várias linhas de elementos sismo-resistentes verticais, conectados entre si por diafragmas horizontais de elevada capacidade de dissipação de energia;
- Nos sistemas duais, compostos por um pórtico momento-resistente e por outro tipo de sistema (pilares-parede de concreto ou pórticos de aço contraventados em treliça), o pórtico momento-resistente deve resistir a pelo menos 25,0% da força sísmica total. A divisão das forças sísmicas entre os elementos que compõem os sistemas duais, deve ser de acordo com a sua rigidez relativa;
- Em função das irregularidades estruturais, algumas considerações devem ser observadas conforme a Tabela 8.3.

Tabela 8.3. Considerações em função das irregularidades estruturais

Irregularidade					Considerações
1	2	3	4	5	
x	x	x			O modelo matemático da estrutura deve considerar a rigidez de todos os elementos significativos para a distribuição de forças e deslocamentos na estrutura.
x					O projeto deve incluir um momento de torção inerente (M_t) nos pisos causado pela excentricidade dos centros de massa relativamente aos centros de rigidez, acrescido de um momento torsional accidental (M_{ta}), determinado considerando-se um deslocamento do centro de massa em cada direção igual a 5,0% da dimensão da estrutura paralela ao eixo perpendicular à direção de aplicação das forças horizontais.
x					Os deslocamentos absolutos das elevações δx e os relativos Δx dos pavimentos devem ser determinados com base na aplicação das forças sísmicas de projeto ao modelo matemático da estrutura.
	x		x		Colunas, vigas, lajes e treliças suportando pórticos e pilares-parede sismo-resistentes devem ser projetados considerando os efeitos sísmicos na direção vertical (E_v) e os decorrentes do sismo horizontal com o efeito da sobre-resistência (E_{mh}).
	x				Os diafragmas horizontais em cada elevação da estrutura devem formar um sistema resistente autoequilibrado capaz de transferir as forças sísmicas horizontais, de seus pontos de aplicação na elevação, até os pontos em que elas são transmitidas aos elementos verticais do sistema sismo-resistente.
		x			Na análise de cada elemento pertencente ao sistema sismo-resistente, a direção de aplicação das forças sísmicas na estrutura deve ser a que produz o efeito mais crítico no elemento em questão.
				x	Estas estruturas não podem ter mais de dois pavimentos, nem mais de 9 m. Esta limitação não precisa ser considerada se as forças sísmicas forem multiplicadas pelo coeficiente de sobre-resistência, Ω_0 , que representa a relação entre a verdadeira resistência da estrutura e a resistência de projeto. Os valores deste coeficiente variam de 2 a 3 dependendo do material e do sistema estrutural.

Levando em consideração a categoria sísmica das estruturas da cidade de Fortaleza e a indicação unânime do Método Espectral nas normas estudadas, as ações sísmicas atuantes nas estruturas modelo representativas do parque edificado da cidade de Fortaleza foram determinadas pelo Método Espectral.

8.1 O Método Espectral

Como as ações sísmicas variam rapidamente ao longo do tempo gerando significativas forças de inércia e amortecimento, a resposta das estruturas a essas ações é sempre dinâmica. A análise dinâmica incide sobre o modelo estrutural as massas estruturais, não estruturais e de sobrecargas distribuídas nos volumes dos elementos constituintes dos edifícios. Nos edifícios, parte significativa das massas concentra-se no nível dos pisos onde atuam as sobrecargas e revestimentos sobre as lajes. Desta forma é aceitável e corrente concentrar a totalidade da massa dos edifícios ao nível dos pisos, distribuindo a massa das paredes e pilares entre os pisos [1].

Sendo o número de graus de liberdade de um sistema definido em função do número mínimo de deslocamentos e rotações independente de suas massas e considerando que os pisos dos edifícios de concreto armado são indeformáveis no seu plano, num pórtico plano, é razoável considerar que todas as massas de cada piso têm o mesmo deslocamento gerando apenas um deslocamento horizontal por piso [1].

Um espectro de resposta é um gráfico de valores máximos de resposta (deslocamento, velocidade ou aceleração) de sistemas de um grau de liberdade com diferentes períodos naturais de vibração sujeitos ao mesmo terremoto [101].

O espectro de resposta em aceleração representa as acelerações de pico, S_a , ou acelerações espectrais de sistemas de um grau de liberdade. As acelerações espectrais além de dependerem do período fundamental da estrutura, dependem também de suas taxas de amortecimento, ξ . Quanto maiores forem as taxas de amortecimento, menores serão as acelerações espectrais como mostra a Figura 8.1.

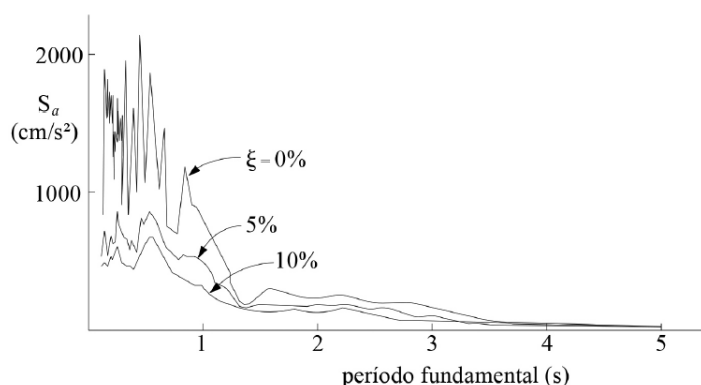


Figura 8.1. Espectro de resposta do terremoto de El Centro - 1940 (adaptada de [8])

Os picos de acelerações espectrais ocorrem quando o período fundamental da estrutura coincide com o período predominante do sismo. Como os espectros de resposta não possuem uma configuração constante e são traçados a partir de um sismo específico, não é possível utilizar tais espectros para novos projetos. Para tanto, é definido um espectro de resposta de projeto obtido através de critérios estatísticos aplicados a um conjunto de vários espectros de resposta traçados a partir de diferentes terremotos. Outro aspecto importante a considerar é que o espectro de resposta depende das características geológicas do local onde se verifica o evento sísmico. Os valores das acelerações devem, portanto, levar em consideração também o potencial de amplificação do solo.

O espectro de resposta de projeto, $S_a(T)$, para acelerações horizontais, correspondente à resposta elástica de um sistema de um grau de liberdade com uma fração de amortecimento crítico igual a 5,0%, é definido a partir da aceleração sísmica horizontal espectral já considerada a influência do terreno. O espectro de resposta de projeto é considerado como aplicado à base da estrutura. Nos casos em que se identifique que uma estrutura ou parte dela apresente uma fração de amortecimento crítico diferente de 5,0%, um fator de correção, devidamente justificado, poderá ser aplicado pelo projetista ao espectro de resposta de projeto [9].

Na análise dinâmica, o cálculo dos efeitos dos sismos (forças de inércia) é feito a partir do seguinte procedimento:

1. Determinação dos modos ($v_1, v_2, v_3 \dots v_j$) e das frequências de vibração ($f_1, f_2, f_3 \dots f_j$) da estrutura a partir dos termos da equação do movimento;
2. A partir do espectro de resposta de aceleração, os valores máximos de aceleração ($S_{a1}, S_{a2}, S_{a3} \dots S_{aj}$), correspondentes às frequências ($f_1, f_2, f_3 \dots f_j$) são determinados para cada modo;
3. Para cada modo genérico j , normalizam-se os modos de vibração pela matriz de massas, dando origem aos vetores $\{\phi\}$. A partir destes valores, calculam-se as forças de inércia $F_{Ik,j}$, ao nível de cada piso k , para cada modo de vibração seguindo o procedimento a seguir:

<i>Modo 1</i>	$M_1^* = \{v_1\}^T [M] \{v_1\}$ $\{\phi_1\} = \frac{\{v_1\}}{\sqrt{M_1}}$ $L_1^* = \{\phi_1\}^T [M] \{1\}$ $F_{11,1} = m_1 \phi_{1,1} L_1^* S_{a,1}$ $F_{12,1} = m_2 \phi_{2,1} L_1^* S_{a,1}$ $\dots\dots$ $F_{lj,1} = m_j \phi_{j,1} L_1^* S_{a,1}$	<i>Modo j</i>	$M_j^* = \{v_j\}^T [M] \{v_j\}$ $\{\phi_j\} = \frac{\{v_j\}}{\sqrt{M_j}}$ $L_j^* = \{\phi_j\}^T [M] \{1\}$ $F_{11,j} = m_1 \phi_{1,j} L_j^* S_{a,j}$ $F_{12,j} = m_2 \phi_{2,j} L_j^* S_{a,j}$ $\dots\dots$ $F_{lj,j} = m_j \phi_{j,j} L_j^* S_{a,j}$
---------------	---	---------------	---

Onde m_j representa a massa do piso j e $\{1\}$ o vetor cujos termos são 1 para graus de liberdade na direção do movimento sísmico considerado e 0 nas outras direções.

4. Nas análises dinâmicas modais por espectro de resposta, como as forças de inércia ao nível dos pisos variam ao longo do tempo, faz-se necessário calcular a força máxima combinando os valores máximos obtidos para cada modo de vibração, visto que em geral, estes não ocorrem simultaneamente. Uma das combinações mais utilizada é a Raiz Quadrada da Soma dos Quadrados. De acordo com essa regra o valor máximo da força F pode ser estimado a partir da raiz quadrada da soma dos quadrados da resposta em cada modo a partir da Equação (8.1):

$$F = \sqrt{\sum_j (F_i)^2} \quad (8.1)$$

No caso de proximidade entre as frequências dos modos de vibração (frequências próprias afastadas de menos de 10,0% do valor de uma das outras), deve ser aplicada regra de combinação mais precisa, que considere os efeitos da proximidade entre os modos [9]. Nestas situações recomenda-se a utilização do método da Combinação Quadrática Completa - em que os fatores μ_{ij} se podem calcular em função do quociente entre as frequências dos modos i e j e do amortecimento relativo do material da estrutura a partir das Equações (8.2) e (8.3).

$$F = \sqrt{\sum_i \sum_j \mu_{ij} F_i F_j} \quad (8.2)$$

$$\mu_{ij} = \frac{8\varepsilon^2(1+r)r^{2/3}}{(1-r^2)^2 4\varepsilon^2 r(1-r)^2} \quad (8.3)$$

Em que r é a relação entre as frequências dos modos i e j ($r = f_i / f_j$).

O procedimento apresentado corresponde a uma única direção de aplicação da ação sísmica. Os passos apresentados devem ser repetidos para a outra direção ortogonal. As respostas finais devem ser obtidas através da regra da raiz quadrada da soma dos quadrados das respostas obtidas em cada uma das direções;

5. A componente vertical é normalmente desprezada para estruturas de edifícios.

O número de modos a ser considerado na análise espectral deve ser suficiente para capturar ao menos 90,0% da massa total em cada uma das direções ortogonais consideradas na análise. Todas as respostas modais obtidas em termos de forças, momentos e reações de apoio devem ser multiplicadas pelo fator I/R [9].

O fator de importância, I , majora as ações em função da categoria de utilização da edificação. A Tabela 8.4 a seguir apresenta as categorias de utilização e seus respectivos fatores de importância definidos no item 7.2 da NBR 15421 [9].

Tabela 8.4. Categorias de utilização e fatores de importância de utilização [9]

Categoria de utilização	Natureza de ocupação	Fator (I)
I	Todas as estruturas não classificadas como de categoria II ou III	1,00
II	Estruturas de importância substancial para a preservação da vida humana no caso de ruptura, incluindo, mas não estando limitadas às seguintes: — Estruturas em que haja reunião de mais de 300 pessoas em uma única área — Estruturas para educação pré-escolar com capacidade superior a 150 ocupantes — Estruturas para escolas primárias ou secundárias com mais de 250 ocupantes — Estruturas para escolas superiores ou para educação de adultos com mais de 500 ocupantes — Instituições de saúde para mais de 50 pacientes, mas sem instalações de tratamento de emergência ou para cirurgias — Instituições penitenciárias — Quaisquer outras estruturas com mais de 5 000 ocupantes — Instalações de geração de energia, de tratamento de água potável, de tratamento de esgotos e outras instalações de utilidade pública não classificadas como de categoria III — Instalações contendo substâncias químicas ou tóxicas cujo extravasamento possa ser perigoso para a população, não classificadas como de categoria III	1,25
III	Estruturas definidas como essenciais, incluindo, mas não estando limitadas, às seguintes: — Instituições de saúde com instalações de tratamento de emergência ou para cirurgias — Prédios de bombeiros, de instituições de salvamento e policiais e garagens para	1,50

veículos de emergência

- Centros de coordenação, comunicação e operação de emergência e outras instalações necessárias para a resposta em emergência
- Instalações de geração de energia e outras instalações necessárias para a manutenção em funcionamento das estruturas classificadas como de categoria III
- Torres de controle de aeroportos, centros de controle de tráfego aéreo e hangares de aviões de emergência
- Estações de tratamento de água necessárias para a manutenção de fornecimento de água para o combate ao fogo.
- Estruturas com funções críticas para a Defesa Nacional
- Instalações contendo substâncias químicas ou tóxicas consideradas como altamente perigosas, conforme classificação de autoridade governamental designada para tal.

O coeficiente de modificação de resposta, R , tem a função de inserir na análise, de forma simplificada, o comportamento não-linear das estruturas, uma vez que às ações sísmicas mais fortes geralmente excedem-se os limites elásticos das propriedades dos materiais.

Os coeficientes de modificação de resposta são obtidos comparando os resultados de análises estáticas lineares com os de análises dinâmicas não lineares, que são as que mais se aproximam do comportamento real das estruturas. Este tipo de análise é bastante complexo sendo aplicado em estruturas específicas como pontes e edifícios com aparelhos de dissipação de energia, cujo comportamento é difícil prever com modelos lineares. Existe uma tendência cada vez maior da adoção das análises não lineares por parte das normas sísmicas.

A Tabela 8.5 a seguir apresenta os coeficientes de modificação de respostas, R , definidos no item 8.2 da NBR 15421 [9] em função dos diferentes sistemas sismo-resistentes. Em destaque os sistemas sismo-resistentes usados nas análises do Capítulo 12 em função das características das estruturas modelo idealizadas no Capítulo 10.

Tabela 8.5. Coeficientes de modificação de resposta [9]

Sistema básico sismo-resistente	R
Pilares-parede de concreto com detalhamento especial	5,00
Pilares-parede de concreto com detalhamento usual	4,00
Pórticos de concreto com detalhamento especial	8,00
Pórticos de concreto com detalhamento intermediário	5,00
Pórticos de concreto com detalhamento usual	3,00
Pórticos de aço momento-resistentes com detalhamento especial	8,00
Pórticos de aço momento-resistentes com detalhamento intermediário	4,50
Pórticos de aço momento-resistentes com detalhamento usual	3,50
Pórticos de aço contraventados em treliça, com detalhamento especial	6,00
Pórticos de aço contraventados em treliça, com detalhamento usual	3,25
Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento especial e pilares-parede de concreto com detalhamento especial	7,00
Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento especial e pilares-parede de concreto com detalhamento usual	6,00
Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento especial e pórticos de aço contraventados em treliça com detalhamento Especial	7,00

Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento intermediário e pilares-parede de concreto com detalhamento especial	6,50
Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento intermediário e pilares-parede de concreto com detalhamento usual	5,50
Sistema dual, composto de pórticos com detalhamento usual e pilares-parede de concreto com detalhamento usual	4,50
Estruturas do tipo pêndulo invertido e sistemas de colunas em balanço	2,50

As ações sísmicas atuantes nas estruturas modelo foram encontradas através do método espectral considerando os dois espectros de resposta de projeto indicados na Figura 8.2. Ambos considerando aceleração sísmica horizontal de $0,05g$ sendo um espectro relativo à classe de terreno D e o outro relativo à classe de terreno E. As análises foram realizadas no SAP 2000 v20, programa baseado em elementos finitos para a análise linear e não linear, estática e dinâmica de estruturas civis [102].

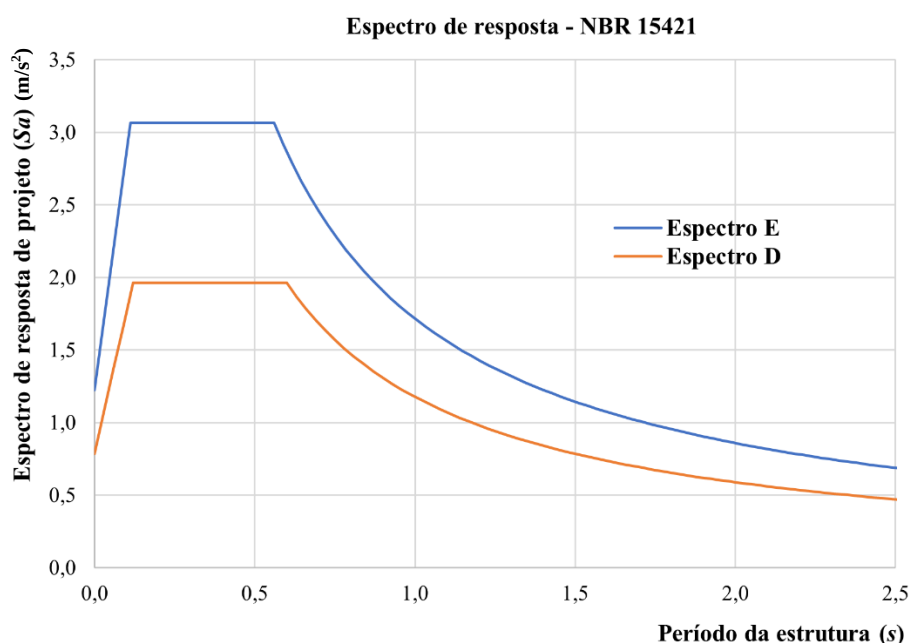


Figura 8.2. Espectros de resposta de projeto aplicados nas estruturas modelo

8.1.1 Verificação das forças obtidas pelo método espectral

A verificação das forças obtidas pelo método espectral é feita através dos resultados obtidos pelo método das forças horizontais equivalentes. Segundo a NBR 15421 [9], em seu item 10.4, caso a força horizontal total na base H_t , determinada pelo processo espectral for inferior a $0,85H$, sendo H a força horizontal total na base da estrutura determinada pelo MFHE, todas as forças elásticas devem ser multiplicadas por $0,85H/H_t$. Esta verificação deve ser realizada nas duas direções e não se aplica para os deslocamentos absolutos e relativos.

Resumidamente, se a força H_t encontrada pelo método espectral for superior à força H encontrada pelo MFHE, a força sísmica a ser considerada no dimensionamento é a força H_t , caso contrário a força sísmica a ser considerada assume o valor de $0,85H$.

8.2 O método das forças horizontais equivalentes

Este método consiste na aplicação de forças horizontais independentes nas duas direções, em geral, ligeiramente superiores às obtidas pela análise dinâmica linear, de forma que sua utilização não traga consequências negativas para a segurança das estruturas. Este método constitui uma aproximação razoável em edifícios de comportamento dinâmico previsível como edifícios com estruturas regulares em planta e em altura [1].

Segundo o item 9.1 da NBR 15421 [9] a força horizontal total na base da estrutura, H , em uma dada direção, é determinada de acordo com a Equação (8.4):

$$H = C_s \cdot W \quad (8.4)$$

sendo:

- C_s o coeficiente de resposta sísmica;
- W é o peso total da estrutura, considerando as cargas permanentes atuantes, incluindo o peso operacional de todos os equipamentos fixados na estrutura e dos reservatórios de água. Nas áreas de armazenamento e estacionamento, dever-se-á incluir 25,0% da carga acidental.

O coeficiente de resposta sísmica da NBR 15421 [9] é definido pela Equação (8.5):

$$C_s = \frac{2,5 \cdot (a_{gs0}/g)}{(R/I)} \quad (8.5)$$

sendo:

- a_{gs0} a aceleração espectral para o período de 0,0s já considerando o efeito da amplificação sísmica no solo;
- g a aceleração da gravidade;
- I o fator de importância de utilização;
- R o coeficiente de modificação de resposta.

O coeficiente de resposta sísmica não precisa ser maior que o valor encontrado a partir da Equação (8.6) nem pode ser inferior a 0,01.

$$C_s = \frac{(a_{gs1}/g)}{T \cdot (R/I)} \quad (8.6)$$

sendo:

- a_{gs1} a aceleração espectral para o período de 1,0s já considerando o efeito da amplificação sísmica no solo;
- T é o período natural da estrutura (segundos).

8.2.1 Determinação do período da estrutura

O período natural da estrutura (T) pode ser obtido por um processo de extração modal, que leve em conta as características mecânicas e de massa da estrutura. De acordo com NBR 15421 [9], em seu item 9.2, o período obtido por extração modal não pode ser maior do que o produto do coeficiente de limitação do período C_{up} , em função da zona sísmica à qual a estrutura em questão pertence e expostos na Tabela 8.7, pelo período natural aproximado da estrutura T_a , obtido através da Equação (8.7).

$$T_a = C_T \cdot h_n^x \quad (8.7)$$

sendo h_n a altura, em metros, da estrutura acima da base e T_a em segundos.

Na Tabela 8.6 mais uma vez em destaque os sistemas sismo-resistentes usados nas análises em função das características das estruturas modelo idealizadas.

Tabela 8.6. Valores de C_T e x para definição do período aproximado da estrutura T_a [9]

Sistema sismo-resistente	C_T	x
estruturas em que as forças sísmicas horizontais são 100,0% resistidas por pórticos de aço momento-resistentes, não sendo estes ligados a sistemas mais rígidos que impeçam sua livre deformação quando submetidos à ação sísmica	0,0724	0,8
estruturas em que as forças sísmicas horizontais são 100,0% resistidas por pórticos de concreto, não sendo estes ligados a sistemas mais rígidos que impeçam sua livre deformação quando submetidos à ação sísmica	0,0466	0,9
estruturas em que as forças sísmicas horizontais são resistidas em parte por pórticos de aço contraventados com treliças	0,0731	0,75
todas as outras estruturas	0,0488	0,75

Tabela 8.7. Coeficiente de limitação de período [9]

Zona sísmica	Coeficiente de limitação do período (C_{up})
Zona 2	1,7
Zona 3	1,6
Zona 4	1,5

Como alternativa à determinação analítica de T , a NBR 15421 [9] permite utilizar diretamente o período natural aproximado da estrutura T_a .

8.3 Conclusão

Frente ao exposto neste capítulo, sendo o método mais utilizado e indicado em todas as normas sísmicas estudadas neste trabalho, o método espectral (dinâmico) será aplicado nas estruturas modelo para determinação das ações sísmicas. Os períodos das estruturas modelo serão encontrados por extração modal. Seguindo a recomendação da NBR 15421 [9], o método espectral será verificado pelo MFHE (estático). Para determinação das ações pelo MFHE, os períodos das estruturas modelo serão calculados de modo aproximado através da Equação (8.7).

9. Aplicação da NBR 15421:2006

Antes de aplicar as recomendações da NBR 15421 [9] nas estruturas modelo e de forma a explicar detalhadamente os procedimentos de cálculo, neste capítulo as ações sísmicas foram determinadas em estruturas reais. Foram escolhidas três estruturas em concreto armado de edifícios residenciais projetados e construídos no estado do Ceará, mais precisamente na cidade de Juazeiro do Norte, região do Cariri. Todas as estruturas possuem o mesmo padrão construtivo daquelas executadas na cidade de Fortaleza. A Tabela 9.1 apresenta algumas características dos edifícios.

Tabela 9.1. Características dos edifícios residenciais

Edifício	Pavimentos			f_{ck} (MPa)	E_{ci} (GPa)	Ano do projeto
	Área (m ²)	Número	Carga (kN/m ²)			
Edifício 01	649	4	13,0	20	25	2015
Edifício 02	379	9	13,5	30	31	2015
Edifício 03	419	20	13,3	30	31	2013

A Figura 9.1 à Figura 9.3 apresentam imagens dos edifícios em construção e após concluídos, a Figura 9.4 à Figura 9.6 apresentam as plantas de fôrmas dos pavimentos tipo e a Figura 9.7 à Figura 9.9 apresentam o pórtico 3D e os diagramas de momentos fletores nos pórticos unifilares dos Edifícios 01, 02 e 03 respectivamente.



Figura 9.1. Fotos do Edifício 01

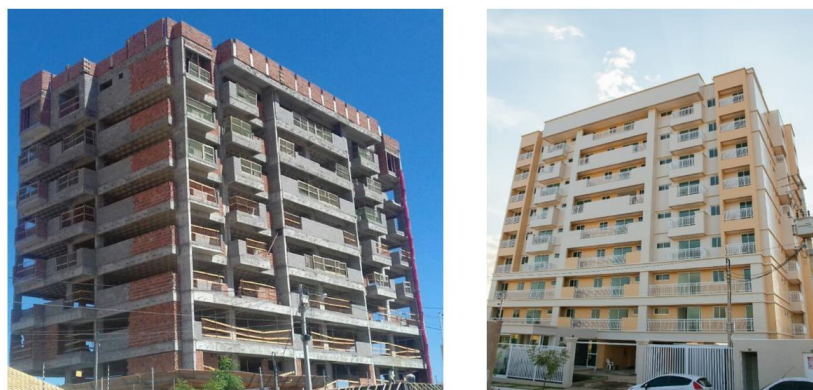


Figura 9.2. Fotos do Edifício 02



Figura 9.3. Fotos do Edifício 03

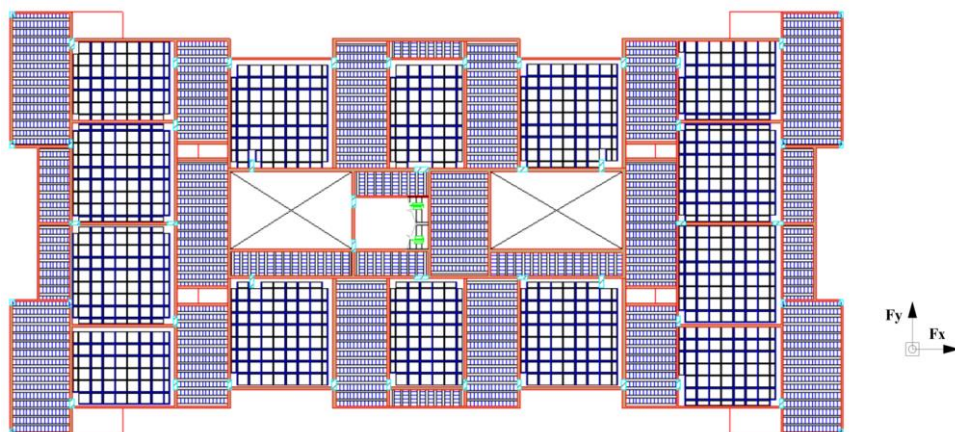


Figura 9.4. Forma do pavimento tipo do Edifício 01

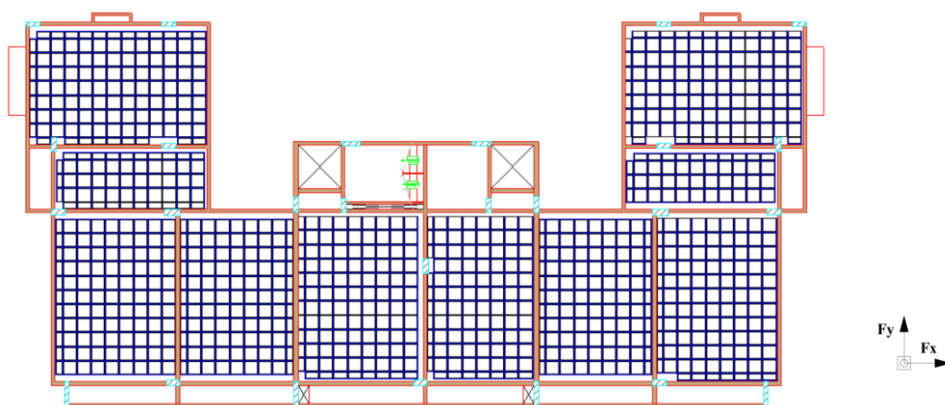


Figura 9.5. Forma do pavimento tipo do Edifício 02

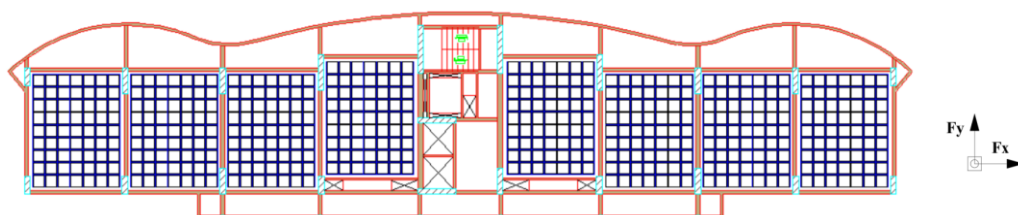


Figura 9.6. Forma do pavimento tipo do Edifício 03

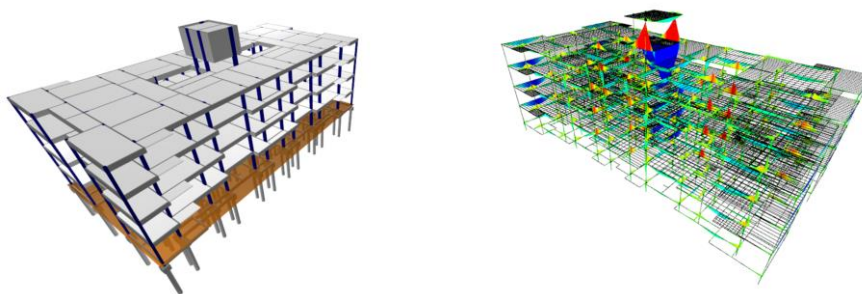


Figura 9.7. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 01

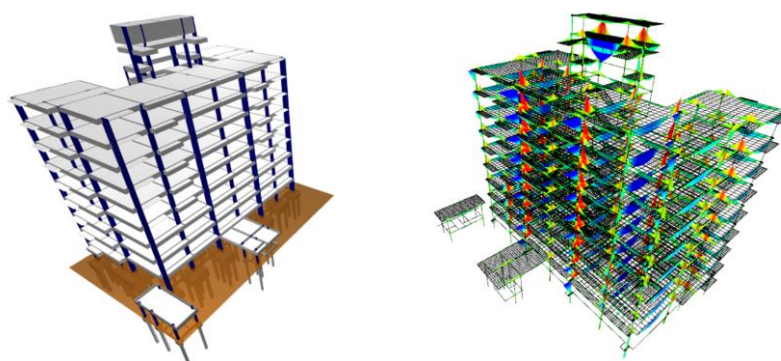


Figura 9.8. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 02

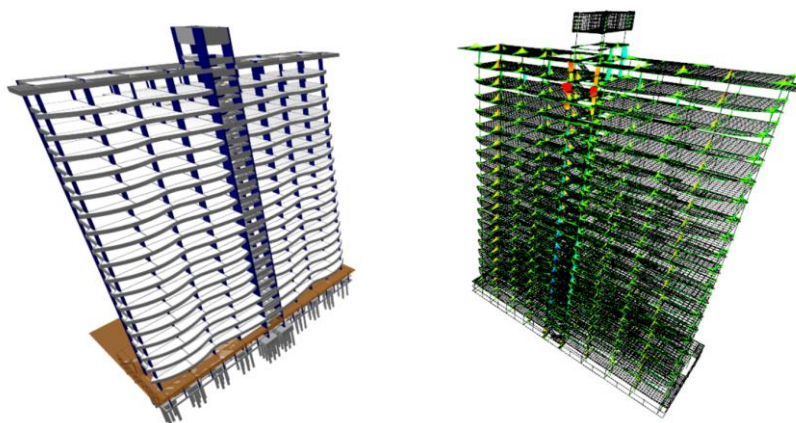


Figura 9.9. Pórtico 3D e diagrama de momentos fletores do Edifício 03

Todos os edifícios possuem fundações em estacas de concreto moldadas *in loco*. Os Edifícios 01 e 02 possuem apenas pilares como elementos verticais e o Edifício 03 possui pilares e pilares-parede. O Edifício 01 possui lajes maciças, nervuradas e treliçadas e os Edifícios 02 e 03 possuem lajes maciças e

nervuradas. Os Edifícios 01 e 02 não possuem subsolo e o Edifício 03 possui um pavimento em subsolo. Todos os edifícios possuem fechamentos externos e internos em alvenaria de blocos cerâmicos.

No projeto original, as estruturas foram submetidas às ações de vento considerando uma velocidade de 30 m/s conforme a NBR 6123 [7] e, por estarem localizadas em zona sísmica 0, não foram submetidas às ações sísmicas da NBR 15421 [9].

As estruturas foram analisadas através de modelo elástico linear e dimensionadas com uso do *software* de modelagem, dimensionamento e detalhamento de estruturas de concreto armado, Eberick, desenvolvido pela AltoQi [103]. A não linearidade física foi considerada na análise de maneira aproximada, tomando-se como rigidez dos elementos estruturais os seguintes valores conforme indicados no item 15.7.3 da NBR 6118 [70].

- Lajes: $(EI)_{\text{sec}} = 0,3 E_{ci} I_c$;
- Vigas: $(EI)_{\text{sec}} = 0,4 E_{ci} I_c$ para $A's \neq A_s$ e $(EI)_{\text{sec}} = 0,5 E_{ci} I_c$ para $A's = A_s$;
- Pilares: $(EI)_{\text{sec}} = 0,8 E_{ci} I_c$

sendo:

- E_{ci} o módulo de elasticidade inicial do concreto;
- I_c o momento de inércia da seção bruta do concreto.

A avaliação da estabilidade global dos edifícios foi realizada através do coeficiente Gama-Z, γ_z , apresentado no item 15.5.3 da NBR 6118 [70]. Este parâmetro tem a função de determinar de forma aproximada o coeficiente de majoração dos esforços globais finais com relação aos de primeira ordem. O valor de Gama-Z é definido pela Equação (9.1) [104].

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{\text{tot},d}}{M_{l,\text{tot},d}}} \quad (9.1)$$

sendo:

- $M_{l,\text{tot},d}$ = momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;
- $\Delta M_{\text{tot},d}$ = soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

É calculado um valor de Gama-Z (x e y) para cada combinação de cálculo definida. Destes, os máximos valores em x e y são adotados como valores críticos. Uma vez que o valor de γ_z representa o próprio efeito de 2ª ordem, considera-se que a estrutura é de nós fixos se for obedecida a condição $\gamma_z \leq 1,1$ [104]. Nas estruturas de nós deslocáveis, em que $\gamma_z > 1,1$, os efeitos de segunda ordem são calculados pelo processo P-Delta.

A Tabela 9.2 apresenta resultados dos parâmetros Gama-Z e deslocamentos horizontais máximos das análises das estruturas.

Tabela 9.2. Parâmetros Gama-Z e deslocamentos horizontais totais

	Gama-Z		Deslocamentos horizontais totais (cm)		
	x	y	x	y	limite
Edifício 01	1,30	1,24	0,14	0,29	1,11
Edifício 02	1,20	1,30	0,26	1,52	2,05
Edifício 03	1,26	1,23	0,37	2,58	3,91

Desta forma, em termos de não linearidade geométrica, o Eberick utiliza o processo P-Delta para simular o efeito não linear através de cargas horizontais fictícias aplicadas à edificação. Sob efeito das cargas horizontais, os nós da estrutura deslocam-se horizontalmente, fazendo com que o pórtico do edifício assumira outra configuração geométrica, que é a de nós deslocados. Os esforços solicitantes calculados com a estrutura indeformada produzem esforços de 1ª ordem. Os mais importantes, no caso de edifícios, são os momentos fletores nas extremidades das barras dos pilares provocados pelas ligações rígidas ou semirrígidas com as vigas e com os demais elementos da estrutura. Considerando que, devido às cargas horizontais, a estrutura do edifício assume a configuração deslocada, as cargas normais de cada pavimento acrescentam aos momentos de 1ª ordem um acréscimo $M = N \times a$ como exposto na Figura 9.10.

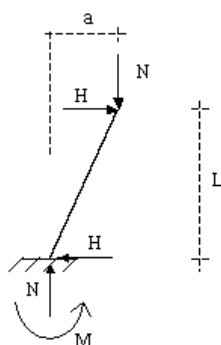


Figura 9.10. Esquema do processo P-Delta [105]

O acréscimo nos momentos de 1ª ordem é acompanhado de novo deslocamento horizontal, o que torna o processo iterativo. Duas hipóteses são possíveis: ou os deslocamentos são cada vez menores, obtendo-se o equilíbrio da estrutura, ou os deslocamentos jamais se anulam, provocando a flambagem da estrutura como um todo [105].

Quanto aos deslocamentos horizontais, o Eberick faz a verificação recomendada no item 13.3 da NBR 6118 [70], de forma que os deslocamentos horizontais causados pelas forças de vento para a combinação frequente nas direções x e y são comparados com os limites impostos em função da altura da edificação e dos desníveis entre dois pavimentos vizinhos [106].

Os quantitativos finais das estruturas dimensionadas e detalhadas estão expostos na Tabela 9.3.

Tabela 9.3. Quantitativos das estruturas

	Quantitativos ^a			Taxas		
	Vc (m³)	Pa (kg)	Af (m²)	Pa/Vc (kg/m³)	Af/Vc (m²/m³)	Vc/Ac (m³/m²)
Edifício 01	741	52578	4306	70,95	5,81	0,25
Edifício 02	1136	75374	6100	66,35	5,37	0,29
Edifício 03	2978	260037	19615	87,32	6,59	0,28

a) Incluindo fundações (blocos de coroamento e estacas em concreto).

sendo:

- Vc o volume de concreto;
- Pa o peso do aço;
- Af a área de forma;
- Ac a área construída.

9.1 Determinação dos períodos das estruturas

As estruturas foram modeladas no Eberick e em seguida exportadas para o SAP 2000 v20. Nas modelagens foram adotados os módulos de elasticidade iniciais dos concretos, E_{ci} , e não foram consideradas as rigidezes dos painéis de alvenaria. A Tabela 9.4 apresenta os valores dos períodos das estruturas nos 12 primeiros modos de vibração calculados nos dois *softwares*.

Tabela 9.4. Períodos das estruturas nos 12 primeiros modos de vibração

Modo	Edifício 01		Edifício 02		Edifício 03	
	Eberick	SAP2000	Eberick	SAP2000	Eberick	SAP2000
1	1,75s	2,04s	2,49s	3,35s	3,10s	3,97s
2	1,58s	1,96s	2,40s	2,97s	2,83s	3,73s

3	1,49s	1,85s	1,84s	2,33s	2,80s	3,44s
4	0,55s	0,90s	0,77s	0,88s	1,00s	1,27s
5	0,48s	0,77s	0,75s	0,86s	0,89s	1,19s
6	0,46s	0,69s	0,60s	0,76s	0,81s	1,16s
7	0,30s	0,66s	0,52s	0,67s	0,55s	1,00s
8	0,28s	0,63s	0,50s	0,66s	0,55s	0,70s
9	0,26s	0,59s	0,44s	0,52s	0,47s	0,61s
10	0,25s	0,58s	0,41s	0,48s	0,40s	0,60s
11	0,25s	0,53s	0,39s	0,46s	0,37s	0,50s
12	0,24s	0,51s	0,36s	0,44s	0,34s	0,47s

Conforme indicado na Tabela 9.5, a partir das metodologias e considerações adotadas nos dois *softwares*, atendendo à recomendação do item 10.1 da NBR 15421 [9], no mínimo 90,0% da massa total em cada uma das direções ortogonais foi capturada.

Tabela 9.5. Porcentagem de massa capturada na análise espectral

	Eberick		SAP 2000	
	x	y	x	y
Edifício 01	95,87%	94,30%	93,13%	90,85%
Edifício 02	94,06%	92,65%	94,15%	92,67%
Edifício 03	97,81%	94,92%	95,57%	95,03%

Os períodos das estruturas foram também encontrados por extração modal adotando 50,0% da rigidez do estado não fissurado, ou seja, usando $E_{ci}/2$. Esta metodologia é adotada no EUROCÓDIGO 8 [61] para situações em que não há conhecimento prévio das armaduras longitudinais dos elementos [107].

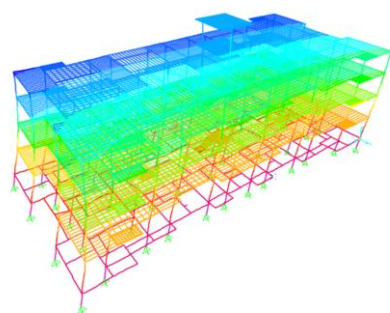
Além do método de extração modal, os períodos foram calculados pelo método aproximado da NBR 15421 [9] através da Equação (8.7). No método aproximado, nos Edifícios 01 e 02, cujos sistemas sismo-resistentes correspondem a “estruturas em que as forças sísmicas horizontais são 100,0% resistidas por pórticos de concreto, não sendo estes ligados a sistemas mais rígidos que impeçam sua livre deformação quando submetidos à ação sísmica” foram assumidos os valores 0,0466 e 0,9 para C_T e x respectivamente, e no Edifício 03, cujo sistema sismo-resistente corresponde a “todas as outras estruturas” foram assumidos os valores 0,0488 e 0,75.

Na Tabela 9.6 são apresentados os períodos fundamentais das estruturas dos três edifícios encontrados pelos três métodos acima descritos.

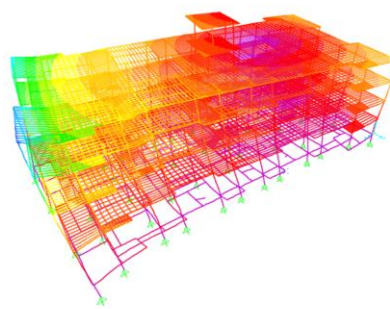
Tabela 9.6. Períodos fundamentais dos edifícios

Edifício	Período extração modal		Período aproximado
	E_{ci}	$E_{ci} / 2$	
Edifício 01	2,04s	2,89s	0,61s
Edifício 02	3,35s	4,18s	1,08s
Edifício 03	3,97s	5,60s	1,07s

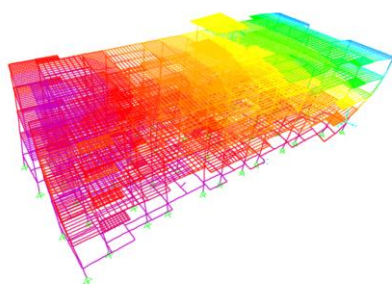
A Figura 9.11 à Figura 9.13 apresentam os seis primeiros modos de vibração das estruturas dos Edifícios 01, 02 e 03 respectivamente, representados nos diagramas de deslocamentos totais. Os períodos e as frequências indicados foram obtidos por extração modal considerando a metade das rigidezes, ou seja, adotando $E_{ci}/2$.



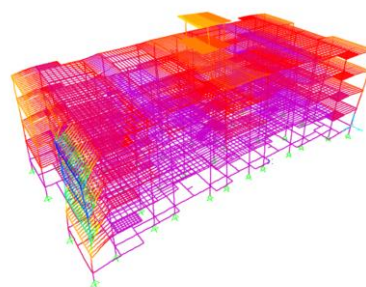
Primeiro modo de vibração
($T_1 = 2,89 \text{ s} / f_1 = 0,35 \text{ Hz}$)



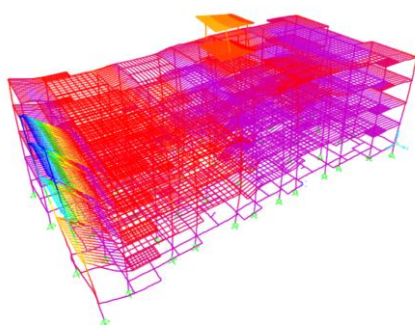
Segundo modo de vibração
($T_2 = 2,76 \text{ s} / f_2 = 0,36 \text{ Hz}$)



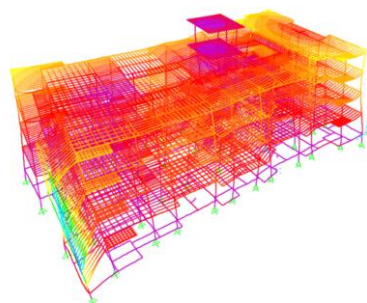
Terceiro modo de vibração
($T_3 = 2,61 \text{ s} / f_3 = 0,38 \text{ Hz}$)



Quarto modo de vibração
($T_4 = 1,27 \text{ s} / f_4 = 0,79 \text{ Hz}$)

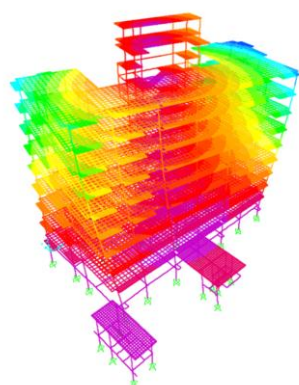


Quinto modo de vibração
($T_5 = 1,09 \text{ s} / f_5 = 0,92 \text{ Hz}$)

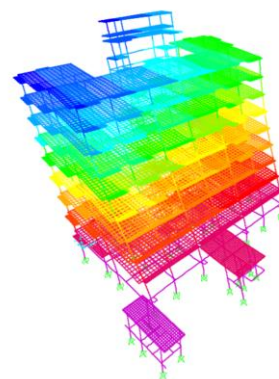


Sexto modo de vibração
($T_6 = 0,97 \text{ s} / f_6 = 1,03 \text{ Hz}$)

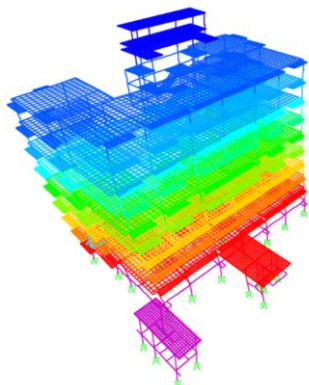
Figura 9.11. Modos de vibração do Edifício 01



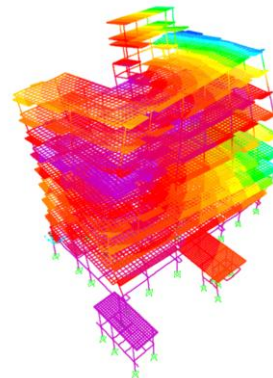
Primeiro modo de vibração
($T_1 = 4,18 \text{ s} / f_1 = 0,23 \text{ Hz}$)



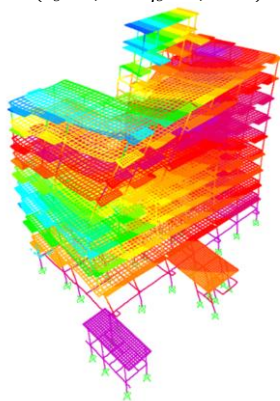
Segundo modo de vibração
($T_2 = 3,76 \text{ s} / f_2 = 0,27 \text{ Hz}$)



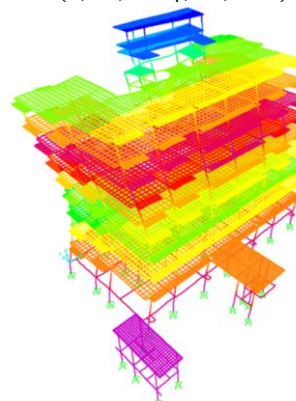
Terceiro modo de vibração
($T_3 = 3,28 \text{ s} / f_3 = 0,31 \text{ Hz}$)



Quarto modo de vibração
($T_4 = 1,24 \text{ s} / f_4 = 0,81 \text{ Hz}$)

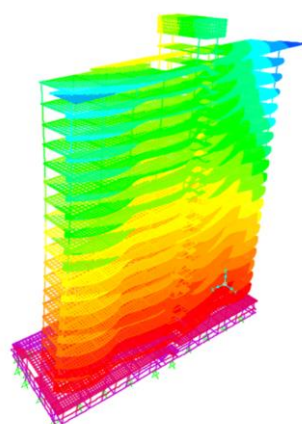


Quinto modo de vibração
($T_5 = 1,20 \text{ s} / f_5 = 0,83 \text{ Hz}$)

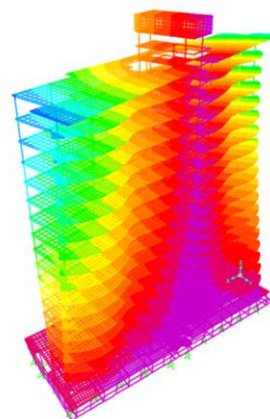


Sexto modo de vibração
($T_6 = 1,07 \text{ s} / f_6 = 0,94 \text{ Hz}$)

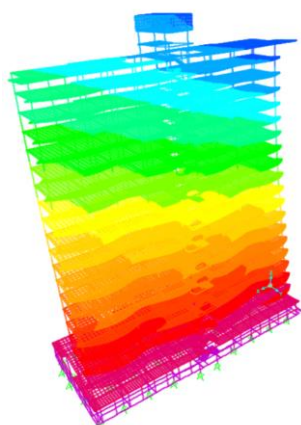
Figura 9.12. Modos de vibração do Edifício 02



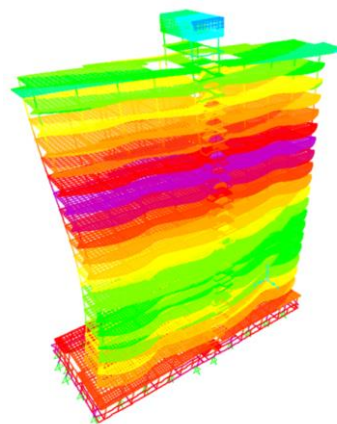
Primeiro modo de vibração
($T_1 = 5,60 \text{ s} / f_1 = 0,18 \text{ Hz}$)



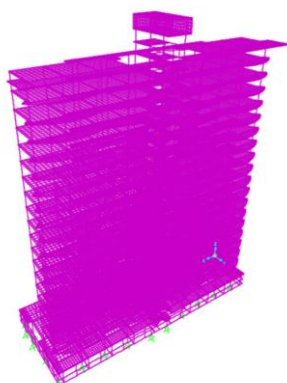
Segundo modo de vibração
($T_2 = 5,30 \text{ s} / f_2 = 0,19 \text{ Hz}$)



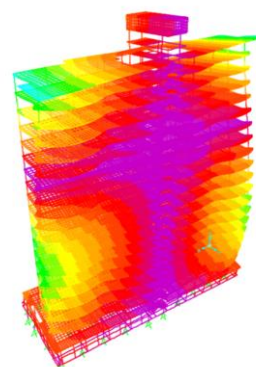
Terceiro modo de vibração
($T_3 = 4,88 \text{ s} / f_3 = 0,20 \text{ Hz}$)



Quarto modo de vibração
($T_4 = 1,79 \text{ s} / f_4 = 0,56 \text{ Hz}$)



Quinto modo de vibração
($T_5 = 1,70 \text{ s} / f_5 = 0,59 \text{ Hz}$)



Sexto modo de vibração
($T_6 = 1,64 \text{ s} / f_6 = 0,61 \text{ Hz}$)

Figura 9.13. Modos de vibração do Edifício 03

9.2 Cálculo das ações sísmicas

Embora as estruturas não tenham sido originalmente projetadas para resistir às ações sísmicas, estas foram calculadas e aplicadas nas estruturas de forma a perceber as influências geradas tanto do ponto de vista de relação com as ações de vento quanto do aumento do consumo de materiais. Para a obtenção das ações sísmicas, as estruturas foram analisadas no SAP 2000 v20 usando o método dinâmico espectral e, em seguida, verificadas através do método estático das forças horizontais equivalentes conforme especificado na NBR 15421 [9]. O peso da estrutura, W , foi definido conforme a norma sísmica brasileira e abordado no Capítulo 8 deste trabalho.

Na análise dinâmica, as ações foram calculadas segundo duas possibilidades de espectros de resposta de projeto, conforme exposto na Figura 8.2, ambos com aceleração sísmica horizontal $0,05g$ mas com variação no tipo de solo, sendo consideradas as classes de terreno D e E (solos verificados na cidade de Fortaleza e bastante comuns no estado do Ceará). A verificação das ações espectrais a partir do método estático (MFHE) seguiu as mesmas condições do método dinâmico em termos de aceleração sísmica horizontal, solo e rigidez. Como exposto no capítulo anterior, seguindo as recomendações do item 9.2 da NBR 15421 [9], o período da estrutura, T , pode ser determinado de duas formas: por extração modal limitado pelo produto do coeficiente de limitação do período, C_{up} (em função da zona sísmica à qual a estrutura em questão pertence e expostos na Tabela 8.7) pelo período natural aproximado da estrutura T_a , ou; alternativamente, considerar o período natural aproximado, T_a , como sendo o próprio período da estrutura. Supondo os edifícios terem sido edificadas em Fortaleza e conforme já exposto neste trabalho, considerando a cidade de Fortaleza submetida a uma aceleração sísmica horizontal em rocha de $0,05g$ em Zona 2 (em função dos estudos para revisão da norma), os períodos das estruturas por extração modal limitam-se no máximo a 1,04s, 1,84s e 1,82s para os Edifícios 01, 02 e 03 respectivamente. Os períodos aproximados estão indicados na Tabela 9.6. Na Tabela 9.7 estão indicados os coeficientes sísmicos, C_s , calculados a partir das duas formas apresentadas para determinação dos períodos da estrutura.

Tabela 9.7. Coeficientes sísmicos dos edifícios

Edifício	Coeficiente sísmico, C_s			
	Período por extração modal limitado por ($C_{up} \times T_a$)		Período analítico aproximado, T_a	
	solo		solo	
	D	E	D	E
Edifício 01	0,04	0,06	0,07	0,10
Edifício 02	0,02	0,03	0,04	0,05
Edifício 03	0,01	0,02	0,02	0,04

Neste trabalho os períodos usados no MFHE e consequentemente, na verificação do método espectral, foram os períodos aproximados, T_a .

Nos Edifícios 01 e 02 foi considerado um coeficiente de modificação de resposta, R , igual a 3,0 (pórticos de concreto com detalhamento usual) e no Edifício 03, um coeficiente de modificação de resposta 4,5 que corresponde a um sistema sismo-resistente composto por pórticos com detalhamento usual e pilares-parede de concreto com detalhamento usual. Como a NBR 15421 [9] não define pilar-parede, esta classificação foi feita a partir da NBR 6118 [70] que em seu item 14.4.2.4 define pilar-parede como aquele elemento vertical submetido preponderantemente à compressão e cuja menor dimensão deve ser menor que 1/5 da maior. Por serem edifícios residenciais, todos eles assumiram fator de importância, I , igual a 1,0.

Foram simuladas quatro situações para cada edifício estando as forças sísmicas totais na base indicadas em porcentagem do peso da estrutura (%W) expostas na Tabela 9.8.

Tabela 9.8. Ações horizontais nos edifícios

Edifício	Módulo de Elasticidade	Solo	Código da Simulação	Espectral ^a (%W)		MFHE (%W)		Esp. Verificada ^b (%W)	
				Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy
Edifício 01	E_{ci}	D	S.1.1	1,5	1,3	6,8	7,0	5,8	5,9
		E	S.1.2	2,2	1,8	9,7	10,0	8,3	8,5
	$E_{ci}/2$	D	S.1.3	1,1	0,9	6,8	7,0	5,8	5,9
		E	S.1.4	1,9	1,4	9,7	10,0	8,3	8,5
Edifício 02	E_{ci}	D	S.2.1	1,5	1,4	5,0	7,0	4,2	6,0
		E	S.2.2	2,2	2,4	7,0	9,8	5,9	8,4
	$E_{ci}/2$	D	S.2.3	1,2	1,0	4,1	3,7	3,5	3,2
		E	S.2.4	2,0	1,7	5,2	4,7	4,4	4,0
Edifício 03	E_{ci}	D	S.3.1	0,6	0,8	2,9	3,0	2,5	2,5
		E	S.3.2	1,0	1,3	3,9	4,0	3,3	3,4
	$E_{ci}/2$	D	S.3.3	0,6	0,7	2,0	2,0	1,7	1,7
		E	S.3.4	0,9	1,2	4,0	4,0	3,4	3,4

a) Forças multiplicadas pelo fator I/R conforme o item 10.2 da NBR 15421 [9];

b) Verificação das forças obtidas pelo processo espectral conforme item 10.4 da NBR 15421 [9].

Os gráficos da Figura 9.14 e Figura 9.15 apresentam as forças sísmicas na base dos edifícios no eixo x e y respectivamente.

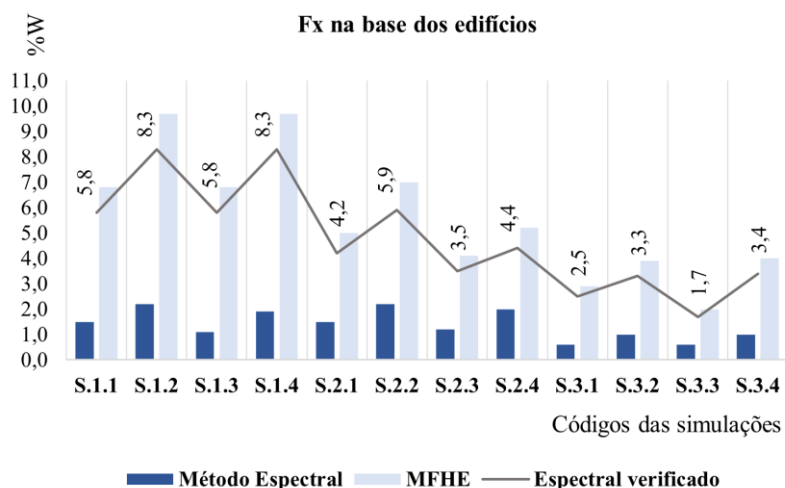


Figura 9.14. Força sísmica total F_x na base dos edifícios

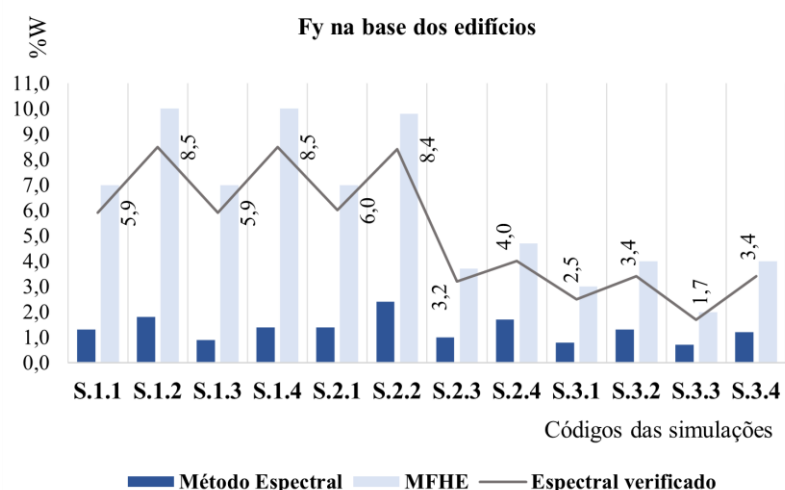


Figura 9.15. Força sísmica total F_y na base dos edifícios

Tanto no eixo x quanto no eixo y, como já esperado, as forças sísmicas estáticas (MFHE) superam as forças sísmicas dinâmicas (espectrais). Essas diferenças mostram-se maiores no Edifício 01, o mais baixo, e menores no Edifício 03, o mais alto. É adotada como força sísmica final (em destaque na Tabela 9.8), a força determinada a partir da verificação das forças espectrais que correspondem a 85,0% das forças encontradas pelo MFHE usando metade do módulo de elasticidade inicial.

Avaliando as forças sísmicas espectrais obtidas a partir dos diferentes módulos de elasticidade, $E_{ci}/2$ e E_{ci} , pode-se observar, a partir dos gráficos da Figura 9.16, algumas importantes relações. Em termos de solo, os resultados apresentam menores diferenças em solo E e em termos de altura das edificações, as

menores diferenças são observadas no edifício mais alto. A maior diferença entre as forças sísmicas encontradas é a redução de 31,0% na força F_y do Edifício 01 em solo D.

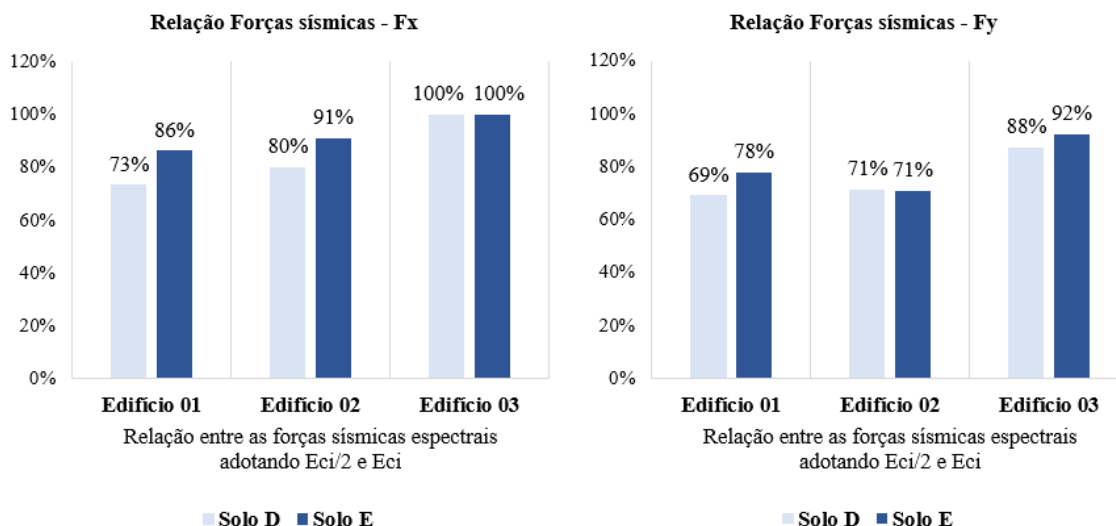


Figura 9.16. Relação entre forças sísmicas variando os módulos de elasticidade

Na Tabela 9.9 e nos gráficos da Figura 9.17 e Figura 9.18 são indicadas, também em porcentagem do peso da estrutura, as ações sísmicas (espectrais verificadas) e de vento na base dos edifícios para cada uma das simulações. A comparação entre as forças horizontais será realizada em conformidade à condição de não-simultaneidade exposta na NBR 8681 [11].

Tabela 9.9. Ações sísmica e de vento na base dos edifícios

		Edifício 01				Edifício 02				Edifício 03			
		S.1.1	S.1.2	S.1.3	S.1.4	S.2.1	S.2.2	S.2.3	S.2.4	S.3.1	S.3.2	S.3.3	S.3.4
Fx	Sismo (%W)	5,8	8,3	5,8	8,3	4,2	5,9	3,5	4,4	2,5	3,3	1,7	3,4
	Vento (%W) ^b	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5
	S/V ^a	11,6	16,6	9,7	13,8	6,0	8,4	5,0	6,3	5,0	6,6	3,4	6,8
Fy	Sismo (%W)	5,9	8,5	5,9	8,5	6,0	8,4	3,2	4,0	2,5	3,4	1,7	3,4
	Vento (%W) ^b	1,2	1,2	1,1	1,1	2,8	2,8	1,9	1,9	3,4	3,4	3,4	3,4
	S/V ^a	4,9	7,1	5,4	7,7	2,1	3,0	1,7	2,1	0,7	1,0	0,5	1,0

a) S/V = Sismo / Vento;

b) Ação de vento majorada em 1,4 conforme especificado na NBR 8681 [11].

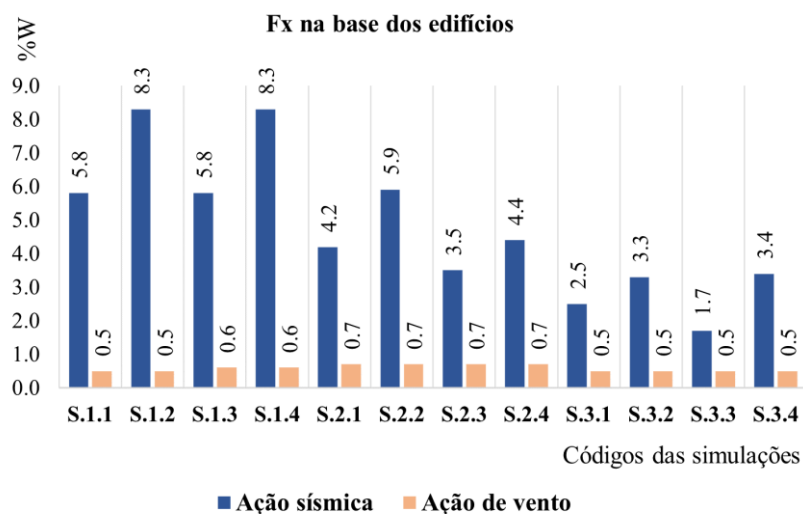


Figura 9.17. Ações sísmicas e de vento F_x na base dos edifícios

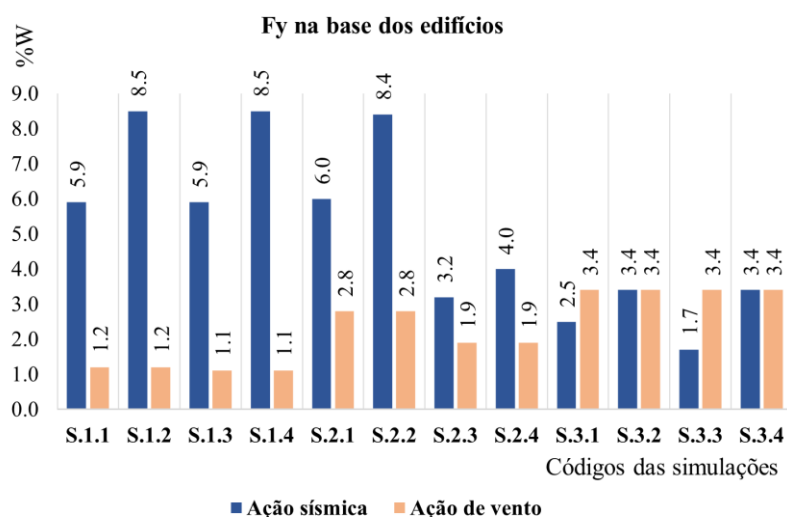


Figura 9.18. Ações sísmicas e de vento F_y na base dos edifícios

Em todas as situações propostas nas simulações, as ações sísmicas superam as ações de vento, com exceção das forças F_y na base do Edifício 03.

9.3 Verificação do dimensionamento dos edifícios

Como informado no início deste capítulo, os edifícios foram dimensionados considerando as ações de vento, mas sem considerar as ações sísmicas, uma vez que estão verdadeiramente localizados na região

do Cariri cearense, Zona sísmica 0 segundo a NBR 15421 [9]. As ações obtidas na análise sísmica foram inseridas nas combinações das ações segundo a NBR 8681 [11] e verificada a situação dos edifícios quanto aos seus dimensionamentos, avaliando as seções das peças, volumes de concreto e pesos de aço. O dimensionamento foi realizado no software Eberick 2019.

As Equações (9.2) e (9.3) a seguir correspondem respectivamente às combinações últimas normais e excepcionais segundo a NBR 8681 [11]:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + \gamma_q \left[F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{Qj,k} \right] \quad (9.2)$$

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} F_{Gi,k} + F_{Q,exc} + \gamma_q \sum_{j=1}^n \psi_{0j,ef} F_{Qj,k} \quad (9.3)$$

sendo:

- $F_{Gi,k}$ o valor característico das ações permanentes;
- $F_{Qi,k}$ o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação;
- $F_{Q,exc}$ é o valor da ação transitória excepcional;
- $\psi_{0j} F_{Qj,k}$ o valor reduzido de combinação de cada uma das demais variáveis;
- $\psi_{0j,ef}$ o fator de combinação efetivo de cada uma das demais variáveis que podem agir concomitantemente com a ação principal F_{Q1} , durante a situação transitória.

A Tabela 9.10 apresenta os coeficientes de ponderação e os fatores de combinação e redução adotados nas combinações que envolvem cargas de vento e sismos.

Tabela 9.10. Coeficientes de ponderação e fatores de combinação e redução

Ação	Combinação	coeficientes ponderação		combinação	fatores redução	
		γ_g	γ_q		ψ_0	ψ_1
Vento	Última	1,4	1,4	0,6	0,3	0,0
Sismo	Excepcional	1,2	1,0	-	-	-

A distribuição das cargas sísmicas nos pavimentos foi realizada conforme recomendação do item 9.3 da NBR 15421 [9]. A força horizontal total na base H é distribuída verticalmente entre as várias elevações da estrutura de forma que, em cada elevação x , seja aplicada uma força F_x definida de acordo com as Equações (9.4) e (9.5):

$$F_x = C_{vx} \cdot H \quad (9.4)$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (9.5)$$

sendo:

- C_{vx} o coeficiente de distribuição vertical;
- w_i e w_x são as parcelas do peso efetivo total que correspondem às elevações i ou x , respectivamente;
- h_i e h_x são as alturas entre a base e as elevações i ou x , respectivamente;
- k é o expoente de distribuição, relacionado ao período natural da estrutura T , com os seguintes valores:
 - para estruturas com período inferior a 0,5 s, $k = 1$;
 - para estruturas com períodos entre 0,5 s e 2,5 s, $k = (T + 1,5)/2$;
 - para estruturas com período superior a 2,5 s, $k = 2$.

Ainda segundo a NBR 15421 [9], as forças sísmicas horizontais F_x , correspondentes a cada elevação x , devem ser aplicadas a um modelo de distribuição destas forças entre os diversos elementos verticais sísmo-resistentes, que considere a rigidez relativa dos diversos elementos verticais e dos diafragmas horizontais.

9.3.1 Verificação do Edifício 01

A Tabela 9.11 apresenta informações consideradas no dimensionamento e as forças horizontais distribuídas nos pavimentos nas direções x e y advindas das ações de vento e das ações sísmicas em terrenos de classe D e E.

Tabela 9.11. Forças distribuídas no Edifício 01

Nível	Cargas (kN)	Áreas (m²)	Carga/área (kN/m²)	G1+G2 (kN)	h (m)	Sismo (kN)				Vento x γ_f (kN)	
						Solo D		Solo E		Fx	Fy
						Fx	Fy	Fx	Fy		
+17.42	196	24,6	7,9	200	3,15	13	13	19	19	12	7
+14.27	1441	24,6	58,6	1220	1,50	37	37	53	54	16	10
+12.77	5077	723,3	7,0	4320	3,05	275	279	394	403	28	54
+9.72	8742	699,2	12,5	7430	3,24	505	513	724	740	48	101
+6.48	8769	699,2	12,5	7450	3,24	506	514	726	743	46	96
+3.24	8746	699,2	12,5	7430	3,24	505	513	724	741	40	83
+0.00	4329	-	-	3680	-	-	-	-	-	-	-
Total	37300	2870,1	13,0	31730	-	1841	1869	2640	2700	190	351

Observando os pilares do térreo, o Edifício 01 quando submetido às ações sísmicas em solo D, apresenta deficiência em 30 dos 50 pilares (60,0%), estando estes destacados em vermelho na Figura 9.19, indicando a necessidade de redimensionamento das seções.

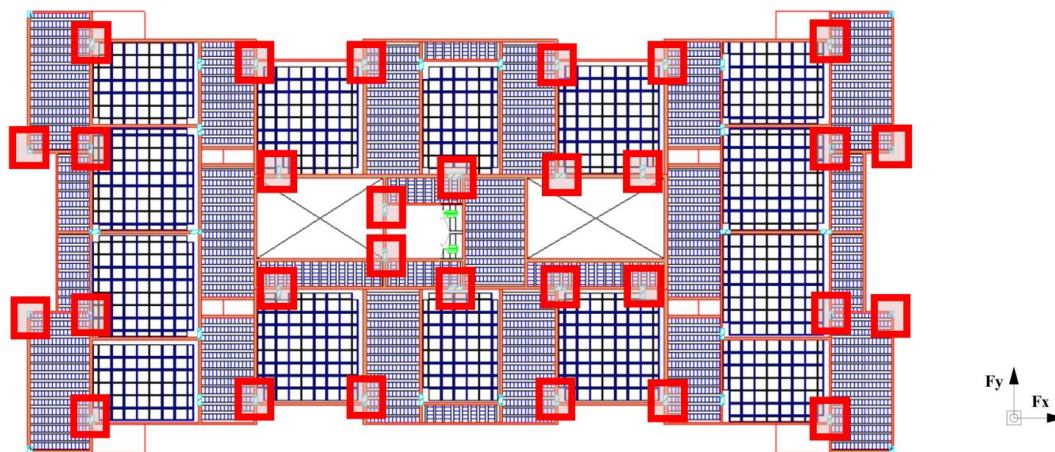


Figura 9.19. Forma do pavimento tipo do Edifício 01 – ações sísmicas em terreno classe D

A estrutura foi redimensionada considerando as ações sísmicas estando expostos na Tabela 9.12 os quantitativos estruturais (concreto e aço) da estrutura do Edifício 01 na situação original (apenas vento) e na situação redimensionada (vento e sismo). Esses consumos não correspondem aos valores absolutos de cálculo e sim aos consumos finais de projeto considerando critérios construtivos e mercadológicos.

Tabela 9.12. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 01 em solo D

peças	original (vento)			situação redimensionada (vento e sismo)		
	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)
Demais peças ^a	473,6	40167	84,8	499,1	51220	102,6
Pilares +12.77	14,6	1500	102,7	17,1	1531	89,5
Pilares +9.72	15,6	2024	129,7	18,2	2209	121,4
Pilares +6.48	15,6	2326	149,1	18,2	2817	154,8
Pilares +3.24	15,6	3537	226,7	18,2	4574	251,3
Total	535,0	49554	92,6	570,8	62351	109,2

a) Excluindo estacas.

Para permitir a comparação do consumo de aço por volume de concreto, a estrutura em situação redimensionada foi calculada separadamente às ações de vento e sismos. Na estrutura completa houve um acréscimo de 31,8% no consumo de aço conforme exposto na Tabela 9.13.

Tabela 9.13. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 01 em solo D

peças	ações						
	vento			sismo			
	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	ΔPa ^a
Demais peças	499,1	39952	80,0	499,1	51220	102,6	+28,2%
Pilares +12.77	17,1	1134	66,3	17,1	1531	89,5	+35,0%
Pilares +9.72	18,2	1515	83,2	18,2	2209	121,4	+45,8%
Pilares +6.48	18,2	1861	102,3	18,2	2817	154,8	+51,4%
Pilares +3.24	18,2	2830	155,5	18,2	4574	251,3	+61,6%
Total	570,8	47292	82,9	570,8	62351	109,2	+31,8%

a) Variação do peso do aço em relação ao dimensionamento com carga de vento.

Em solo E, todos os pilares do térreo indicaram necessidade de redimensionamento das seções. A Tabela 9.14 e Tabela 9.15 apresentam os quantitativos estruturais (concreto e aço) da estrutura do Edifício 01 na situação original (apenas vento) e na situação redimensionada em solo E (vento e sismo) e o acréscimo do consumo de aço na estrutura redimensionada analisando as ações de vento e sismo separadamente. Nesta situação, na estrutura completa houve um acréscimo de 43,3% no consumo de aço.

Tabela 9.14. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 01 em solo E

peças	ações					
	vento			sismo		
	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)
Demais peças ^a	473,6	40167	63,5	534,2	57282	107,2
Pilares +12.77	14,6	1500	102,7	19,6	1664	84,9
Pilares +9.72	15,6	2024	129,7	20,8	2389	114,9
Pilares +6.48	15,6	2326	149,1	20,8	3221	154,9
Pilares +3.24	15,6	3537	226,7	20,8	5186	249,3
Total	535,0	49554	70,9	616,2	69742	113,2

a) Excluindo estacas.

Tabela 9.15. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 01 em solo D

peças	ações						
	vento			sismo			
	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	ΔPa ^a
Demais peças	534,2	41134	77,0	534,2	57282	107,2	+39,3%
Pilares +12.77	19,6	1217	62,1	19,6	1664	84,9	+36,7%
Pilares +9.72	20,8	1620	77,9	20,8	2389	114,9	+47,5%
Pilares +6.48	20,8	1861	89,5	20,8	3221	154,9	+73,1%
Pilares +3.24	20,8	2830	136,1	20,8	5186	249,3	+83,3%
Total	616,2	48662	79,0	616,2	69742	113,2	+43,3 %

a) Variação do peso do aço em relação ao dimensionamento com carga de vento.

9.3.2 Verificação do Edifício 02

A Tabela 9.16 apresenta informações consideradas no dimensionamento e as forças horizontais distribuídas nos pavimentos nas direções x e y advindas das ações de vento e das ações sísmicas em terrenos de classe D e E.

Tabela 9.16. Forças distribuídas no Edifício 02

Nível	Cargas (kN)	Áreas (m²)	Carga/área (kN/m²)	G1+G2 (kN)	h (m)	Sismo (kN)				Vento x η_i (kN)	
						Solo D		Solo E			
						Fx	Fy	Fx	Fy	Fx	Fy
+32.77	190	30,5	6,2	190	1,94	4	4	5	5	2	13
+30.83	1037	30,5	34,0	880	0,70	5	5	7	6	3	17
+30.13	375	39,0	9,6	320	2,40	9	9	12	11	7	20
+27.73	760	12,0	63,3	650	1,65	12	11	15	13	7	26
+26.08	3973	416,0	9,5	3380	2,88	126	115	158	144	21	60
+23.20	5355	407,8	13,1	4550	2,88	170	155	214	194	37	100
+20.32	5355	407,8	13,1	4550	2,88	170	155	214	194	36	98
+17.44	5355	407,8	13,1	4550	2,88	170	155	214	194	35	95
+14.56	5355	407,8	13,1	4550	2,88	170	155	214	194	34	92
+11.68	5355	407,8	13,1	4550	2,88	170	155	214	194	33	89
+8.80	5419	414,4	13,1	4610	2,88	172	157	216	196	31	84
+5.92	5396	414,4	13,0	4590	2,88	171	157	215	195	29	78
+3.04	5959	483,2	12,3	5060	3,04	202	185	255	231	35	69
+0.00	2308	-	-	1960	-	-	-	-	-	-	-
Total	52192	3879,0	13,5	44390	-	1551	1418	1953	1771	310	841

Em solo D, as seções das peças estruturais mostraram-se suficientes havendo apenas a necessidade de acréscimo de aço em 5,4% no dimensionamento das ações sísmicas em relação às ações de vento como indicado na Tabela 9.17.

Tabela 9.17. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 02 em solo D

peças	ações						
	vento			sismo			
	Vc (m ³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m ³)	Vc (m ³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m ³)	ΔPa^*
Demais peças ^a	1050,5	54185	51,6	1050,5	56473	53,8	+4,2%
Pilares +26.08	11,9	995	83,6	11,9	995	83,6	+0,0%
Pilares +23.20	11,6	1023	88,2	11,6	1057	91,1	+3,3%
Pilares +20.32	11,6	1057	91,1	11,6	1106	95,3	+4,6%
Pilares +17.44	11,6	1101	94,9	11,6	1161	100,1	+5,4%
Pilares +14.56	11,6	1259	108,6	11,6	1338	115,3	+6,3%
Pilares +11.68	11,6	1636	141,0	11,6	1745	150,4	+6,7%
Pilares +8.80	11,6	2197	189,4	11,6	2381	205,3	+8,4%
Pilares +5.92	11,6	3204	276,2	11,6	3557	306,6	+11,0%
Pilares +3.04	16,1	6958	432,2	16,1	7758	481,9	+11,5%
Total	1159,7	73616	63,5	1159,7	77571	66,9	+5,4%

a) Variação do peso do aço em relação ao dimensionamento com carga de vento.

Na verificação do Edifício 02 em solo E, apenas 5 dos 26 pilares do nível térreo (19,0%) possuem seção insuficiente para combater as ações sísmicas estando estes indicados em vermelho na planta de fôrma da Figura 9.20.

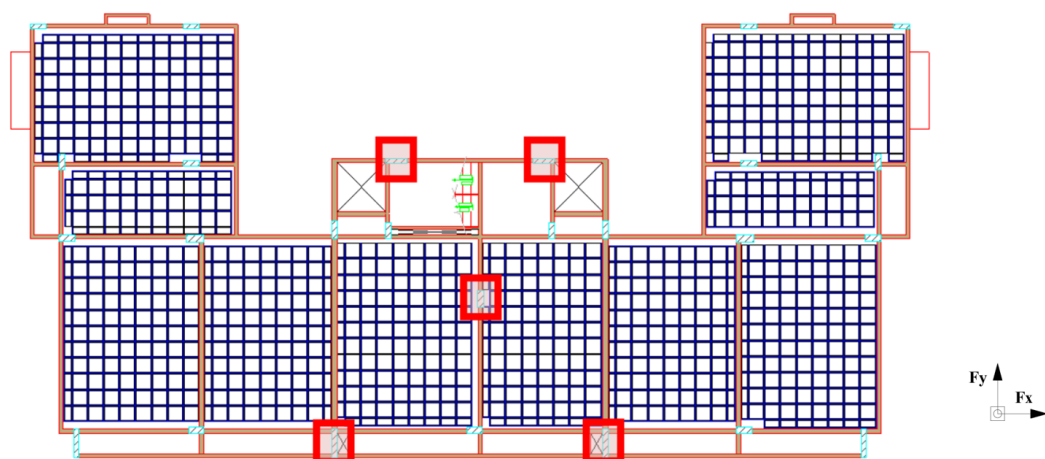


Figura 9.20. Forma do pavimento tipo do Edifício 02 – ações sísmicas em terreno classe E

A estrutura foi redimensionada considerando as ações sísmicas estando expostos na Tabela 9.18 os quantitativos estruturais (concreto e aço) da estrutura do Edifício 02 na situação original (apenas vento) e na situação redimensionada (vento e sismo).

Tabela 9.18. Consumos de materiais da estrutura do Edifício 02 em solo E

peças	Vc (m³)	situação				
		original (vento)		redimensionada (vento e sismo)		
		Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)
Demais peças ^a	1026,9	55943	54,5	1059,3	65968	62,3
Pilares +26.08	11,9	995	83,6	12,3	1038	84,4
Pilares +23.20	11,6	1023	88,2	12,2	1065	87,3
Pilares +20.32	11,6	1057	91,1	12,2	1120	91,8
Pilares +17.44	11,6	1101	94,9	12,2	1304	106,9
Pilares +14.56	11,6	1259	108,6	12,2	1390	113,9
Pilares +11.68	11,6	1636	141,0	12,2	1770	145,1
Pilares +8.80	11,6	2197	189,4	12,2	2452	201,0
Pilares +5.92	11,6	3204	276,2	12,2	3624	297,0
Pilares +3.04	16,1	6958	432,2	16,7	8620	516,2
Total	1136,1	75374	66,3	1173,7	88351	75,3

a) Excluindo estacas.

Na comparação do consumo de aço por volume de concreto da estrutura em situação redimensionada houve um acréscimo de 23,3% no consumo de aço conforme exposto na Tabela 9.19.

Tabela 9.19. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 02 em solo E

peças	Vc (m³)	ações					
		vento		sismo			ΔPa*
		Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	
Demais peças ^a	1059,3	54380	51,3	1059,3	65968	62,3	+21,3%
Pilares +26.08	12,3	976	79,3	12,3	1038	84,4	+6,4%
Pilares +23.20	12,2	989	81,1	12,2	1065	87,3	+7,7%
Pilares +20.32	12,2	1024	83,9	12,2	1120	91,8	+9,4%
Pilares +17.44	12,2	1089	89,3	12,2	1304	106,9	+19,7%
Pilares +14.56	12,2	1156	94,8	12,2	1390	113,9	+20,2%
Pilares +11.68	12,2	1439	117,9	12,2	1770	145,1	+23,0%

Pilares +8.80	12,2	1959	160,6	12,2	2452	201,0	+25,2%
Pilares +5.92	12,2	2608	213,7	12,2	3624	297,0	+39,0%
Pilares +3.04	16,7	6033	361,3	16,7	8620	516,2	+42,9%
Total	1173,7	71652	61,0	1173,7	88351	75,3	+23,3%

a) Variação do peso do aço em relação ao dimensionamento com carga de vento.

9.3.3 Verificação do Edifício 03

A Tabela 9.20 apresenta informações consideradas no dimensionamento e as forças horizontais distribuídas nos pavimentos nas direções x e y advindas das ações de vento e das ações sísmicas em terrenos de classe D e E.

Tabela 9.20. Forças distribuídas no Edifício 03

Nível	Cargas (kN)	Áreas (m ²)	Carga/área (kN/m ²)	G1+G2 (kN)	h (m)	Sismo (kN)				Vento x γ_f (kN)	
						Solo D		Solo E		Fx	Fy
						Fx	Fy	Fx	Fy		
+61.38	1695	82,9	20,5	1700	2,30	22	22	44	44	16	10
+59.08	166	-	-	140	2,10	2	2	3	3	30	19
+56.98	881	18,0	49,0	750	1,90	8	8	15	15	28	17
+55.08	4528	458,7	9,9	3850	2,88	66	66	133	133	22	131
+52.20	6222	459,6	13,5	5290	2,88	91	91	182	182	30	241
+49.32	6028	462,7	13,0	5120	2,88	88	88	177	177	30	234
+46.44	6026	462,7	13,0	5120	2,88	88	88	176	176	30	231
+43.56	5976	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	29	228
+40.68	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	28	224
+37.80	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	28	221
+34.92	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	28	217
+32.04	5976	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	27	213
+29.16	6026	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	27	209
+26.28	6026	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	27	205
+23.40	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	26	200
+20.52	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	25	194
+17.64	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	24	188
+14.76	5977	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	23	181
+11.88	5976	459,6	13,0	5080	2,88	88	88	175	175	22	173
+9.00	6026	462,7	13,0	5120	2,88	88	88	176	176	21	163
+6.12	6024	462,7	13,0	5120	2,88	88	88	176	176	20	150
+3.24	6107	462,7	13,2	5190	3,24	104	104	208	208	18	146
+0.00	12854	960,3	13,4	10930	3,06	203	203	407	407	3	15
-3.06	2497	-	-	2120	-	-	-	-	-	-	-
Total	130873	9808,2	13,3	111410	-	1904	1904	3797	3797	562	3810

Em solo D, a estrutura originalmente dimensionada apenas para esforços de vento apresentou seções das peças e taxas de armaduras suficientes para combater os esforços sísmicos. Já na situação de solo E, embora os pilares tenham apresentado capacidade resistente às ações sísmicas, conforme exposto na Tabela 9.21, outras peças, principalmente vigas, precisaram ter suas seções aumentadas levando a um acréscimo de 2,9% no volume de concreto total do edifício. No geral foi necessário um acréscimo de 4,8% no consumo de aço da estrutura quando dimensionada às ações sísmicas.

Tabela 9.21. Consumos de materiais da estrutura redimensionada do Edifício 02 em solo E

peças	ações						
	vento			sismo			
	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	Vc (m³)	Pa (kg)	Pa/Vc (kg/m³)	ΔPa ^a
Demais peças ^b	2368,1	191878	81,0	2454,9	201389	82,0	+5,0%
Pilares +55.08	30,1	1920	63,8	30,1	1920	63,8	+0,0%
Pilares +52.20	28,6	1698	59,4	28,6	1733	60,6	+2,1%
Pilares +49.32	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +46.44	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +43.56	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +40.68	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +37.80	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +34.92	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +32.04	28,6	1651	57,7	28,6	1686	59,0	+2,1%
Pilares +29.16	28,6	1800	62,9	28,6	1843	64,4	+2,4%
Pilares +26.28	28,6	1800	62,9	28,6	1843	64,4	+2,4%
Pilares +23.40	28,6	1990	69,6	28,6	2055	71,9	+3,3%
Pilares +20.52	28,6	2341	81,9	28,6	2420	84,6	+3,4%
Pilares +17.64	28,6	2636	92,2	28,6	2725	95,3	+3,4%
Pilares +14.76	28,6	2908	101,7	28,6	3008	105,2	+3,4%
Pilares +11.88	28,6	3656	127,8	28,6	3785	132,3	+3,5%
Pilares +9.00	28,6	5020	175,5	28,6	5212	182,2	+3,8%
Pilares +6.12	28,6	5415	189,3	28,6	5680	198,6	+4,9%
Pilares +3.24	32,8	7620	232,3	32,8	8123	247,7	+6,6%
Pilares +0.00	61,3	17798	290,3	61,3	19099	311,6	+7,3%
Total	2978,5	260037	87,3	3065,3	272637	88,9	+4,8%

a) Variação do peso do aço em relação ao dimensionamento com carga de vento;

b) Excluindo estacas.

Importante destacar que no dimensionamento das estruturas às ações sísmicas não foi observado nenhum critério de detalhamento sísmico como cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses, cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens, adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto e cuidados adicionais nos nós da estrutura (viga x pilar).

9.4 Comparação das ações com o EUROCÓDIGO 8

Para efeito de comparação de normas sísmicas, as ações nos três edifícios foram determinadas também pelos métodos espectrais e forças equivalentes do EUROCÓDIGO 8 [61]. O fator de importância I da NBR 15421 [9] corresponde ao fator II do EUROCÓDIGO 8 [61], os solos de categoria D e E da NBR 15421 [9] correspondem respectivamente às classes C e D do EUROCÓDIGO 8 [61] e as estruturas em concreto assumem coeficiente de modificação de resposta 1,5, chamado no EUROCÓDIGO 8 [61] de coeficiente de comportamento, q .

O EUROCÓDIGO 8 [61] apresenta acelerações sísmicas horizontais em rocha correspondentes a dois períodos de retorno, um período de 475 anos, chamado de Sismo 1, e um período de 95 anos, chamado de Sismo 2. As acelerações do Sismo 1 são aquelas que têm 10,0% de probabilidade de serem

ultrapassadas em um período de 50 anos e são usadas na determinação de ações sísmicas para o requisito de não ocorrência de colapso. As acelerações do Sismo 2 são aquelas que têm 10,0% de probabilidade de serem ultrapassadas em um período de 10 anos e são usadas na determinação de ações sísmicas para o requisito de limitação de danos. Os períodos de retorno são calculados a partir da Equação (9.6):

$$T_R = \frac{T_F}{\ln(1,0 - P_R)} \quad (9.6)$$

sendo:

- T_R o período de retorno;
- T_F o período de tempo;
- P_R a probabilidade de o evento ser ultrapassado.

A aceleração prevista para a cidade de Fortaleza, 0,05g, foi aplicada nos espectros de resposta de projeto do EUROCÓDIGO 8 com período de retorno de 475 anos e em solos C e D. O espectro de resposta elástico de projeto é definido pelas Equações (9.7) a (9.10) a seguir e estão expostos na Figura 9.21 e Figura 9.22.

$$0 \leq T \leq T_B : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \left[\frac{2}{3} + \frac{T}{T_B} \cdot \left(\frac{2,5}{q} - \frac{2}{3} \right) \right] \quad (9.7)$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \quad (9.8)$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_d(T) \left\{ \begin{array}{l} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{array} \right. \quad (9.9)$$

$$T_D \leq T : S_d(T) \left\{ \begin{array}{l} = a_g \cdot S \cdot \frac{2,5}{q} \cdot \left[\frac{T_C T_D}{T^2} \right] \\ \geq \beta \cdot a_g \end{array} \right. \quad (9.10)$$

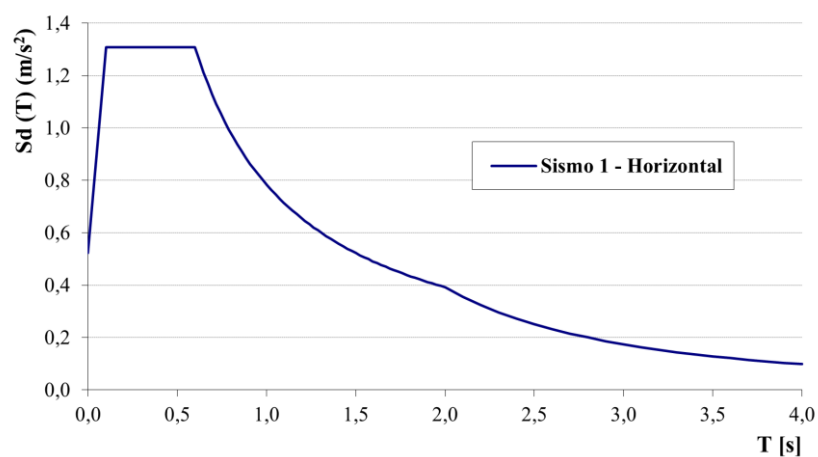
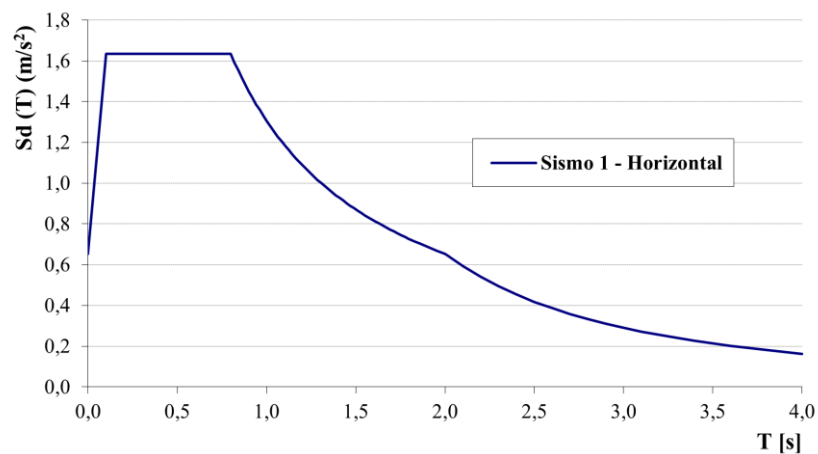
sendo:

- $S_d(T)$ o espectro de resposta de cálculo;
- T o período de vibração de um sistema com um grau de liberdade;
- a_g o valor de cálculo da aceleração à superfície para um terreno tipo A (rocha);
- T_B o limite inferior do período no patamar de aceleração espectral constante;
- T_C o limite superior do período no patamar de aceleração espectral constante;
- T_D o valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante;

- S o coeficiente do solo;
- q o coeficiente de comportamento;
- β o coeficiente correspondente ao limite inferior do espectro de cálculo horizontal, sendo recomendado no anexo nacional português o valor 0,2.

Tabela 9.22. Parâmetros do espectro de resposta de projeto - Sismo 1

Tipo de terreno	S	T_B	T_C	T_D
C	1,15	0,20	0,60	2,00
D	1,35	0,20	0,80	2,00

**Figura 9.21. Espectro de resposta de projeto - Sismo 1 - solo C****Figura 9.22. Espectro de resposta de projeto - Sismo 1 - solo D**

As ações sísmicas foram calculadas tanto pelo método de análise modal por espectro de resposta como pelo método de análise por forças laterais. No método de análise por forças laterais a força na base da estrutura F_b é determinada para cada direção horizontal a partir da Equação (9.11).

$$F_b = S_d(T_1).m.\lambda \quad (9.11)$$

sendo:

- $S_d(T_1)$ a ordenada do espectro de cálculo para o período T_1 ;
- T_1 o período de vibração fundamental do edifício para o movimento lateral na direção considerada;
- m a massa total do edifício sendo composta pelas cargas permanentes mais 30,0% das cargas acidentais;
- λ o fator de correção, cujo valor é igual a 0,85 se $T_1 \leq 2T_C$ e o edifício tiver mais de dois pisos e igual a 1,00 nos outros casos.

Para edifícios com altura até 40 m, um valor aproximado de T_1 (em s) poderá ser obtido pela Equação (9.12):

$$T_1 = C_t.H^{3/4} \quad (9.12)$$

sendo C_t igual a 0,075 no caso de pórticos espaciais de concreto e 0,050 para todas as outras estruturas.

Os Edifícios 01 e 02 assumiram valores de C_t iguais a 0,075 e o Edifício 03, por possuir sistema sismo-resistente composto por pórticos de concreto associado a pilares-parede, assumiu valor de C_t igual a 0,050. Embora o Edifício 03 tenha mais de 40 m, neste trabalho, apenas pra efeito de comparação com as ações calculadas na NBR 15421 [9], a Equação (9.12) foi aplicada em todos os edifícios estando os períodos T_1 expostos na Tabela 9.23.

Tabela 9.23. Períodos aproximados T_1 [61]

Edifício 01	Edifício 02	Edifício 03
0,63s	1,03s	1,10s

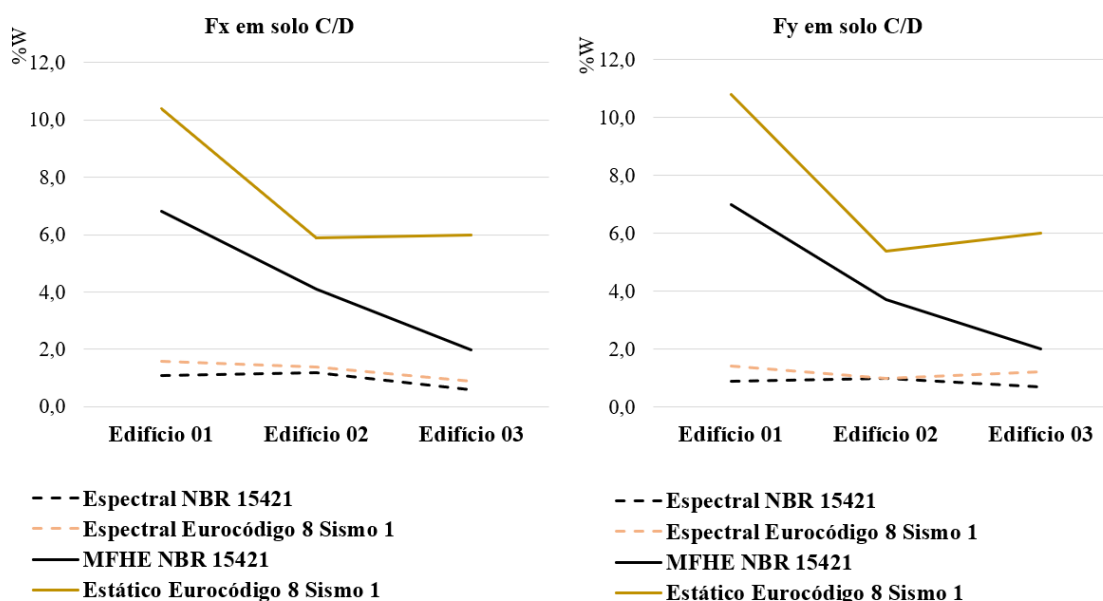
A Tabela 9.24 apresenta as ações sísmicas determinadas segundo a NBR 15421 [9] e EUROCÓDIGO 8 [61].

Tabela 9.24. Ações nos edifícios pela NBR 15421 [9] e pelo EUROCÓDIGO 8 [61]

Edifício	Solo ^a	Espectral (%W)				Estático (%W)			
		NBR 15421		EUROCÓDIGO 8		NBR 15421		EUROCÓDIGO 8	
		<i>F_x</i>	<i>F_y</i>	<i>F_x</i>	<i>F_y</i>	<i>F_x</i>	<i>F_y</i>	<i>F_x</i>	<i>F_y</i>
Edifício 01	C / D	1,1	0,9	1,6	1,4	6,8	7,0	10,4	10,8
	D / E	1,9	1,4	2,7	2,4	9,7	10,0	13,4	13,8
Edifício 02	C / D	1,2	1,0	1,4	1,0	4,1	3,7	5,9	5,4
	D / E	2,0	1,7	2,3	1,6	5,2	4,7	10,9	9,9
Edifício 03	C / D	0,6	0,7	0,9	1,2	2,0	2,0	6,0	6,0
	D / E	1,1	1,2	1,1	1,7	4,0	4,0	10,0	10,0

a) Solos EUROCÓDIGO 8 / NBR 15421.

A Figura 9.23 e Figura 9.24 apresentam graficamente a comparação entre as ações obtidas nas normas sísmicas. As ações espectrais obtidas pelas duas normas apresentam valores muito próximos e as ações estáticas obtidas pelo EUROCÓDIGO 8 [61] são superiores às obtidas pela NBR 15421 [9]. O Edifício 02, devido às complexidades associadas à sua geometria, apresenta relações não necessariamente compatíveis com as tendências. As grandes diferenças observadas entre os resultados obtidos pelo método estático e pelo método espectral, em ambas as normas, advém da determinação do período aproximado usado no método estático, cujas equações desconsideram importantes particularidades dos edifícios e variam principalmente apenas em função de suas alturas.

**Figura 9.23. Forças sísmicas em solo C/D segundo o EUROCÓDIGO 8/NBR 15421**

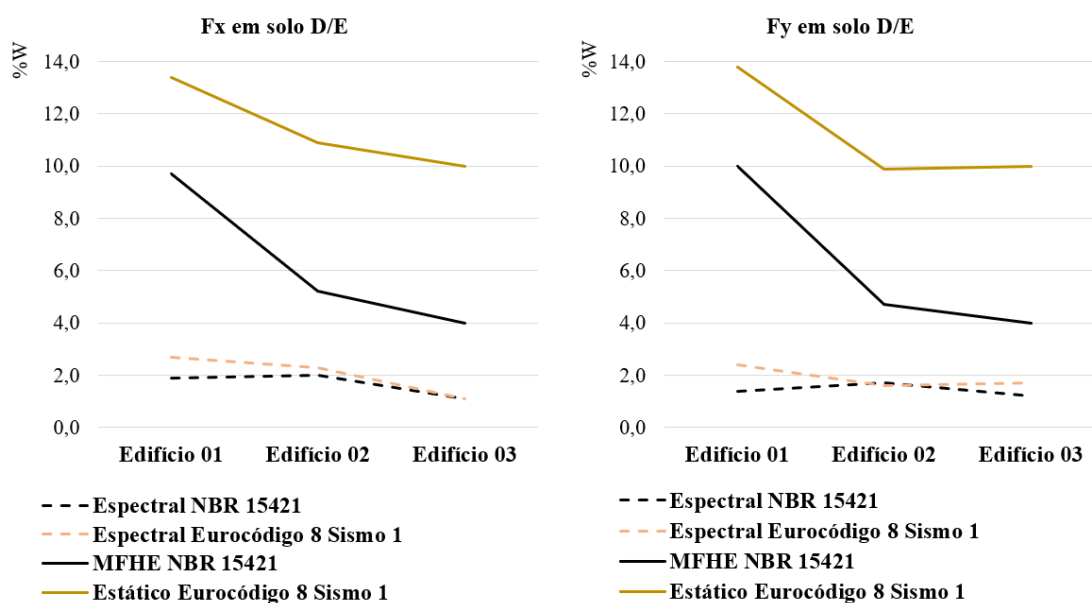


Figura 9.24. Forças sísmicas em solo D/E segundo o EUROCÓDIGO 8/NBR 15421

Usando as respostas da NBR 15421 [9], caso fossem adotados no MFHE os períodos limitados por C_{up} x T_a , as diferenças entre as respostas sísmicas dinâmicas (espectrais) e estáticas (MFHE) seriam bem menores como mostram os gráficos da Figura 9.25.

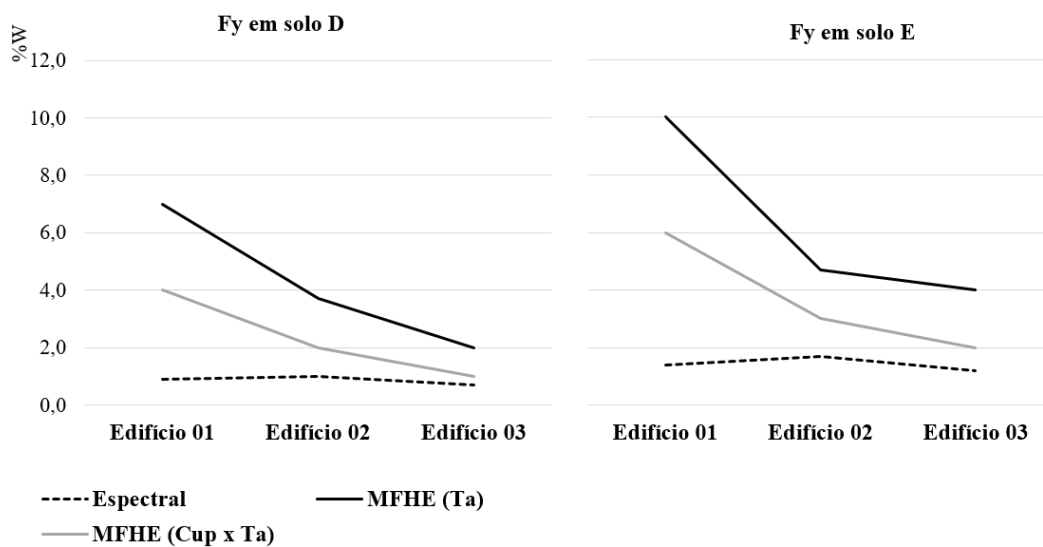


Figura 9.25. Forças sísmicas (F_y) em solos D e E

9.5 Conclusão

A aplicação da norma sísmica em três edifícios projetados e construídos no estado do Ceará permitiu identificar, nestes casos em específico, o impacto gerado do ponto de vista de consumo de materiais (concreto e aço) quando da consideração das ações sísmicas. As estruturas foram analisadas supondo estarem assentadas em solo tipo D e E, sendo estes os solos presentes na cidade de Fortaleza conforme exposto no Capítulo 7. Os edifícios possuem 4, 9 e 20 pavimentos e são chamados respectivamente de Edifícios 01, 02 e 03. No Edifício 01 a consideração das ações sísmicas implica na necessidade de aumento de consumo de concreto e aço esteja ele assentado em solo D ou E. No Edifício 02, em solo D, o acréscimo de materiais é bastante reduzido e; em solo E, um pouco mais significativo. No Edifício 03, tanto em solo D quanto E, o aumento de consumo de materiais é praticamente desprezível, principalmente em solo D.

Para efeito de comparação das ações sísmicas obtidas pelos critérios da NBR 15421 [9], as três estruturas foram também calculadas seguindo as recomendações do EUROCÓDIGO 8 [61]. Foram comparados os resultados das análises espectrais e pelo método estático de forças equivalentes.

10. Definição das estruturas modelo

Usando informações do Capítulo 5 (extraídas da aplicação do questionário), do Capítulo 6 (relativas ao parque edificado) e de entrevistas com Engenheiros estruturais de relevante contribuição e atuação no mercado de projetos de Fortaleza, neste capítulo, as estruturas modelo foram definidas. As estruturas foram dimensionadas de forma a apresentarem as menores seções possíveis. As estruturas foram lançadas inicialmente com seções mínimas obedecendo às recomendações das normas vigentes de cada época e verificadas as seguintes condições nos estados limites último e de serviço: armaduras suficientes e necessárias, deformações limites de lajes e vigas e deslocamentos horizontais máximos. Em termos gerais, por conta de critérios particulares de projetos e por necessidades arquitetônicas, as estruturas reais possuem maiores seções e são conseqüentemente mais rígidas que as estruturas modelo. Ainda quanto à rigidez, os painéis de alvenaria não foram considerados na confecção dos modelos.

10.1 Definição do número de pavimentos e áreas construídas

Os edifícios foram divididos em cinco classes segundo o número de pavimentos. Em cada uma das classes, o número de pavimentos da estrutura modelo e a área construída por pavimento correspondem às médias aritméticas do número de pavimentos e áreas construídas de todos os edifícios da cidade de Fortaleza pertencentes a cada classe.

Para validação das informações das áreas construídas das edificações (ajustadas pela metodologia já apresentada) e para definir as formas geométricas dos edifícios, estes foram medidos por imagens de satélite via *Google Earth*. Neste levantamento os edifícios foram divididos em duas categorias: edifícios baixos, aqueles de 2 a 8 pavimentos e edifícios altos, aqueles acima de 8 pavimentos. As porcentagens de edifícios baixos e altos em cada bairro estão expostas na Tabela 10.1. Em destaque os bairros selecionados no início do trabalho: Aldeota, Cocó, Dionísio Torres, Meireles e Pici.

Tabela 10.1. Porcentagem de edifícios baixos e altos por bairros na cidade de Fortaleza

Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios	
	baixo	alto		baixo	alto		baixo	alto
Álvaro Weyne	100%	-	Aerolândia	100%	-	Aeroporto	100%	-
Aldeota	35%	65%	Alto da Balança	100%	-	Amadeu Furtado	100%	-
Ancuri	-	-	Antônio Bezerra	100%	-	Autran Nunes	100%	-
Barra do Ceará	100%	-	Barroso	100%	-	Bela Vista	100%	-
Benfica	76%	24%	Boa Vista	100%	-	Bom Futuro	100%	-
Bom Jardim	100%	-	Bonsucesso	100%	-	Cais do Porto	25%	75%
Cajazeiras	100%	-	Cambeba	68%	32%	Canindezinho	100%	-
Carlito Pamplona	98%	2%	Centro	80%	20%	Cidade 2000	75%	25%
Cid. dos Funcionários	98%	2%	Coaçu	-	-	Cocó	27%	73%
Conjunto Ceará I	100%	-	Conj. Ceará II	-	-	Conj. Esperança	100%	-
Conjunto Palmeiras	-	-	Couto Fernandes	100%	-	Cristo Redentor	100%	-
Curió	100%	-	Damas	84%	16%	De Lourdes	33%	67%
Demócrito Rocha	100%	-	Dendê	100%	-	Dias Macêdo	100%	-
Dionísio Torres	53%	47%	Dom Lustosa	100%	-	Edson Queiroz	80%	20%
Eng. Luc. Cavalcante	46%	54%	Farias Brito	88%	12%	Fátima	63%	37%
Floresta	100%	-	Genibaú	100%	-	Granja Lisboa	100%	-
Granja Portugal	100%	-	Guajeru	100%	-	Henrique Jorge	100%	-
Itaoca	100%	-	Itaperi	97%	3%	Jacarecanga	90%	10%
Jangurussu	100%	-	Jardim América	93%	7%	Jardim Cearense	81%	19%
Jardim das Oliveiras	100%	-	Jard. Guanabara	100%	-	Jardim Iracema	100%	-
José Bonifácio	68%	32%	João XXIII	100%	-	Joaquim Távora	73%	27%
Jóquei Clube	70%	30%	José de Alencar	100%	-	Lagoa Redonda	100%	-
Manoel Sátiro	100%	-	M. Dias Branco	46%	54%	Maraponga	85%	15%
Meireles	28%	72%	Messejana	82%	18%	Mondubim	95%	5%
Monte Castelo	57%	43%	Montese	100%	-	Moura Brasil	100%	-
Mucuripe	36%	64%	Novo Mondubim	100%	-	Olavo Oliveira	100%	-
Padre Andrade	100%	-	Pan-Americano	100%	-	Papicu	52%	48%
Parangaba	91%	9%	Parque Araxá	100%	-	Parq. Dois Irmãos	100%	-
Parque Iracema	52%	48%	Parque Manibura	93%	7%	Parq. Pres. Vargas	100%	-
Parq. Santa Maria	100%	-	Parq. Santa Rosa	100%	-	Parque São José	100%	-
Parquelândia	74%	26%	Parreão	79%	21%	Passaré	100%	-
Patriolino Ribeiro	22%	78%	Paupina	100%	-	Pedras	100%	-
Pici	70%	30%	Pirambu	100%	-	Plan. Ayrton Senna	100%	-
Praia de Iracema	66%	34%	Praia do Futuro I	87%	13%	Praia do Futuro II	88%	12%
Pref. José Walter	100%	-	Pres. Kennedy	90%	10%	Quintino Cunha	100%	-
Rodolfo Teófilo	100%	-	Sabiaguaba	-	-	Salinas	19%	81%
São Bento	100%	-	São Gerardo	81%	19%	S. João do Tauape	85%	15%
Sapiranga	100%	-	Serrinha	85%	15%	Siqueira	100%	-
Varjota	56%	47%	Vicente Pinzon	77%	23%	Vila Ellery	85%	15%
Vila Pery	100%	-	Vila União	96%	4%	Vila Velha	100%	-

No total, a cidade de Fortaleza possui 75,0% de prédios baixos e 25,0% de prédios altos. Para a medição via *Google Earth*, os edifícios baixos foram escolhidos aleatoriamente. Os edifícios altos foram inicialmente escolhidos a partir do banco de dados disponibilizado na homepage da *Emporis* [18] e

complementados também de forma aleatória. Foram levantados via satélite 25,0% dos edifícios residenciais da cidade de Fortaleza, sendo 22,0% dos edifícios baixos e 32,0% dos edifícios altos. As porcentagens dos edifícios verificados via satélite em cada bairro estão disponíveis na Tabela 10.2.

Tabela 10.2. Amostras dos edifícios de Fortaleza por bairros visualizados via *Google Earth*

Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios	
	baixo	alto		baixo	alto		baixo	alto
Álvaro Weyne	26%	-	Aerolândia	47%	-	Aeroporto	100%	-
Aldeota	30%	20%	Alto da Balança	50%	-	Amadeu Furtado	54%	-
Ancuri	-	-	Antônio Bezerra	40%	-	Autran Nunes	17%	-
Barra do Ceará	43%	-	Barroso	16%	-	Bela Vista	22%	-
Benfica	41%	30%	Boa Vista	29%	-	Bom Futuro	48%	-
Bom Jardim	31%	-	Bonsucesso	48%	-	Cais do Porto	100%	33%
Cajazeiras	19%	-	Cambeba	30%	42%	Canindezinho	50%	-
Carlito Pamplona	38%	100%	Centro	51%	21%	Cidade 2000	100%	33%
Cid. dos Funcionários	31%	100%	Coaçu	-	-	Cocó	32%	33%
Conjunto Ceará I	75%	-	Conj. Ceará II	-	-	Conj. Esperança	5%	-
Conjunto Palmeiras	-	-	Couto Fernandes	23%	-	Cristo Redentor	11%	-
Curió	16%	-	Damas	25%	36%	De Lourdes	100%	100%
Demócrito Rocha	31%	-	Dendê	39%	-	Dias Macêdo	6%	-
Dionísio Torres	26%	15%	Dom Lustosa	9%	-	Edson Queiroz	5%	29%
Eng. Luc. Cavalcante	31%	54%	Farias Brito	35%	60%	Fátima	33%	22%
Floresta	29%	-	Genibaú	33%	-	Granja Lisboa	7%	-
Granja Portugal	33%	-	Guajeru	20%	-	Henrique Jorge	39%	-
Itaoca	21%	-	Itaperi	10%	75%	Jacarecanga	24%	67%
Jangurussu	4%	-	Jardim América	46%	50%	Jardim Cearense	27%	29%
Jardim das Oliveiras	50%	-	Jard. Guanabara	64%	-	Jardim Iracema	57%	-
José Bonifácio	42%	30%	João XXIII	83%	-	Joaquim Távora	32%	42%
Jóquei Clube	46%	33%	José de Alencar	33%	-	Lagoa Redonda	27%	-
Manoel Sátiro	21%	-	M. Dias Branco	17%	19%	Maraponga	16%	27%
Meireles	37%	39%	Messejana	23%	39%	Mondubim	7%	27%
Monte Castelo	55%	27%	Montese	34%	-	Moura Brasil	100%	-
Mucuripe	23%	59%	Novo Mondubim	16%	-	Olavo Oliveira	33%	-
Padre Andrade	26%	-	Pan-Americano	55%	-	Papicu	29%	18%
Parangaba	22%	50%	Parque Araxá	88%	-	Parq. Dois Irmãos	14%	-
Parque Iracema	5%	39%	Parque Manibura	50%	100%	Parq. Pres. Vargas	9%	-
Parque Santa Maria	10%	-	Parq. Santa Rosa	20%	-	Parque São José	20%	-
Parquelândia	48%	14%	Parreão	33%	38%	Passaré	9%	-
Patriolino Ribeiro	24%	19%	Paupina	27%	-	Pedras	3%	-
Pici	21%	50%	Pirambu	100%	-	Plan. Ayrton Senna	11%	-
Praia de Iracema	42%	100%	Praia do Futuro I	21%	25%	Praia do Futuro II	10%	43%
Prefeito José Walter	20%	-	Pres. Kennedy	20%	39%	Quintino Cunha	33%	-
Rodolfo Teófilo	45%	-	Sabiaguaba	-	-	Salinas	33%	31%
São Bento	22%	-	São Gerardo	14%	50%	S. João do Tauape	36%	35%
Sapiranga	39%	-	Serrinha	39%	60%	Siqueira	3%	-
Varjota	30%	24%	Vicente Pinzon	36%	8%	Vila Ellery	27%	50%
Vila Pery	36%	-	Vila União	37%	67%	Vila Velha	36%	-

O tamanho das amostras de cada bairro foi definido em função da particularidade de cada bairro, como a representatividade (ocorrência) dos edifícios altos e baixos, da repetição de blocos de apartamentos e da variedade de formas geométricas. Dos 6.636 edifícios baixos da cidade de Fortaleza, 1.625 foram medidos via *Google Earth*, correspondendo a uma margem de erro de 2,0% em um grau de confiança de 95,0%. Dos 2.216 edifícios altos, foram medidos 723, correspondendo a uma margem de erro de 3,0% no mesmo grau de confiança adotado nos edifícios baixos.

A Tabela 10.3 indica o número de pavimentos, a área construída e os códigos adotados na definição das estruturas modelo.

Tabela 10.3. Número de pavimentos e área por pavimento das estruturas modelo

Classe por pavimentos	Estrutura modelo		
	Número de pavimentos	Área construída por pavimento (m ²)	Código
2 a 4 pavimentos	3	296	PA01
5 a 8 pavimentos	6	379	PA02
9 a 12 pavimentos	11	398	PA03
13 a 20 pavimentos	16	412	PA04
acima de 20 pavimentos	24	470	PA05

De acordo com a metodologia adotada, a cidade de Fortaleza possui 64,0% de edifícios PA01, 11,0% de edifícios PA02, 7,0% de edifícios PA03, 11,0% de edifícios PA04 e 7,0% de edifícios PA05.

10.2 Definição das formas geométricas

Os edifícios baixos em sua totalidade foram definidos como possuindo forma retangular em planta, configuração predominante em edifícios residenciais de até 8 pavimentos. No caso dos edifícios altos foram levantados edifícios de geometria em planta retangular, “L” e “T”. As porcentagens de edifícios em forma “L” e “T” entre os edifícios altos em cada bairro da cidade de Fortaleza estão apresentadas na Tabela 10.4.

Tabela 10.4. Porcentagem de edifícios altos com geometria “L” e “T” por bairros na cidade de Fortaleza

Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios		Bairro	Edifícios	
	“L”	“T”		“L”	“T”		“L”	“T”
Aldeota	11%	62%	Benfica	0%	0%	Cais do Porto	0%	0%
Cambeba	50%	0%	Carlito Pamplona	0%	0%	Centro	10%	50%
Cidade 2000	0%	0%	Cid. dos Funcionários	17%	50%	Cocó	20%	40%
Damas	0%	25%	De Lourdes	0%	0%	Dionísio Torres	28%	33%
Edson Queiroz	0%	50%	Eng. Luc. Cavalcante	22%	30%	Farias Brito	67%	0%
Fátima	5%	64%	Itaperi	0%	33%	Jacarecanga	33%	0%
Jardim América	0%	100%	Jardim Cearense	0%	0%	José Bonifácio	0%	33%
Joaquim Távora	32%	36%	Jóquei Clube	0%	0%	M. Dias Branco	80%	0%
Maraponga	0%	0%	Meireles	22%	36%	Messejana	0%	27%
Mondubim	0%	0%	Monte Castelo	100%	0%	Mucuripe	13%	47%
Papicu	43%	21%	Parangaba	0%	0%	Parque Iracema	47%	47%
Parq.Manibura	0%	0%	Parquelândia	67%	0%	Parreão	0%	0%
Patr. Ribeiro	21%	50%	Pici	50%	0%	Praia de Iracema	25%	53%
Praia do Futuro I	0%	50%	Praia do Futuro II	33%	0%	Pres. Kennedy	0%	0%
Salinas	25%	0%	São Gerardo	0%	58%	S. João do Tauape	33%	67%
Serrinha	0%	33%	Varjota	0%	63%	Vicente Pinzon	0%	0%
Vila Ellery	0%	100%	Vila União	0%	0%			

Fortaleza possui dentre os prédios altos: 42,5% retangulares, 37,9% em forma “T” e 19,6% em forma “L”, sendo estas as três geometrias adotadas para a confecção das estruturas modelo conforme indicado na Figura 10.1.

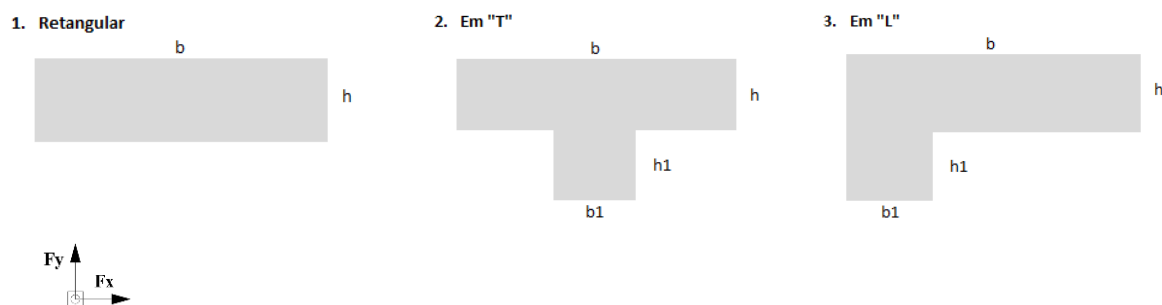


Figura 10.1. Geometrias adotadas nas estruturas modelo

Analisando a relação b/h de todos os 2.338 edifícios medidos via *Google Earth*, encontra-se como valor médio 2,8 e um desvio padrão de 1,4. A frequência dos edifícios quanto à relação b/h pode ser representada por uma distribuição normal conforme exposto na Figura 10.2.

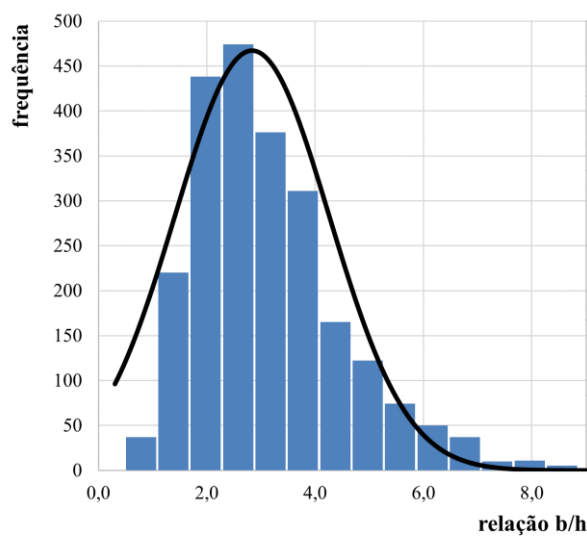
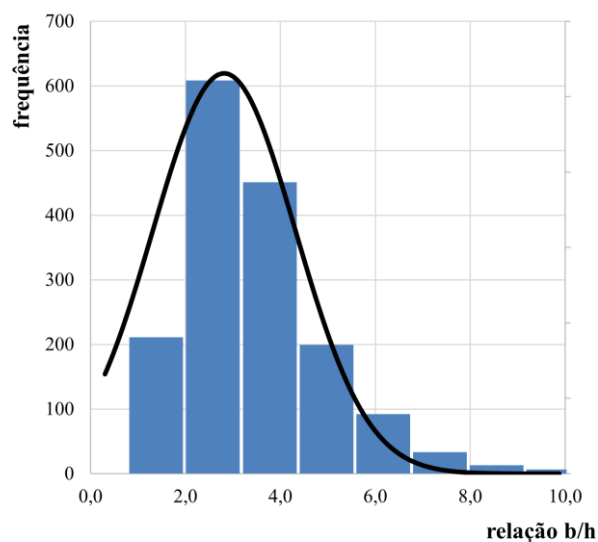
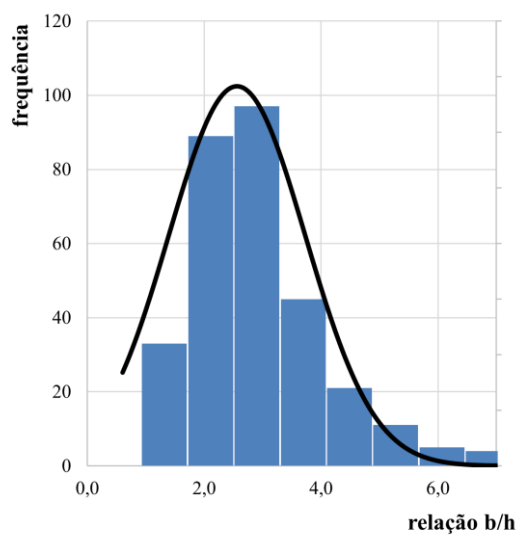


Figura 10.2. Distribuição de todos os edifícios - Google Earth

A Tabela 10.5 e a Figura 10.3 à Figura 10.6 apresentam as médias e desvios padrão dos valores das relações b/h dos edifícios classificados por altura e formas.

Tabela 10.5. Médias e desvio padrão dos edifícios - Google Earth

Altura	Edifício		Relação b/h	
	Forma	Tamanho de amostra	Média	Desvio padrão
Baixos	Retangulares	1615	2,8	1,5
Altos	Retangulares	307	2,6	1,2
Altos	“L”	142	2,8	1,1
Altos	“T”	274	3,3	1,2

**Figura 10.3. Distribuição dos edifícios baixos retangulares - Google Earth****Figura 10.4. Distribuição dos edifícios altos retangulares - Google Earth**

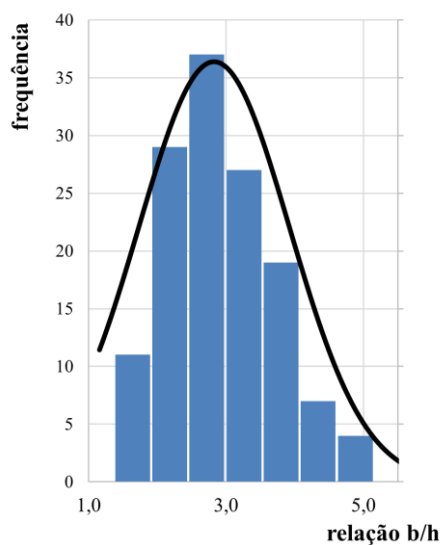


Figura 10.5. Distribuição dos edifícios altos em "L" - Google Earth

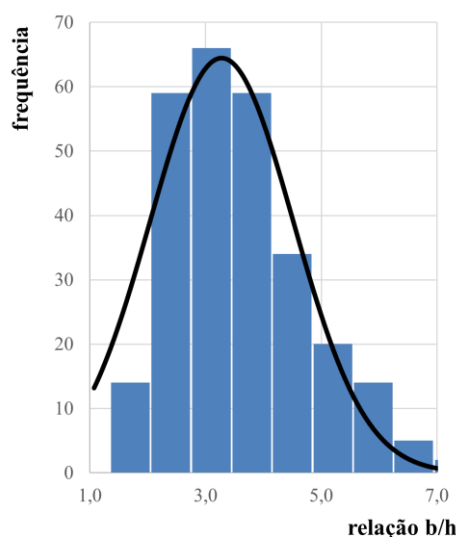


Figura 10.6. Distribuição dos edifícios altos em "T" - Google Earth

Embora não estejam apresentados em figuras, na definição das estruturas modelo, foram avaliadas as distribuições dos edifícios das cinco classes de pavimentos. Para cada uma das geometrias foram criadas três variações em função das relações b/h . A metodologia adotada para definir a representatividade de cada variação é descrita a seguir.

Observando a Figura 10.7, a relação $b/h_{(1)}$ gera a estrutura modelo que representa a área $A_{(1)}$, a relação $b/h_{(2)}$ gera a estrutura modelo que representa a área $A_{(2)}$ e a relação $b/h_{(3)}$ gera a estrutura modelo que representa a área $A_{(3)}$.

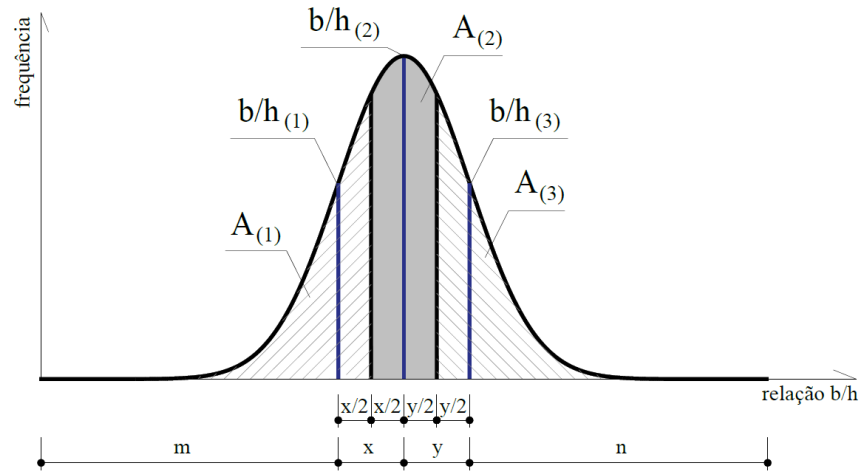


Figura 10.7. Metodologia de representatividade das estruturas modelo

Os limites das áreas $A_{(1)}$, $A_{(2)}$ e $A_{(3)}$ são definidos pelas respectivas Equações (10.1), (10.2) e (10.3):

$$A_{(1)} = m + \frac{x}{2} \quad (10.1)$$

$$A_{(2)} = \frac{x}{2} + \frac{y}{2} \quad (10.2)$$

$$A_{(3)} = \frac{y}{2} + n \quad (10.3)$$

Desta forma, para criar modelos que representem o parque edificado da cidade de Fortaleza, foram determinados três valores de b/h de forma que cada um gerasse estruturas modelo que representassem aproximadamente 1/3 das estruturas dos edifícios residenciais em concreto da cidade. Os valores de b/h que permitem esta situação de acordo com a metodologia adotada são: $b/h_{(1)}$ igual ao percentil de 16,7%, $b/h_{(2)}$ igual ao percentil de 50,0% e $b/h_{(3)}$ igual ao percentil de 83,3%. As relações entre os percentis e a porcentagem da representatividade de cada um deles estão indicadas na Figura 10.8.

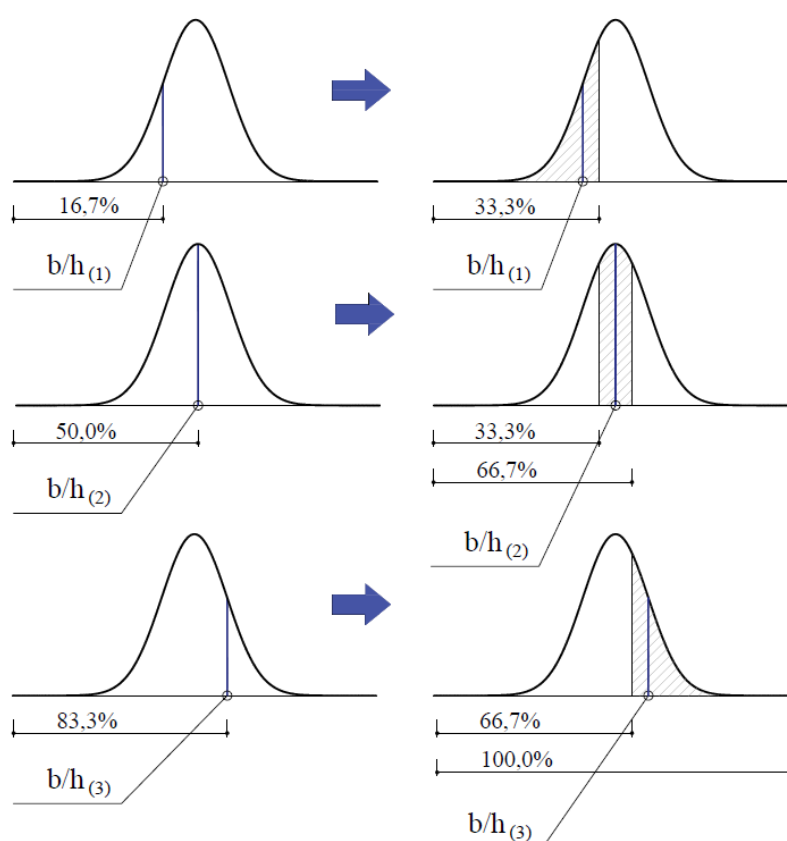


Figura 10.8. Relação entre os percentis e as porcentagens representativas de cada modelo

A Tabela 10.6 apresenta as características e códigos das estruturas modelo quanto à forma (classes de forma) e quanto à relação b/h (classes de modelo).

Tabela 10.6. Geometrias das estruturas modelo

Forma	$P(b/h)$	Código
Retangular	16,7%	R17
Retangular	50,0%	R50
Retangular	83,3%	R83
Geometria em “L”	16,7%	L17
Geometria em “L”	50,0%	L50
Geometria em “L”	83,3%	L83
Geometria em “T”	16,7%	T17
Geometria em “T”	50,0%	T50
Geometria em “T”	83,3%	T83

Como exposto anteriormente, as estruturas de até 8 pavimentos possuem apenas geometria retangular e as estruturas acima de 8 pavimentos possuem as três opções básicas de geometria: retangular, “L” e “T”. No caso das estruturas em “L” e “T”, as áreas das saliências $b_1 \times h_1$ indicadas na Figura 10.1 são definidas como constantes e assumem o valor médio das áreas e das relações b_1/h_1 de todos os edifícios daquela

configuração levantados na cidade de Fortaleza. As informações relativas a esta observação estão expostas na Tabela 10.7.

Tabela 10.7. Informações sobre as saliências das geometrias irregulares

Geometria	Pavimentos	Saliência	
		Relação b_1/h_1	Área (m^2)
“L”	9 a 12 pavimentos	2,0	118
	13 a 20 pavimentos	1,4	
	acima de 20 pavimentos	1,4	
“T”	9 a 12 pavimentos	3,8	49
	13 a 20 pavimentos	2,6	
	acima de 20 pavimentos	2,3	

De forma a simplificar as geometrias com pequenas áreas de saliências, considerando-as como retangulares, como a NBR 15421 [9] não faz referência a esta situação, foi adotada a recomendação do EUROCÓDIGO 8 [61] em seu critério 4.3.3.2 (3): *“A configuração em planta deve ser compacta, isto é, deve ser delimitada, em cada piso, por uma linha poligonal convexa. Se existirem recuos em relação a essa linha (ângulos reentrantes ou bordos recuados), poderá considerar-se que existe regularidade em planta se esses recuos não afectarem a rigidez do piso no plano e se, para cada um deles, a área entre o contorno do piso e a linha poligonal convexa que o envolve não é superior a 5 % da área do piso.”*

As dimensões de todas as estruturas modelo estão expostas na Tabela 10.8 a seguir:

Tabela 10.8. Pavimentos e dimensões das estruturas modelo

Pavimentos	Pavimentos do modelo	Área (m ²)	Forma	P(b/h)	b (m)	h (m)	b ₁ (m)	h ₁ (m)
2 a 4	3	296	R	16,7%	20	15	-	-
				50,0%	30	10		
				83,3%	36	8		
5 a 8	6	379	R	16,7%	22	17	-	-
				50,0%	30	13		
				83,3%	39	10		
9 a 12	11	398	R	16,7%	24	17	-	-
				50,0%	30	13		
				83,3%	36	11		
			L	16,7%	22	13	15	8
				50,0%	26	11		
				83,3%	30	9		
			T	16,7%	28	12	14	4
				50,0%	37	9		
				83,3%	44	8		
13 a 20	16	412	R	16,7%	24	17	-	-
				50,0%	30	14		
				83,3%	38	11		
			L	16,7%	23	13	13	9
				50,0%	30	10		
				83,3%	37	8		
			T	16,7%	27	13	11	4
				50,0%	34	11		
				83,3%	40	9		
acima de 20	24	470	R	16,7%	27	17	-	-
				50,0%	37	13		
				83,3%	44	11		
			L	16,7%	26	14	13	9
				50,0%	30	12		
				83,3%	34	10		
			T	16,7%	30	14	11	4
				50,0%	37	11		
				83,3%	43	10		

10.3 Definição dos vínculos das fundações

Segundo o item 8.7.1 da NBR 15421 [9] é permitido considerar-se na análise sísmica, as estruturas como perfeitamente fixadas à fundação. Nos edifícios de 2 a 12 pavimentos, todos os elementos verticais são pilares (sem pilares-parede) e todas as fundações possuem vínculo rotulado. No nível térreo todos os pilares são travados com vigamento como exposto na Figura 10.9. As profundidades das barras verticais entre o nível térreo e o nível de assentamento das fundações são 1,50 m para os edifícios de 2 a 4 pavimentos, 1,80 m para os edifícios de 5 a 8 pavimentos e 2,00 m para os edifícios de 9 a 12 pavimentos.

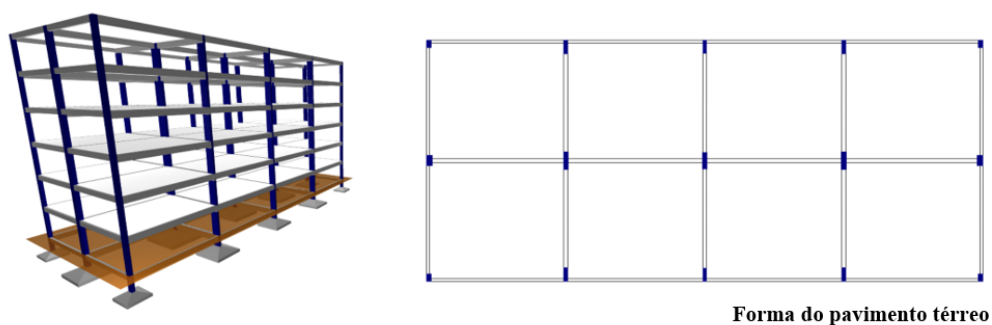


Figura 10.9. Exemplo de edifícios que possuem apenas pilares como elementos verticais

Nos edifícios acima de 12 pavimentos, os elementos verticais são compostos por pilares e pilares-parede. As fundações dos pilares possuem vínculo rotulado e as fundações dos pilares-parede possuem vínculos engastados. No exemplo da Figura 10.10, os pilares-parede estão destacados. No nível térreo todos os elementos verticais também são travados com vigamento. As profundidades das barras verticais entre o nível térreo e o nível de assentamento das fundações são 2,00 m para os edifícios acima de 12 pavimentos.

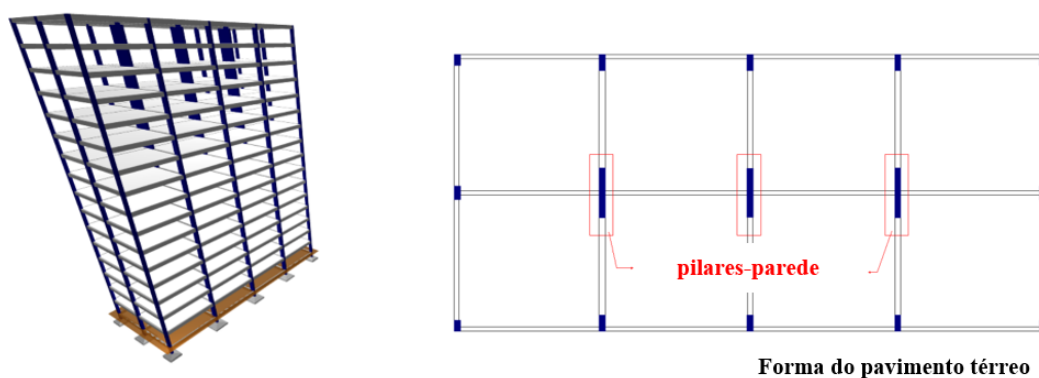


Figura 10.10. Exemplo de edifícios que possuem pilares e pilares-parede como elementos verticais

Os vigamentos de ligação entre os elementos de fundação no nível térreo melhoram o comportamento das estruturas sob ações horizontais devido à melhor uniformização da ação sísmica na base da estrutura e à capacidade de redistribuição dos esforços entre os diversos elementos [1].

10.4 Definição do tipo de solo

Conforme exposto na Tabela 7.13 na página 161, segundo a metodologia adotada neste trabalho, a cidade de Fortaleza possui somente duas classes de terreno, D e E. A Tabela 10.9 apresenta os limites do número médio de golpes, $\bar{N}$, no ensaio SPT de acordo com a NBR 6484 [94] e os códigos utilizados para cada uma das classes de terreno.

Tabela 10.9. Classes de terreno de Fortaleza e seus respectivos códigos

Classe de terreno	$\bar{N}$	$\bar{N}$
D	$50 \geq \bar{N} \geq 15$	SD
E	$\bar{N} \leq 15$	SE

10.5 Definição das idades (períodos de normas)

Como exposto anteriormente no Capítulo 6, em termos de datas de projetos, considerando que as obras em estruturas de concreto obedecem às recomendações técnicas, pode-se dividir o histórico das construções em sete períodos: de 1940 a 1959, de 1960 a 1977, de 1978 a 1987, de 1988 a 2002, de 2003 a 2005, de 2006 a 2013 e de 2014 a 2017. Esta divisão tem como base a publicação e evolução da norma de projeto de estruturas de concreto, a NBR 6118 [70], a publicação da norma de forças devidas ao vento em edificações, a NBR 6123 [7], e a publicação da norma de projeto de estruturas resistentes a sismos, a NBR 15421 [9]. As datas, as normas vigentes e os códigos relacionados a esta classificação encontram-se na Tabela 10.10. Embora a NBR 15421 [9] já tivesse sido publicada, no dimensionamento das estruturas PN06 e PN07, suas recomendações não foram adotadas por conta dos resultados apresentados no questionário respondido pelos Engenheiros estruturais brasileiros e discutidos no Capítulo 5.

Tabela 10.10. Classificação dos períodos das estruturas modelo e as respectivas normas técnica vigentes

Período	Norma de projetos em concreto	Norma de ações de vento	Norma de ações sísmicas	Código
1940 a 1959	NB-1:1940	-		PN01
1959 a 1977	NB-1:1960	-		PN02
1978 a 1987	NB-1:1978	-		PN03
1988 a 2002	NBR 6118:1980	NBR 6123:1988		PN04
2003 a 2005	NBR 6118:2003	NBR 6123:1988		PN05
2006 a 2013	NBR 6118:2003	NBR 6123:1988	NBR 15421:2006	PN06
2014 a 2017	NBR 6118:2014	NBR 6123:1988	NBR 15421:2006	PN07

Mesmo que a modelagem tenha o objetivo de representar os edifícios residenciais em concreto armado a partir de 1940, os métodos de cálculo usados no dimensionamento são os indicados na norma vigente

de estruturas de concreto brasileira, a NBR 6118:2014. Para aproximar os modelos às realidades de cada época, são consideradas informações e limites impostos pelas normas em vigor em cada um dos períodos como propriedades dos materiais, dimensões de seções, taxas de armaduras etc., além dos critérios construtivos mais usados em cada período.

10.6 Definição dos vãos médios das vigas e alturas dos pavimentos

O acesso a vários projetos estruturais elaborados em diferentes períodos da cidade e entrevistas com Engenheiros e Professores bastante atuantes e experientes no mercado de projetos estruturais de Fortaleza permitiu estimar, em função das datas de elaboração dos projetos e do número de pavimentos dos edifícios, os vãos médios das vigas e as alturas dos pavimentos a serem adotados na confecção das estruturas modelo conforme indicados na Tabela 10.11. Em todas as estruturas modelo foi considerada uma altura de 2,80 *m* entre os pavimentos.

Tabela 10.11. Vãos médios das estruturas modelo

Período	Pavimentos				
	2 a 4	5 a 8	9 a 12	13 a 20	acima de 20
1940 a 1959	3 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>
1960 a 1977	3 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>
1978 a 1987	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>
1988 a 2002	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>	5 <i>m</i>
2003 a 2005	5 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>
2006 a 2013	5 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>
2014 a 2017	5 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>	7 <i>m</i>

10.7 Definição dos carregamentos

Na análise das estruturas modelo foram considerados os seguintes carregamentos:

1. Pesos específicos: concreto armado 25 *kN/m³* e alvenaria 13 *kN/m³*;
2. Sobre todas as vigas de todos os pavimentos foram consideradas cargas de alvenaria com espessura de 15 *cm*;
3. Sobre todas as lajes de todos os pavimentos foram consideradas cargas de revestimento de 1,5 *kN/m²*, acidental de 1,5 *kN/m²* e cargas adicionais que variam de 0,5 *kN/m²* a 2,5 *kN/m²*, sendo estas cargas aplicadas de forma a gerar um carregamento total na estrutura da ordem de 12 *kN/m²*;

4. A partir de 2003, foram consideradas as ações advindas da retração e variação de temperatura. Antes deste período, estas ações foram desconsideradas e as estruturas modelo não possuem dimensões superiores a 30 m em nenhuma das direções conforme exposto no item 3.1.1.4 da NBR 6118 de 1980;
5. Nas estruturas a partir de 1988, foram consideradas nos dimensionamentos, cargas horizontais devido ao vento seguindo as recomendações da NBR 6123 [7] e usados os seguintes parâmetros: velocidade de vento de 30 m/s, fator topográfico S1 igual a 1,0, rugosidade do terreno III (terrenos planos ou ondulados com obstáculos) e fator estatístico S3 igual a 1,0 (edificações para hotéis e residências). Antes da publicação da norma de vento, a NBR 6118 em sua versão de 1980 dispensava a consideração das ações de vento nas estruturas de nós fixos, naquelas cujas alturas fossem menores que quatro vezes a largura menor do edifício ou quando em uma dada direção o número de filas de pilares fosse no mínimo quatro. Tais condições são observadas na grande maioria dos modelos representativos das estruturas anteriores a 1988 por conta da ausência de prédios muito esbeltos limitados pela máxima dimensão em planta de 30 m;
6. Não foram previstas cargas de reservatórios elevados.

10.8 Definição das seções e armaduras das peças estruturais

As peças estruturais possuem dimensões mínimas que atendem os seguintes limites: taxas máximas de armaduras (em obediência às normas vigentes no período de elaboração dos projetos), deformações limites de lajes e vigas e deslocamentos horizontais máximos. Os limites definidos pelas normas nos diferentes períodos de tempo estão indicados na Tabela 10.12

Tabela 10.12. Limites de dimensões e armaduras das peças dos modelos

Ano	Dimensões mínimas (cm)			Taxas de armaduras mínimas			Taxas de armaduras máximas		
	Lajes	Vigas ^a	Pilares ^b	Lajes	Vigas ^c	Pilares	Lajes	Vigas	Pilares
1940	7,0	8,0	20,0	0,5cm ² /m	0,25%	0,8%	-	-	3,0% ^f
1960	7,0	8,0	20,0	0,5cm ² /m	0,15%	0,8%	-	-	3,0% ^f
1978	7,0	8,0	20,0	0,15%	0,15%	0,4%	-	-	3,0%
2003	7,0	12,0	19,0	0,10% ^d	0,15% ^e	0,4%	4,0%	4,0%	4,0%
2014	8,0	12,0	19,0	0,10% ^d	0,15% ^e	0,4%	4,0%	4,0%	4,0%

a) Dimensão da base b_w ;

b) Dimensão mínima sem a consideração de coeficientes majoradores;

c) Porcentagem da seção de concreto;

d) Em caso de lajes armadas em uma única direção a taxa mínima é de 0,15% bh ;

e) Valor para f_{ck} até 25 MPa – para valores diferentes verificar o item 17.3.5.2.1 da NBR 6118:2003;

f) Pilares não cintados.

Sob este critério, as vigas assumiram seção inicial 15 cm x 30 cm e receberam acréscimos de 2,5 cm na largura e 10 cm na altura. Os pilares assumiram seção inicial de 20 cm x 20 cm e receberam acréscimos de 5 cm nos lados. As lajes assumiram espessura inicial de 8 cm e receberam acréscimos de 1 cm. Estes ajustes foram realizados até a verificação dos limites já mencionados.

10.9 Definição das propriedades do concreto

10.9.1 Definição do f_{ck}

Para definir o f_{ck} das estruturas modelo foram considerados os valores mínimos estabelecidos nas normas de projetos de estruturas de concreto (NBR 6118) vigentes em cada período e informações coletadas em projetos estruturais, literaturas e nas entrevistas com os Engenheiros estruturais e Professores da cidade de Fortaleza.

Até o ano de 2003, a NBR 6118 não definia a resistência do concreto à compressão em função das classes de agressividades ambientais - CAA. Nas versões de 1940, 1960 e 1978, as resistências mínimas indicadas na norma eram respectivamente 12,5 MPa, 11,0 MPa e 9,0 MPa, sendo prática usual de projeto adotar valores de 13,5 MPa, 15,0 MPa e 18,0 MPa em função do porte da obra.

Foram adotadas nas estruturas modelo representativas até o ano de 2002, em função da data da elaboração do projeto e do número de pavimentos, as resistências características do concreto à compressão indicadas na Tabela 10.13. As resistências estão representadas usando o conceito de classe de concreto adotado na atual norma brasileira onde a classe CN indica concreto de f_{ck} N MPa.

Tabela 10.13. Classes do concreto das estruturas modelo até 2002

Período	Código	Pavimentos				
		2 a 4	5 a 8	9 a 12	13 a 20	acima de 20
1940 a 1959	PN01	C12	C12	C12	C12	C12
1960 a 1977	PN02	C12	C12	C15	C15	C15
1978 a 1987	PN03	C15	C15	C15	C20	C20
1988 a 2002	PN04	C15	C15	C15	C20	C25

A partir de 2003, as resistências à compressão mínimas do concreto passaram a assumir os seguintes valores: 20 MPa para estruturas de concreto armado em CAA I, 25 MPa para estruturas de concreto armado em CAA II, 30 MPa para estruturas em concreto armado em CAA III e 40 MPa para estruturas em concreto armado em CAA IV. As classes representam, em ordem crescente, ambientes com agressividade fraca, moderada, forte e muito forte.

Desta forma, para determinação das classes das agressividades ambientais nos diferentes bairros da cidade de Fortaleza, uma cartilha sobre o estudo da agressividade do ar em Fortaleza [108] foi usada como base. Um mapa confeccionado na cartilha foi adaptado para uso neste trabalho estando exposto na Figura 10.11. Sendo áreas mais periféricas da cidade, sem tanta proximidade da costa e afastadas das regiões de maior expressão econômica e consequente baixo fluxo de veículos, as áreas não estudadas na cartilha assumiram, neste trabalho, classe de agressividade I.

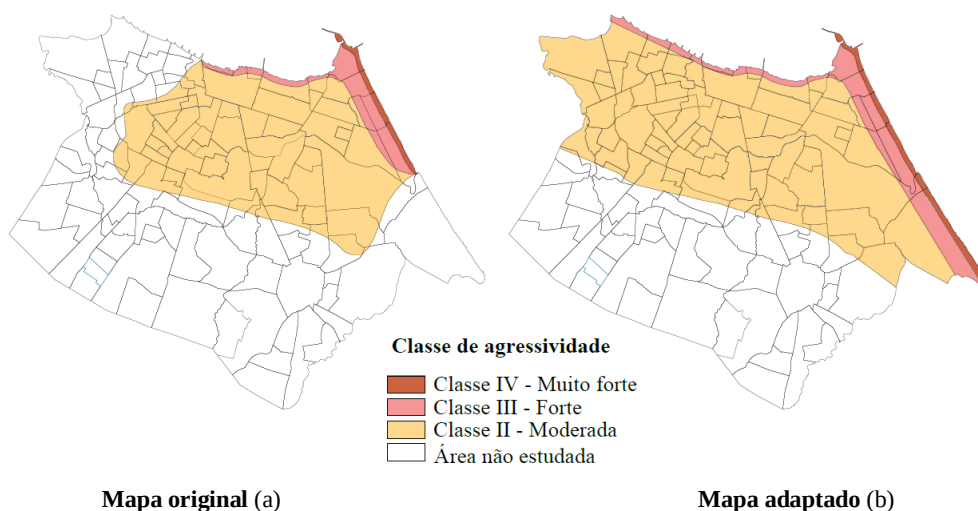


Figura 10.11. CAA da cidade de Fortaleza - adaptada de [108]

Alguns bairros estão localizados em mais de uma classe de agressividade. Nestes casos, o bairro assume a maior classe de agressividade, contanto que esta corresponda a no mínimo 25,0% da área territorial do bairro. A aplicação desta metodologia nos bairros selecionados está detalhada na Tabela 10.14. Na Tabela 10.15, estão expostas as classes de agressividade de todos os bairros de Fortaleza definidas a partir da metodologia deste trabalho.

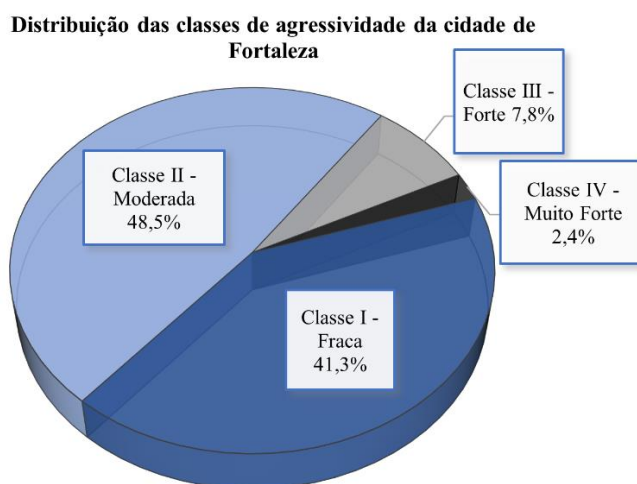
Tabela 10.14. Classes de agressividades dos bairros selecionados

Bairro	área não estudada	Classe II	Classe III	Classe IV	Classe do bairro
Aldeota	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	II
Cocó	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	II
Dionísio Torres	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	II
Meireles	0,0%	69,9%	30,1%	0,0%	III
Pici	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	II

Tabela 10.15. Classes de agressividades dos bairros de Fortaleza

Bairro		Bairro		Bairro		Bairro	
Álvaro Weyne	II	Aerolândia	II	Aeroporto	II	Aldeota	II
Alto da Balança	II	Amadeu Furtado	II	Ancuri	I	Antônio Bezerra	II
Autran Nunes	II	Barra do Ceará	II	Barroso	I	Bela Vista	II
Benfica	II	Boa Vista	I	Bom Futuro	II	Bom Jardim	I
Bonsucesso	I	Caís do Porto	IV	Cajazeiras	I	Cambeba	I
Canindezinho	I	Carlito Pamplona	II	Centro	II	Cidade 2000	II
Cid. dos Funcionários	II	Coaçu	I	Cocó	II	Conjunto Ceará I	I
Conjunto Ceará II	I	Conj. Esperança	I	Conjunto Palmeiras	I	Couto Fernandes	II
Cristo Redentor	III	Curió	I	Damas	II	De Lourdes	III
Demócrito Rocha	II	Dendê	I	Dias Macêdo	II	Dionísio Torres	II
Dom Lustosa	II	Edson Queiroz	II	Eng. Luc.Cavalcante	II	Farias Brito	II
Fátima	II	Floresta	II	Genibaú	II	Granja Lisboa	I
Granja Portugal	I	Guajeru	I	Henrique Jorge	II	Itaoca	II
Itaperi	I	Jacarecanga	II	Jangurussu	I	Jardim América	II
Jardim Cearense	I	Jard. das Oliveiras	II	Jardim Guanabara	II	Jardim Iracema	II
José Bonifácio	II	João XXIII	II	Joaquim Távora	II	Jóquei Clube	II
José de Alencar	II	Lagoa Redonda	II	Manoel Sátiro	I	M. Dias Branco	II
Maraponga	I	Meireles	III	Messejana	I	Mondubim	I
Monte Castelo	II	Montese	II	Moura Brasil	III	Mucuripe	III
Novo Mondubim	I	Olavo Oliveira	II	Padre Andrade	II	Pan-Americano	II
Papicu	II	Parangaba	II	Parque Araxá	II	Parq. Dois Irmãos	I
Parque Iracema	I	Parque Manibura	II	Parque Pres. Vargas	I	Parq. Santa Maria	I
Parque Santa Rosa	I	Parque São José	I	Parquelândia	II	Parreão	II
Passaré	I	Patriolino Ribeiro	II	Paupina	I	Pedras	I
Pici	II	Pirambu	III	Planalto Ayrton Senna	I	Praia de Iracema	III
Praia do Futuro I	IV	Praia do Futuro II	IV	Prefeito José Walter	I	Pres. Kennedy	II
Quintino Cunha	II	Rodolfo Teófilo	II	Sabiaguaba	III	Salinas	II
São Bento	I	São Gerardo	II	São João do Tauape	II	Sapiranga	II
Serrinha	II	Siqueira	I	Varjota	II	Vicente Pinzon	III
Vila Ellery	II	Vila Pery	I	Vila União	II	Vila Velha	II

O gráfico da Figura 10.12 apresenta as porcentagens, definidas neste trabalho, do território da cidade de Fortaleza em cada uma das classes de agressividades ambientais.

**Figura 10.12. Distribuição das classes de agressividade da cidade de Fortaleza**

Usando as resistências mínimas indicadas nas diferentes classes de agressividades ambientais e as informações coletadas em projetos e entrevistas, as estruturas modelos representativas dos edifícios projetados a partir de 2003 assumiram, em função da classe de agressividade e do número de pavimentos, as resistências indicadas na Tabela 10.16.

Tabela 10.16. Classes do concreto das estruturas modelo a partir de 2003

Classe de agressividade	Pavimentos				
	2 a 4	5 a 8	9 a 12	13 a 20	acima de 20
Classe I	C20	C20	C25	C30	C40
Classe II	C25	C25	C25	C30	C40
Classe III	C30	C30	C30	C30	C40
Classe IV	C40	C40	C40	C40	C40

10.9.2 Definição dos cobrimentos

Da mesma forma do que foi exposto sobre as resistências à compressão, os cobrimentos mínimos passaram, a partir de 2003, a depender das classes de agressividades ambientais. Pode-se afirmar que até 2002, os cobrimentos mais utilizados em função das recomendações de norma eram 10 mm para lajes e 15 mm para vigas e pilares. A partir de 2003 os cobrimentos mínimos recomendados estão indicados na Tabela 10.17.

Tabela 10.17. Cobrimentos mínimos [70]

elemento	Classe de agressividade ambiental - CAA			
	I	II	III	IV
laje	20 mm	25 mm	35 mm	45 mm
viga/pilar	25 mm	30 mm	40 mm	50 mm

Usando os mesmos critérios adotados na resistência do concreto, foram definidos e estão expostos na Tabela 10.18, os cobrimentos mínimos das estruturas modelo em função da resistência do concreto e do elemento estrutural.

Tabela 10.18. Cobrimentos das estruturas modelo

Classe de concreto	Cobrimentos		
	Pilar	Viga	Laje
C12	15 mm	15 mm	10 mm
C15	15 mm	15 mm	10 mm
C20	25 mm	25 mm	20 mm
C25	30 mm	30 mm	25 mm
C30	40 mm	40 mm	35 mm
C40	50 mm	50 mm	45 mm

10.9.3 Definição dos módulos de elasticidade

Até 1978, a norma brasileira de projetos adotava como módulo de elasticidade do concreto, valor dez vezes menor que o módulo de elasticidade do aço. Na revisão de 1978, 2003 e 2014 o módulo de elasticidade passou a ser determinado pelas Equações (10.4), (10.5) e (10.6) respectivamente:

$$E_{ci}=6.600\sqrt{(f_{ck}+3,5)} \text{ (MPa)} \quad (10.4)$$

$$E_{ci}=5.600\sqrt{f_{ck}} \text{ (MPa)} \quad (10.5)$$

$$E_{ci}=\alpha_E 5.600\sqrt{f_{ck}} \text{ (MPa)} \quad (10.6)$$

O coeficiente α_E varia em função do agregado e assumiu neste trabalho valor 1,0 correspondendo à utilização de granito.

Os valores dos módulos de elasticidade adotados nas estruturas modelo, em função do período em que foram elaborados os projetos e da resistência à compressão, estão expostos na Tabela 10.19.

Tabela 10.19. Módulos de elasticidade das estruturas modelo

Período	Classe do concreto					
	C12	C15	C20	C25	C30	C40
1940 a 1977	20 GPa	20 GPa	-	-	-	-
1978 a 2002	-	28 GPa	32 GPa	35 GPa	-	-
2003 a 2017	-	-	25 GPa	28 GPa	31 GPa	35 GPa

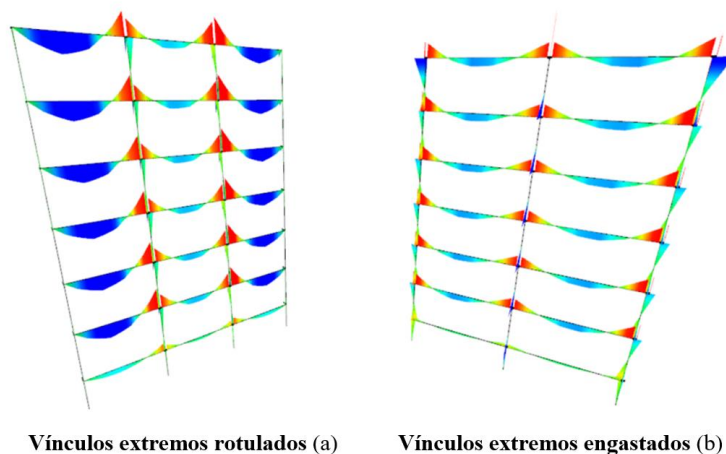
10.10 Definição das considerações de cálculo

10.10.1 Discretização das lajes e definição dos vínculos

Todas as lajes foram modeladas com barras adotando espaçamento de 100 cm entre elas nas duas direções e ângulo de 90°. Os Engenheiros estruturais e Professores entrevistados declararam que, a partir do surgimento e evolução dos *softwares* de análise estrutural, os vínculos considerados nos apoios extremos das vigas dos pórticos assumiram diferentes restrições permitindo análises mais complexas. A Tabela 10.20 apresenta os vínculos das extremidades das vigas considerados na modelagem dos pórticos das estruturas modelo, variando em função do período de projeto e número de pavimentos. As diferenças geradas nos esforços devido às mudanças dos vínculos podem ser observadas de maneira simplificada nos diagramas da Figura 10.13.

Tabela 10.20. Vínculos das vigas nos pilares de extremidade

Período	Pavimentos				
	2 a 4	5 a 8	9 a 12	13 a 20	acima de 20
1940 a 1959	rotulado	rotulado	rotulado	engastado	engastado
1960 a 1977	rotulado	rotulado	rotulado	engastado	engastado
1978 a 1987	rotulado	rotulado	engastado	engastado	engastado
1988 a 2002	rotulado	rotulado	engastado	engastado	engastado
2003 a 2005	engastado	engastado	engastado	engastado	engastado
2006 a 2013	engastado	engastado	engastado	engastado	engastado
2014 a 2017	engastado	engastado	engastado	engastado	engastado



Vínculos extremos rotulados (a) Vínculos extremos engastados (b)

Figura 10.13. Pórticos com vínculos rotulados (a) e engastados (b)

10.10.2 Consideração aproximada da não linearidade física

Nas estruturas modelo anteriores a 2003, não foram consideradas a não linearidade física e geométrica. A partir de 2003, as estruturas foram analisadas através de modelo elástico linear sendo a não linearidade física considerada de maneira aproximada, tomando-se como rigidez dos elementos estruturais os valores indicados no item 15.7.3 da NBR 6118 [70] e expressos neste trabalho no Capítulo 9.

Como o parâmetro usado como base no dimensionamento foi o deslocamento horizontal limite no topo da estrutura, em termos de estabilidade global, algumas estruturas possuem nós fixos e outras nós móveis. Nas estruturas de nós móveis, a não linearidade geométrica é considerada através da utilização do processo P-Delta também exposto no Capítulo 9.

10.11 Definição da manutenção das seções dos pilares ao longo da altura

Até o final dos anos 70, era comum a redução das seções dos pilares ao longo da altura da edificação como indicado na Figura 10.14. A partir dos anos 80, em geral, os pilares passaram a manter as seções

constantes ao longo da prumada. As seções constantes dos pilares foram adotadas nas estruturas modelo a partir de 1978.

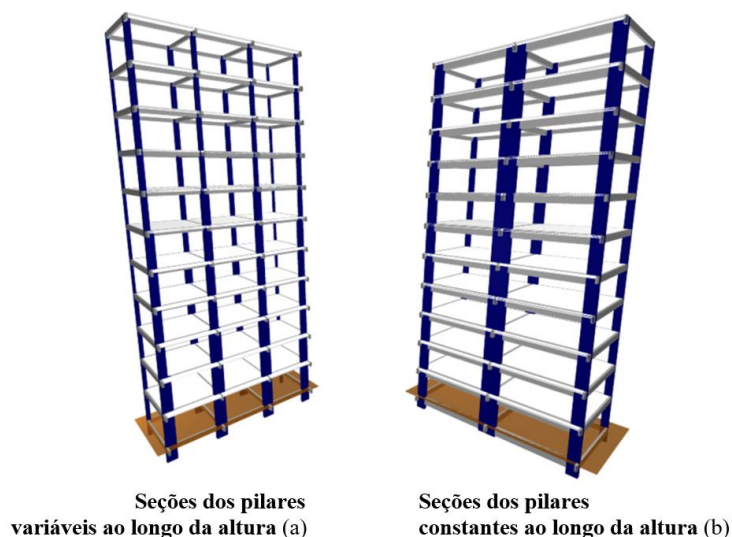


Figura 10.14. Variação das seções dos pilares ao longo da altura da estrutura

10.12 Nomenclatura das estruturas modelo

A partir dos códigos adotados nas diferentes classificações, as estruturas modelo são identificadas neste trabalho a partir de uma nomenclatura própria como exposto a seguir:

PN05PA04C25R83SD —————> PN05 | PA04 | C25 | R83 | SD

A nomenclatura acima corresponde a uma estrutura modelo de geometria retangular com relação b/h correspondente ao percentil de 83,3% projetada no período de 2003 a 2005 (NBR 6118:2003 e NBR 6123:1988), resistência à compressão do concreto de 25 MPa (agressividade II), 16 pavimentos (representando as edificações entre 13 e 20 pavimentos), área de 412 m² e assentada em solo classe D. Ações horizontais de vento, ações advindas de retração e variação de temperatura foram consideradas. Pilares com seção constante ao longo da prumada.

Neste outro exemplo:

PN02PA03C15T17SE → PN02 | PA03 | C15 | T17 | SE

A nomenclatura representa uma estrutura modelo de geometria “T” com relação b/h correspondente ao percentil de 16,7% projetada no período de 1960 a 1977 (NB-1:1960), resistência à compressão do concreto de 15 MPa, 11 pavimentos (representando as edificações entre 9 e 12 pavimentos), área de 398 m^2 sendo 49 m^2 na saliência e assentada em solo classe E. Ações horizontais de vento, ações advindas de retração e variação de temperatura não foram consideradas. Pilares com seção variável ao longo da prumada.

10.13 Consumos de materiais

Neste tópico são avaliados alguns quantitativos e custos das estruturas modelo. Os quantitativos informados correspondem aos pilares do térreo das estruturas e os custos foram compostos, apenas para efeitos de estimativas e comparações, a partir das informações fornecidas pela SEINFRA – Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará [109]. Os materiais considerados na avaliação de consumos e custos foram o concreto, com custo estimado de R\$ 371,49/ m^3 independente da resistência à compressão e o aço, com custo estimado de R\$ 9,09/kg. O custo foi composto da seguinte forma:

1. Os volumes de concreto e aço dos pilares do térreo são normalizados pelo volume total do edifício;
2. Os volumes normalizados são multiplicados pelo custo por volume do respectivo material;
3. Os custos da parcela de concreto e aço são somados.

Avaliando inicialmente as estruturas modelo ao longo dos períodos de tempo, independentemente do número de pavimentos e geometrias, o custo médio reduziu com o passar dos tempos. Observa-se na Tabela 10.21 uma redução de aproximadamente 38,0% das estruturas projetadas no período PN07 com relação às estruturas projetadas no período PN01. Esta redução é justificada pela evolução dos materiais, dos métodos e ferramentas de cálculo e das técnicas construtivas.

Tabela 10.21. Estruturas modelo segundo os períodos de tempo

	<i>Pa (kg)</i>	<i>Vc (m³)</i>	<i>As/Ac</i>	<i>Pa/Vc (kg/m³)</i>	<i>Custo (R\$/m³)</i>
PN01	8030	22,5	2,52%	342,3	4,45
PN02	6811	21,2	2,28%	309,9	3,89
PN03	5666	19,2	2,30%	294,3	3,38
PN04	5781	21,1	2,11%	275,1	3,32
PN05	4591	18,4	2,27%	265,9	2,74
PN06	4591	18,4	2,27%	265,9	2,74
PN07	4591	18,4	2,27%	265,9	2,74

Em função das classes de concreto, ou seja, sua resistência à compressão, como já era esperado, o aumento da classe se traduz em redução do custo, de forma que comparando o valor médio das estruturas de classe C40 com as estruturas de classe C12, há uma redução de aproximadamente 55,0% como exposto na Tabela 10.22.

Tabela 10.22. Estruturas modelo segundo as classes de concreto

	<i>Pa (kg)</i>	<i>Vc (m³)</i>	<i>As/Ac</i>	<i>Pa/Vc (kg/m³)</i>	<i>Custo (R\$/m³)</i>
C12	7074	20,0	2,46%	329,7	4,40
C15	6556	21,4	2,31%	304,3	3,83
C20	6014	21,9	2,43%	294,6	3,36
C25	4938	18,9	2,32%	277,9	2,91
C30	4320	17,5	2,23%	260,9	2,58
C40	3211	15,5	1,84%	215,8	2,01

A Tabela 10.23, apresenta as informações das estruturas modelo em função das formas geométricas, independente das demais variáveis (períodos de projeto, classe de concreto, relação b/h etc.). As estruturas de geometria retangular possuem menor custo.

Tabela 10.23. Estruturas modelo segundo as classes de forma

	<i>Pa (kg)</i>	<i>Vc (m³)</i>	<i>As/Ac</i>	<i>Pa/Vc (kg/m³)</i>	<i>Custo (R\$/m³)</i>
Retangular	3916	15,3	2,17%	259,9	2,93
L	5736	23,5	2,09%	258,5	2,97
T	6669	21,6	2,58%	319,1	3,26

Avaliando as classes de modelo das estruturas que traduzem, através da relação b/h da projeção do pavimento, a esbelteza dos edifícios, também como já é esperado, as estruturas mais esbeltas apresentam maior custo como exposto na Tabela 10.24.

Tabela 10.24. Estruturas modelo segundo as classes de modelo

	<i>Pa (kg)</i>	<i>Vc (m³)</i>	<i>As/Ac</i>	<i>Pa/Vc (kg/m³)</i>	<i>Custo (R\$/m³)</i>
17	4958	19,3	2,20%	268,4	2,95
50	5170	19,0	2,28%	277,8	3,02
83	5362	19,5	2,31%	280,9	3,13

A Tabela 10.25 apresenta as informações das estruturas modelo em função do número de pavimentos independente do período em que foram projetados. Os custos não apresentam uma clara relação com a

classificação do número de pavimentos, isto porque em cada classe existe, por conta do período em que foram projetados, uma grande variedade e limitação das geometrias das estruturas modelo.

Tabela 10.25. Estruturas modelo segundo os números de pavimentos

	<i>Pa (kg)</i>	<i>Vc (m³)</i>	<i>A_s/A_c</i>	<i>Pa/Vc (kg/m³)</i>	<i>Custo (R\$/m³)</i>
PA01	642	3,5	1,63%	184,8	2,87
PA02	1920	6,7	2,52%	285,8	3,13
PA03	3596	11,1	2,88%	325,0	3,00
PA04	5499	19,2	2,22%	285,0	3,09
PA05	8983	36,9	1,82%	244,0	3,02

10.14 Conclusão

Neste capítulo foi apresentada a metodologia de criação das estruturas modelo. Considerando os vários parâmetros apresentados neste capítulo como número de pavimentos, áreas construídas, geometrias, propriedades mecânicas etc. com valores definidos a partir da metodologia apresentada no Capítulo 6 somada à coleta de informações junto a Engenheiros projetistas da cidade, foram idealizadas 594 estruturas modelo representativas do parque edificado da cidade de Fortaleza, especificamente, os edifícios residenciais em concreto a partir de dois pavimentos construídos entre 1940 e 2017.

11. Distribuição das estruturas modelo por bairros

Com o objetivo de saber quais das estruturas modelo apresentadas no Capítulo 10 e em que quantidades estas devem ser distribuídas nos 120 bairros de Fortaleza seguindo o perfil do parque edificado apresentado no Capítulo 6, neste capítulo é apresentada a metodologia adotada e os resultados obtidos. Na explicação detalhada da metodologia serão usados como exemplo os bairros previamente selecionados no Capítulo 6: Aldeota, Cocó, Dionísio Torres, Meireles e Pici.

11.1 Distribuição nos bairros selecionados

A Tabela 11.1 apresenta, baseadas na metodologia descrita no Capítulo 6, as porcentagens de edifícios residenciais em concreto armado nos bairros selecionados, classificados por classe de pavimentos e formas (geometria).

Tabela 11.1. Porcentagem estimada de edifícios em Fortaleza e nos bairros selecionados

	Fortaleza	Aldeota	Cocó	Bairros Dionísio Torres	Meireles	Pici
Prédios baixos (de 2 a 4 pavimentos)	63,7%	20,5%	10,5%	42,3%	18,8%	70,0%
<i>Retangular</i>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Prédios baixos (de 5 a 8 pavimentos)	11,3%	14,5%	16,1%	10,4%	9,4%	0,0%
<i>Retangular</i>	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Prédios altos (de 9 a 12 pavimentos)	7,3%	20,8%	17,6%	16,9%	15,9%	0,0%
<i>Retangular</i>	64,8%	60,0%	66,7%	100,0%	46,2%	0,0%
<i>L</i>	11,0%	0,0%	0,0%	0,0%	15,4%	0,0%
<i>T</i>	24,2%	40,0%	33,3%	0,0%	38,5%	0,0%
Prédios altos (de 13 a 20 pavimentos)	11,0%	28,1%	26,6%	21,9%	30,6%	30,0%
<i>Retangular</i>	47,4%	34,5%	35,0%	27,3%	55,7%	50,0%
<i>L</i>	16,6%	6,9%	25,0%	18,2%	14,3%	50,0%
<i>T</i>	36,0%	58,6%	40,0%	54,5%	30,0%	0,0%
Prédios altos (acima de 20 pavimentos)	6,7%	16,1%	29,2%	8,5%	25,3%	0,0%
<i>Retangular</i>	30,6%	19,1%	38,5%	40,0%	33,6%	0,0%
<i>L</i>	25,4%	14,3%	20,5%	60,0%	27,6%	0,0%
<i>T</i>	44,0%	66,7%	41,0%	0,0%	38,8%	0,0%

Para a exposição da metodologia são usadas as estruturas retangulares de 13 a 20 pavimentos (PA04). Avaliando todas as estruturas da cidade de Fortaleza, com esta configuração, e avaliando os três modelos possíveis em termos da relação b/h como exposto no Capítulo 10, tem-se as estruturas com o percentil de 16,7% ($b/h_{(1)} = 1,4$), o percentil de 50,0% ($b/h_{(2)} = 2,5$) e o percentil 83,3% ($b/h_{(3)} = 3,6$) representando cada uma 33,3% das estruturas desta categoria da cidade de Fortaleza conforme metodologia descrita também no Capítulo 10.

Estas estruturas modelo com as relações b/h definidas pelo parque edificado total de Fortaleza para esta categoria, correspondem a diferentes percentis em cada bairro em função das distribuições individuais. A partir de cada percentil são definidas as porcentagens de ocorrências (quantidades) das três opções (modelos) das estruturas modelo em cada bairro.

A Figura 11.1 apresenta graficamente a determinação das porcentagens de ocorrência das estruturas retangulares de 13 a 20 pavimentos (PA04) nos bairros selecionados.

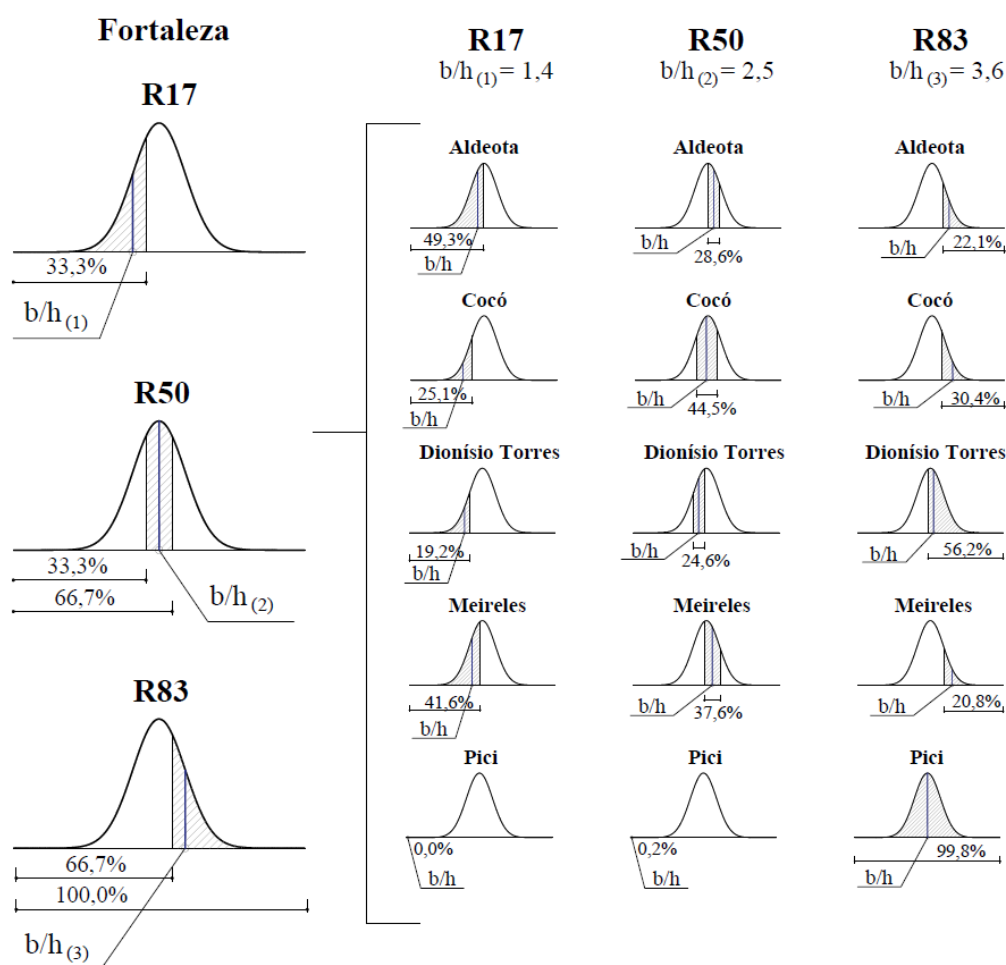


Figura 11.1. Porcentagens de ocorrência de edifícios retangulares PA04 nos bairros selecionados

A Tabela 11.2 à Tabela 11.12 apresentam a determinação das porcentagens de ocorrências (quantidades) das estruturas modelo nos bairros selecionados para todas as classificações de número de pavimentos, formas (geometria) e modelos (esbeltez).

Tabela 11.2. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 2 a 4 pavimentos

	Local	b/h		
		R17 1,4	R50 2,9	R83 4,3
Probabilidade (<b/h)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	6,23%	47,53%	92,10%
	Cocó	100,00%	-	-
	Dionísio Torres	16,77%	60,71%	93,71%
	Meireles	7,72%	70,28%	99,36%
	Pici	2,54%	17,41%	53,06%
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	26,9%	42,9%	30,2%
	Cocó	100,0%	0,0%	0,0%
	Dionísio Torres	38,7%	38,3%	22,9%
	Meireles	39,0%	45,8%	15,2%
	Pici	10,0%	25,3%	64,8%

Tabela 11.3. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 5 a 8 pavimentos

	Local	b/h		
		R17 1,3	R50 2,7	R83 4,1
Probabilidade (<b/h)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	25,07%	75,41%	97,97%
	Cocó	100,00%	-	-
	Dionísio Torres	11,70%	56,36%	93,45%
	Meireles	28,77%	59,22%	84,76%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	50,2%	36,4%	13,3%
	Cocó	100,0%	0,0%	0,0%
	Dionísio Torres	34,0%	40,9%	25,1%
	Meireles	44,0%	28,0%	28,0%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.4. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 9 a 12 pavimentos

	Local	b/h		
		R17 1,5	R50 2,4	R83 3,3
Probabilidade (<b/h)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	7,22%	50,23%	90,93%
	Cocó	15,23%	44,60%	77,49%
	Dionísio Torres	54,14%	100,00%	-
	Meireles	20,69%	94,32%	100,00%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	28,7%	42,9%	28,4%
	Cocó	29,9%	31,1%	39,0%
	Dionísio Torres	77,1%	22,9%	0,0%
	Meireles	57,5%	39,7%	2,8%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.5. Distribuição dos edifícios “L” por bairros - 9 a 12 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		L17	L50	L83
		1,7	2,5	3,2
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	-	-	-
	Cocó	-	-	-
	Dionísio Torres	-	-	-
	Meireles	33,41%	61,63%	84,62%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	0,0%	0,0%	0,0%
	Cocó	0,0%	0,0%	0,0%
	Dionísio Torres	0,0%	0,0%	0,0%
	Meireles	47,5%	25,6%	26,9%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.6. Distribuição dos edifícios “T” por bairros - 9 a 12 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		T17	T50	T83
		2,3	4,0	5,7
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	23,67%	78,07%	98,83%
	Cocó	30,21%	100,00%	-
	Dionísio Torres	-	-	-
	Meireles	13,59%	83,26%	99,88%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	50,9%	37,6%	11,6%
	Cocó	65,1%	34,9%	0,0%
	Dionísio Torres	0,0%	0,0%	0,0%
	Meireles	48,4%	43,1%	8,4%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.7. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros - 13 a 20 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		R17	R50	R83
		1,4	2,5	3,6
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	32,67%	66,03%	89,89%
	Cocó	4,37%	45,90%	93,36%
	Dionísio Torres	9,37%	29,09%	58,58%
	Meireles	19,17%	64,01%	94,40%
	Pici	0,0%	0,01%	0,42%
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	49,3%	28,6%	22,1%
	Cocó	25,1%	44,5%	30,4%
	Dionísio Torres	19,2%	24,6%	56,2%
	Meireles	41,6%	37,6%	20,8%
	Pici	0,0%	0,2%	99,8%

Tabela 11.8. Distribuição dos edifícios “L” por bairros - 13 a 20 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		L17 1,8	L50 3,2	L83 4,6
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	64,36%	99,49%	100,00%
	Cocó	3,00%	96,76%	100,00%
	Dionísio Torres	39,48%	100,00%	-
	Meireles	14,42%	96,83%	100,00%
	Pici	0,00%	0,05%	2,77%
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	81,9%	17,8%	0,3%
	Cocó	49,9%	48,5%	1,6%
	Dionísio Torres	69,7%	30,3%	0,0%
	Meireles	55,6%	42,8%	1,6%
	Pici	0,0%	1,4%	98,6%

Tabela 11.9. Distribuição dos edifícios “T” por bairros - 13 a 20 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		T17 2,0	T50 3,2	T83 4,4
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	19,11%	68,82%	96,82%
	Cocó	0,08%	36,69%	99,36%
	Dionísio Torres	26,23%	65,50%	92,42%
	Meireles	19,30%	60,14%	91,64%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	44,0%	38,9%	17,2%
	Cocó	18,4%	49,6%	32,0%
	Dionísio Torres	45,9%	33,1%	21,0%
	Meireles	39,7%	36,2%	24,1%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.10. Distribuição dos edifícios retangulares por bairros – acima de 20 pavimentos

	Local	<i>b/h</i>		
		R17 1,6	R50 2,8	R83 4,1
Probabilidade (< <i>b/h</i>)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	25,33%	85,71%	99,74%
	Cocó	6,94%	47,93%	91,57%
	Dionísio Torres	23,16%	42,70%	64,27%
	Meireles	12,61%	54,05%	91,12%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	55,5%	37,2%	7,3%
	Cocó	27,4%	42,3%	30,3%
	Dionísio Torres	32,9%	20,6%	46,5%
	Meireles	33,3%	39,3%	27,4%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.11. Distribuição dos edifícios “L” por bairros – acima de 20 pavimentos

	Local	b/h		
		L17	L50	L83
		1,9	2,6	3,3
Probabilidade (<b/h)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	23,11%	48,08%	73,86%
	Cocó	2,95%	41,02%	92,41%
	Dionísio Torres	11,99%	78,48%	99,70%
	Meireles	18,00%	53,44%	86,12%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	35,6%	25,4%	39,0%
	Cocó	22,0%	44,7%	33,3%
	Dionísio Torres	45,2%	43,9%	10,9%
	Meireles	35,8%	34,0%	30,2%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

Tabela 11.12. Distribuição dos edifícios “T” por bairros – acima de 20 pavimentos

	Local	b/h		
		T17	T50	T83
		2,2	3,3	4,3
Probabilidade (<b/h)	Fortaleza	16,67%	50,00%	83,33%
	Aldeota	26,44%	64,04%	91,13%
	Cocó	12,05%	56,00%	92,99%
	Dionísio Torres	-	-	-
	Meireles	11,40%	43,68%	81,26%
	Pici	-	-	-
Ocorrência (%)	Fortaleza	33,3%	33,3%	33,3%
	Aldeota	45,2%	32,3%	22,4%
	Cocó	34,0%	40,5%	25,5%
	Dionísio Torres	0,0%	0,0%	0,0%
	Meireles	27,5%	34,9%	37,5%
	Pici	0,0%	0,0%	0,0%

11.2 Quantidade de modelos nos bairros

A Tabela 11.13 apresenta por bairro o número de edifícios e a quantidade de estruturas modelo usadas para representar o parque edificado.

Tabela 11.13. Quantidade de estruturas modelo por bairros

Bairro	Quant.		Bairro	Quant.		Bairro	Quant.	
	edif.	modelo		edif.	modelo		edif.	modelo
Álvaro Weyne	47	13	Aerolândia	15	6	Aeroporto	2	1
Aldeota	591	70	Alto da Balança	12	6	Amadeu Furtado	35	14
Ancuri	-	-	Antônio Bezerra	43	15	Autran Nunes	6	2
Barra do Ceará	47	13	Barroso	44	7	Bela Vista	83	19
Benfica	83	27	Boa Vista	28	4	Bom Futuro	27	12
Bom Jardim	29	7	Bonsucesso	31	7	Cais do Porto	4	2
Cajazeiras	119	8	Cambeba	59	13	Canindezinho	4	2
Carlito Pamplona	43	14	Centro	245	55	Cidade 2000	12	11
Cid. dos Funcionários	84	15	Coaçu	-	-	Cocó	267	72

Conjunto Ceará I	4	3	Conj. Ceará II	-	-	Conj. Esperança	152	3
Conjunto Palmeiras	-	-	Couto Fernandes	26	9	Cristo Redentor	35	5
Curió	19	9	Damas	70	15	De Lourdes	6	5
Demócrito Rocha	16	6	Dendê	46	8	Dias Macêdo	51	7
Dionísio Torres	260	45	Dom Lustosa	34	8	Edson Queiroz	70	17
Eng. Luci. Cavalcante	92	41	Farias Brito	42	16	Fátima	264	56
Floresta	28	10	Genibaú	6	4	Granja Lisboa	28	6
Granja Portugal	6	4	Guajeru	5	5	Henrique Jorge	39	10
Itaoca	38	8	Itaperi	130	20	Jacarecanga	88	22
Jangurussu	300	11	Jardim América	28	13	Jardim Cearense	37	11
Jardim das Oliveiras	12	4	Jard. Guanabara	11	8	Jardim Iracema	14	10
José Bonifácio	63	26	João XXIII	6	3	Joaquim Távora	215	44
Jóquei Clube	59	19	José de Alencar	12	4	Lagoa Redonda	37	2
Manoel Sátiro	28	9	M. Dias Branco	50	15	Maraponga	101	20
Meireles	719	91	Messejana	156	24	Mondubim	209	16
Monte Castelo	35	7	Montese	163	27	Moura Brasil	1	1
Mucuripe	124	37	N. Mondubim	55	10	Olavo Oliveira	6	4
Padre Andrade	35	9	Pan-Americano	11	9	Papicu	167	41
Parangaba	140	20	Parque Araxá	8	5	Parq. Dois Irmãos	49	5
Parque Iracema	81	25	Parq. Manibura	15	8	P. Pres. Vargas	11	3
Parque Santa Maria	20	6	Parq. Santa Rosa	10	3	Parque São José	5	5
Parquelândia	80	27	Parreão	76	16	Passaré	141	15
Patriolino Ribeiro	95	38	Paupina	11	5	Pedras	408	6
Pici	40	9	Pirambu	1	1	Pl. Ayrton Senna	36	3
Praia de Iracema	50	19	Praia do Futuro I	61	16	Praia do Futuro II	57	10
Prefeito José Walter	279	7	Pres. Kennedy	125	23	Quintino Cunha	24	6
Rodolfo Teófilo	60	22	Sabiaguaba	-	-	Salinas	16	5
São Bento	9	5	São Gerardo	126	24	S. João do Tauape	110	23
Sapiranga	23	6	Serrinha	33	14	Siqueira	128	7
Varjota	78	20	Vicente Pinzon	115	22	Vila Ellery	13	8
Vila Pery	25	7	Vila União	79	15	Vila Velha	45	11

Usando o bairro da Aldeota como exemplo, tem-se nas tabelas a seguir a quantidade de cada uma das 70 estruturas modelo que representam os 591 edifícios residenciais em concreto armado do bairro. Na Tabela 11.14 são apresentadas estas informações relativas aos períodos de tempo PN01 a PN04 (1940 a 2002).

Tabela 11.14. Estruturas representativas período PN01 a PN04 - bairro Aldeota

Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.
PN01	PA01	R	17	1	PN02	PA01	R	17	18	PN03	PA01	R	17	9	PN04	PA01	R	17	3
			50	2				50	29				50	15				50	5
			83	2				83	21				83	11				83	3
	PA02	R	17	-		PA02	R	17	2		PA02	R	17	31		PA02	R	17	11
			50	-				50	1				50	22				50	8
			83	-				83	-				83	8				83	3
	PA03	R	17	-		PA03	R	17	-		PA03	R	17	11		PA03	R	17	10
			50	-				50	1				50	16				50	14
			83	-				83	-				83	11				83	10
	PA03	T	17	-		PA03	T	17	-		PA03	T	17	13		PA03	T	17	11
			50	-				50	-				50	10				50	8
			83	-				83	-				83	3				83	3
	PA03	L	17	-		PA03	L	17	-		PA03	L	17	-		PA03	L	17	-
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA04	R	17	-		PA04	R	17	-		PA04	R	17	3		PA04	R	17	22
			50	-				50	-				50	2				50	13
			83	-				83	-				83	1				83	10
	PA04	T	17	-		PA04	T	17	-		PA04	T	17	4		PA04	T	17	34
			50	-				50	-				50	4				50	30
			83	-				83	-				83	2				83	13
	PA04	L	17	-		PA04	L	17	-		PA04	L	17	1		PA04	L	17	7
			50	-				50	-				50	-				50	2
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA05	R	17	-		PA05	R	17	-		PA05	R	17	-		PA05	R	17	3
			50	-				50	-				50	-				50	2
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA05	T	17	-		PA05	T	17	-		PA05	T	17	-		PA05	T	17	9
			50	-				50	-				50	-				50	6
			83	-				83	-				83	-				83	4
	PA05	L	17	-		PA05	L	17	-		PA05	L	17	-		PA05	L	17	2
			50	-				50	-				50	-				50	1
			83	-				83	-				83	-				83	2

Neste período, por ser recomendado na norma de projetos de estruturas que fossem previstas juntas de dilatação a cada 30 m de dimensão do edifício, as estruturas modelo com mais de 30 m de dimensão, e que estão destacadas na Tabela 11.14, não foram adotadas, sendo suas quantidades redistribuídas entre os demais modelos. As quantidades ajustadas das estruturas modelo PN01 a PN04 do bairro Aldeota estão expostas na Tabela 11.15.

Tabela 11.15. Estruturas representativas ajustadas período PN01 a PN04 - bairro Aldeota

Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.
PN01	PA01	R	17	2	PN02	PA01	R	17	26	PN03	PA01	R	17	13	PN04	PA01	R	17	4
			50	3				50	42				50	22				50	7
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA02	R	17	-		PA02	R	17	2		PA02	R	17	36		PA02	R	17	13
			50	-				50	1				50	25				50	9
			83	-				83	-				83	-				83	-
		R	17	-			R	17	-			R	17	15			R	17	14
			50	-				50	1				50	23				50	20
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA03	T	17	-		PA03	T	17	-		PA03	T	17	26		PA03	T	17	22
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
		L	17	-			L	17	-			L	17	-			L	17	-
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA04	R	17	-		PA04	R	17	-		PA04	R	17	4		PA04	R	17	28
			50	-				50	-				50	2				50	17
			83	-				83	-				83	-				83	-
		T	17	-			T	17	-			T	17	10			T	17	77
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
		L	17	-			L	17	-			L	17	1			L	17	7
			50	-				50	-				50	-				50	2
			83	-				83	-				83	-				83	-
	PA05	R	17	-		PA05	R	17	-		PA05	R	17	-		PA05	R	17	5
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
		T	17	-			T	17	-			T	17	-			T	17	19
			50	-				50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-				83	-
		L	17	-			L	17	-			L	17	-			L	17	3
			50	-				50	-				50	-				50	2
			83	-				83	-				83	-				83	-

Na Tabela 11.16 são indicadas as quantidades de cada estrutura modelo representativas do bairro da Aldeota nos períodos de tempo PN05 a PN07 (2003 a 2017).

Tabela 11.16. Estruturas representativas período PN05 a PN07 - bairro Aldeota

Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.	Estrutura				Qnt.
PN05	PA01	R	17	-	PN06	PA01	R	17	1	PN07	PA01	R	17	-
			50	-				50	1				50	-
			83	-				83	1				83	-
	PA02	R	17	1		PA02	R	17	-		PA02	R	17	-
			50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-
	PA03	R	17	-		PA03	R	17	-		PA03	R	17	-
			50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-
	PA03	T	17	-		PA03	T	17	-		PA03	T	17	-
			50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-
	PA03	L	17	-		PA03	L	17	-		PA03	L	17	-
			50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-
	PA04	R	17	2		PA04	R	17	1		PA04	R	17	-
			50	1				50	1				50	-
			83	1				83	1				83	-
	PA04	T	17	2		PA04	T	17	2		PA04	T	17	-
			50	2				50	2				50	-
			83	1				83	1				83	-
	PA04	L	17	1		PA04	L	17	-		PA04	L	17	-
			50	-				50	-				50	-
			83	-				83	-				83	-
PN05	PA05	R	17	1	PN06	PA05	R	17	5	PN07	PA05	R	17	-
			50	1				50	3				50	-
			83	-				83	1				83	-
	PA05	T	17	4		PA05	T	17	14		PA05	T	17	1
			50	3				50	10				50	1
			83	2				83	7				83	1
	PA05	L	17	1		PA05	L	17	2		PA05	L	17	-
			50	-				50	2				50	-
			83	1				83	3				83	-

11.3 Conclusão

A metodologia apresentada neste capítulo permitiu a distribuição nos 120 bairros de Fortaleza das estruturas modelo idealizadas no Capítulo 10. Foram, portanto, definidos quais e quantos modelos estruturais representam o parque edificado residencial em cada bairro. Os resultados das análises individuais de cada estrutura modelo conduzirão assim à previsão da influência das ações sísmicas não só da cidade, mas também, dos bairros individualmente.

12. Análise das estruturas modelo

Neste capítulo, conhecendo o solo da cidade de Fortaleza já apresentado no Capítulo 7 e as estruturas modelo idealizadas no Capítulo 10, o método de cálculo escolhido e justificado no Capítulo 8 será aplicado nas estruturas modelo. Combinando todas as possibilidades de variações das características e propriedades do parque edificado, foram confeccionadas 594 estruturas modelo sendo cada uma delas analisadas em solo de classe D e E perfazendo 1.188 situações. As estruturas foram modeladas no Eberick 2019 e em seguida exportadas para o SAP 2000 v20 sendo adotados os seguintes critérios:

1. As lajes foram modeladas por barras distantes 100 *cm* entre si e nas duas direções perpendiculares. Por tratar-se de uma avaliação de um parque edificado completo de uma cidade com diferentes períodos normativos e construtivos, com uso de diferentes tipos de lajes (incluindo lajes pré-moldadas), com presença de irregularidades em planta (T e L) e, como por conta da grande quantidade de modelos e incertezas envolvidas, não foram verificadas as deformabilidades dos diafragmas conforme a NBR 15421 [9] para poder considerá-los rígidos, foram consideradas nas análises as rigidezes das lajes;
2. Como a NBR 15421 [9] não faz referência ao módulo de elasticidade a ser adotado na avaliação sísmica de estruturas existentes e considerando o estado fissurado das peças em concreto, foi adotado nas análises 50,0% de E_{ci} conforme indicado no EUROCÓDIGO 8 [61];
3. Não foi considerada nas análises a rigidez dos painéis de alvenarias. Para estimar a influência dos painéis nos períodos das estruturas e conseqüentemente nas ações sísmicas, um edifício de 3 pavimentos pode variar os valores do período fundamental de 0,8s a 0,4s, sendo o primeiro

período correspondente ao pórtico de concreto armado sem fechamentos e o segundo período correspondente à consideração de painéis de alvenaria de vedação de baixa rigidez. Considerando fechamentos com alvenarias de maior rigidez, o período fundamental passa a ser da ordem de 0,3s, levando a uma redução de aproximadamente 60,0% no período em relação ao pórtico em concreto [110].

Estes critérios influenciam consideravelmente nas ações sísmicas determinadas pelo método dinâmico espectral por conta dos elevados períodos em decorrência da baixa rigidez. Mesmo assim, como segundo a norma sísmica brasileira, o método espectral é verificado pelo MFHE, os critérios foram mantidos e adotados.

12.1 Períodos das estruturas modelo

Os períodos das estruturas modelo foram calculados por extração modal e de modo aproximado. Por extração modal, para capturar no mínimo 90,0% da massa total, foram considerados 12 modos nas estruturas PA01, PA02, PA03 e PA04 e 20 modos nas estruturas PA05. No modo aproximado, foi usada a Equação (8.7) indicada na NBR 15421 [9]. Em todas as estruturas modelo analisadas, o período da estrutura definido pelo método aproximado é inferior ao período encontrado por extração modal como indicado na Figura 12.1.

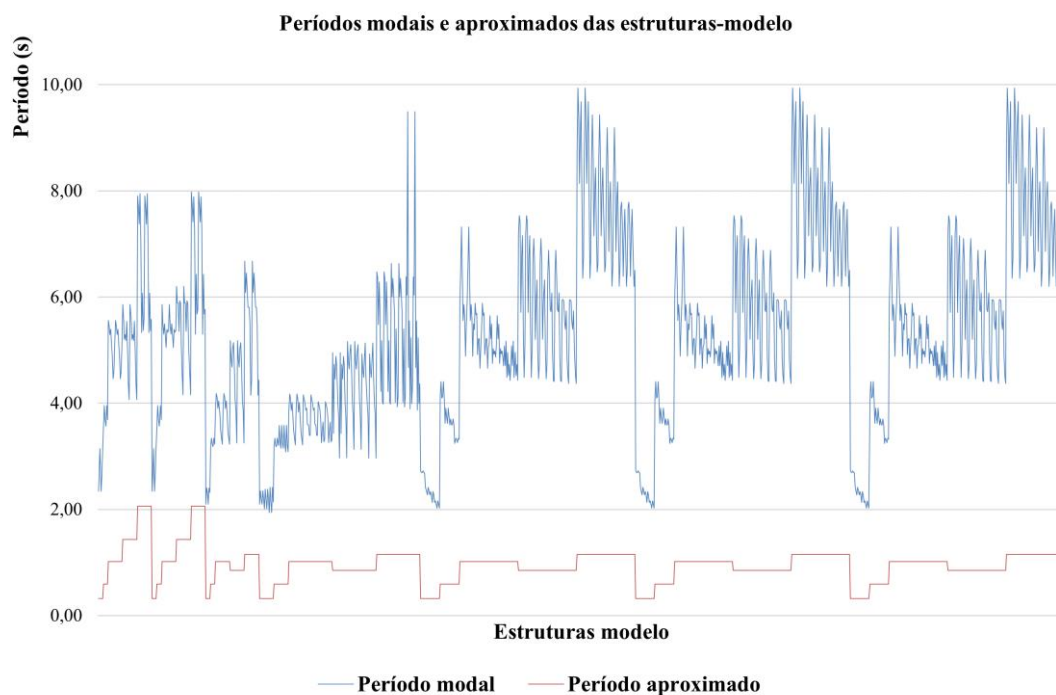


Figura 12.1. Períodos modais e analíticos das estruturas modelo

Nos gráficos da Figura 12.2 e Figura 12.3 estão apresentados os valores dos períodos das estruturas modelo sobrepostos nos espectros de respostas da NBR 15421 [9] em solo D e E respectivamente.

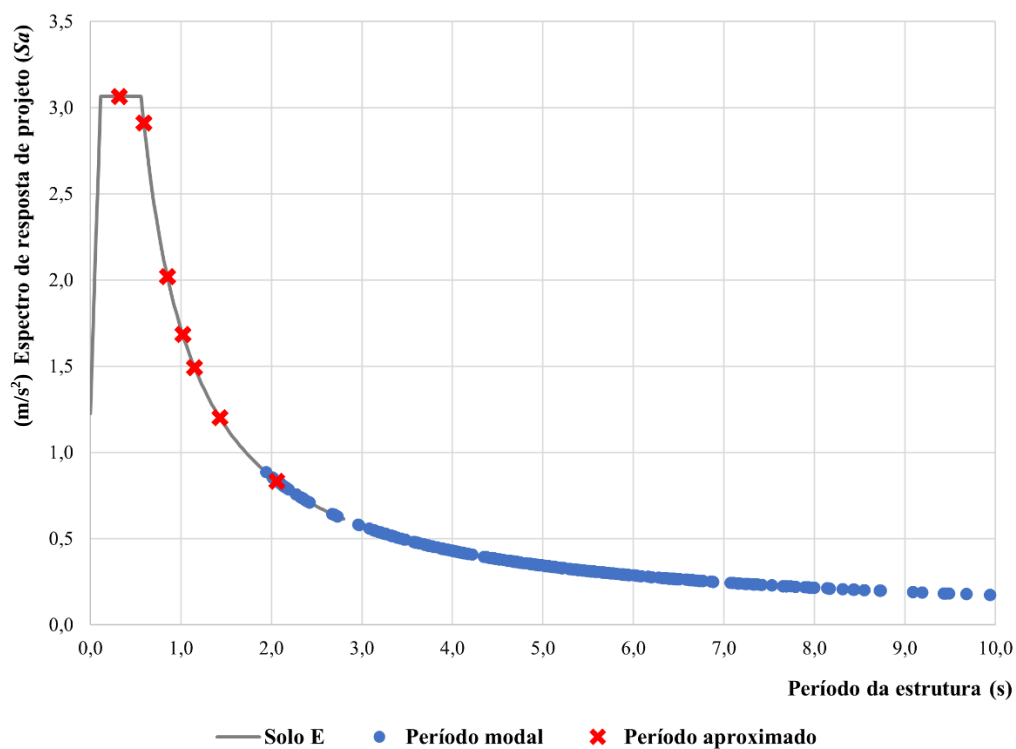


Figura 12.2. Períodos das estruturas modelo sobrepostos no espectro de resposta solo D

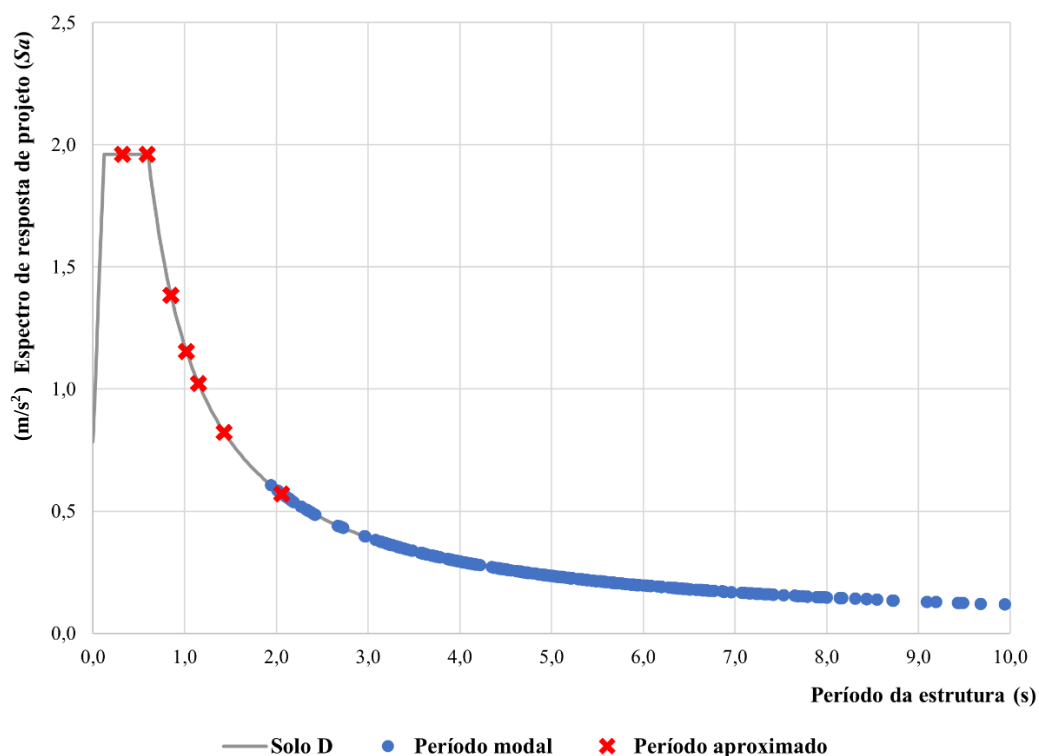


Figura 12.3. Períodos das estruturas modelo sobrepostos no espectro de resposta solo E

Observando os períodos determinados de modo aproximado, todas as estruturas PA01 possuem período de 0,32s, todas as estruturas PA02 possuem período de 0,59s e todas as estruturas PA03 possuem período 1,02s. As estruturas PA04 e PA05 variam os valores dos períodos em função do período de tempo no qual foram projetadas. Nos períodos de tempo PN01 e PN02 (de 1940 a 1977) como foi considerada a variação das seções dos pilares ao longo da altura, como exposto no Capítulo 10, o sistema sismo-resistente adotado para cálculo do período analítico foi apenas pórtico em concreto. Já a partir de 1978, o sistema sismo-resistente passou a considerar a rigidez dos pilares-parede de concreto visto que estes mantêm seção constante até o topo da estrutura. Nos períodos de tempo PN01 e PN02 as estruturas PA04 e PA05 possuem períodos 1,43s e 2,06s respectivamente e nos demais períodos de tempo possuem períodos 0,85s e 1,15s.

Em solo D, as estruturas PA01 e PA02 encontram-se no patamar do espectro de resposta e em solo E, apenas as estruturas PA01.

As diferenças entre os períodos obtidos pelos dois métodos considerados são avaliadas a seguir. Os valores obtidos por extração modal apresentaram-se de 2,6 a 9,8 vezes superiores aos valores obtidos pelo método aproximado. As estruturas foram separadas em quatro categorias de diferenças de períodos, ΔT : ΔT_1 , os períodos modais são de 2,6 a 4,4 vezes superiores aos aproximados, ΔT_2 , os períodos modais

são de 4,4 a 6,2 vezes superiores aos aproximados, ΔT_3 , os períodos modais são de 6,2 a 8,0 vezes superiores aos aproximados e ΔT_4 , os períodos modais são de 8,0 a 9,8 vezes superiores aos aproximados.

As estruturas modelo classificadas como ΔT_1 correspondem a 15,8% do total. A grande maioria delas foi projetada no período PN04 (44,7%), é do tipo PA03 (42,6%), possui classe de concreto C15 (44,7%), possui forma “L” (43,6%) e possui modelo 83 (40,4%). As estruturas modelo classificadas como ΔT_2 correspondem a 45,1% do total. A grande maioria delas foi projetada nos períodos PN05, PN06 e PN07 (22,8% em cada), é do tipo PA03 (42,2%), possui classe de concreto C25 (23,9%), possui forma “L” (40,7%) e possui modelo 17 (36,6%). As estruturas modelo classificadas como ΔT_3 correspondem a 31,6% do total. A grande maioria delas foi projetada nos períodos PN05, PN06 e PN07 (30,3% em cada), é do tipo PA05 (33,5%), possui classe de concreto C25 (25,0%), possui forma retangular “R” (61,7%) e possui modelo 17 (36,2%). As estruturas modelo classificadas como ΔT_4 correspondem a 7,4% do total. A grande maioria delas foi projetada nos períodos PN05, PN06 e PN07 (29,5% em cada), é do tipo PA04 (40,9%), possui classe de concreto C20 (68,2%), possui forma retangular “R” (86,4%) e possui modelo 50 (45,5%). As informações completas de cada categoria estão expostas na Tabela 12.1 à Tabela 12.4.

Tabela 12.1. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_1

Classe de períodos de tempo						
PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07
20,2%	19,1%	12,8%	44,7%	1,1%	1,1%	1,1%
Classe de pavimentos						
PA01	PA02	PA03		PA04	PA05	
0,0%	0,0%	42,6%		25,5%	31,9%	
Classe de concreto						
C12	C15	C20	C25	C30	C40	
20,2%	44,7%	17,0%	14,9%	0,0%	3,2%	
Classe de forma						
R	T			L		
26,6%	29,8%			43,6%		
Classe de modelo						
17	50			83		
27,7%	31,9%			40,4%		

Tabela 12.2. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_2

Classe de períodos de tempo						
PN01 3,4%	PN02 3,7%	PN03 6,7%	PN04 17,9%	PN05 22,8%	PN06 22,8%	PN07 22,8%
Classe de pavimentos						
PA01 0,4%	PA02 11,9%	PA03 42,2%		PA04 24,6%	PA05 20,9%	
Classe de concreto						
C12 3,7%	C15 10,1%	C20 23,1%	C25 23,9%	C30 19,0%	C40 20,1%	
Classe de forma						
R 34,0%			T 25,4%		L 40,7%	
Classe de modelo						
17 36,6%		50 32,8%			83 30,6%	

Tabela 12.3. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_3

Classe de períodos de tempo						
PN01 1,6%	PN02 1,6%	PN03 1,6%	PN04 4,3%	PN05 30,3%	PN06 30,3%	PN07 30,3%
Classe de pavimentos						
PA01 21,3%	PA02 11,7%	PA03 4,8%	PA04 28,7%	PA05 33,5%		
Classe de concreto						
C12 3,2%	C15 3,2%	C20 22,3%	C25 25,0%	C30 23,9%	C40 22,3%	
Classe de forma						
R 61,7%		T 31,9%			L 6,4%	
Classe de modelo						
17 36,2%		50 31,9%			83 31,9%	

Tabela 12.4. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔT_4

Classe de períodos de tempo						
PN01 4,5%	PN02 4,5%	PN03 0,0%	PN04 2,3%	PN05 29,5%	PN06 29,5%	PN07 29,5%
Classe de pavimentos						
PA01 29,5%	PA02 0,0%	PA03 0,0%	PA04 40,9%	PA05 29,5%		
Classe de concreto						
C12 9,1%	C15 0,0%	C20 68,2%	C25 15,9%	C30 6,8%	C40 0,0%	
Classe de forma						
R 86,4%	T 13,6%	L 0,0%				
Classe de modelo						
17 13,6%	50 45,5%	83 40,9%				

12.2 Forças sísmicas

As forças sísmicas atuantes nas estruturas modelo foram determinadas pelo método dinâmico espectral, usando os períodos obtidos por extração modal; e pelo método estático das forças horizontais equivalentes (MFHE), usando os períodos obtidos pelo método aproximado. O método espectral passa por verificação conforme exposto no item 10.4 da norma sísmica brasileira e discutido no Capítulo 8.

A seguir são apresentadas de uma forma geral os valores das forças sísmicas em porcentagem do peso da estrutura (%W) aplicadas na base das 1.188 simulações. Como esperado, os valores obtidos nas análises estáticas são superiores aos obtidos nas análises espectrais. Nos gráficos da Figura 12.4 e Figura 12.5 são apresentadas respectivamente as ações estáticas (MFHE), espectrais e espectrais verificadas nos eixos x e y. São traçados os gráficos a partir dos valores individuais de cada estrutura modelo e as tendências lineares.

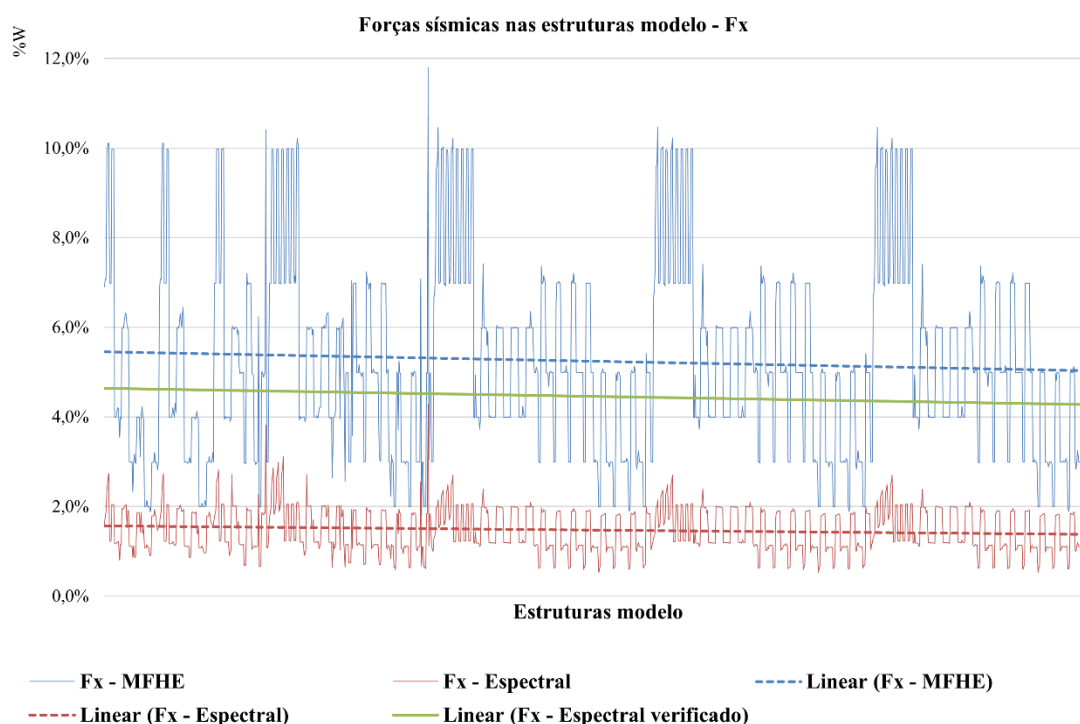


Figura 12.4. Forças sísmicas nas estruturas modelo - Fx

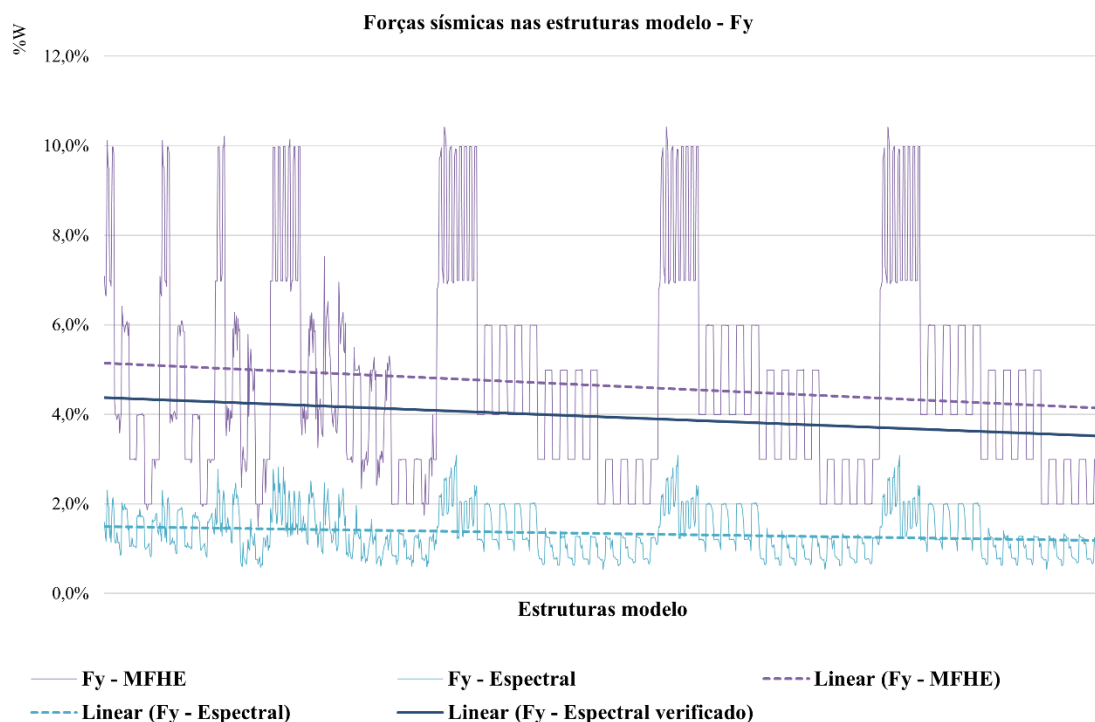


Figura 12.5. Forças sísmicas nas estruturas modelo – F_y

A partir das forças obtidas nas duas direções ortogonais, de acordo com a NBR 15421 [9], as respostas finais podem ser obtidas através da raiz quadrada da soma dos quadrados. O gráfico da Figura 12.6 apresenta a situação geral das ações finais nas estruturas modelo.

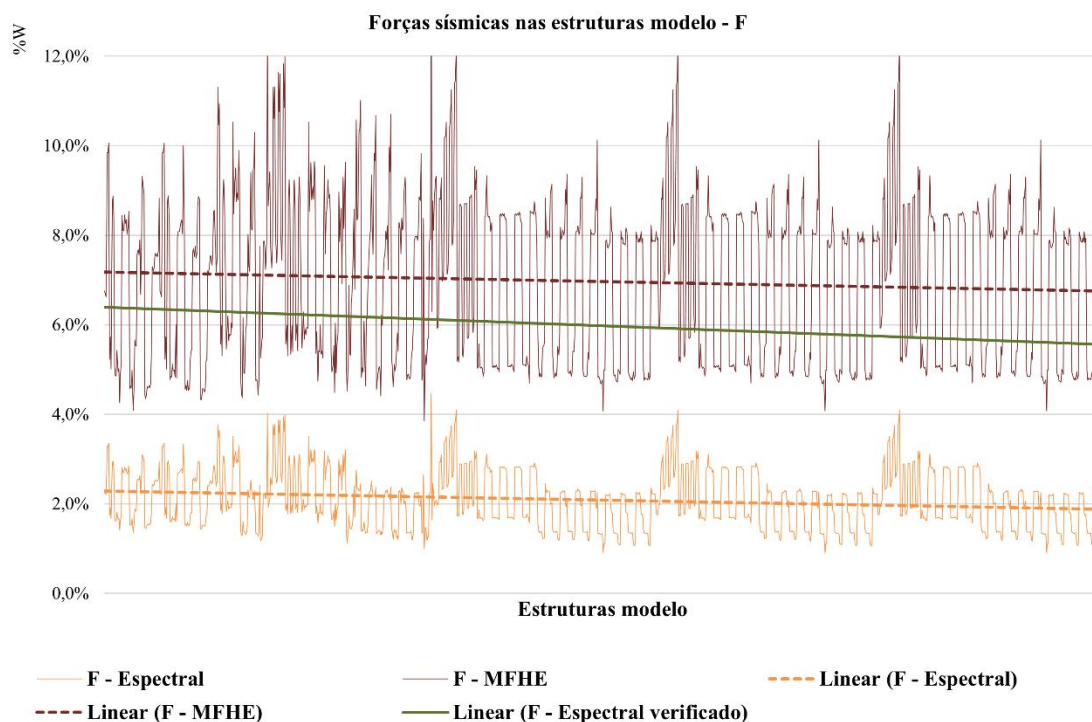


Figura 12.6. Forças sísmicas nas estruturas modelo - F

As ações sísmicas consideradas neste trabalho serão, portanto, as obtidas pelo método espectral verificado.

12.3 Relação entre forças sísmicas (S) e forças de vento (V)

Como parâmetro de avaliação das ações sísmicas e indicação de vulnerabilidade, neste trabalho, será utilizada a relação entre as possíveis ações sísmicas (S) e as ações de vento (V) atuantes nas estruturas componentes do parque edificado da cidade de Fortaleza. Essa relação é chamada de parâmetro S/V. A comparação entre as ações sísmicas e as ações de vento nas estruturas constitui uma forma de avaliar a influência sísmica nas edificações tendo sido abordada em vários outros trabalhos como Taranath [111], Murty *et al.* [112] e Meskouris *et al.* [113].

As ações sísmicas são determinadas de acordo com os métodos de cálculo abordados no Capítulo 8 e as ações de vento são determinadas seguindo a NBR 6123 [7] sendo considerados os seguintes parâmetros: velocidade de vento de 30 m/s, fator topográfico S1 igual a 1,0, rugosidade do terreno III (terrenos planos ou ondulados com obstáculos) e fator estatístico S3 igual a 1,0 (edificações para hotéis e residências). As ações de vento são majoradas em 1,4 conforme determinado na NBR 8681 [11].

Avaliando todas as estruturas modelo e comparando as ações sísmicas e de vento em porcentagem do peso total da estrutura (%W) pôde-se confeccionar os gráficos a seguir. Na Figura 12.7 e Figura 12.8 são apresentadas as ações nas direções x e y respectivamente.

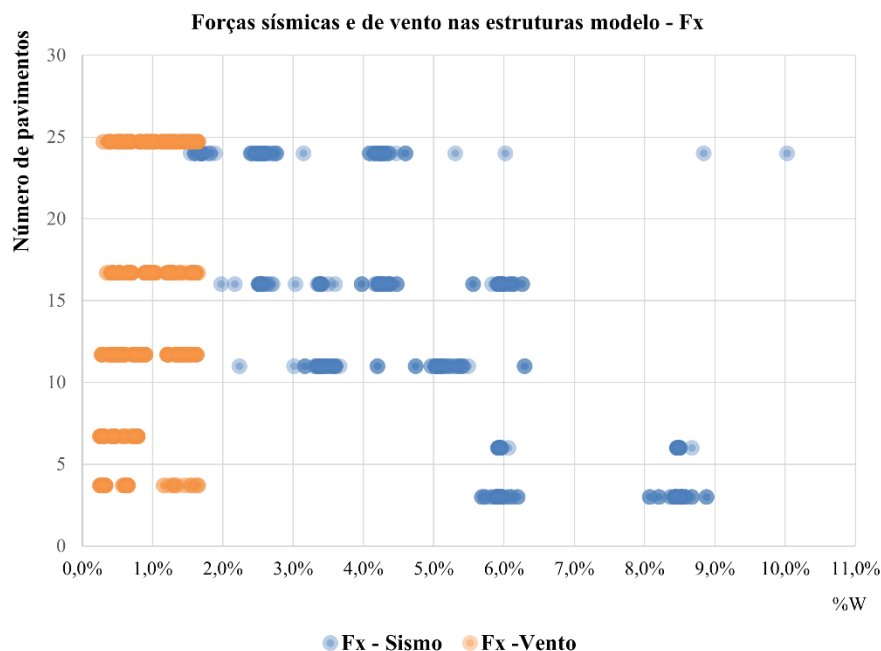


Figura 12.7. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo - Fx

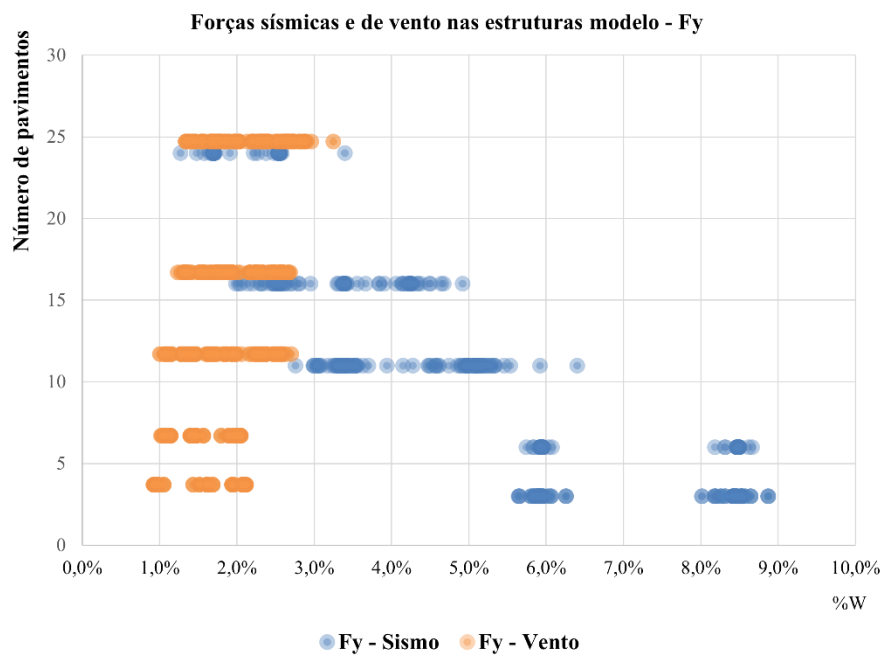


Figura 12.8. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo – Fy

Tanto na direção x quanto y, nas estruturas de 3 e 6 pavimentos (PA01 e PA02) as ações sísmicas sempre superam as ações de vento. Nas estruturas de 11 pavimentos (PA03) as ações sísmicas também superam as ações de vento sendo que na direção y em algumas situações as ações praticamente igualam-se. Nas estruturas de 16 pavimentos (PA04) na direção x as ações sísmicas continuam superando as ações de vento e na direção y em muitos casos, as ações de vento superam as ações sísmicas. Nas estruturas de 24 pavimentos (PA05), na direção x, em algumas situações, as ações de vento superam as ações sísmicas e, na direção y, na maioria dos casos, as ações de vento superam as ações sísmicas.

Para efeito de comparação, as ações de vento nas duas direções também foram combinadas através da raiz quadrada da soma dos quadrados gerando ações finais. Em termos de ações finais, as ações de vento só passam a superar as ações sísmicas nos edifícios de classe PA05 como mostra o gráfico da Figura 12.9.

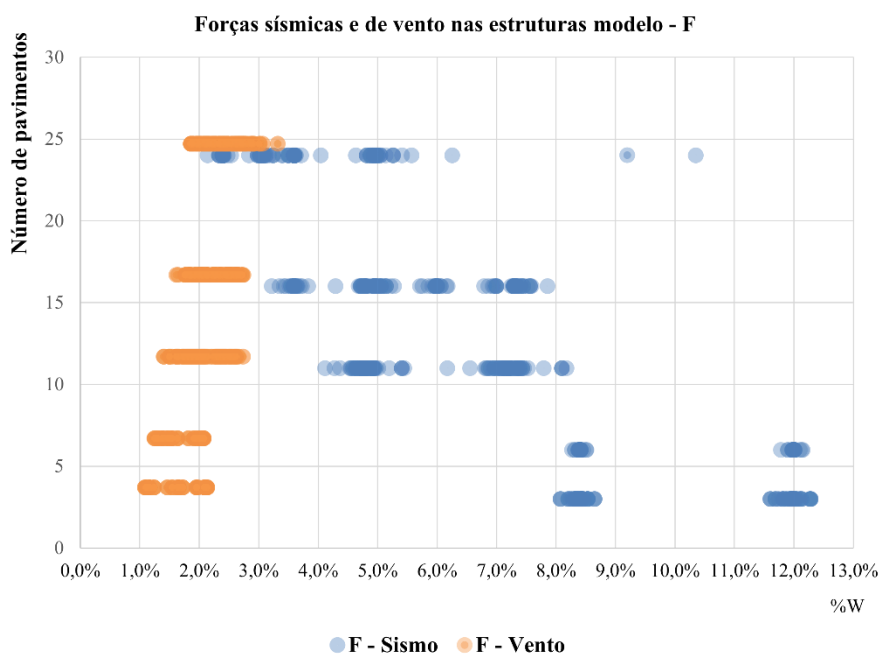


Figura 12.9. Forças sísmicas e de vento nas estruturas modelo - F

12.4 Direção determinante das ações para a avaliação do parâmetro S/V

Para avaliar, mesmo que de forma aproximada, a interferência das ações sísmicas no dimensionamento das estruturas modelo, estas foram submetidas às ações de vento e sismo e avaliada a variação no

consumo de aço. Foram escolhidas para esse fim, estruturas do período PN05 e classe de concreto C30. As estruturas sofrem variação quanto ao número de pavimentos, forma, modelo e solo.

Neste processo simplificado, as cargas sísmicas foram aplicadas na base das estruturas, sem distribuição ao longo dos pavimentos. Os coeficientes de majoração e combinação previstos na NBR 8681 [11] foram considerados.

A Tabela 12.5 apresenta a relação entre as ações sísmicas e de vento nas direções x e y, a ação final combinada e a variação do consumo de aço nos pilares do térreo (relação entre o consumo de aço da estrutura submetida às ações sísmicas e o consumo de aço da estrutura submetida às ações de vento).

Tabela 12.5. Relação entre as ações e consumos de aço das estruturas modelo - ações sísmicas e de vento

Nomenclatura	Sismo/Vento				Nomenclatura	Sismo/Vento			
	x	y	final	Consumo de aço		x	y	final	Consumo de aço
PN05PA01C30R50SD	18,33	3,67	5,07	3,64	PN05PA04C30T83SD	8,18	0,99	1,88	1,41
PN05PA01C30R50SE	26,14	5,24	7,27	5,44	PN05PA04C30L83SD	2,59	1,14	1,47	0,45
PN05PA02C30R50SD	13,34	4,02	5,43	3,17	PN05PA04C30R83SE	14,13	1,73	2,93	1,57
PN05PA02C30R50SE	18,99	5,72	7,75	4,06	PN05PA04C30T83SE	11,45	1,64	2,77	1,77
PN05PA03C30R50SD	5,86	1,74	2,36	1,83	PN05PA04C30L83SE	4,32	1,90	2,46	0,53
PN05PA03C30T50SD	6,41	1,43	1,97	1,26	PN05PA05C30R83SD	6,58	0,62	1,11	0,53
PN05PA03C30L50SD	2,46	2,46	2,44	1,28	PN05PA05C30T83SD	4,79	0,64	1,13	0,65
PN05PA03C30R50SE	8,77	2,62	3,54	3,59	PN05PA05C30L83SD	1,50	0,86	1,06	0,52
PN05PA03C30T50SE	9,57	2,14	2,96	2,54	PN05PA05C30R83SE	10,95	0,93	1,79	0,82
PN05PA03C30L50SE	3,68	3,68	3,67	2,41	PN05PA05C30T83SE	7,98	0,96	1,84	1,29
PN05PA04C30R50SD	6,55	1,31	2,43	1,33	PN05PA05C30L83SE	2,25	1,29	1,58	0,52
PN05PA04C30T50SD	6,13	1,13	2,10	1,32	PN05PA01C30R17SD	9,31	6,02	7,15	4,12
PN05PA04C30L50SD	1,98	1,36	1,59	0,55	PN05PA01C30R17SE	13,35	8,63	10,20	4,93
PN05PA04C30R50SE	9,19	2,18	3,58	1,44	PN05PA02C30R17SD	7,59	5,25	6,07	3,27
PN05PA04C30T50SE	8,59	1,89	3,10	1,78	PN05PA02C30R17SE	10,78	7,45	8,69	3,72
PN05PA04C30L50SE	3,31	2,27	2,64	0,61	PN05PA03C30R17SD	4,02	2,46	2,95	1,41
PN05PA05C30R50SD	4,96	0,74	1,30	0,67	PN05PA03C30T17SD	4,57	2,04	2,63	1,63
PN05PA05C30T50SD	3,92	0,71	1,26	0,70	PN05PA03C30L17SD	2,08	2,94	2,40	1,21
PN05PA05C30L50SD	1,29	1,01	1,12	0,52	PN05PA03C30R17SE	6,02	3,68	4,43	2,74
PN05PA05C30R50SE	8,27	1,10	2,11	1,31	PN05PA03C30T17SE	6,89	3,05	3,95	2,91
PN05PA05C30T50SE	6,55	1,07	2,04	1,23	PN05PA03C30L17SE	3,12	4,41	3,61	1,54
PN05PA05C30L50SE	1,93	1,51	1,67	0,53	PN05PA04C30R17SD	4,44	1,63	2,70	1,81
PN05PA01C30R83SD	22,92	2,86	3,98	3,12	PN05PA04C30T17SD	4,73	1,46	2,56	1,57
PN05PA01C30R83SE	32,61	4,12	5,73	4,39	PN05PA04C30L17SD	1,57	1,86	1,70	0,64
PN05PA02C30R83SD	20,11	2,97	4,15	3,14	PN05PA04C30R17SE	6,21	2,72	3,99	2,41
PN05PA02C30R83SE	28,75	4,24	5,93	3,81	PN05PA04C30T17SE	6,63	2,43	3,77	2,96
PN05PA03C30R83SD	7,75	1,43	1,99	1,53	PN05PA04C30L17SE	2,61	3,10	2,83	0,70
PN05PA03C30T83SD	8,35	1,35	1,88	1,36	PN05PA05C30R17SD	2,72	0,95	1,51	0,64
PN05PA03C30L83SD	2,78	2,02	2,31	1,26	PN05PA05C30T17SD	3,10	1,01	1,63	0,66
PN05PA03C30R83SE	11,57	2,14	2,98	2,73	PN05PA05C30L17SD	1,12	1,19	1,16	0,69
PN05PA03C30T83SE	12,53	2,02	2,83	3,07	PN05PA05C30R17SE	4,54	1,42	2,45	1,14
PN05PA03C30L83SE	4,19	3,03	3,47	2,36	PN05PA05C30T17SE	5,15	1,51	2,64	0,74
PN05PA04C30R83SD	10,11	1,03	1,99	1,31	PN05PA05C30L17SE	1,69	1,78	1,73	0,70

Estão plotados no gráfico da Figura 12.10, as relações dos consumos correspondentes às relações das ações (em x, y e final) e a tendência linear de cada uma das situações. Percebe-se que as relações entre

os consumos de aço são mais sensíveis às relações entre as ações no eixo y. Desta forma, a partir de agora, serão utilizados neste trabalho para efeito de comparação com as forças de vento, as ações sísmicas no eixo y.

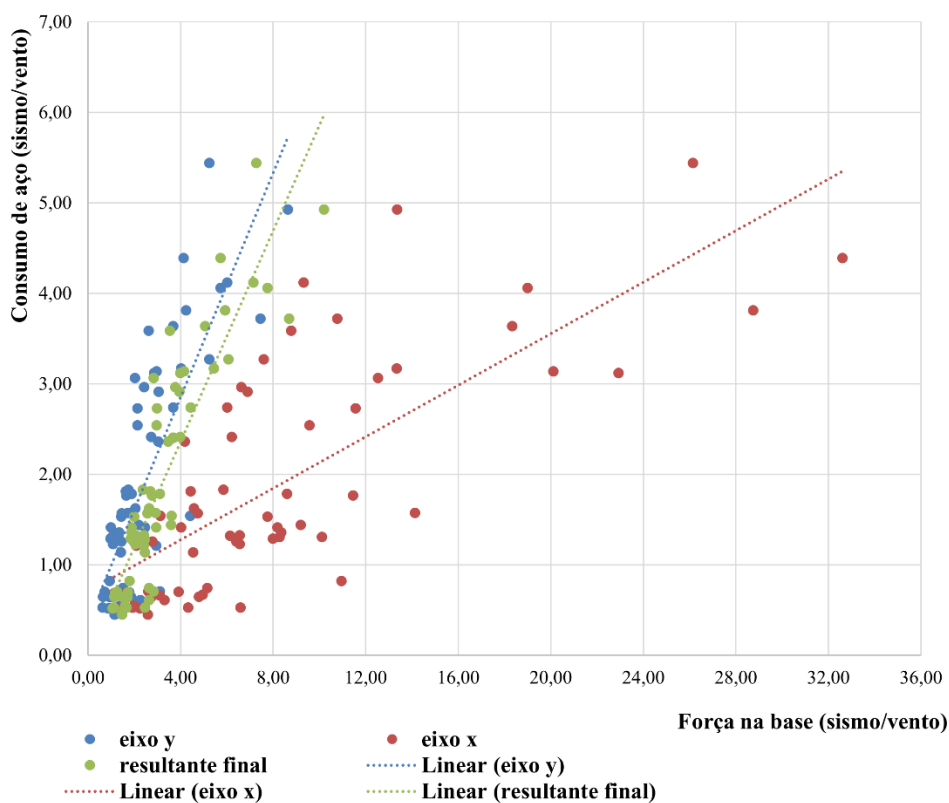


Figura 12.10. Relação entre as ações e consumos de aço das estruturas modelo

12.5 Ações sísmicas espectrais

Neste tópico são avaliadas as diferenças entre as ações sísmicas, na direção y, obtidas inicialmente pelo método espectral e após a verificação pelo método estático. Importante lembrar que em todas as situações, as ações sísmicas finais correspondem às ações espectrais verificadas. As ações verificadas superam as ações iniciais de 1,4 a 5,1 vezes. As estruturas foram separadas em quatro categorias de diferenças de ações sísmicas, ΔS : ΔS_1 , as ações verificadas são de 1,4 a 2,3 vezes superiores às iniciais, ΔS_2 , as ações verificadas são de 2,3 a 3,3 vezes superiores às iniciais, ΔS_3 , as ações verificadas são de 3,3 a 4,2 vezes superiores às iniciais e ΔS_4 , as ações verificadas são de 4,2 a 5,1 vezes superiores às iniciais.

As estruturas modelo classificadas como ΔS_1 correspondem a 25,9% do total. A maioria delas foi projetada no período PN04 (19,5%), a grande maioria é do tipo PA05 (85,4%), possui classe de concreto C20 (24,4%), possui forma “T” (41,9%), possui modelo 83 (35,7%) e está em terreno classe E (54,9%) conforme exposto na Tabela 12.6.

Tabela 12.6. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_1

Classe de períodos de tempo						
PN01 9,1%	PN02 9,1%	PN03 6,8%	PN04 19,5%	PN05 18,5%	PN06 18,5%	PN07 18,5%
Classe de pavimentos						
PA01 0,0%	PA02 0,0%	PA03 6,8%	PA04 7,8%	PA05 85,4%		
Classe de concreto						
C12 9,1%	C15 20,8%	C20 24,4%	C25 16,6%	C30 14,6%	C40 14,6%	
Classe de forma						
R 40,3%		T 41,9%			L 17,9%	
Classe de modelo						
17 33,1%			50 31,2%		83 35,7%	
Classe de terreno						
D 45,1%			E 54,9%			

As estruturas modelo classificadas como ΔS_2 correspondem a 40,4% do total. A maioria delas foi projetada nos períodos PN05, PN06 e PN07 (22,7% em cada), a maioria é do tipo PA04 (25,4%), possui classe de concreto C20 (24,4%), possui forma retangular “R” (40,0%), possui modelo 17 (37,5%) e está em terreno classe D (54,4%) conforme exposto na Tabela 12.7.

Tabela 12.7. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_2

Classe de períodos de tempo						
PN01 4,6%	PN02 4,6%	PN03 4,8%	PN04 17,9%	PN05 22,7%	PN06 22,7%	PN07 22,7%
Classe de pavimentos						
PA01 4,6%	PA02 12,1%	PA03 22,9%	PA04 25,4%	PA05 18,1%		
Classe de concreto						
C12 9,1%	C15 20,8%	C20 24,4%	C25 16,6%	C30 14,6%	C40 14,6%	
Classe de forma						
R 40,0%		T 27,1%			L 32,9%	
Classe de modelo						
17 37,5%		50 33,1%			83 29,4%	
Classe de terreno						
D 54,4%			E 45,6%			

As estruturas modelo classificadas como ΔS_3 correspondem a 30,5% do total. A maioria delas também foi projetada nos períodos PN05, PN06 e PN07 (25,7% em cada), a grande maioria é do tipo PA04 (54,4%), possui classe de concreto C20 (27,9%), possui forma retangular “R” (51,9%), possui modelo 50 (36,7%) e está em terreno classe E (55,2%) conforme exposto na Tabela 12.8.

Tabela 12.8. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_3

Classe de períodos de tempo						
PN01 3,0%	PN02 3,0%	PN03 5,0%	PN04 11,9%	PN05 25,7%	PN06 25,7%	PN07 25,7%
Classe de pavimentos						
PA01 17,4%	PA02 21,5%	PA03 6,6%	PA04 54,4%	PA05 0,0%		
Classe de concreto						
C12 5,0%	C15 6,4%	C20 27,9%	C25 22,7%	C30 18,2%	C40 19,9%	
Classe de forma						
R 51,9%	T 17,4%			L 30,7%		
Classe de modelo						
17 28,2%	50 36,7%			83 35,1%		
Classe de terreno						
D 44,8%				E 55,2%		

E por fim, as estruturas modelo classificadas como ΔS_4 que correspondem a apenas 3,2% do total. A maioria delas foi projetada no período PN04 (23,7%), a grande maioria é do tipo PA02 (78,9%), possui classe de concreto C20 (36,8%), possui forma retangular “R” (94,7%) em quase sua totalidade, possui modelo 83 (47,4%) e está em terreno classe D (84,2%) conforme exposto na Tabela 12.9.

Tabela 12.9. Avaliação das estruturas modelo de categoria ΔS_4

Classe de períodos de tempo						
PN01 13,2%	PN02 13,2%	PN03 10,5%	PN04 23,7%	PN05 13,2%	PN06 13,2%	PN07 13,2%
Classe de pavimentos						
PA01 10,5%	PA02 78,9%	PA03 0,0%		PA04 10,5%	PA05 0,0%	
Classe de concreto						
C12 26,3%	C15 13,2%	C20 36,8%	C25 23,7%	C30 0,0%	C40 0,0%	
Classe de forma						
R 94,7%		T 5,3%			L 0,0%	
Classe de modelo						
17 31,6%			50 21,1%		83 47,4%	
Classe de terreno						
D 84,2%			E 15,8%			

No tópico seguinte são realizadas análises de variância para percepção da sensibilidade dos fatores que influenciam nas ações sísmicas.

12.6 Fatores que influenciam nas ações sísmicas espectrais verificadas

Para avaliar a sensibilidade das ações sísmicas (espectrais verificadas) aos fatores que as influenciam foram realizadas análises de variância (ANOVA) com nível de significância de 5,0%. A análise indica o *valor-P* e o valor de F_o , sendo a influência do fator significativa quando o *valor-P* for menor que o nível de significância e o valor de F_o for maior que o valor de F crítico. O valor de F_o é calculado a partir das Equações (12.1) a (12.7) a seguir e o valor de F crítico é encontrado em função dos graus de liberdade entre grupos e dentro dos grupos para um determinado nível de significância. O *valor-P* corresponde à probabilidade $P(F \geq F_o)$ para os graus de liberdade entre grupos e dentro dos grupos.

$$SQ = \sum_{j=1}^k (n_j - 1) \cdot S_j^2$$

dentro dos grupos

$$SQ = \sum_{j=1}^k (n_j \cdot (\bar{X}_j - \bar{\bar{X}})^2)$$

entre grupos

(12.1), (12.2)

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{j=1}^k X_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

(12.3)

$$gl = n_T - k$$

dentro dos grupos

$$gl = k - 1$$

entre grupos

(12.4), (12.5)

$$MQ = \frac{SQ}{gl}$$

(12.6)

$$F_o = \frac{MQ_{(entregrupos)}}{MQ_{(dentrodegrupos)}}$$

(12.7)

sendo:

- SQ a soma das variâncias das amostras;
- n_j o número de amostras do grupo (contagem);
- S_j a variância da amostra do grupo;
- $\bar{X}_j$ a média da amostra do grupo;
- $\bar{\bar{X}}$ a grande média;
- X_j o valor da amostra do grupo;
- gl o grau de liberdade;

- k o número de grupos;
- MQ a média das variâncias das amostras;
- F_o a variabilidade entre grupos pela variabilidade dentro dos grupos.

Quando a influência é confirmada, para identificar dentro dos fatores quais as variações entre os grupos geram esta influência é aplicado o *Tukey's test*. No *Tukey's test* são indicados os *valores-P* entre as médias de todos os níveis (grupos). Se o *valor-P* entre os níveis for maior que o nível de significância, a influência é significativa (situação em destaque nas tabelas).

Além da sensibilidade das ações sísmicas aos diversos fatores, foi avaliada também a sensibilidade da relação entre as ações sísmicas e ações de vento (parâmetro S/V). As avaliações e testes estatísticos foram realizados no software PAST – *Paleontological Statistics* V4.02 [114].

12.6.1 Classe de resistência do concreto

A Tabela 12.10 apresenta o resumo dos valores das forças sísmicas, em valores multiplicadores do peso total da estrutura (xW) variando a classe de concreto das estruturas modelo. A Tabela 12.11 apresenta os resultados da ANOVA. O *valor-P* e o F_o indicam não ser significativas para as forças sísmicas as variações na classe de concreto.

Tabela 12.10. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de concreto

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
C12	78	3,375239	0,043272	0,000473
C15	150	5,894088	0,039294	0,000340
C20	300	11,405012	0,038017	0,000349
C25	264	10,488543	0,039729	0,000378
C30	198	7,859613	0,039695	0,000370
C40	198	7,853028	0,039662	0,000367

Tabela 12.11. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de concreto

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F_o	<i>valor-P</i>	F crítico
Entre grupos	0,001801	5	0,00036	0,975973	0,431201	2,221672
Dentro dos grupos	0,436195	1182	0,000369			
Total	0,437996	1187				

A análise da sensibilidade do parâmetro S/V aos diferentes grupos das classes de concreto indica não ser também significativa a influência. Os resultados das análises estão expostos na Tabela 12.12 e Tabela 12.13.

Tabela 12.12. Resumo dos valores de S/V variando a classe de concreto

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
C12	78	219,3440	2,812102	4,339904
C15	150	356,9860	2,379907	2,746883
C20	300	674,6237	2,248746	2,496049
C25	264	619,5072	2,346618	2,63095
C30	198	467,6483	2,361860	2,663132
C40	198	481,9569	2,434126	3,042903

Tabela 12.13. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de concreto

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	20,62549	5	4,125097	1,47494	0,195139	2,221672
Dentro dos grupos	3305,806	1182	2,79679			
Total	3326,431	1187				

12.6.2 Classe de pavimento

A Tabela 12.14 à Tabela 12.19 apresentam os resultados das análises de sensibilidade das ações sísmicas e dos parâmetros S/V às classes de pavimentos. Nas duas situações, a altura da edificação é fator de influência considerável, não sendo importante, no entanto, a diferenciação estabelecida entre os grupos PA01 e PA02 de forma que estes dois grupos poderiam ser tratados como um único grupo.

Tabela 12.14. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
PA01	108	7,748425	0,071745	0,000163
PA02	108	7,783026	0,072065	0,000163
PA03	324	13,697400	0,042276	7,49E-05
PA04	324	10,785010	0,033287	6,89E-05
PA05	324	6,861667	0,021178	1,86E-05

Tabela 12.15. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,350589	4	0,087647	1186,244	0	2,379452
Dentro dos grupos	0,087407	1183	7,39E-05			
Total	0,437996	1187				

Tabela 12.16. Tukey's test dos valores das forças sísmicas variando a classe de pavimento

(xW)	PA01	PA02	PA03	PA04	PA05
PA01	-	0,9988	0	0	0
PA02	0,3874	-	0	0	0
PA03	43,64	44,11	-	0	0
PA04	56,95	57,42	18,82	-	0
PA05	74,88	75,35	44,18	25,36	-

Tabela 12.17. Resumo dos valores de S/V variando a classe de pavimento

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
PA01	108	554,7409	5,136490	3,721723
PA02	108	546,1667	5,057099	2,303813
PA03	324	813,9286	2,512125	0,732382
PA04	324	564,9202	1,743581	0,338267
PA05	324	340,3096	1,050338	0,097761

Tabela 12.18. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de pavimento

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	2304,302	4	576,0756	666,7432	3,1E-301	2,379452
Dentro dos grupos	1022,129	1183	0,864014			
Total	3326,431	1187				

Tabela 12.19. Tukey's test dos valores de S/V variando a classe de pavimento

S/V	PA01	PA02	PA03	PA04	PA05
PA01	-	0,9706	0	0	0
PA02	0,8876	-	0	0	0
PA03	35,94	34,85	-	0	0
PA04	46,46	45,37	14,88	-	0
PA05	55,95	54,86	28,31	13,42	-

12.6.3 Classe de forma

A classe de forma, como já explicado anteriormente, faz referência à geometria em planta das estruturas modelo. Em termos da influência da classe de forma nas ações sísmicas, esta faz-se significativa, não sendo necessária, no entanto, a diferenciação entre os grupos “T” e “L”, de forma que dois grupos, um retangular e outro não retangular, seriam suficientes para a avaliação das ações como indicam os resultados da Tabela 12.20 à Tabela 12.22.

Tabela 12.20. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
R	540	25,97877	0,048109	0,000522
T	324	10,47113	0,032318	0,00013
L	324	10,42562	0,032178	0,000126

Tabela 12.21. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,0741	2	0,03705	120,6508	2,03E-48	3,003318
Dentro dos grupos	0,363896	1185	0,000307			
Total	0,437996	1187				

Tabela 12.22. Tukey's test dos valores das forças sísmicas variando a classe de forma

(xW)	R	T	L
R	-	0	0
T	18,13	-	0,9943
L	18,3	0,1443	-

Já em termos da sensibilidade ao parâmetro S/V, todos os grupos influenciam significativamente nas respostas como exposto na Tabela 12.23 à Tabela 12.25.

Tabela 12.23. Resumo dos valores de S/V variando a classe de forma

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
R	540	1651,1370	3,057661	4,356835
T	324	488,7010	1,508336	0,388098
L	324	680,2279	2,099469	1,031372

Tabela 12.24. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de forma

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	519,6081	2	259,8041	109,6855	1,97E-44	3,003318
Dentro dos grupos	2806,823	1185	2,368627			
Total	3326,431	1187				

Tabela 12.25. Tukey's test dos valores de S/V variando a classe de forma

S/V	R	T	L
R	-	0	0
T	20,26	-	3,45E-06
L	12,53	6,914	-

12.6.4 Classe de modelo

A classe de modelo está relacionada às possibilidades de variação da geometria dos pavimentos em termos da relação b/h como apresentado no Capítulo 10. A análise de sensibilidade demonstrou não ser significativa a influência na variação dos grupos de modelo na determinação das ações sísmicas. Os resultados das análises estão indicados na Tabela 12.26 e Tabela 12.27 a seguir.

Tabela 12.26. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de modelo

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
17	396	15,63356	0,039479	0,000374
50	396	15,62654	0,039461	0,000369
83	396	15,61543	0,039433	0,000366

Tabela 12.27. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de modelo

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	4,22E-07	2	2,11E-07	0,00057	0,99943	3,003318
Dentro dos grupos	0,437996	1185	0,00037			
Total	0,437996	1187				

Já em termos do parâmetro S/V, como exposto na Tabela 12.28 à Tabela 12.30, as variações dos três grupos de modelos são significativas.

Tabela 12.28. Resumo dos valores de S/V variando a classe de modelo

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
17	396	1219,123	3,078593	4,525323
50	396	884,9788	2,234795	1,973719
83	396	715,9645	1,807991	1,083992

Tabela 12.29. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de modelo

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	331,133	2	165,5665	65,50143	0	3,003318
Dentro dos grupos	2995,298	1185	2,527678			
Total	3326,431	1187				

Tabela 12.30. Tukey's test dos valores de S/V variando a classe de modelo

S/V	17	50	83
17	-	1,47E-13	0
50	10,56	-	0,000488
83	15,9	5,342	-

12.6.5 Classe de período de tempo

Esta classificação faz referência ao ano em que foram projetadas as estruturas levando em consideração assim, os critérios das normas de projetos vigentes e que foram também abordadas no Capítulo 10.

As análises de sensibilidade demonstraram não ser significativa a variação de grupos de períodos de tempo para a determinação das ações sísmicas e dos parâmetros S/V. Os resultados das análises estão expostos na Tabela 12.31 à Tabela 12.34.

Tabela 12.31. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de períodos de tempo

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
PN01	66	2,524780	0,038254	0,000365
PN02	66	2,516602	0,038130	0,000361
PN03	66	2,589557	0,039236	0,000388
PN04	198	7,801176	0,039400	0,000375
PN05	264	10,48114	0,039701	0,000369
PN06	264	10,48114	0,039701	0,000369
PN07	264	10,48114	0,039701	0,000369

Tabela 12.32. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de períodos de tempo

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,000263	6	4,38E-05	0,118161	0,994274	2,106244
Dentro dos grupos	0,437733	1181	0,000371			
Total	0,437996	1187				

Tabela 12.33. Resumo dos valores de S/V variando a classe de períodos de tempo

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
PN01	66	155,6072	2,357685	3,174668
PN02	66	154,3841	2,339153	3,213562
PN03	66	157,1836	2,381570	3,037009
PN04	198	470,3531	2,375520	2,935849
PN05	264	627,5127	2,376942	2,706362
PN06	264	627,5127	2,376942	2,706362
PN07	264	627,5127	2,376942	2,706362

Tabela 12.34. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de períodos de tempo

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,108753	6	0,018125	0,006435	0,999999	2,106244
Dentro dos grupos	3326,323	1181	2,816531			
Total	3326,431	1187				

12.6.6 Classe de terreno

Em termos da sensibilidade das forças sísmicas e dos parâmetros S/V às variações das classes de terreno, como já esperado, é bastante significativa. Isto decorre da considerável influência dos fatores de amplificação do solo na determinação das ações como apresentado no Capítulo 7. Na Tabela 12.35 à Tabela 12.40 são apresentados respectivamente os resultados das análises referentes às forças sísmicas e parâmetros S/V.

Tabela 12.35. Resumo dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno

Grupo	Contagem	Soma (xW)	Média (xW)	Variância (xW)
D	594	18,72225	0,031519	0,000211
E	594	28,15327	0,047396	0,000401

Tabela 12.36. ANOVA dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,074869	1	0,074869	244,5272	2,95E-50	3,849311
Dentro dos grupos	0,363127	1186	0,000306			
Total	0,437996	1187				

Tabela 12.37. Tukey's test dos valores das forças sísmicas variando a classe de terreno

(xW)	D	E
D	-	0
E	22,11	-

Tabela 12.38. Resumo dos valores de S/V variando a classe de terreno

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
D	594	1130,233	1,902749	1,740251
E	594	1689,833	2,844837	3,424733

Tabela 12.39. ANOVA dos valores de S/V variando a classe de terreno

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F _o	valor-P	F crítico
Entre grupos	263,5959	1	263,5959	102,0704	4,46E-23	3,849311
Dentro dos grupos	3062,835	1186	2,582492			
Total	3326,431	1187				

Tabela 12.40. Tukey's test dos valores de S/V variando a classe de terreno

S/V	D	E
D	-	0
E	14,29	-

12.7 Fatores que influenciam nas ações sísmicas espectrais iniciais

Como exposto anteriormente, existe uma diferença entre os valores das ações sísmicas espectrais, chamadas neste item de espectrais iniciais, e das ações sísmicas adotadas nas avaliações que são as espectrais verificadas. Em função desta diferença, foram realizadas também as análises de sensibilidades das forças sísmicas espectrais iniciais e dos parâmetros S/V aos fatores que as influenciam.

São apresentados na Figura 12.11 à Figura 12.20 a seguir, quadros que resumem e comparam as sensibilidades das ações sísmicas espectrais iniciais e verificadas, bem como seus respectivos parâmetros S/V aos diversos fatores.

Nos quadros são apresentadas em linhas e colunas os grupos de cada um dos fatores que influenciam as forças sísmicas e os parâmetros S/V, sendo preenchidos de acordo com a legenda apresentada (espectral verificada e espectral inicial), as variações dos grupos que geram influências significativas.

	C12	C15	C20	C25	C30	C40
C12						
C15						
C20						
C25						
C30						
C40						

 espectral verificada  espectral inicial

Figura 12.11. Variações significativas na classe de concreto para a determinação das forças sísmicas

O quadro da Figura 12.11 indica não haver influência significativa na consideração de diferentes grupos de classes de concreto na determinação das forças sísmicas espectrais verificadas, ou seja, uma única e

qualquer classe de concreto nas estruturas modelo seria suficiente para determinação das forças. Já no caso da determinação das forças sísmicas espectrais iniciais, as células preenchidas no quadro, na interseção entre linhas e colunas, indicam que os resultados obtidos entre estas classes apresentam mudanças significativas. Desta forma, seriam necessárias considerar as classes C12, C15, C20, C25 e C30 na determinação das forças sísmicas por gerarem resultados com diferenças significativas entre si.

	C12	C15	C20	C25	C30	C40
C12						
C15						
C20						
C25						
C30						
C40						

espectral verificada

espectral inicial

Figura 12.12. Variações significativas na classe de concreto para a determinação dos parâmetros S/V

Em termos dos parâmetros S/V obtidos a partir das forças espectrais verificadas, as diferentes classes de concreto não geram influência significativa, podendo ser adotada apenas uma única classe nas estruturas modelo. Os parâmetros S/V obtidos pelas forças espectrais iniciais sofrem influência significativa nas opções de variações destacadas no quadro da Figura 12.12, de forma que a modelagem precisa considerar as classes C12, C15 e C20.

	PA01	PA02	PA03	PA04	PA05
PA01					
PA02					
PA03					
PA04					
PA05					

espectral verificada

espectral inicial

Figura 12.13. Variações significativas na classe de pavimentos para a determinação das forças sísmicas

O quadro da Figura 12.13 indica haver influência significativa na consideração de diferentes grupos de classes de pavimentos na determinação das forças sísmicas espectrais verificadas, sendo necessário considerar as classes PA03, PA04 e PA05. Por não haver variação significativa nos resultados entre as classes PA01 e PA02, uma única classe poderia substituí-las. No mesmo quadro, avaliando os resultados das forças sísmicas iniciais, devem ser consideradas nas modelagens as classes de pavimentos PA01, PA02 e PA03 podendo as classes PA04 e PA05 serem substituídas por uma única classe.

	PA01		PA02		PA03		PA04		PA05	
PA01										
PA02										
PA03										
PA04										
PA05										

espectral verificada

espectral inicial

Figura 12.14. Variações significativas na classe de pavimentos para a determinação dos parâmetros S/V

Analizando os parâmetros S/V obtidos a partir das forças espectrais verificadas, faz-se necessário, como indica o quadro da Figura 12.14, modelar as estruturas de classe PA03. As estruturas de classes PA01 e PA02 podem ser substituídas por uma única classe e, da mesma forma as classes PA04 e PA05. Com relação aos parâmetros S/V obtidos pelas forças espectrais iniciais, faz-se necessário modelar as estruturas de classe PA01, PA02 e PA03, podendo as classes PA04 e PA05 serem substituídas por uma única classe.

	R		T		L	
R						
T						
L						

espectral verificada

espectral inicial

Figura 12.15. Variações significativas na classe de forma para a determinação das forças sísmicas

Conforme exposto no quadro da Figura 12.15, a variação entre as classes de formas T e L não geram alterações significativas nos valores das forças sísmicas verificadas, podendo ser substituídas por uma opção não retangular, seja T ou L. No caso das forças espectrais iniciais, a consideração das três classes de forma faz-se necessária.

	R		T		L	
R						
T						
L						

espectral verificada

espectral inicial

Figura 12.16. Variações significativas na classe de forma para a determinação dos parâmetros S/V

No caso dos parâmetros S/V, sejam eles obtidos pelas forças espectrais verificadas ou iniciais, a variação dos grupos da classe de forma gera influências significativas nas respostas como mostra o quadro da Figura 12.16.

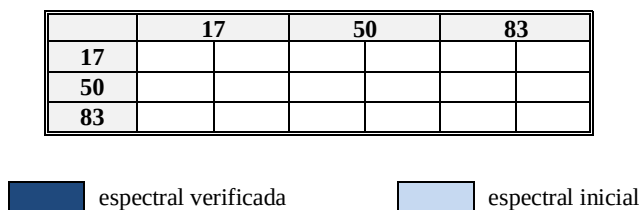


Figura 12.17. Variações significativas na classe de modelo para a determinação das forças sísmicas

A variação nos grupos das classes de modelo não gera influências significativas na determinação das forças sísmicas, sejam elas verificadas ou iniciais.

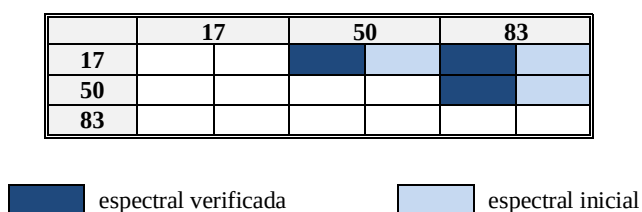


Figura 12.18. Variações significativas na classe de modelo para a determinação dos parâmetros S/V

Na determinação dos parâmetros S/V, adotando qualquer das forças espectrais, a modelagem considerando os diferentes grupos das classes de modelo faz-se necessária.



Figura 12.19. Variações significativas na classe de períodos de tempo

A ausência de células preenchidas no quadro da Figura 12.19 significa que a mudança nas classes de período de tempo, não é significativa para a determinação das forças sísmicas nem dos parâmetros S/V, seja a partir das ações espectrais verificadas ou iniciais.

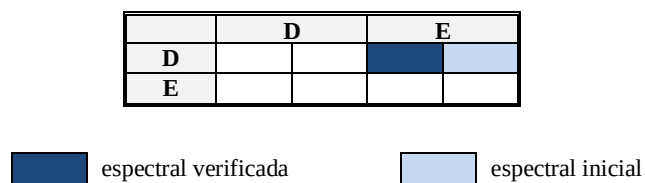


Figura 12.20. Variações significativas na classe de terreno

Como já comentado, os fatores de amplificação sísmica do solo influenciam de forma significativa tanto nos resultados das forças sísmicas quanto dos parâmetros S/V, sejam as ações espectrais verificadas ou iniciais.

12.8 Relação entre a esbeltez e as ações sísmicas

Neste tópico são apresentadas as relações entre as esbeltezes das estruturas modelo e os valores das forças sísmicas e parâmetros S/V. Foram traçadas curvas de tendências a partir dos valores encontrados. Os gráficos da Figura 12.21 e Figura 12.22 estão relacionados às ações sísmicas verificadas e os gráficos da Figura 12.23 e Figura 12.24 às ações sísmicas iniciais.

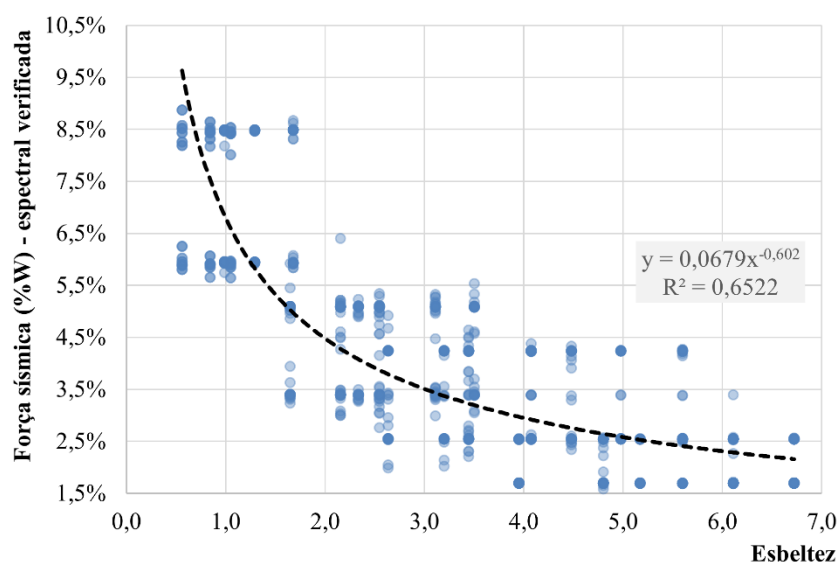


Figura 12.21. Relação entre esbeltez e força sísmica espectral verificada

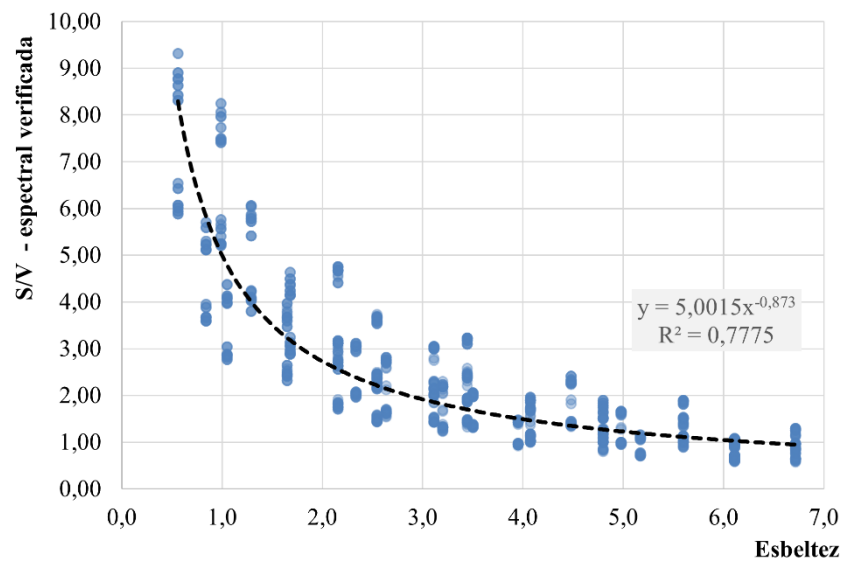


Figura 12.22. Relação entre esbeltez e o parâmetro S/V (espectrais verificadas)

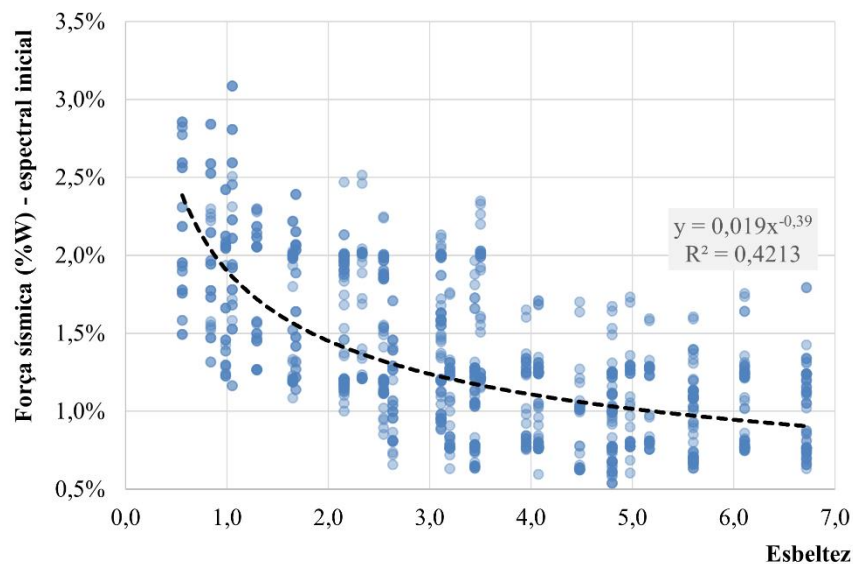


Figura 12.23. Relação entre esbeltez e força sísmica espectral inicial

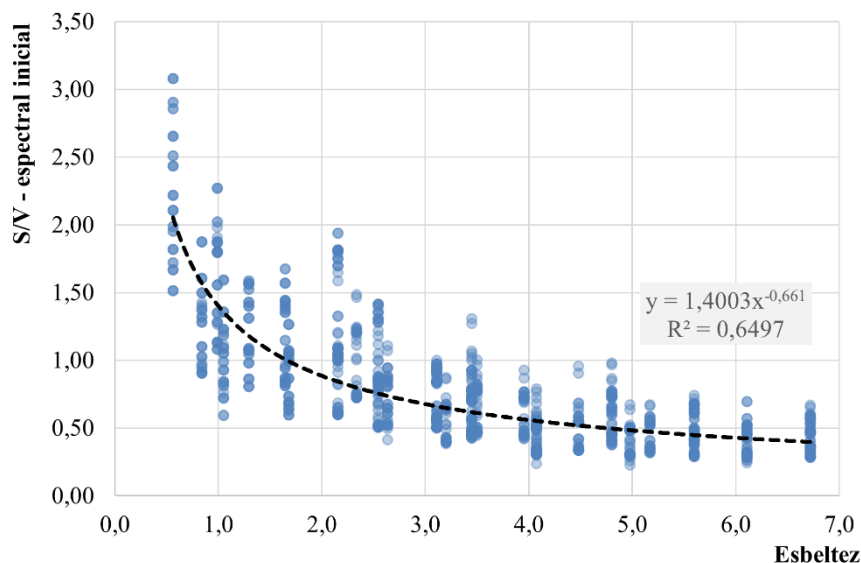


Figura 12.24. Relação entre esbeltez e o parâmetro S/V (espectrais iniciais)

Mesmo as equações apresentando valores de R^2 , coeficientes de determinação, consideravelmente baixos, variando de 0,4213 a 0,7775, em todas as situações, os valores das forças sísmicas e dos parâmetros S/V diminuem com o aumento da esbeltez.

12.9 Conclusão

Neste capítulo, as 594 estruturas modelo foram analisadas simulando assentamento em solo D e E. As ações sísmicas foram obtidas pelo método espectral e verificadas pelo MFHE, sendo realizadas, portanto, 2.376 análises. Foram apresentados e avaliados os períodos das estruturas modelo bem como os valores das ações sísmicas e dos parâmetros S/V (relação entre as ações sísmicas e de vento).

A sensibilidade das ações sísmicas e dos parâmetros S/V aos diversos parâmetros considerados nas modelagens também foi verificada por análises de variância, ANOVA, complementadas por *Tukey's tests*. Os resultados destas análises de sensibilidade permitirão, em futuros trabalhos, a redução do número de modelagens e a consequente otimização de tempo nas análises.

13. Apresentação dos resultados

De posse dos resultados de todas as estruturas modelo calculadas no Capítulo 12 e conhecendo a quantidade de edifícios representada pelas diversas estruturas modelo em cada um dos bairros da cidade de Fortaleza cuja metodologia foi apresentada no Capítulo 11, são expostos neste capítulo os resultados das análises.

Considerando todas as estruturas dos edifícios residenciais em concreto armado a partir de dois pavimentos construídos entre 1940 e 2017 na cidade de Fortaleza, a relação entre as ações sísmicas e as ações de vento, chamada de parâmetro S/V , é de 4,36.

Como demonstrado no Capítulo 12, o parâmetro S/V obtido a partir das ações sísmicas espectrais verificadas sofre influência em função da variação das classes de pavimentos, forma, modelo e solo. Embora o período em que o projeto foi elaborado, seguindo a metodologia deste trabalho e já explicada anteriormente, não influencie no parâmetro S/V , para identificar a evolução do parâmetro ao longo dos anos, na Tabela 13.1, são expostos os valores de S/V por classes de pavimentos e período de tempo de projeto.

Tabela 13.1. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto em Fortaleza

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	0,93	0,87	0,90	0,92	0,91
PA04	-	-	1,52	1,52	1,44	1,62	1,95	1,55
PA03	1,81	2,09	2,23	2,31	2,15	1,40	1,93	2,23
PA02	4,96	4,88	5,34	5,55	5,08	3,50	4,42	5,20
PA01	5,59	5,44	5,83	5,53	4,67	4,79	4,73	5,26
Total	5,42	5,35	5,12	4,06	3,95	3,71	4,33	

Na Tabela 13.2 são indicados os valores de S/V em cada um dos bairros de Fortaleza, estando em destaque os cinco bairros selecionados para avaliações mais detalhadas.

Tabela 13.2. Parâmetro S/V em todos os edifícios da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	6,53	Aerolândia	5,18	Aeroporto	2,77	Aldeota	2,71
Alto da Balança	7,23	Amadeu Furtado	6,97	Ancuri	-	Antônio Bezerra	7,01
Autran Nunes	8,19	Barra do Ceará	3,95	Barroso	4,24	Bela Vista	4,81
Benfica	5,74	Boa Vista	5,45	Bom Futuro	6,65	Bom Jardim	4,86
Bonsucesso	4,62	Cais do Porto	1,46	Cajazeiras	7,11	Cambéba	5,07
Canindezinho	3,84	Carlito Pamplona	4,73	Centro	4,23	Cidade 2000	3,96
Cid. dos Funcionários	6,59	Coaçu	-	Cocó	2,55	Conjunto Ceará I	5,43
Conjunto Ceará II	-	Conj. Esperança	6,06	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	6,12
Cristo Redentor	7,11	Curió	3,84	Damas	6,65	De Lourdes	2,33
Demócrito Rocha	4,10	Dendê	4,86	Dias Macêdo	3,74	Dionísio Torres	3,44
Dom Lustosa	6,87	Edson Queiroz	3,60	Eng. Luc. Cavalcante	4,13	Farias Brito	6,40
Fátima	3,76	Floresta	6,18	Genibaú	5,00	Granja Lisboa	4,86
Granja Portugal	4,81	Guajeru	4,36	Henrique Jorge	4,69	Itaoca	6,59
Itaperi	5,96	Jacarecanga	4,67	Jangurussu	3,86	Jardim América	4,57
Jardim Cearense	4,48	Jard. das Oliveiras	5,42	Jardim Guanabara	4,39	Jardim Iracema	6,39
José Bonifácio	4,76	João XXIII	4,37	Joaquim Távora	4,26	Jóquei Clube	5,62
José de Alencar	3,52	Lagoa Redonda	2,77	Manoel Sátiro	4,42	M. Dias Branco	2,84
Maraponga	3,82	Meireles	2,45	Messejana	3,73	Mondubim	4,26
Monte Castelo	3,78	Montese	6,69	Moura Brasil	-	Mucuripe	2,55
Novo Mondubim	4,45	Olavo Oliveira	7,38	Padre Andrade	7,28	Pan-Americano	4,83
Papicu	3,43	Parangaba	6,19	Parque Araxá	5,16	Parq. Dois Irmãos	4,33
Parque Iracema	4,78	Parque Manibura	7,51	Parque Pres. Vargas	4,36	Parq. Santa Maria	4,83
Parque Santa Rosa	3,42	Parque São José	5,47	Parquelândia	5,62	Parreão	4,25
Passaré	4,14	Patriolino Ribeiro	2,11	Paupina	5,12	Pedras	5,12
Pici	2,67	Pirambu	-	Plan. Ayrton Senna	3,75	Praia de Iracema	4,51
Praia do Futuro I	4,25	Praia do Futuro II	3,73	Prefeito José Walter	4,98	Pres. Kennedy	6,60
Quintino Cunha	5,12	Rodolfo Teófilo	6,64	Sabiaguaba	-	Salinas	2,99
São Bento	4,19	São Gerardo	6,27	São João do Tauape	4,35	Sapiranga	3,83
Serrinha	3,94	Siqueira	4,72	Varjota	3,66	Vicente Pinzon	3,90
Vila Ellery	5,98	Vila Pery	4,49	Vila União	4,53	Vila Velha	5,59

Os valores de S/V dos bairros selecionados, Aldeota, Cocó, Dionísio Torres, Meireles e Pici são respectivamente 2,71, 2,55, 3,44, 2,45 e 2,70, sendo do ponto de vista geral, entre estes cinco bairros, o Dionísio Torres o de maior valor de S/V e o bairro do Meireles o de menor valor. Seguindo a exposição de informações da Tabela 13.1, na Tabela 13.3 à Tabela 13.7 são indicados os valores de S/V por classes de pavimentos e período de tempo de projeto nos bairros selecionados.

Tabela 13.3. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto na Aldeota

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	0,88	0,85	0,85	0,78	0,86
PA04	-	-	1,51	1,46	1,36	1,27	-	1,45
PA03	-	1,81	2,04	2,05	-	-	-	2,04
PA02	-	5,01	5,08	5,08	5,21	-	-	5,08
PA01	4,98	4,94	4,56	4,54	-	4,10	-	4,78
Total	4,98	4,90	3,54	1,98	1,25	1,08	0,78	

Tabela 13.4. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Cocó

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	0,90	0,83	0,82	0,84	0,84
PA04	-	-	1,52	1,46	1,32	1,29	-	1,43
PA03	-	-	2,10	2,10	-	1,45	-	2,08
PA02	-	-	5,76	5,76	5,21	-	-	5,75
PA01	-	6,54	6,07	6,07	5,94	5,94	-	6,13
Total	-	6,54	4,45	2,37	1,44	1,08	0,84	

Tabela 13.5. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Dionísio Torres

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	0,99	0,93	0,90	1,08	0,95
PA04	-	-	1,46	1,47	1,46	1,37	-	1,46
PA03	-	-	2,38	2,37	-	2,32	-	2,37
PA02	-	-	4,85	4,81	-	-	-	4,84
PA01	-	5,26	4,87	5,11	-	4,32	-	5,03
Total	-	5,26	3,71	2,16	1,06	2,91	1,08	

Tabela 13.6. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Meireles

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	0,92	0,84	0,84	0,85	0,88
PA04	-	-	1,49	1,46	1,38	1,37	-	1,46
PA03	-	2,07	2,21	2,20	-	2,03	-	2,19
PA02	-	5,01	5,12	5,21	-	-	-	5,11
PA01	5,13	5,15	4,87	4,78	-	4,85	-	5,05
Total	5,13	5,01	3,00	1,87	0,96	1,12	0,85	

Tabela 13.7. Parâmetro S/V por classe de pavimentos e período de tempo de projeto no Pici

Classe de pavimentos	Período de elaboração do projeto							Total
	PN01	PN02	PN03	PN04	PN05	PN06	PN07	
PA05	-	-	-	-	-	-	-	-
PA04	-	-	-	-	1,09	1,09	-	1,09
PA03	-	-	-	-	-	-	-	-
PA02	-	-	-	-	-	-	-	-
PA01	-	3,95	3,67	3,67	-	3,27	-	3,39
Total	-	3,95	3,67	3,67	1,09	2,57	-	

Na classificação dos bairros em função dos valores de S/V são definidos cinco níveis: P1 a situação em que o parâmetro S/V é igual ou menor a 1,00 ($S/V \leq 1,00$), N1 a situação em que o parâmetro S/V é maior que 1,00 e menor ou igual a 2,50 ($1,00 < S/V \leq 2,50$), N2 a situação em que o parâmetro S/V é maior que 2,50 e menor ou igual a 4,00 ($2,50 < S/V \leq 4,00$), N3 a situação em que o parâmetro S/V é maior que 4,00 e menor ou igual a 5,50 ($4,00 < S/V \leq 5,50$) e N4 a situação em que o parâmetro S/V é maior que 5,50 ($S/V > 5,50$). Usando esta classificação foi confeccionado o mapa da Figura 13.1. Embora variações nos valores do parâmetro S/V sejam possíveis em função das incertezas envolvidas no processo, em termos de referência de comparação, os mapas possibilitam identificar claramente os bairros em situações mais críticas. Os bairros em branco não possuem edifícios residenciais em concreto armado.

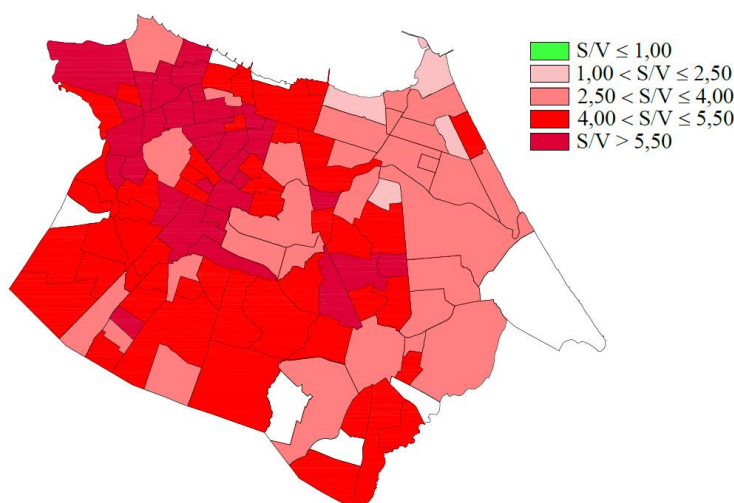


Figura 13.1. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando todos os edifícios

Caso fossem usadas as ações sísmicas espectrais iniciais na determinação dos parâmetros S/V , o valor deste parâmetro representativo da cidade de Fortaleza passaria de 4,36 (usando as ações espectrais verificadas) para 1,26. No mapa da Figura 13.2 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais em todos os bairros de Fortaleza.

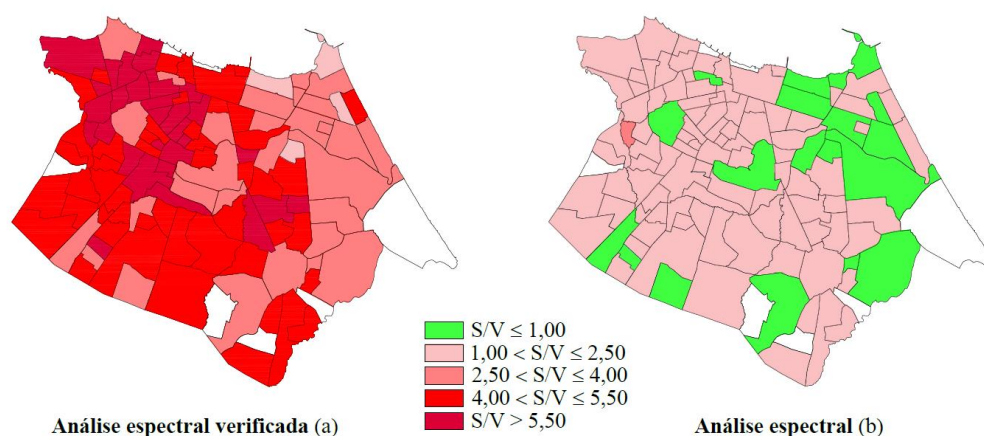


Figura 13.2. Parâmetro S/V em todos os edifícios: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.3 à Figura 13.8.

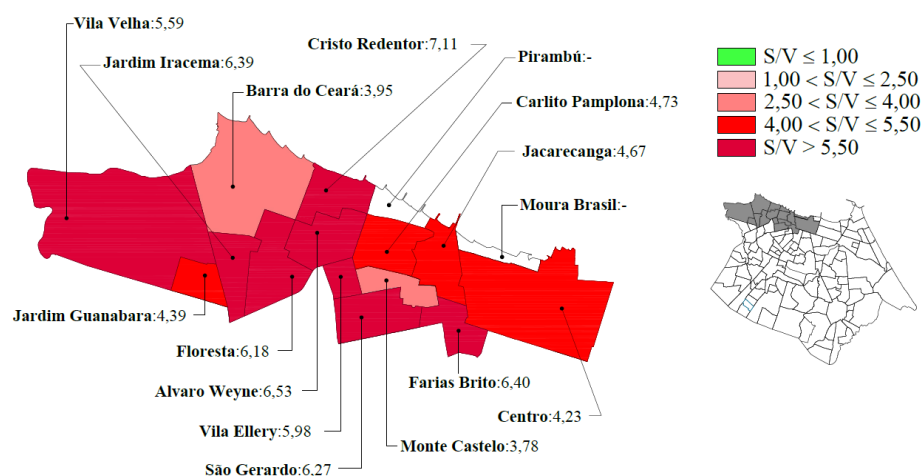


Figura 13.3. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando todos os edifícios

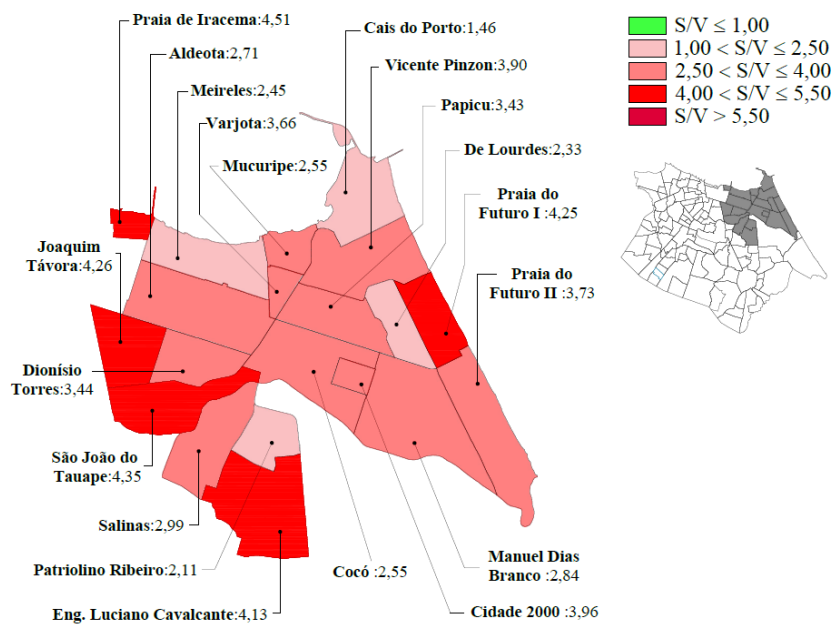


Figura 13.4. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando todos os edifícios

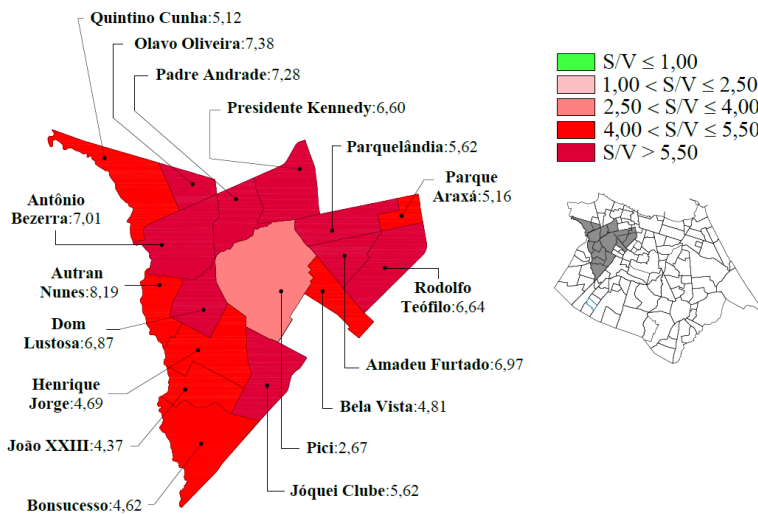


Figura 13.5. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando todos os edifícios

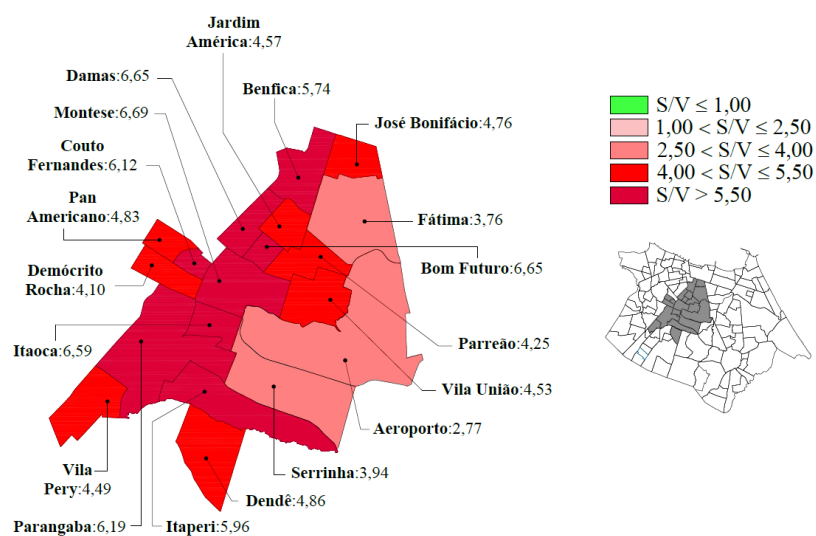


Figura 13.6. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando todos os edifícios

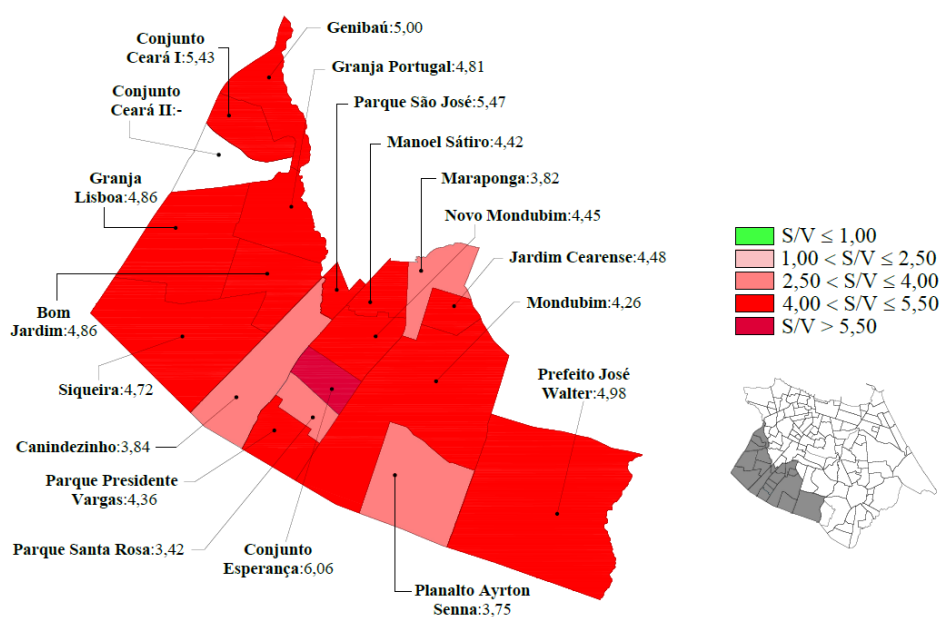


Figura 13.7. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando todos os edifícios

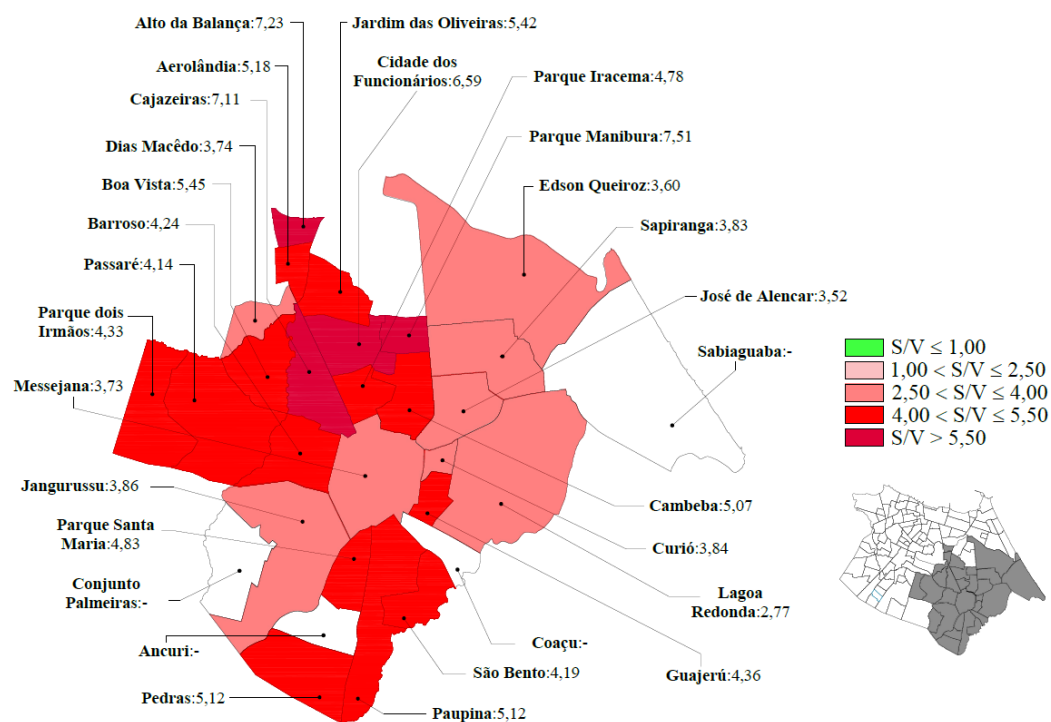


Figura 13.8. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando todos os edifícios

13.1 Valores de S/V por classes de pavimentos

Para melhor compreensão da influência das ações sísmicas no parque edificado de Fortaleza, os valores de S/V foram determinados em função das classes de pavimentos adotadas neste trabalho: PA01, PA02, PA03, PA04 e PA05.

13.1.1 Edifícios de classe de pavimento PA01

A Tabela 13.8 apresenta os valores dos parâmetros S/V (espectrais verificadas) dos edifícios de classe de pavimento PA01 em todos os bairros de Fortaleza.

Tabela 13.8. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA01 da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	6,51	Aerolândia	5,11	Aeroporto	2,77	Aldeota	4,78
Alto da Balança	7,23	Amadeu Furtado	7,01	Ancuri	-	Antônio Bezerra	7,21
Autran Nunes	8,19	Barra do Ceará	3,95	Barroso	4,24	Bela Vista	4,61
Benfica	6,42	Boa Vista	5,45	Bom Futuro	6,62	Bom Jardim	4,86
Bonsucesso	4,62	Caís do Porto	-	Cajazeiras	7,62	Cambeba	6,84
Canindezinho	3,84	Carlito Pamplona	4,67	Centro	4,86	Cidade 2000	4,96
Cid. dos Funcionários	6,54	Coaçu	-	Cocó	6,13	Conj. Ceará I	5,43
Conjunto Ceará II	-	Conjunto Esperança	6,06	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	6,37

Cristo Redentor	7,11	Curió	3,84	Damas	6,89	De Lourdes	-
Demócrito Rocha	4,10	Dendê	4,87	Dias Macêdo	3,74	Dionísio Torres	5,03
Dom Lustosa	6,87	Edson Queiroz	3,85	Eng. Luc. Cavalcante	6,49	Farias Brito	6,84
Fátima	5,03	Floresta	6,18	Genibaú	5,00	Granja Lisboa	4,86
Granja Portugal	4,81	Guajeru	4,36	Henrique Jorge	4,69	Itaoca	6,76
Itaperi	6,09	Jacarecanga	4,86	Jangurussu	3,86	Jardim América	4,72
Jardim Cearense	5,17	Jardim das Oliveiras	5,42	Jardim Guanabara	4,39	Jardim Iracema	6,39
José Bonifácio	5,77	João XXIII	4,37	Joaquim Távora	5,14	Jóquei Clube	7,00
José de Alencar	3,52	Lagoa Redonda	2,77	Manoel Sátiro	4,42	M. Dias Branco	4,36
Maraponga	4,23	Meireles	5,05	Messejana	4,52	Mondubim	4,41
Monte Castelo	4,76	Montese	6,72	Moura Brasil	-	Mucuripe	4,85
Novo Mondubim	4,45	Olavo Oliveira	7,38	Padre Andrade	7,28	Pan-Americano	4,83
Papicu	4,72	Parangaba	6,56	Parque Araxá	5,85	Parq. Dois Irmãos	4,33
Parque Iracema	7,79	Parque Manibura	7,81	Parque Pres. Vargas	4,36	Parq. Santa Maria	4,83
Parque Santa Rosa	3,42	Parque São José	5,47	Parquelândia	6,63	Parreão	4,57
Passaré	4,40	Patriolino Ribeiro	4,39	Paupina	5,12	Pedras	5,12
Pici	3,38	Pirambu	-	Plan. Ayrton Senna	3,75	Praia de Iracema	5,08
Praia do Futuro I	4,18	Praia do Futuro II	4,42	Prefeito José Walter	4,98	Pres. Kennedy	7,09
Quintino Cunha	5,12	Rodolfo Teófilo	6,78	Sabiaguaba	-	Salinas	5,30
São Bento	4,19	São Gerardo	6,85	São João do Tauape	4,68	Sapiranga	3,90
Serrinha	4,30	Siqueira	4,72	Varjota	4,78	Vicente Pinzon	4,48
Vila Ellery	6,85	Vila Pery	4,49	Vila União	4,55	Vila Velha	5,67

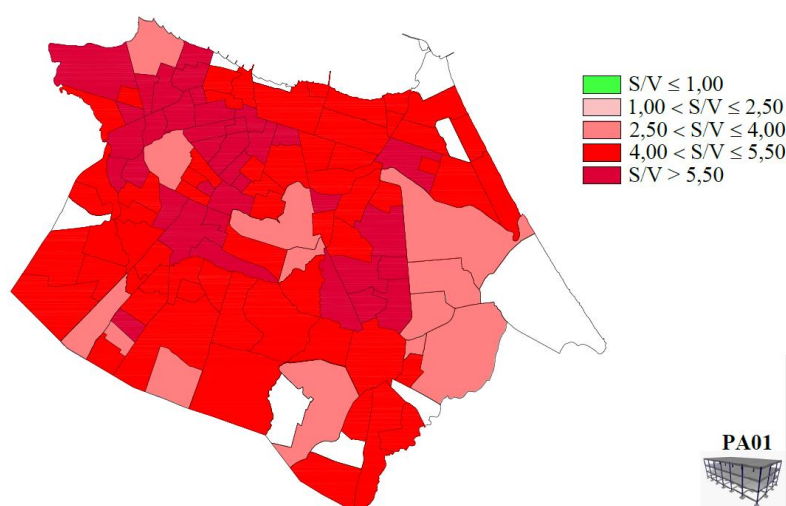


Figura 13.9. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA01

Os valores dos parâmetros S/V obtidos a partir das ações sísmicas espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA01 são respectivamente 5,26 e 1,49. No mapa da Figura 13.10 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA01.

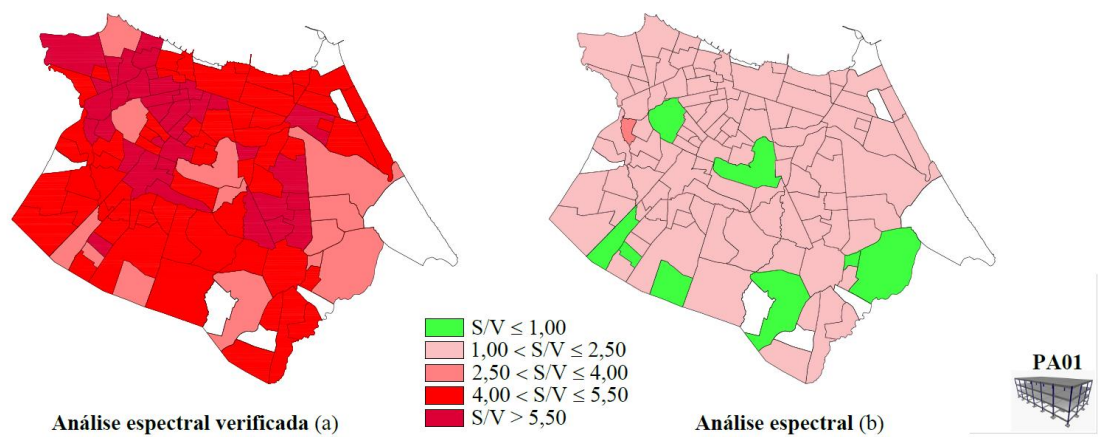


Figura 13.10. Parâmetro S/V em edifícios PA01: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.11 à Figura 13.16.

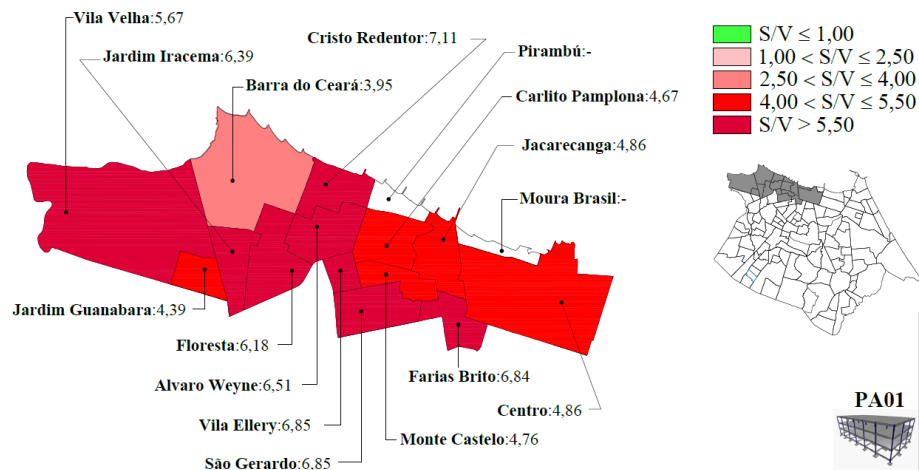


Figura 13.11. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA01

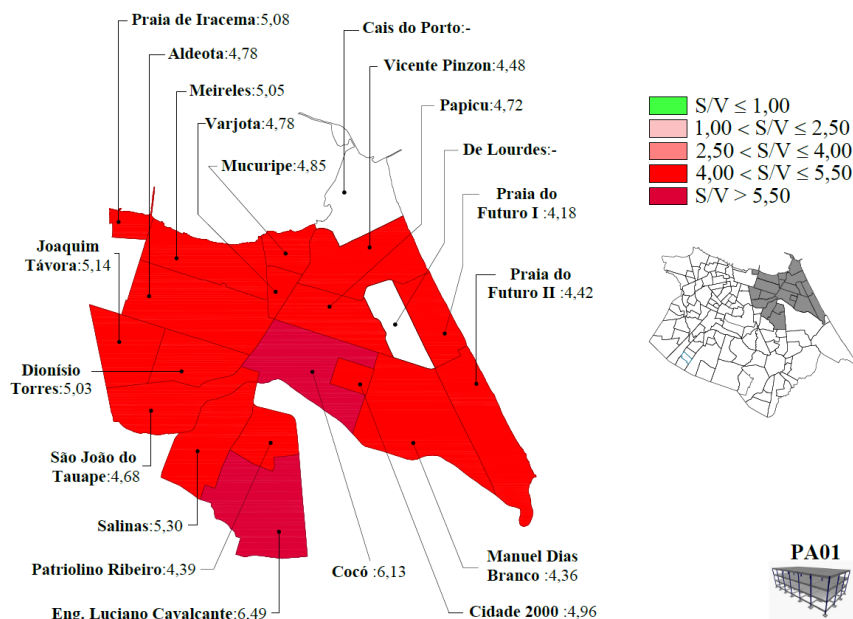


Figura 13.12. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA01

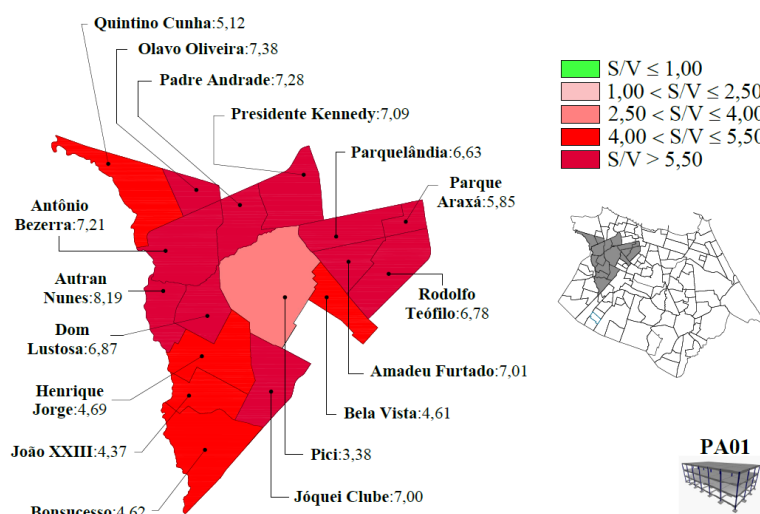


Figura 13.13. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA01

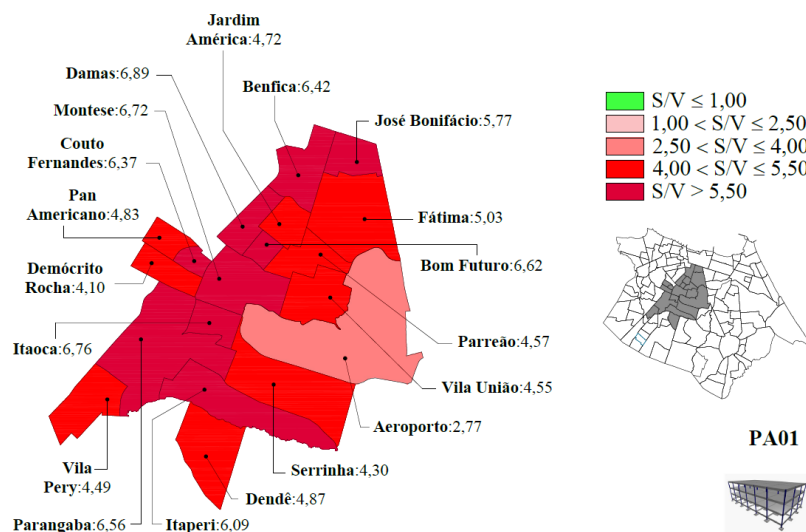


Figura 13.14. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA01

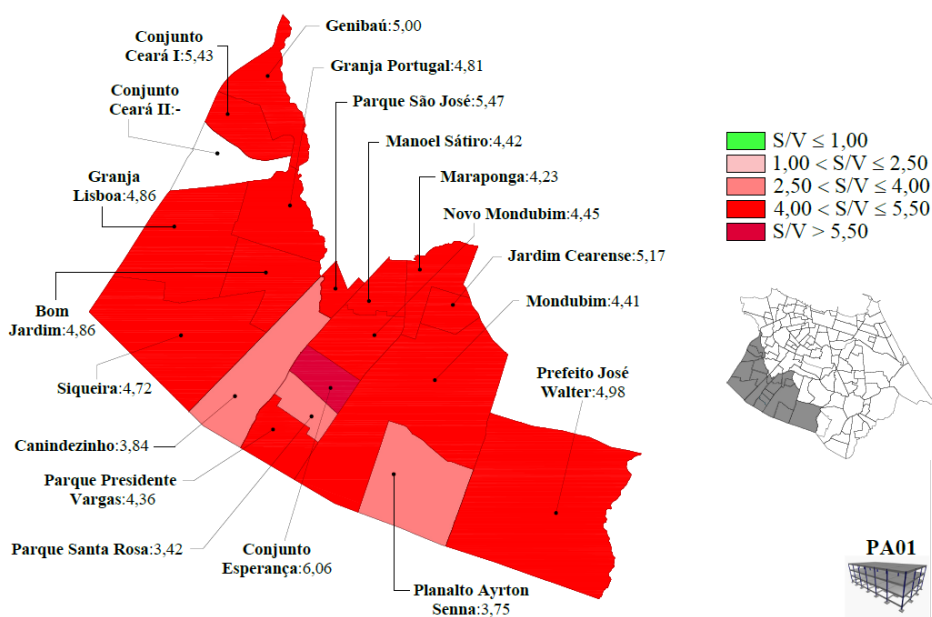


Figura 13.15. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA01

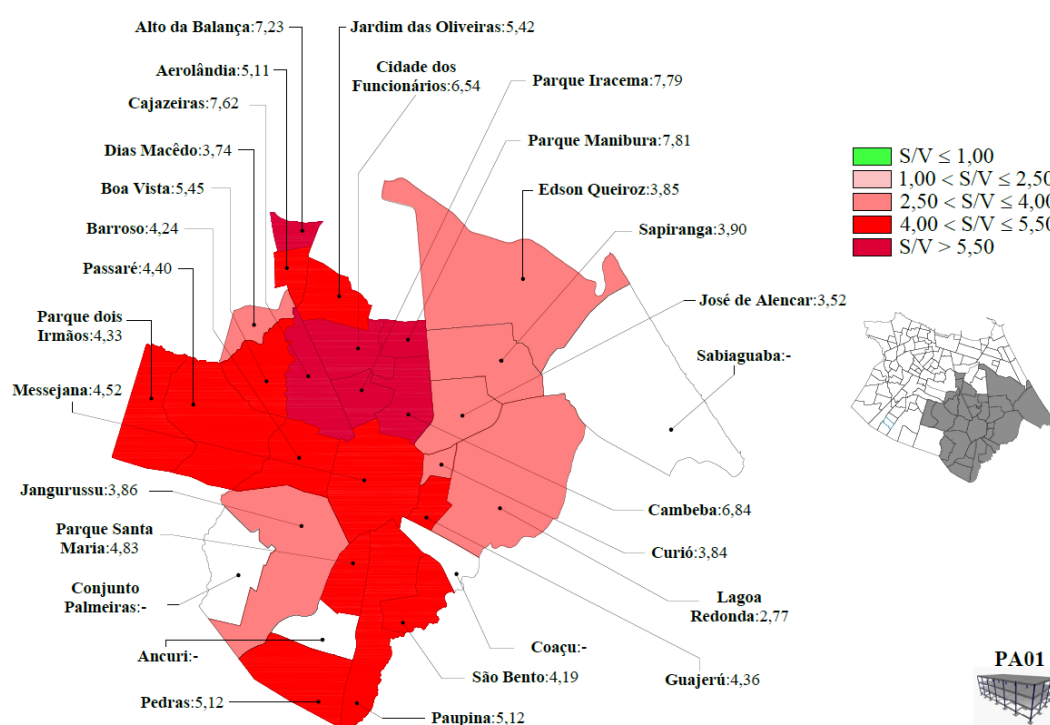


Figura 13.16. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA01

O Edifício 01 verificado no Capítulo 9 enquadra-se na classificação PA01. Apenas para efeito de estimativa de quantitativos de materiais, uma vez que este não corresponde aos objetivos deste trabalho, vale lembrar que em solo D houve um acréscimo de 31,8% no consumo de aço ao considerar as ações sísmicas e; em solo E, o acréscimo foi de 43,3%.

13.1.2 Edifícios de classe de pavimento PA02

A Tabela 13.9 apresenta os valores dos parâmetros S/V (espectrais verificadas) dos edifícios de classe de pavimento PA02 em todos os bairros de Fortaleza.

Tabela 13.9. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA02 da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	7,41	Aerolândia	5,29	Aeroporto	-	Aldeota	5,08
Alto da Balança	-	Amadeu Furtado	6,42	Ancuri	-	Antônio Bezerra	4,96
Autran Nunes	-	Barra do Ceará	-	Barroso	-	Bela Vista	5,03
Benfica	6,88	Boa Vista	-	Bom Futuro	7,05	Bom Jardim	-
Bonsucesso	-	Cais do Porto	-	Cajazeiras	6,64	Cambeba	5,33
Canindezinho	-	Carlito Pamplona	5,06	Centro	4,64	Cidade 2000	4,93
Cid. dos Funcionários	7,35	Coaçu	-	Cocó	5,75	Conjunto Ceará I	-
Conjunto Ceará II	-	Conj. Esperança	-	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	5,59
Cristo Redentor	-	Curió	-	Damas	7,37	De Lourdes	4,10
Demócrito Rocha	-	Dendê	4,77	Dias Macêdo	-	Dionísio Torres	4,84
Dom Lustosa	-	Edson Queiroz	4,77	Eng. Luc. Cavalcante	5,38	Farias Brito	7,97
Fátima	4,83	Floresta	-	Genibaú	-	Granja Lisboa	-

Granja Portugal	-	Guajeru	-	Henrique Jorge	-	Itaoca	5,52
Itaperi	5,52	Jacarecanga	5,14	Jangurussu	-	Jardim América	4,50
Jardim Cearense	2,90	Jard. das Oliveiras	-	Jardim Guanabara	-	Jardim Iracema	-
José Bonifácio	7,05	João XXIII	-	Joaquim Távora	4,93	Jóquei Clube	5,08
José de Alencar	-	Lagoa Redonda	-	Manoel Sátiro	-	M. Dias Branco	3,42
Maraponga	3,07	Meireles	5,11	Messejana	3,50	Mondubim	3,77
Monte Castelo	-	Montese	6,48	Moura Brasil	-	Mucuripe	-
Novo Mondubim	-	Olavo Oliveira	-	Padre Andrade	-	Pan-Americano	-
Papicu	4,84	Parangaba	4,14	Parque Araxá	4,14	Parq. Dois Irmãos	-
Parque Iracema	7,18	Parque Manibura	5,86	Parque Pres. Vargas	-	Parq. Santa Maria	-
Parque Santa Rosa	-	Parque São José	-	Parquelândia	6,50	Parreão	5,05
Passaré	3,48	Patriolino Ribeiro	5,16	Paupina	-	Pedras	-
Pici	-	Pirambu	-	Planalto Ayrton Senna	-	Praia de Iracema	5,06
Praia do Futuro I	4,67	Praia do Futuro II	-	Prefeito José Walter	-	Pres. Kennedy	7,01
Quintino Cunha	-	Rodolfo Teófilo	6,23	Sabiaguaba	-	Salinas	-
São Bento	-	São Gerardo	7,64	São João do Tauape	4,93	Sapiranga	3,62
Serrinha	-	Siqueira	-	Varjota	4,93	Vicente Pinzon	4,50
Vila Ellery	-	Vila Pery	-	Vila União	5,10	Vila Velha	5,15

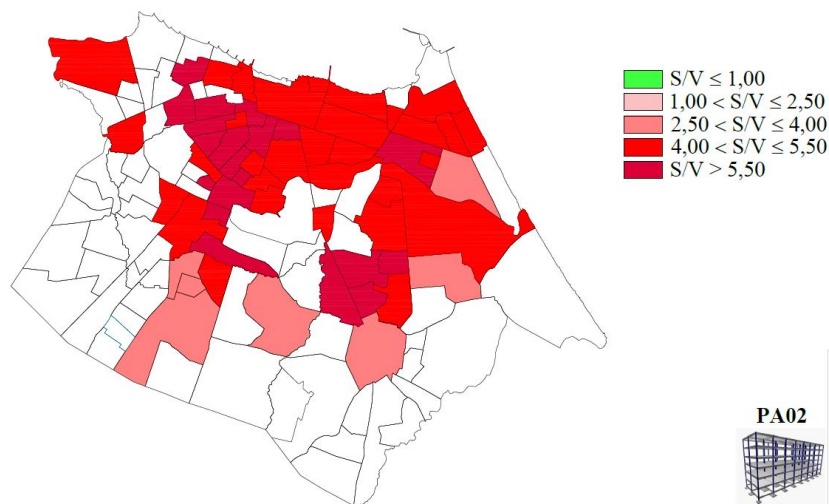


Figura 13.17. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA02

Os valores dos parâmetros S/V obtidos a partir das ações sísmicas espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA02 são respectivamente 5,20 e 1,27. No mapa da Figura 13.18 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA02.

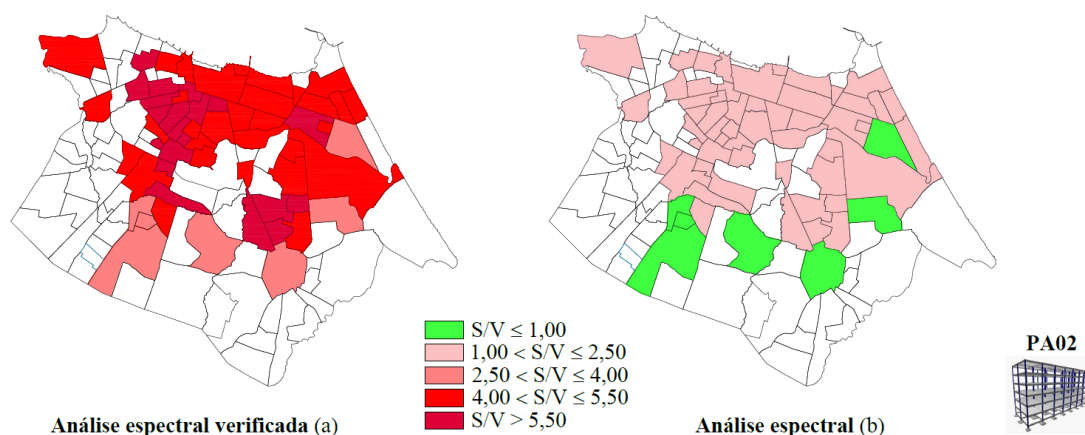


Figura 13.18. Parâmetro S/V em edifícios PA02: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.19 à Figura 13.24.

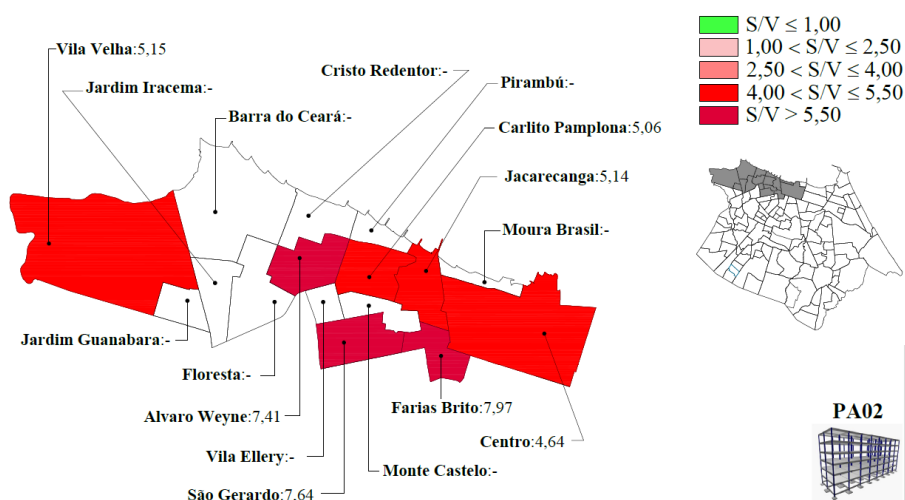


Figura 13.19. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA02

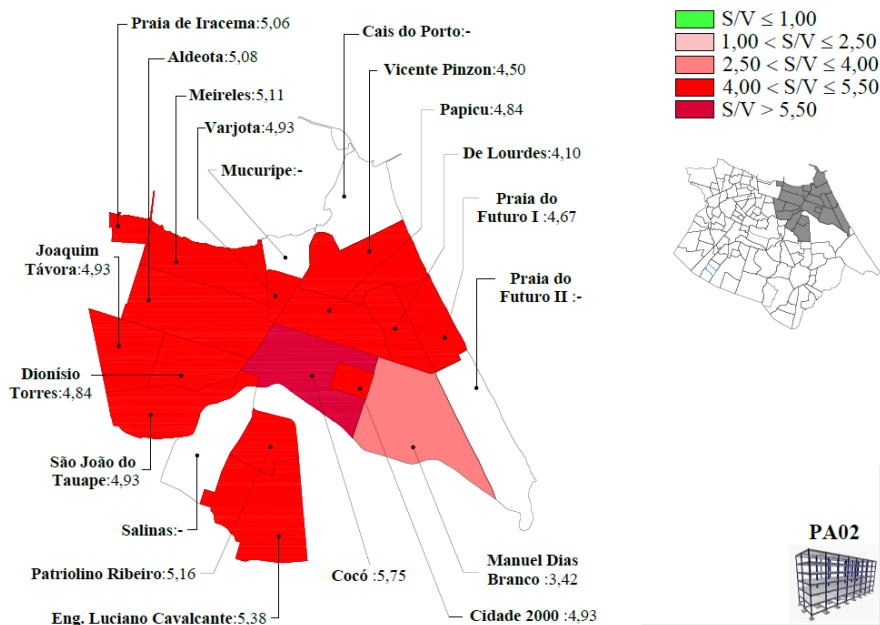


Figura 13.20. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA02

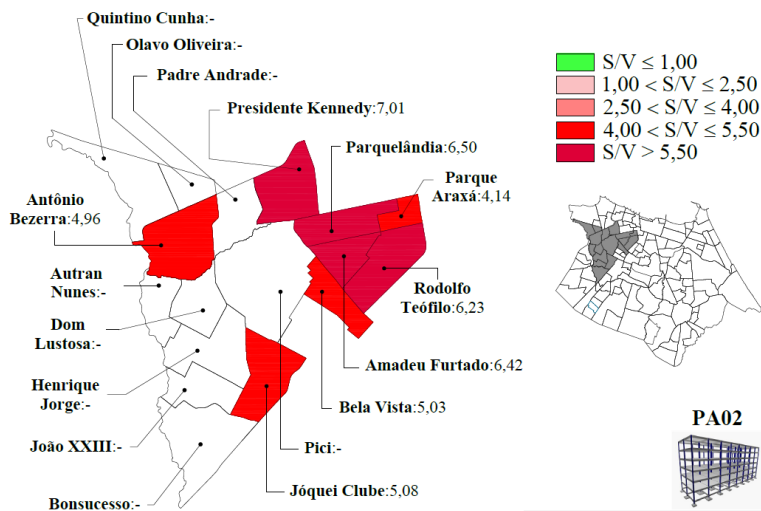


Figura 13.21. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA02

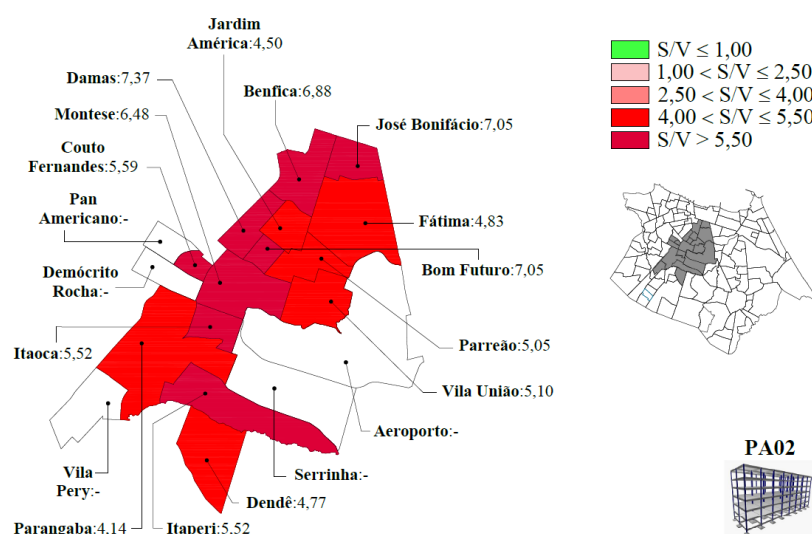


Figura 13.22. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA02

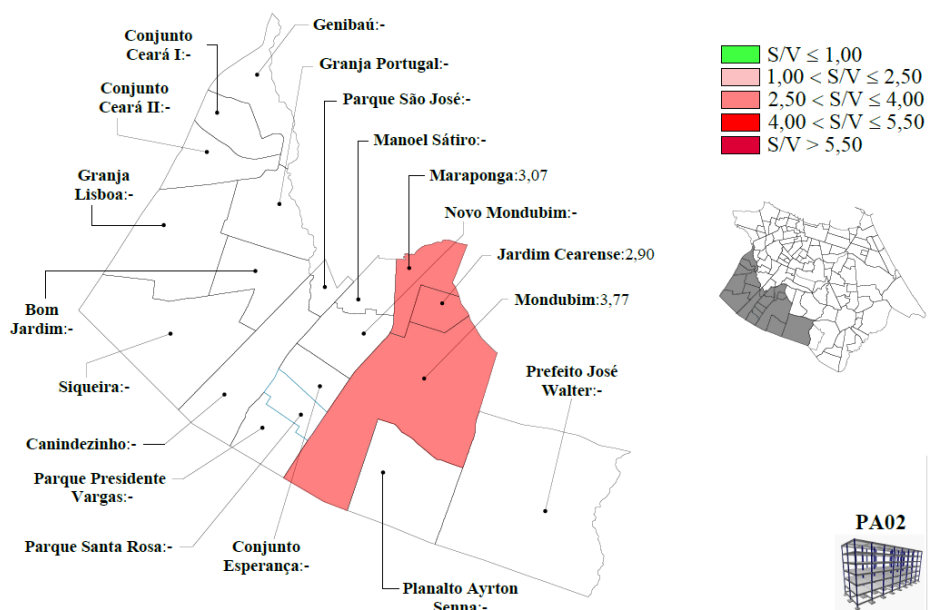


Figura 13.23. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA02

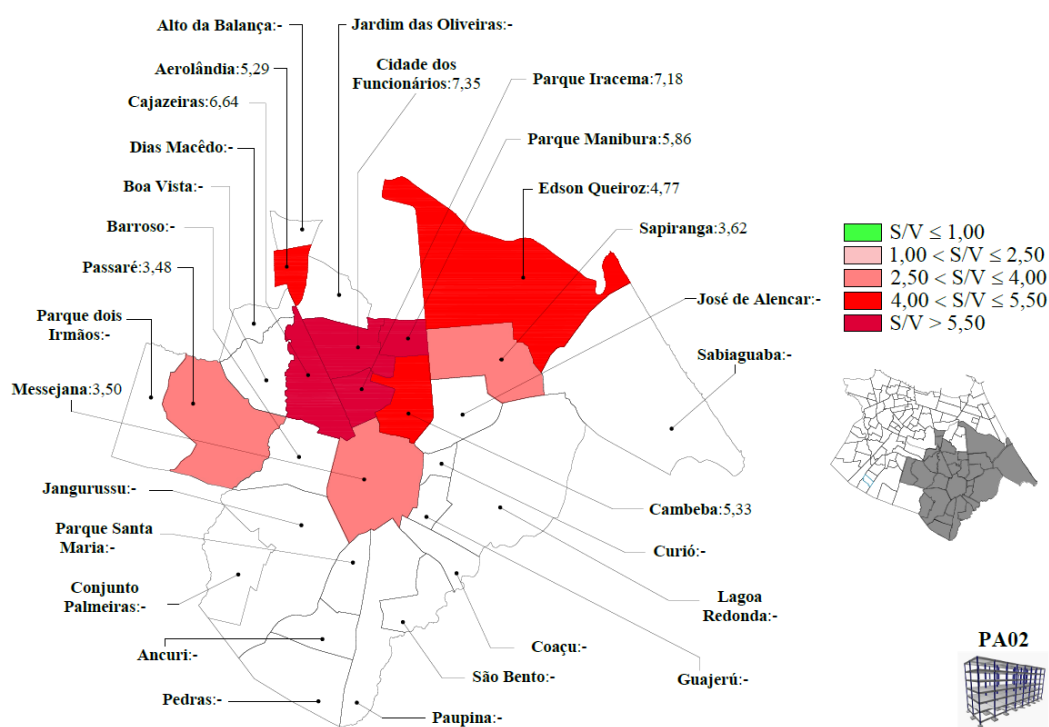


Figura 13.24. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA02

13.1.3 Edifícios de classe de pavimento PA03

A Tabela 13.10 apresenta os valores dos parâmetros S/V (espectrais verificadas) dos edifícios de classe de pavimento PA03 em todos os bairros de Fortaleza.

Tabela 13.10. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA03 da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	-	Aerolândia	-	Aeroporto	-	Aldeota	2,04
Alto da Balança	-	Amadeu Furtado	-	Ancuri	-	Antônio Bezerra	-
Autran Nunes	-	Barra do Ceará	-	Barroso	-	Bela Vista	-
Benfica	3,25	Boa Vista	-	Bom Futuro	-	Bom Jardim	-
Bonsucesso	-	Caís do Porto	-	Cajazeiras	-	Cambeba	-
Canindezinho	-	Carlito Pamplona	-	Centro	2,06	Cidade 2000	-
Cid. dos Funcionários	-	Coaçu	-	Cocó	2,08	Conjunto Ceará I	-
Conjunto Ceará II	-	Conj. Esperança	-	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	-
Cristo Redentor	-	Curió	-	Damas	3,47	De Lourdes	-
Demócrito Rocha	-	Dendê	-	Dias Macêdo	-	Dionísio Torres	2,37
Dom Lustosa	-	Edson Queiroz	1,97	Eng. Luc. Cavalcante	3,43	Farias Brito	2,71
Fátima	2,28	Floresta	-	Genibaú	-	Granja Lisboa	-
Granja Portugal	-	Guajeru	-	Henrique Jorge	-	Itaoca	-
Itaperi	-	Jacarecanga	-	Jangurussu	-	Jardim América	1,32
Jardim Cearense	2,06	Jard. das Oliveiras	-	Jardim Guanabara	-	Jardim Iracema	-
José Bonifácio	3,20	João XXIII	-	Joaquim Távora	2,51	Jóquei Clube	3,61
José de Alencar	-	Lagoa Redonda	-	Manoel Sátiro	-	M. Dias Branco	1,94
Maraponga	1,96	Meireles	2,19	Messejana	-	Mondubim	1,79
Monte Castelo	-	Montese	-	Moura Brasil	-	Mucuripe	1,96
Novo Mondubim	-	Olavo Oliveira	-	Padre Andrade	-	Pan-Americano	-
Papicu	2,74	Parangaba	3,43	Parque Araxá	-	Parq. Dois Irmãos	-

Parque Iracema	-	Parque Manibura	-	Parq. Pres. Vargas	-	Parq. Santa Maria	-
Parque Santa Rosa	-	Parque São José	-	Parquelândia	2,62	Parreão	1,87
Passaré	-	Patriolino Ribeiro	1,99	Paupina	-	Pedras	-
Pici	-	Pirambu	-	Planalto Ayrton Senna	-	Praia de Iracema	2,17
Praia do Futuro I	1,88	Praia do Futuro II	-	Prefeito José Walter	-	Pres. Kennedy	-
Quintino Cunha	-	Rodolfo Teófilo	-	Sabiaguaba	-	Salinas	-
São Bento	-	São Gerardo	3,25	São João do Tauape	1,78	Sapiranga	-
Serrinha	1,83	Siqueira	-	Varjota	2,24	Vicente Pinzon	1,95
Vila Ellery	-	Vila Pery	-	Vila União	-	Vila Velha	-

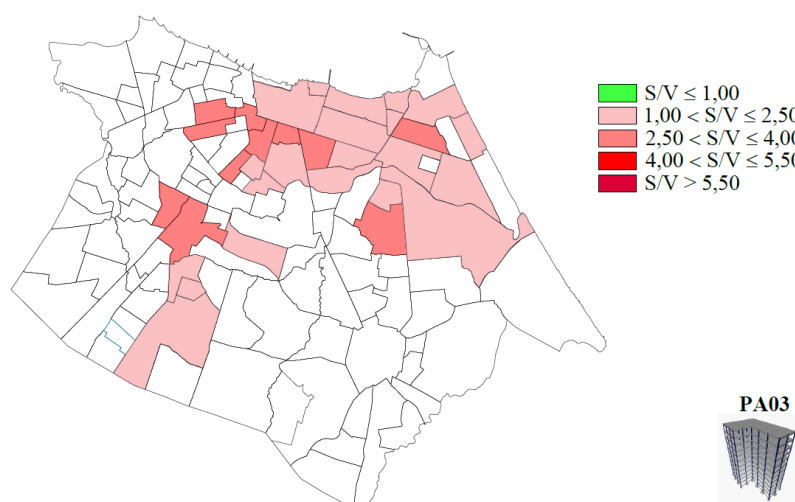


Figura 13.25. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA03

Os valores dos parâmetros S/V obtidos a partir das ações sísmicas espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA03 são respectivamente 2,23 e 0,97. No caso da adoção das ações espectrais iniciais, nesta classe de pavimentos, as ações de vento praticamente igualam-se às ações sísmicas. No mapa da Figura 13.26 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA03.

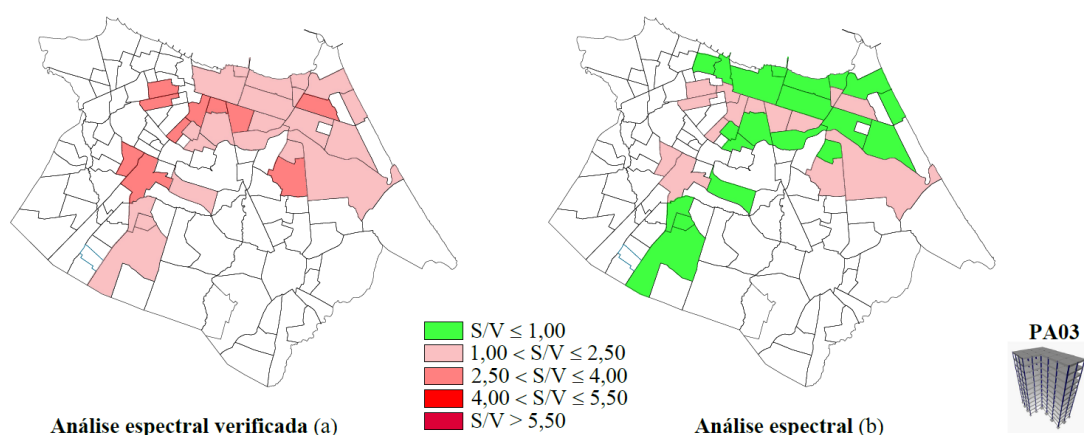


Figura 13.26. Parâmetro S/V em edifícios PA03: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.27 à Figura 13.32.

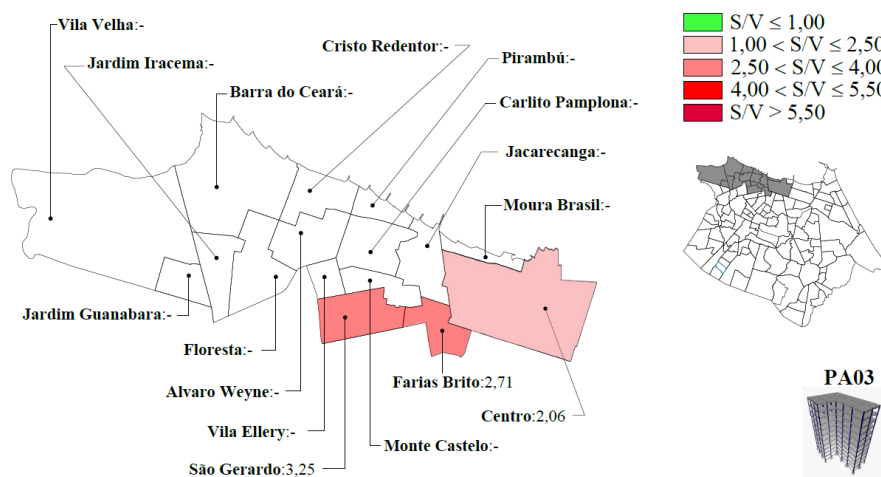


Figura 13.27. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA03

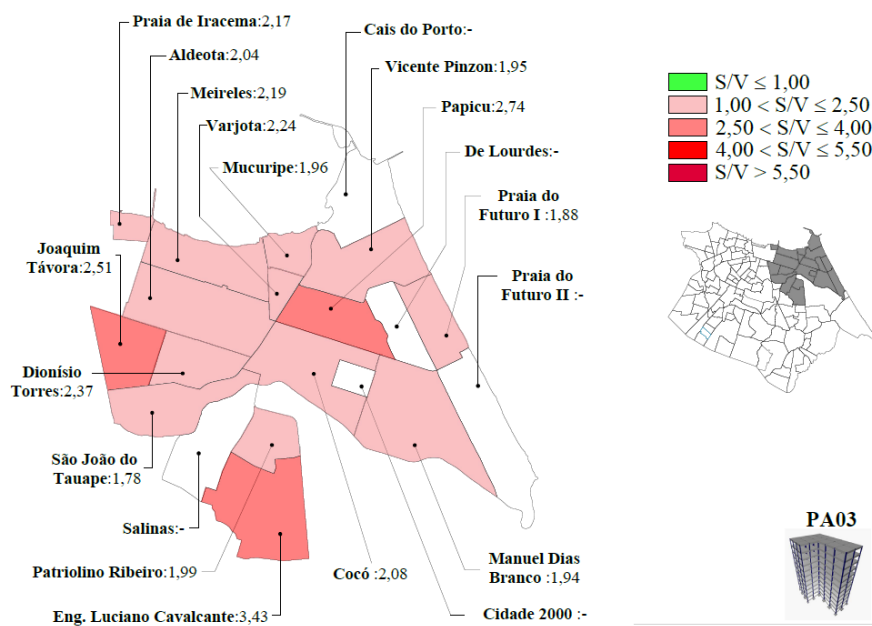


Figura 13.28. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA03

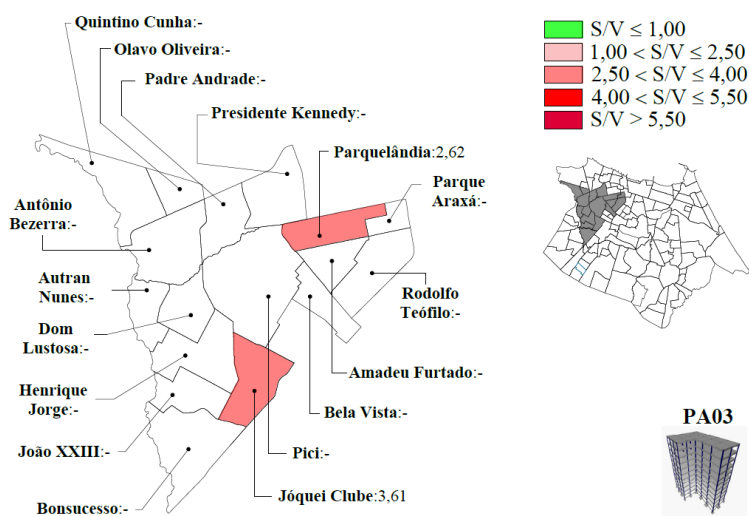


Figura 13.29. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA03

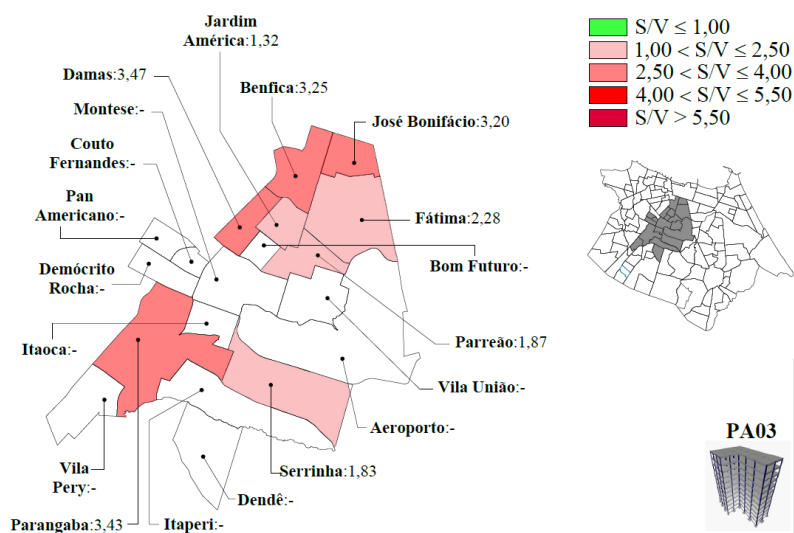


Figura 13.30. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA03

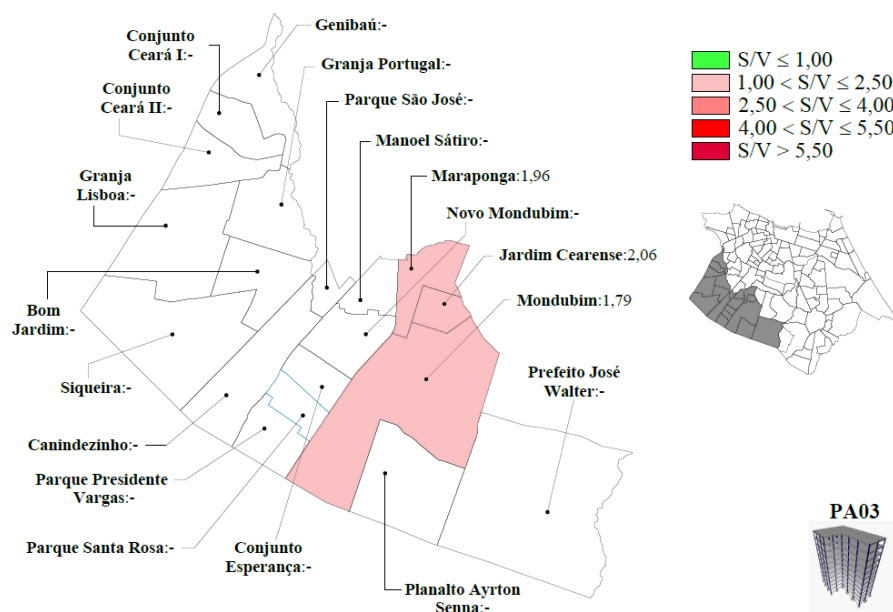


Figura 13.31. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA03

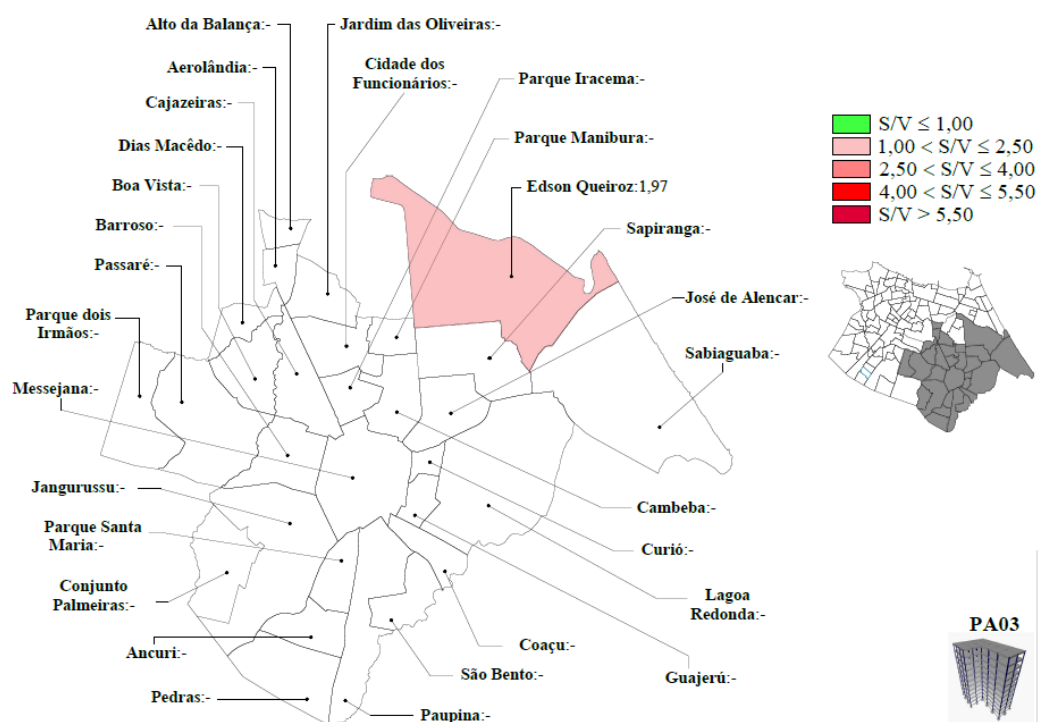


Figura 13.32. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA03

O Edifício 02 verificado no Capítulo 9 enquadra-se na classificação PA03. Apenas para efeito de estimativa de quantitativos de materiais, vale lembrar que em solo D houve um acréscimo de 5,4% no consumo de aço ao considerar as ações sísmicas e; em solo E, o acréscimo foi de 23,3%.

13.1.4 Edifícios de classe de pavimento PA04

A Tabela 13.11 apresenta os valores dos parâmetros S/V (espectrais verificadas) dos edifícios de classe de pavimento PA04 em todos os bairros de Fortaleza.

Tabela 13.11. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA04 da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	-	Aerolândia	-	Aeroporto	-	Aldeota	1,45
Alto da Balança	-	Amadeu Furtado	-	Ancuri	-	Antônio Bezerra	-
Autran Nunes	-	Barra do Ceará	-	Barroso	-	Bela Vista	-
Benfica	2,40	Boa Vista	-	Bom Futuro	-	Bom Jardim	-
Bonsucesso	-	Cais do Porto	1,46	Cajazeiras	-	Cambeba	2,33
Canindezinho	-	Carlito Pamplona	-	Centro	1,38	Cidade 2000	1,33
Cid. dos Funcionários	2,05	Coaçu	-	Cocó	1,43	Conj. Ceará I	-
Conjunto Ceará II	-	Conj. Esperança	-	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	-
Cristo Redentor	-	Curió	-	Damas	1,70	De Lourdes	1,44
Demócrito Rocha	-	Dendê	-	Dias Macêdo	-	Dionísio Torres	1,46
Dom Lustosa	-	Edson Queiroz	1,39	Eng. Luc. Cavalcante	2,10	Farias Brito	2,30
Fátima	1,40	Floresta	-	Genibaú	-	Granja Lisboa	-
Granja Portugal	-	Guajeru	-	Henrique Jorge	-	Itaoca	-
Itaperi	1,64	Jacarecanga	1,25	Jangurussu	-	Jardim América	-
Jardim Cearense	-	Jard. das Oliveiras	-	Jardim Guanabara	-	Jardim Iracema	-
José Bonifácio	2,69	João XXIII	-	Joaquim Távora	1,38	Jóquei Clube	2,39
José de Alencar	-	Lagoa Redonda	-	Manoel Sátiro	-	M. Dias Branco	1,43
Maraponga	-	Meireles	1,46	Messejana	1,40	Mondubim	-
Monte Castelo	1,14	Montese	-	Moura Brasil	-	Mucuripe	1,49
Novo Mondubim	-	Olavo Oliveira	-	Padre Andrade	-	Pan-Americano	-
Papicu	1,40	Parangaba	2,38	Parque Araxá	-	Parq. Dois Irmãos	-
Parque Iracema	2,72	Parque Manibura	-	Parque Pres. Vargas	-	Parq. Santa Maria	-
Parque Santa Rosa	-	Parque São José	-	Parquelândia	2,12	Parreão	1,27
Passaré	-	Patriolino Ribeiro	1,35	Paupina	-	Pedras	-
Pici	1,09	Pirambu	-	Planalto Ayrton Senna	-	Praia de Iracema	1,46
Praia do Futuro I	-	Praia do Futuro II	1,78	Prefeito José Walter	-	Pres. Kennedy	2,54
Quintino Cunha	-	Rodolfo Teófilo	-	Sabiaguaba	-	Salinas	2,85
São Bento	-	São Gerardo	1,73	São João do Tauape	1,45	Sapiranga	-
Serrinha	0,99	Siqueira	-	Varjota	1,43	Vicente Pinzon	1,43
Vila Ellery	1,64	Vila Pery	-	Vila União	1,03	Vila Velha	-

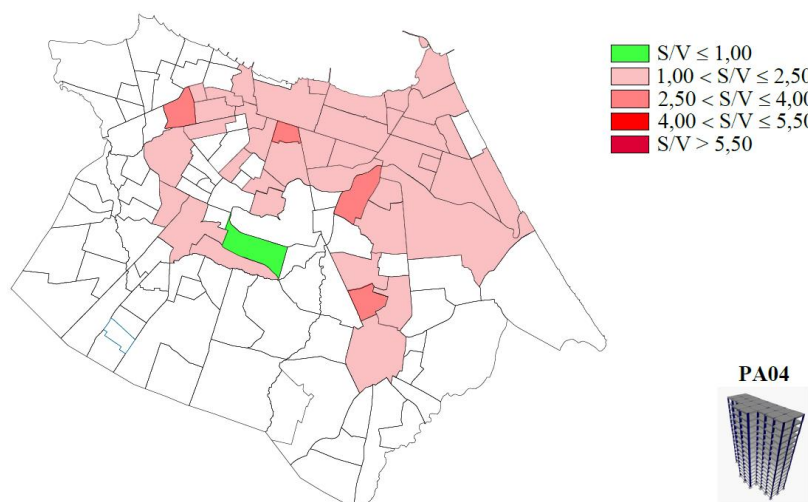


Figura 13.33. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA04

Os valores dos parâmetros S/V obtidos a partir das ações sísmicas espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA04 são respectivamente 1,55 e 0,55. No caso da adoção das ações espectrais verificadas, no bairro da Serrinha, as ações de vento igualam-se às ações sísmicas. Considerando as ações espectrais iniciais, em todos os bairros, para esta classe de pavimentos, as ações de vento superam as ações sísmicas. No mapa da Figura 13.34 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA04.

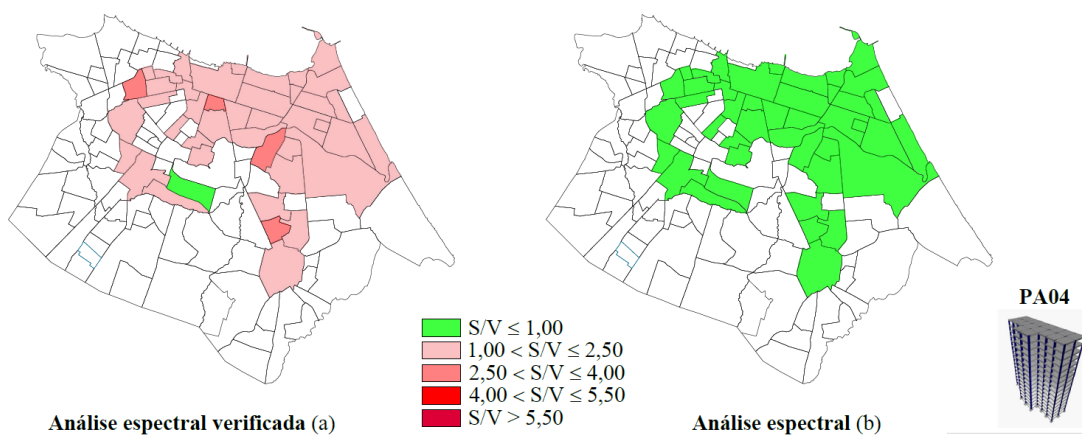


Figura 13.34. Parâmetro S/V em edifícios PA04: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.35 à Figura 13.40.

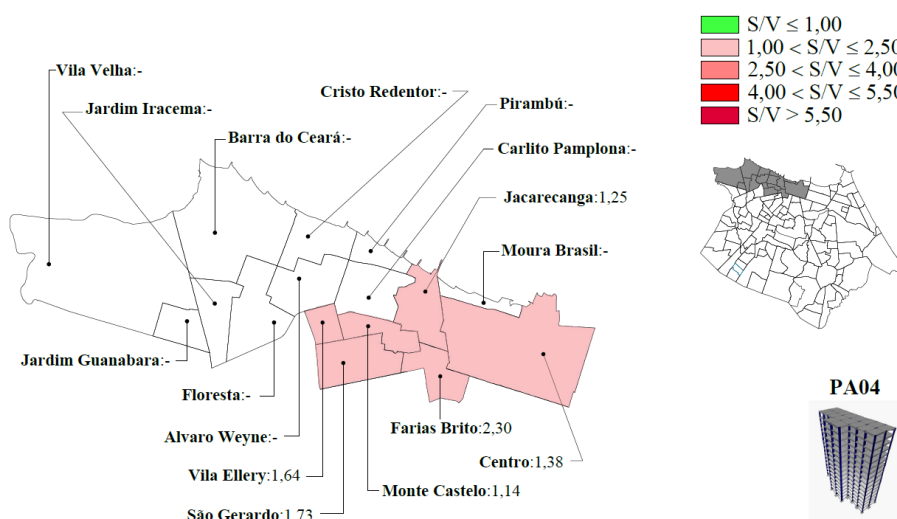


Figura 13.35. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA04

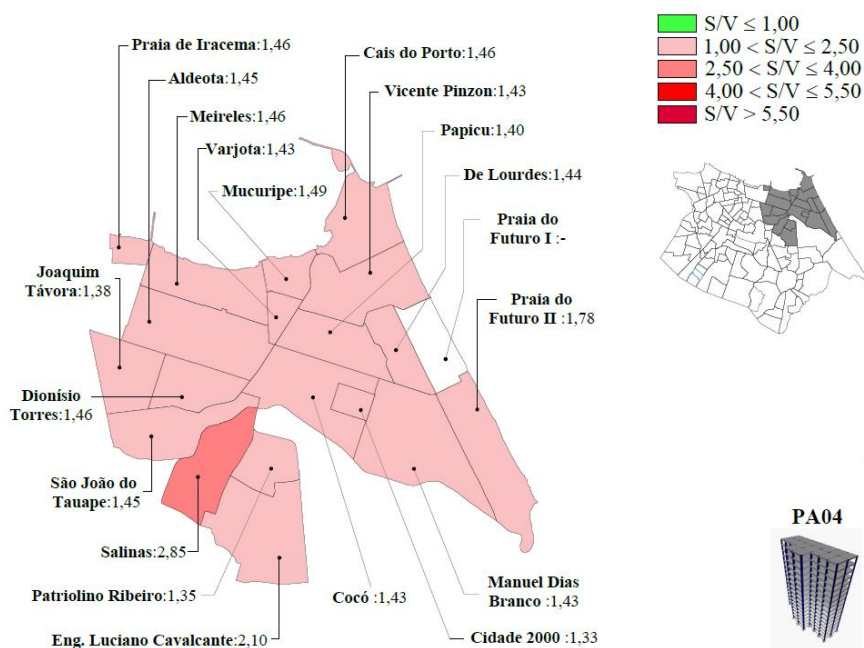


Figura 13.36. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA04

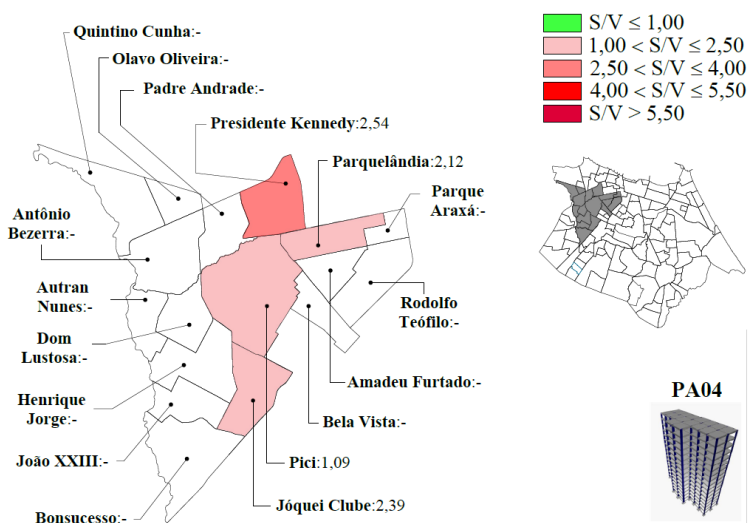


Figura 13.37. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA04

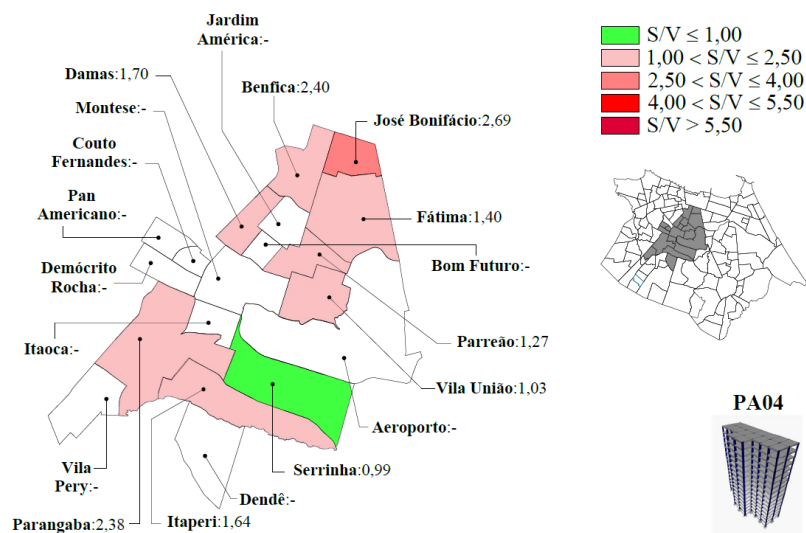


Figura 13.38. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA04

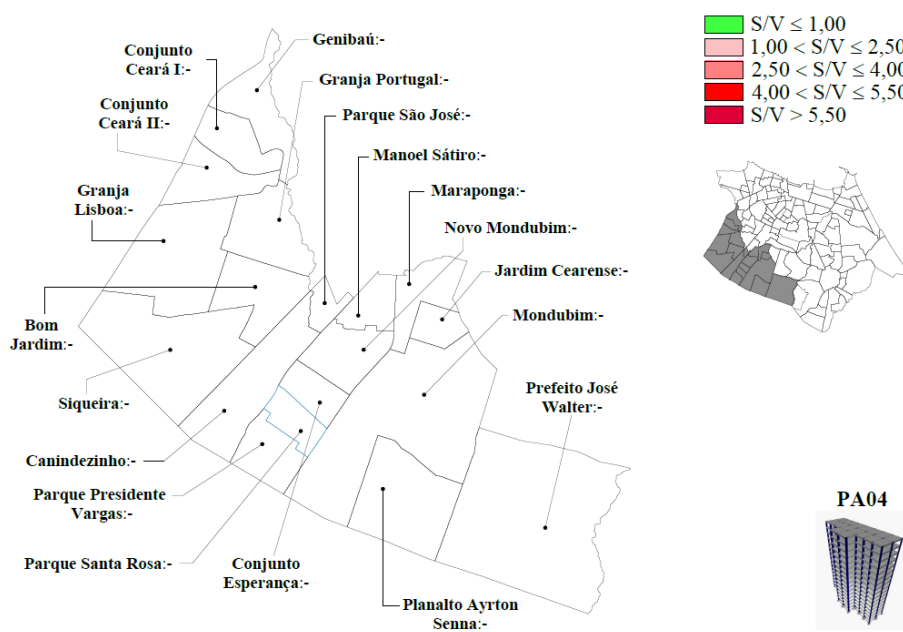


Figura 13.39. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA04

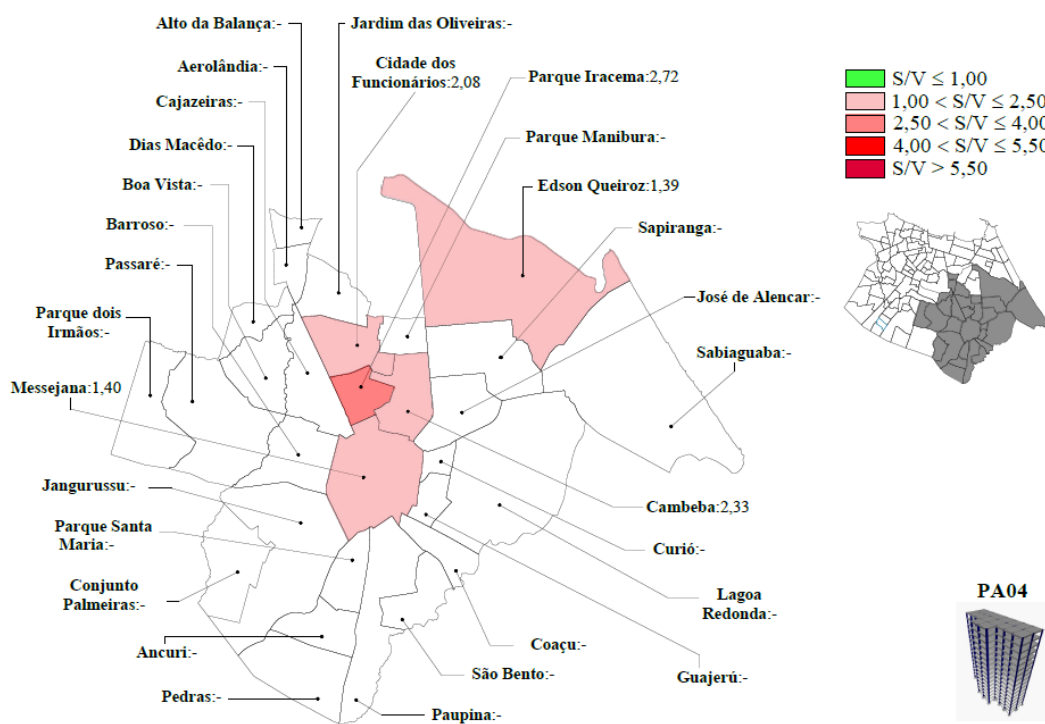


Figura 13.40. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA04

O Edifício 03 verificado no Capítulo 9 enquadra-se na classificação PA04. Apenas para efeito de estimativa de quantitativos de materiais, vale lembrar que em solo D não houve acréscimo no consumo de aço ao considerar as ações sísmicas e; em solo E, um acréscimo de 4,8%.

13.1.5 Edifícios de classe de pavimento PA05

A Tabela 13.12 apresenta os valores dos parâmetros S/V (espectrais verificadas) dos edifícios de classe de pavimento PA05 em todos os bairros de Fortaleza.

Tabela 13.12. Parâmetro S/V nos edifícios de classe de pavimento PA05 da cidade de Fortaleza

Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V	Bairro	S/V
Álvaro Weyne	-	Aerolândia	-	Aeroporto	-	Aldeota	0,86
Alto da Balança	-	Amadeu Furtado	-	Ancuri	-	Antônio Bezerra	-
Autran Nunes	-	Barra do Ceará	-	Barroso	-	Bela Vista	-
Benfica	-	Boa Vista	-	Bom Futuro	-	Bom Jardim	-
Bonsucesso	-	Cais do Porto	-	Cajazeiras	-	Cambeba	1,43
Canindezinho	-	Carlito Pamplona	-	Centro	0,87	Cidade 2000	-
Cid. dos Funcionários	-	Coaçu	-	Cocó	0,84	Conjunto Ceará I	-
Conjunto Ceará II	-	Conj. Esperança	-	Conjunto Palmeiras	-	Couto Fernandes	-
Cristo Redentor	-	Curió	-	Damas	-	De Lourdes	-
Demócrito Rocha	-	Dendê	-	Dias Macêdo	-	Dionísio Torres	0,95
Dom Lustosa	-	Edson Queiroz	-	Eng. Luc. Cavalcante	-	Farias Brito	-
Fátima	0,79	Floresta	-	Genibaú	-	Granja Lisboa	-
Granja Portugal	-	Guajeru	-	Henrique Jorge	-	Itaoca	-
Itaperi	-	Jacarecanga	1,16	Jangurussu	-	Jardim América	-
Jardim Cearense	-	Jard. das Oliveiras	-	Jardim Guanabara	-	Jardim Iracema	-
José Bonifácio	1,39	João XXIII	-	Joaquim Távora	0,86	Jóquei Clube	-
José de Alencar	-	Lagoa Redonda	-	Manoel Sátiro	-	M. Dias Branco	-
Maraponga	-	Meireles	0,88	Messejana	-	Mondubim	-
Monte Castelo	-	Montese	-	Moura Brasil	-	Mucuripe	0,83
Novo Mondubim	-	Olavo Oliveira	-	Padre Andrade	-	Pan-Americano	-
Papicu	1,03	Parangaba	-	Parque Araxá	-	Parq. Dois Irmãos	-
Parque Iracema	-	Parque Manibura	-	Parque Pres. Vargas	-	Parq. Santa Maria	-
Parque Santa Rosa	-	Parque São José	-	Parquelândia	-	Parreão	-
Passaré	-	Patriolino Ribeiro	0,77	Paupina	-	Pedras	-
Pici	-	Pirambu	-	Planalto Ayrton Senna	-	Praia de Iracema	0,64
Praia do Futuro I	-	Praia do Futuro II	0,90	Prefeito José Walter	-	Pres. Kennedy	-
Quintino Cunha	-	Rodolfo Teófilo	-	Sabiaguaba	-	Salinas	1,01
São Bento	-	São Gerardo	-	São João do Tauape	1,12	Sapiranga	-
Serrinha	-	Siqueira	-	Varjota	0,63	Vicente Pinzon	-
Vila Ellery	-	Vila Pery	-	Vila União	-	Vila Velha	-

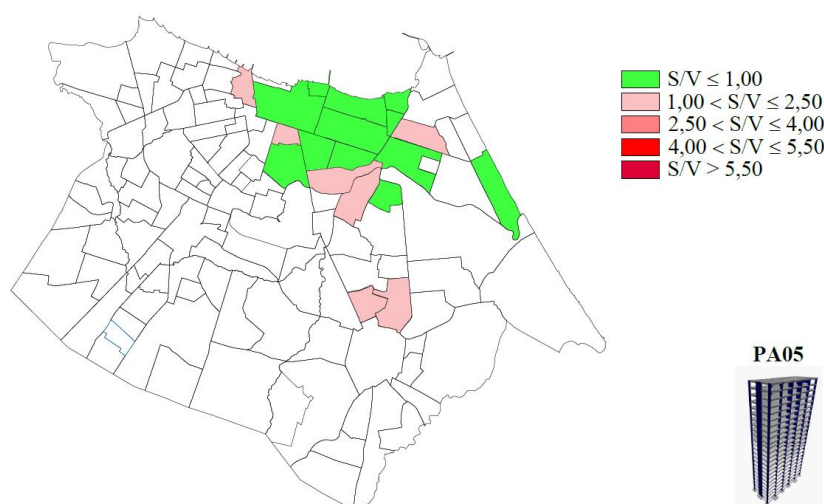


Figura 13.41. Parâmetro S/V em todos os bairros de Fortaleza considerando os edifícios PA05

Os valores dos parâmetros S/V obtidos a partir das ações sísmicas espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA05 são respectivamente 0,91 e 0,40. No caso da adoção das ações espectrais verificadas, apenas em sete bairros, as ações sísmicas superam as ações de vento. Considerando as ações espectrais iniciais, em todos os bairros, para esta classe de pavimentos, as ações de vento superam consideravelmente as ações sísmicas. No mapa da Figura 13.42 podem ser comparados os parâmetros S/V obtidos pelas ações espectrais verificadas e iniciais nos edifícios de classe de pavimento PA05.

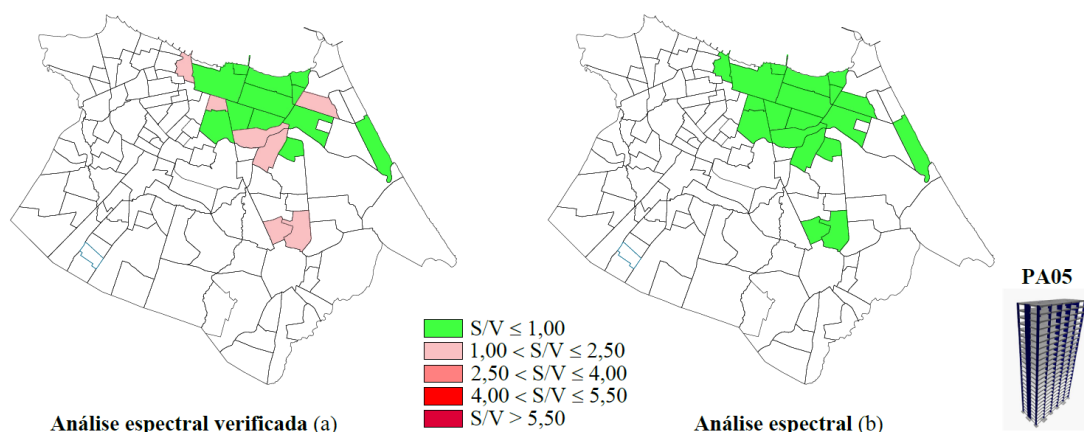


Figura 13.42. Parâmetro S/V em edifícios PA05: (a) espectral verificada (b) espectral inicial

A classificação dos bairros em termos de valores de S/V (espectral verificada) é representada em cada uma das Secretarias Regionais, SER, nos mapas da Figura 13.43 à Figura 13.48.

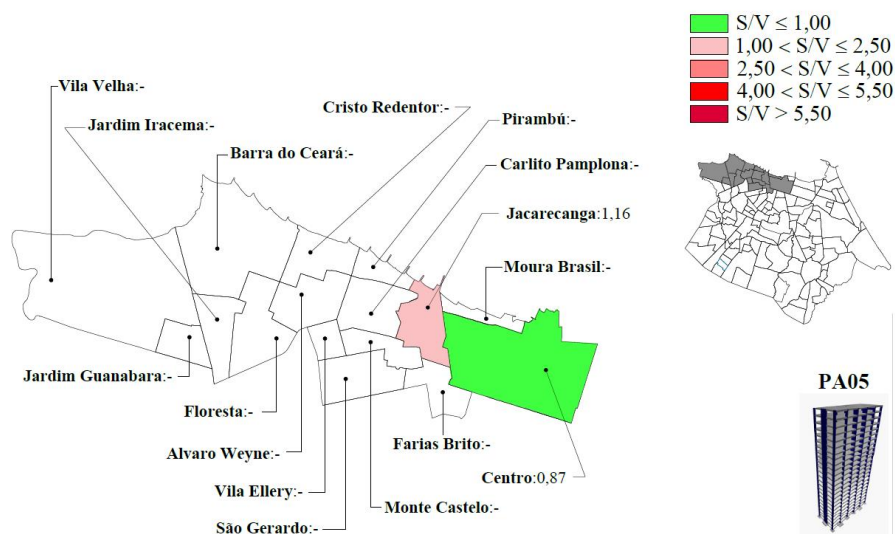


Figura 13.43. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER I considerando os edifícios PA05

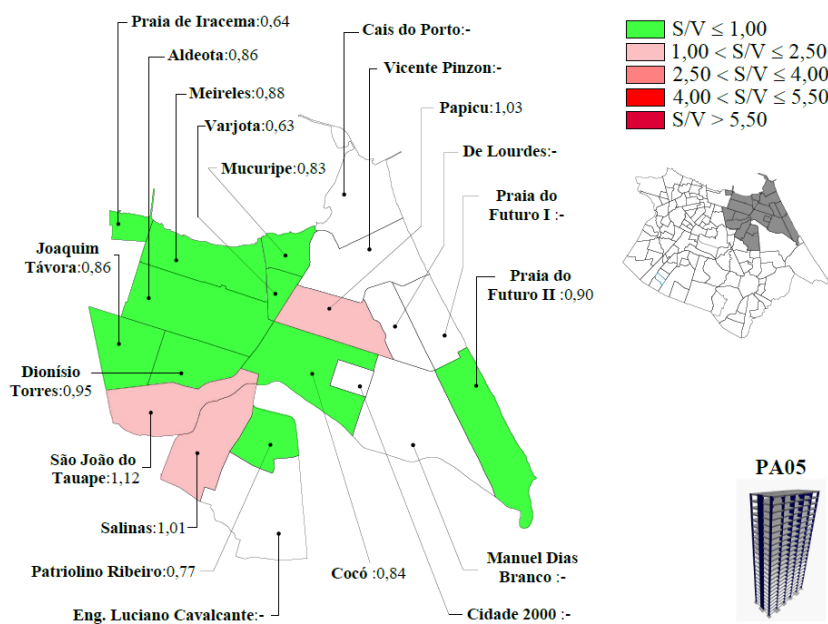


Figura 13.44. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER II considerando os edifícios PA05

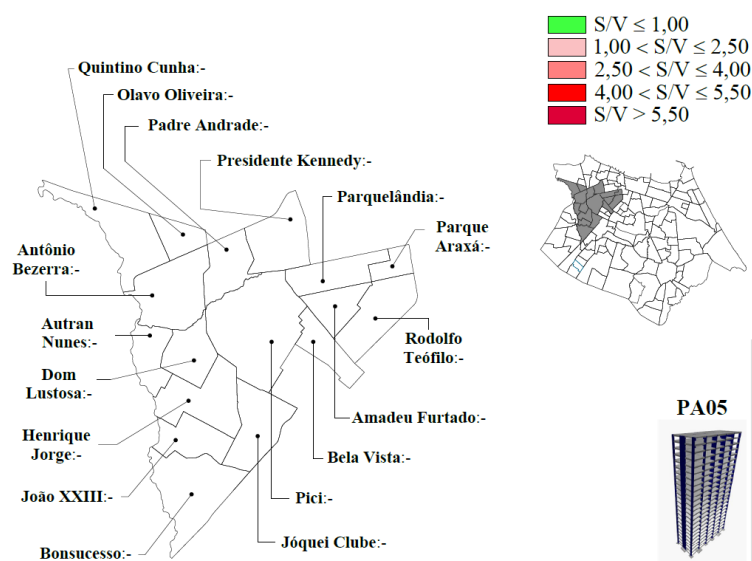


Figura 13.45. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER III considerando os edifícios PA05

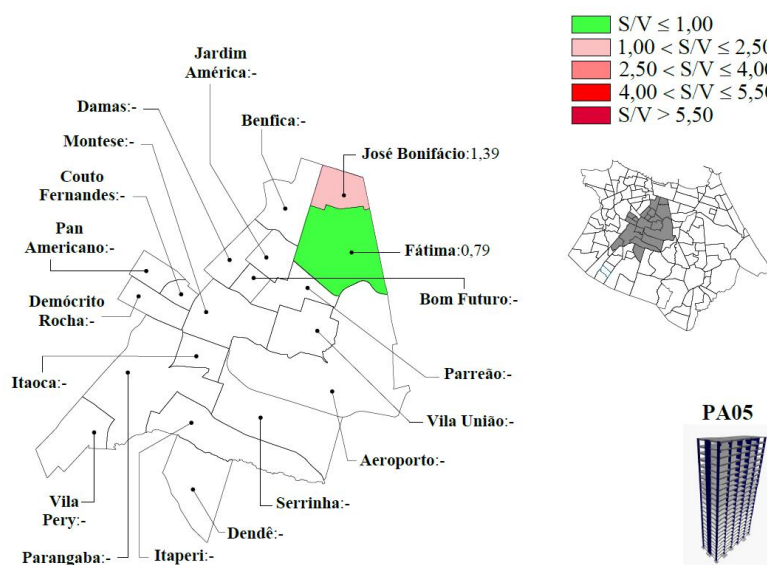


Figura 13.46. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER IV considerando os edifícios PA05

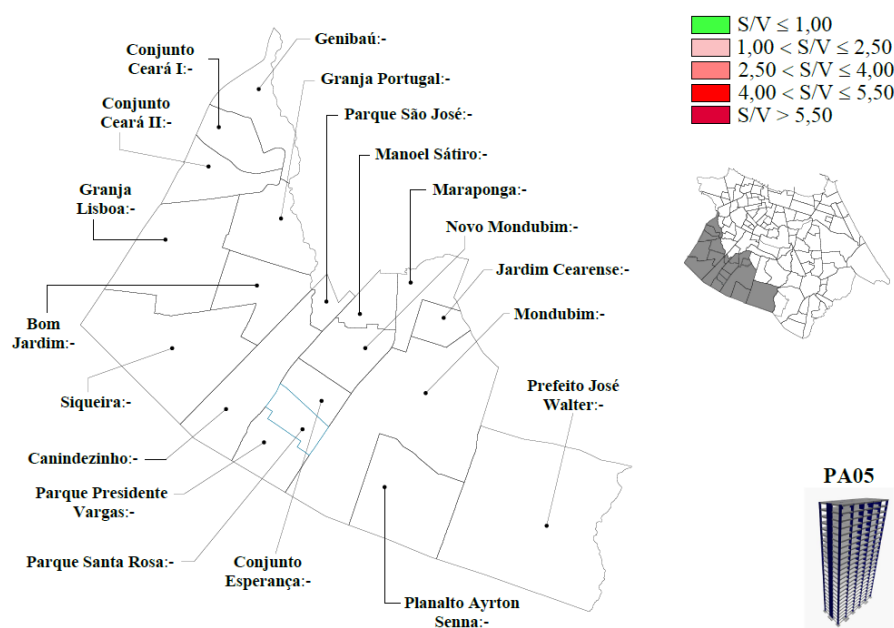


Figura 13.47. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER V considerando os edifícios PA05

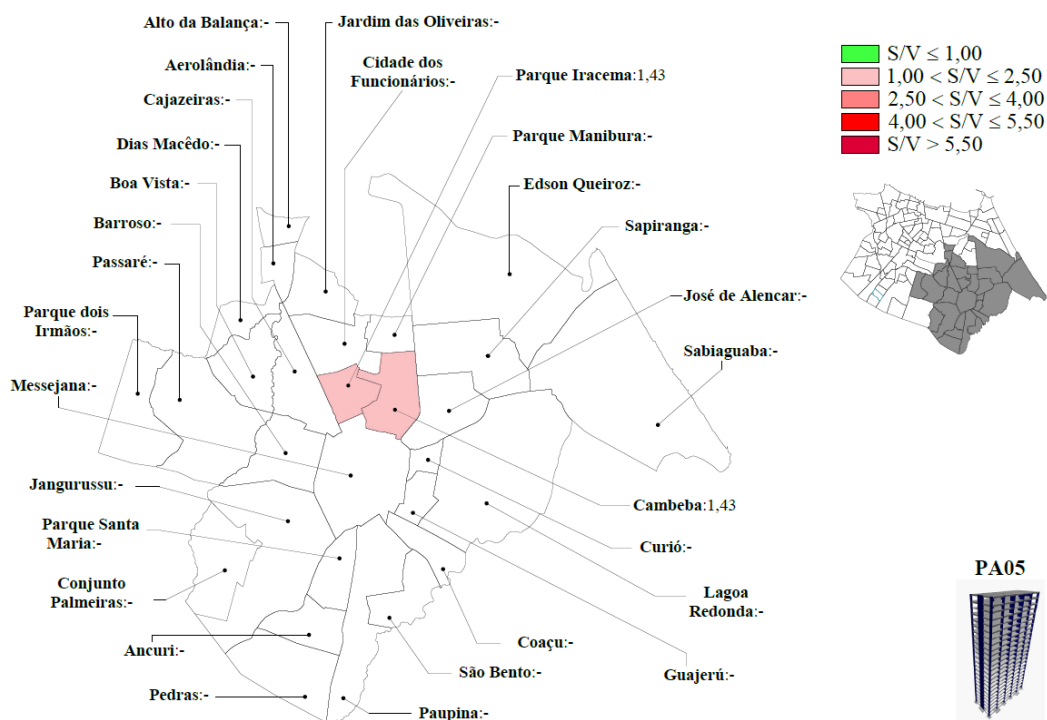


Figura 13.48. Parâmetro S/V em todos os bairros da SER VI considerando os edifícios PA05

13.2 Exposição de edifícios e habitantes em função dos níveis de S/V

Neste trabalho, as estruturas cujos parâmetros S/V são maiores que 1,00, apresentam níveis N1, N2, N3 e N4. São indicadas neste item as porcentagens de edifícios e habitantes em relação à cidade de Fortaleza em cada um destes níveis. Os mapas confeccionados consideram as diferentes classes de pavimentos em cada uma das Secretarias Regionais, SER (conjunto de bairros).

Na Tabela 13.13 são apresentadas as porcentagens de habitantes de cada bairro da cidade de Fortaleza sendo possível visualizar facilmente no mapa da Figura 13.49 os bairros mais populosos.

Tabela 13.13. Porcentagem de habitantes nos bairros da cidade de Fortaleza

Bairro	%	Bairro	%	Bairro	%	Bairro	%
Álvaro Weyne	0,97	Aerolândia	0,46	Aeroporto	0,35	Aldeota	1,73
Alto da Balança	0,52	Amadeu Furtado	0,48	Ancuri	0,82	Antônio Bezerra	1,05
Autran Nunes	0,86	Barra do Ceará	2,95	Barroso	1,22	Bela Vista	0,68
Benfica	0,37	Boa Vista	0,26	Bom Futuro	0,26	Bom Jardim	1,54
Bonsucesso	1,68	Cais do Porto	0,91	Cajazeiras	0,59	Cambeba	0,31
Canindezinho	1,68	Carlito Pamplona	1,19	Centro	1,16	Cidade 2000	0,34
Cid. dos Funcionários	0,74	Coaçu	0,29	Cocó	0,84	Conj. Ceará I	0,78
Conjunto Ceará II	0,97	Conj. Esperança	0,67	Conjunto Palmeiras	1,49	Couto Fernandes	0,21
Cristo Redentor	1,09	Curió	0,31	Damas	0,44	De Lourdes	0,14
Demócrito Rocha	0,45	Dendê	0,23	Dias Macêdo	0,49	Dionísio Torres	0,64
Dom Lustosa	0,54	Edson Queiroz	0,91	Eng. Luc. Cavalcante	0,63	Farias Brito	0,49
Fátima	0,95	Floresta	1,18	Genibaú	1,64	Granja Lisboa	2,12
Granja Portugal	1,62	Guajeru	0,27	Henrique Jorge	1,10	Itaoca	0,51
Itaperi	0,92	Jacarecanga	0,58	Jangurussu	2,06	Jardim América	0,50
Jardim Cearense	0,41	Jard. das Oliveiras	1,21	Jardim Guanabara	0,61	Jardim Iracema	0,95
José Bonifácio	0,36	João XXIII	0,75	Joaquim Távora	0,96	Jóquei Clube	0,79
José de Alencar	0,65	Lagoa Redonda	1,14	Manoel Sátiro	1,55	M. Dias Branco	0,06
Maraponga	0,41	Meireles	1,51	Messejana	1,70	Mondubim	3,10
Monte Castelo	0,54	Montese	1,06	Moura Brasil	0,15	Mucuripe	0,56
Novo Mondubim	0,45	Olavo Oliveira	0,14	Padre Andrade	0,53	Pan-Americano	0,36
Papicu	0,75	Parangaba	1,26	Parque Araxá	0,27	Parq. Dois Irmãos	1,11
Parque Iracema	0,34	Parque Manibura	0,31	Parq. Pres. Vargas	0,29	Parq. Santa Maria	0,16
Parque Santa Rosa	0,52	Parque São José	0,43	Parquelândia	0,59	Parreão	0,45
Passaré	2,08	Patriolino Ribeiro	0,21	Paupina	0,60	Pedras	0,05
Pici	1,73	Pirambu	0,72	Plan. Ayrton Senna	1,61	Praia de Iracema	0,13
Praia do Futuro I	0,27	Praia do Futuro II	0,49	Prefeito José Walter	1,36	Pres. Kennedy	0,94
Quintino Cunha	1,93	Rodolfo Teófilo	0,78	Sabiaguaba	0,09	Salinas	0,18
São Bento	0,14	São Gerardo	0,59	São João do Tauape	1,13	Sapiranga	1,31
Serrinha	1,17	Siqueira	1,37	Varjota	0,34	Vicente Pinzon	1,86
Vila Ellery	0,32	Vila Pery	0,84	Vila União	0,63	Vila Velha	2,51

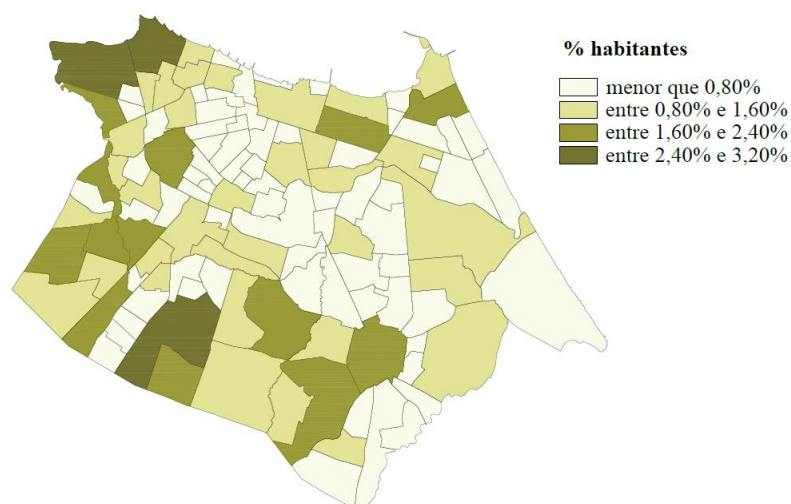


Figura 13.49. Distribuição dos habitantes de Fortaleza por bairros

A cidade de Fortaleza possuía em 2010, a maior densidade demográfica do Brasil com 7.786,4 hab./km². O IBGE estima uma população de 2.627.482 habitantes em Fortaleza no ano de 2017 levando a uma densidade populacional estimada de 8.336 hab./km². Na Tabela 13.14 e no mapa da Figura 13.50 são expostas as densidades demográficas estimadas dos bairros de Fortaleza em 2017.

Tabela 13.14. Densidade demográfica dos bairros da cidade de Fortaleza

Bairro	hab/km ²	Bairro	hab/km ²	Bairro	hab/km ²	Bairro	hab/km ²
Álvaro Weyne	17788	Aerolândia	11104	Aeroporto	1507	Aldeota	11696
Alto da Balança	14982	A. Furtado	13553	Ancuri	9911	Ant. Bezerra	12653
Autran Nunes	22844	Barra do Ceará	18921	Barroso	9320	Bela Vista	18413
Benfica	6633	Boa Vista	2125	Bom Futuro	17891	Bom Jardim	16696
Bonsucesso	17521	Cais do Porto	9358	Cajazeiras	4596	Cambeba	3005
Canindezinho	11713	Carl. Pamplona	22894	Centro	6296	Cidade 2000	17826
Cid. Funcionários	6971	Coaçu	4613	Cocó	6700	Conj. Ceará I	13077
Conjunto Ceará II	13842	Cnj. Esperança	15895	Conj. Palmeiras	10141	C. Fernandes	16817
Cristo Redentor	24355	Curió	12658	Damas	13176	De Lourdes	2658
Demócrito Rocha	14699	Dendê	3083	Dias Macêdo	8464	Dion. Torres	9719
Dom Lustosa	11852	Edson Queiroz	1724	Eng. L. Cavalc.	4335	Farias Brito	14062
Fátima	8750	Floresta	18052	Genibaú	19923	Granja Lisboa	11634
Granja Portugal	16792	Guajeru	6614	Henrique Jorge	14883	Itaoca	18029
Itaperi	9543	Jacarecanga	12101	Jangurussu	5988	Jard. América	17033
Jardim Cearense	12576	Jrd. Oliveiras	13327	Jrd. Guanabara	21590	Jard. Iracema	22562
José Bonifácio	10678	João XXIII	16800	Joaquim Távora	12785	Jóquei Clube	12172
José de Alencar	5474	Lagoa Redonda	2536	Manoel Sátiro	35931	M. D. Branco	348
Maraponga	6356	Meireles	15352	Messejana	7353	Mondubim	8605
Monte Castelo	17868	Montese	14563	Moura Brasil	9447	Mucuripe	16843
Novo Mondubim	6125	Olavo Oliveira	5363	Padre Andrade	11358	Pan-Amer.	17288
Papicu	9415	Parangaba	8245	Parq. Araxá	15106	Prq. D. Irmãos	6617
Parque Iracema	5700	Parq. Manibura	6398	Pq. Pr. Vargas	4685	Pq. S. Maria	2128
Parq. Santa Rosa	13729	Par. São José	18741	Parquelândia	12336	Parreão	11552
Passaré	7615	Patr. Ribeiro	4174	Paupina	2886	Pedras	336
Pici	11968	Pirambu	34484	Pl. Ayrt. Senna	10528	Pr. de Iracema	6545
Praia do Futuro I	4366	Pr. do Futuro II	3960	Pref. J. Walter	3364	Pres. Kennedy	14470
Quintino Cunha	23797	Rod. Teófilo	11775	Sabiaguaba	157	Salinas	1795
São Bento	1682	São Gerardo	10667	S. J. do Tauape	11855	Sapiranga	7239

Serrinha	10350	Siqueira	5820	Varjota	17021	Vicente Pinzon	15852
Vila Ellery	18259	Vila Pery	14811	Vila União	11349	Vila Velha	9468

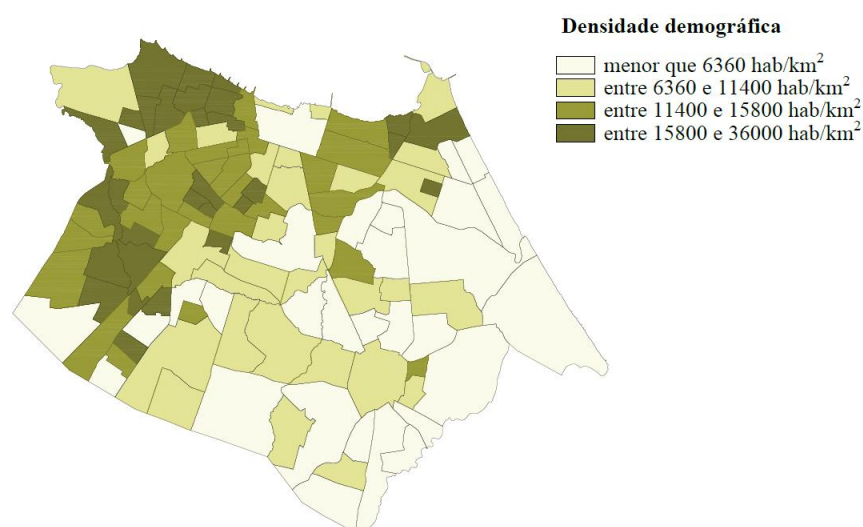


Figura 13.50. Densidade demográfica dos bairros de Fortaleza

Neste trabalho foi considerada uma relação constante (média) de habitantes por metro quadrado de área construída em cada bairro. Na Tabela 13.15 e no mapa da Figura 13.51 são indicadas as relações entre a área construída e a área territorial em cada bairro. No mapa da Figura 13.52, onde são mostradas as quadras e ruas dos bairros, mesmo não sendo possível perceber a verticalização, através das áreas livres, pode-se confirmar a coerência entre as informações dos mapas da Figura 13.51 e Figura 13.52.

Tabela 13.15. Área construída por área territorial dos bairros da cidade de Fortaleza

Bairro	%	Bairro	%	Bairro	%	Bairro	%
Álvaro Weyne	19,25	Aerolândia	6,08	Aeroporto	0,32	Aldeota	76,78
Alto da Balança	10,50	Amadeu Furtado	16,48	Ancuri	0,18	Ant. Bezerra	13,59
Autran Nunes	8,79	Barra do Ceará	8,89	Barroso	2,97	Bela Vista	24,63
Benfica	26,48	Boa Vista	3,64	Bom Futuro	26,65	Bom Jardim	10,15
Bonsucesso	15,98	Cais do Porto	3,25	Cajazeiras	7,63	Cambéa	9,44
Canindezinho	2,96	Carl. Pamplona	17,45	Centro	17,51	Cidade 2000	18,87
Cid. Funcionários	11,96	Coaçu	1,77	Cocó	54,46	Conj. Ceará I	19,15
Conjunto Ceará II	19,79	Conj. Esperança	18,54	Conj. Palmeiras	0,16	C. Fernandes	15,47
Cristo Redentor	18,70	Curió	3,38	Damas	27,86	De Lourdes	16,03
Demócrito Rocha	19,84	Dendê	3,74	Dias Macêdo	6,64	Dionísio Torres	54,37
Dom Lustosa	14,96	Edson Queiroz	2,57	Eng. Luc. Cavalc.	17,53	Farias Brito	18,09
Fátima	39,00	Floresta	9,47	Genibaú	2,79	Granja Lisboa	5,66
Granja Portugal	9,50	Guajeru	1,51	Henrique Jorge	19,54	Itaoca	20,08
Itaperi	13,08	Jacarecanga	18,05	Jangurussu	4,10	Jard. América	18,81
Jardim Cearense	20,98	Jrd. Oliveiras	9,42	Jardim Guanabara	31,11	Jardim Iracema	25,06
José Bonifácio	27,45	João XXIII	21,31	Joaquim Távora	38,07	Jóquei Clube	25,09
José de Alencar	3,47	Lagoa Redonda	0,91	Manoel Sátiro	16,60	M. Dias Branco	3,49
Maraponga	15,78	Meireles	160,39	Messejana	10,21	Mondubim	5,61
Monte Castelo	26,93	Montese	21,32	Moura Brasil	3,57	Mucuripe	102,98
Novo Mondubim	8,64	Olavo Oliveira	10,98	Padre Andrade	9,81	Pan-Americano	22,15
Papicu	33,97	Parangaba	13,71	Parque Araxá	16,32	Parq. D. Irmãos	5,13

Parque Iracema	32,63	Parq. Manibura	10,02	Parq. Pres. Vargas	0,86	Parq. S. Maria	2,87
Parq. Santa Rosa	4,82	Parq. São José	14,15	Parquelândia	25,49	Parreão	24,38
Passaré	7,08	Patr. Ribeiro	56,49	Paupina	0,95	Pedras	7,77
Pici	5,21	Pirambu	19,92	Plan. Ayrt. Senna	1,28	Pr. de Iracema	40,70
Praia do Futuro I	9,61	Pr. do Futuro II	4,98	Pref. José Walter	5,60	Pres. Kennedy	23,46
Quintino Cunha	8,22	Rodolfo Teófilo	14,95	Sabiaguaba	0,26	Salinas	5,42
São Bento	2,03	São Gerardo	26,70	São J. do Tauape	16,99	Sapiranga	4,29
Serrinha	8,43	Siqueira	2,16	Varjota	59,16	Vicente Pinzon	13,60
Vila Ellery	25,02	Vila Pery	18,23	Vila União	15,37	Vila Velha	6,10

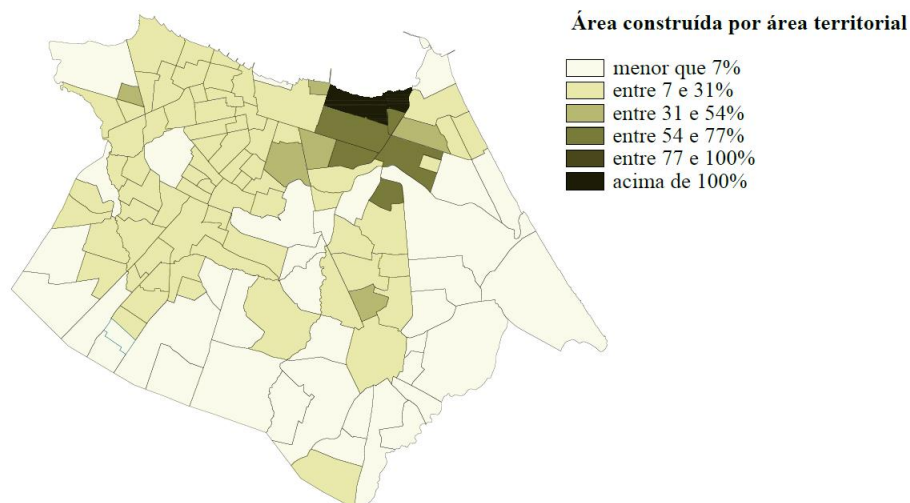


Figura 13.51. Área construída por área territorial dos bairros de Fortaleza



Figura 13.52. Indicação de quadras e ruas dos bairros de Fortaleza

Na Tabela 13.16 e no mapa da Figura 13.53 são indicadas as áreas construídas residenciais por habitante em cada bairro de Fortaleza.

Tabela 13.16. Área construída por habitante dos bairros da cidade de Fortaleza

Bairro	m ² /hab	Bairro	m ² /hab	Bairro	m ² /hab	Bairro	m ² /hab
Álvaro Weyne	22,69	Aerolândia	16,39	Aeroporto	10,18	Aldeota	74,88
Alto da Balança	21,27	A. Furtado	35,16	Ancuri	0,94	Ant. Bezerra	23,09
Autran Nunes	8,34	Barra do Ceará	9,15	Barroso	9,62	Bela Vista	24,68
Benfica	68,97	Boa Vista	45,05	Bom Futuro	29,36	Bom Jardim	12,51
Bonsucesso	17,02	Cais do Porto	7,38	Cajazeiras	24,36	Cambeba	57,08
Canindezinho	5,85	Carl. Pamplona	15,33	Centro	53,38	Cidade 2000	33,23
Cid. Func.	43,23	Coaçu	15,14	Cocó	85,25	Conj. Ceará I	30,42
Conj. Ceará II	29,78	Conj. Esperança	18,19	Conj. Palmeiras	9,41	C. Fernandes	16,43
Cristo Redentor	14,85	Curió	9,92	Damas	34,97	De Lourdes	92,52
Demóc. Rocha	26,14	Dendê	22,08	Dias Macêdo	18,26	Dionísio Torres	71,37
Dom Lustosa	21,89	Edson Queiroz	28,88	Eng. Lc. Cavalc.	63,01	Farias Brito	29,97
Fátima	59,69	Floresta	11,72	Genibaú	2,61	Granja Lisboa	11,83
Granja Portugal	12,70	Guajeru	17,07	Henrique Jorge	25,06	Itaoca	23,86
Itaperi	27,02	Jacarecanga	25,95	Jangurussu	19,64	Jardim América	28,57
Jardim Cearense	27,76	Jard. Oliveiras	18,99	Jard. Guanabara	24,04	Jardim Iracema	21,44
José Bonifácio	49,57	João XXIII	22,06	Joaquim Távora	45,73	Jóquei Clube	32,54
José de Alencar	28,59	Lagoa Redonda	12,20	Manoel Sátiro	10,37	M. Dias Branco	114,56
Maraponga	37,94	Meireles	109,49	Messejana	32,36	Mondubim	14,48
Monte Castelo	32,71	Montese	30,86	Moura Brasil	15,62	Mucuripe	68,72
N. Mondubim	25,78	Olavo Oliveira	65,77	Padre Andrade	21,01	Pan-Americano	25,30
Papicu	44,89	Parangaba	30,64	Parque Araxá	32,40	Parq. D. Irmãos	20,41
Parque Iracema	73,35	Parq. Manibura	46,82	Pq. Pres. Vargas	3,77	Parq. S. Maria	45,12
Parq. S. Rosa	9,13	Parque São José	14,64	Parquelândia	45,84	Parreão	34,48
Passaré	16,22	Patr. Ribeiro	147,51	Paupina	14,39	Pedras	244,94
Pici	7,96	Pirambu	13,33	Pln. Ayrt. Senna	3,34	Pr. de Iracema	81,35
Praia do Futuro I	27,57	Pr. do Futuro II	13,79	Pref. J. Walter	33,81	Pres. Kennedy	25,21
Quintino Cunha	9,35	Rodolfo Teófilo	27,47	Sabiaguaba	28,20	Salinas	41,51
São Bento	31,77	São Gerardo	39,07	São J. Tauape	30,92	Sapiranga	21,95
Serrinha	17,91	Siqueira	7,22	Varjota	44,74	Vicente Pinzon	15,63
Vila Ellery	27,58	Vila Pery	25,51	Vila União	28,65	Vila Velha	14,33

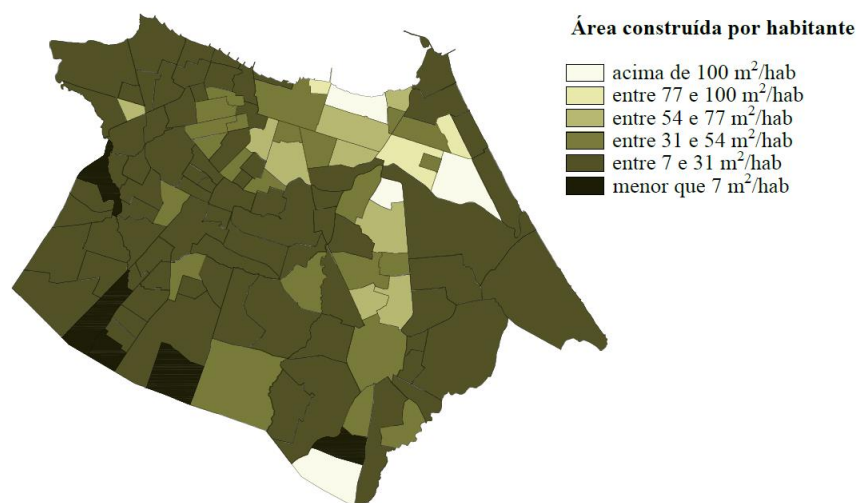


Figura 13.53. Área construída por habitantes dos bairros de Fortaleza

Usando os cinco bairros selecionados, as informações sobre os habitantes e ocupação apresentadas são unificadas e expostas na Tabela 13.17.

Tabela 13.17. Habitantes e ocupações dos bairros selecionados

Bairro	% da população da cidade de Fortaleza	Densidade demográfica (hab/km ²)	Área construída por área territorial (%)	Área construída por habitantes (m ² /hab)
Aldeota	1,73	11696	76,78	74,88
Cocó	0,84	6700	54,46	85,25
Dionísio Torres	0,64	9719	54,37	71,37
Meireles	1,51	15352	160,39	109,49
Pici	1,73	11968	5,21	7,96
Fortaleza	100,00	8336	12,30	25,29

13.2.1 Nível N1 – $1,00 < S/V \leq 2,50$

Esta situação não é verificada nos edifícios de classe PA01 e PA02 da cidade de Fortaleza.

Os edifícios PA03 nesta situação correspondem a 5,96% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 1,26% da população. Nos mapas da Figura 13.54 à Figura 13.58 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional. Os bairros em branco não possuem edifícios representativos da situação agora apresentada.

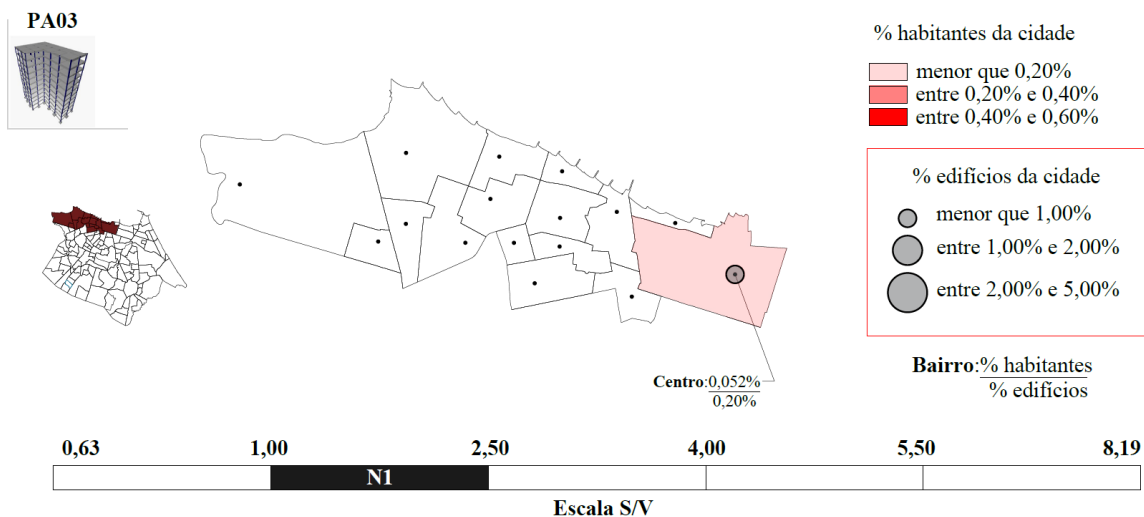


Figura 13.54. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER I em situação N1

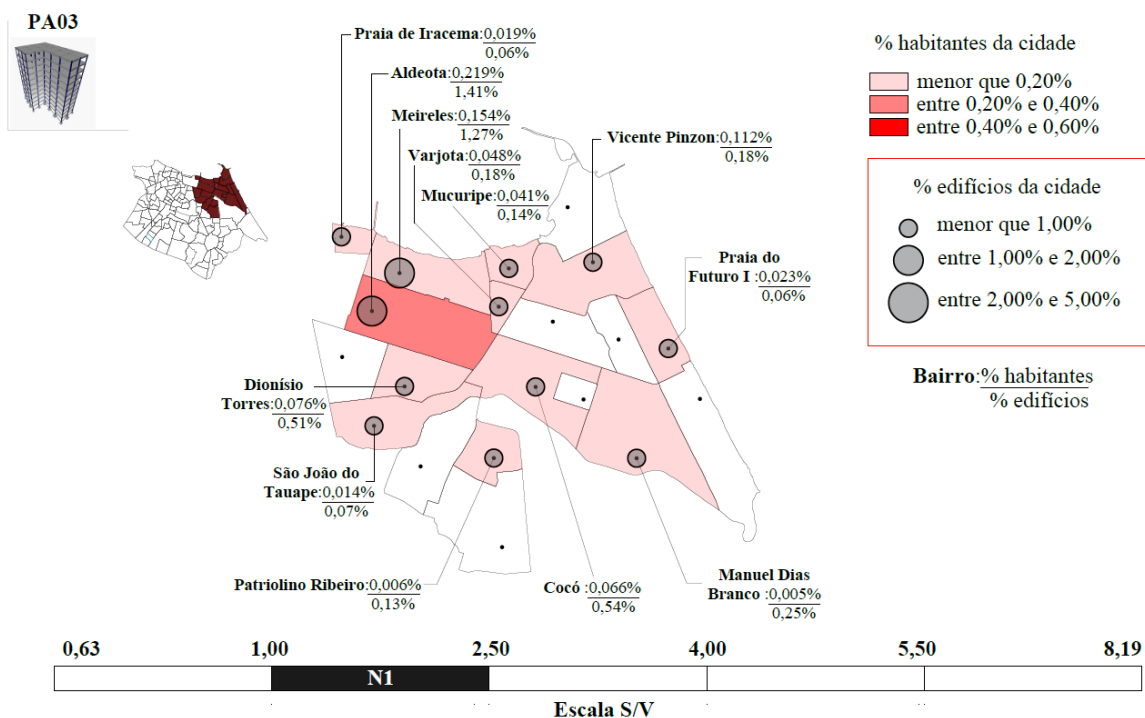


Figura 13.55. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER II em situação N1

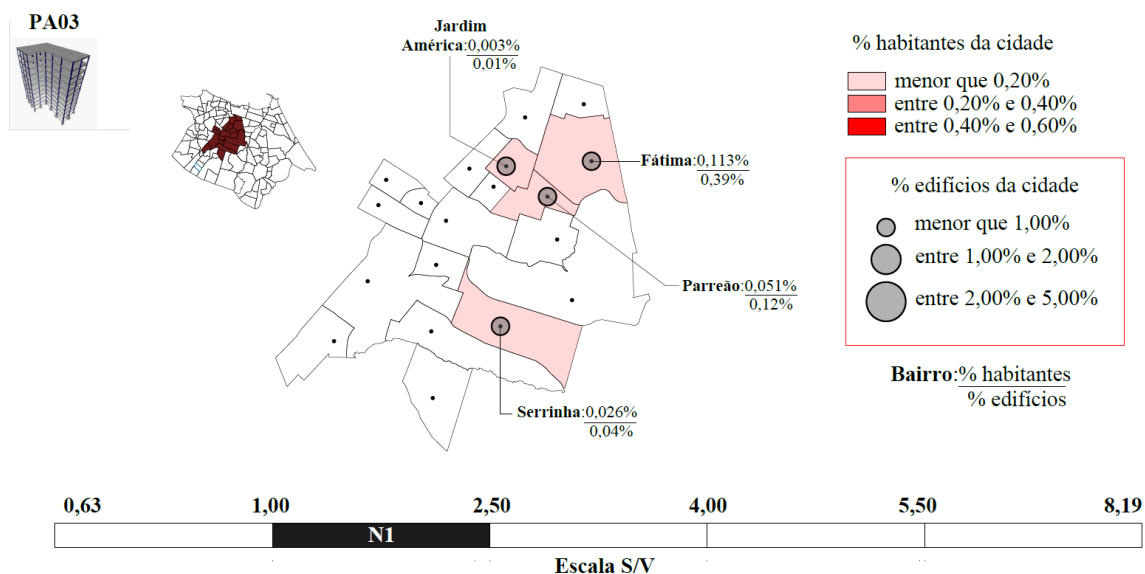


Figura 13.56. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1

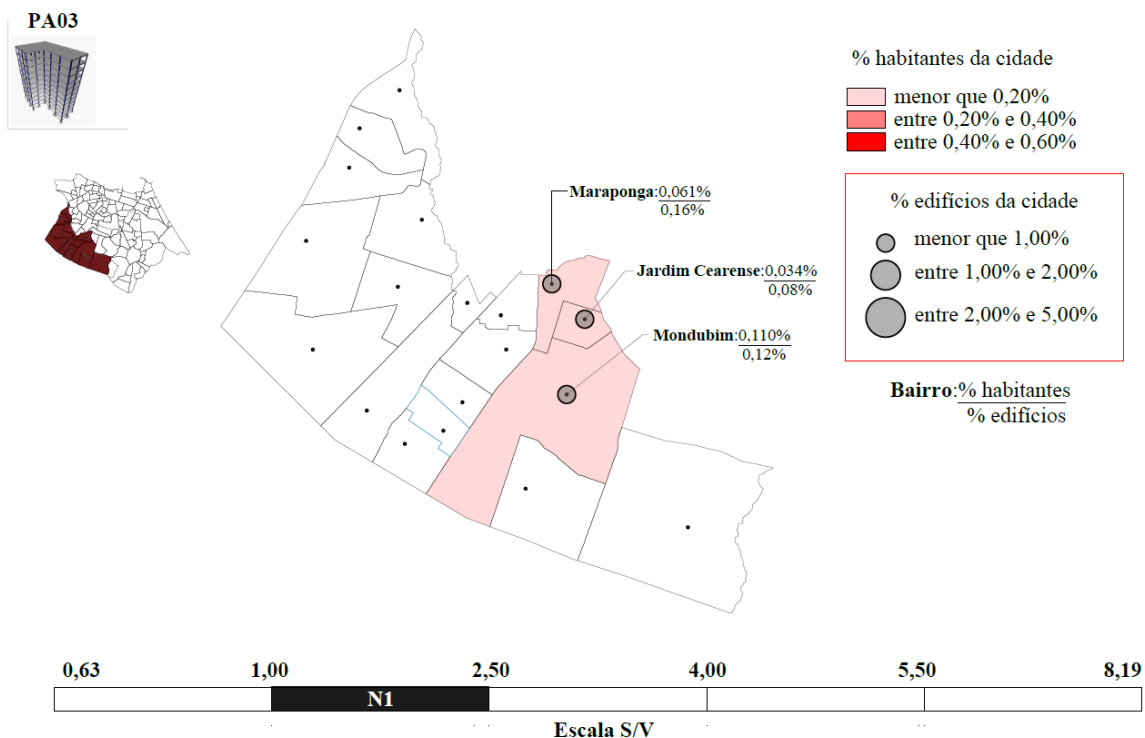


Figura 13.57. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER V em situação N1

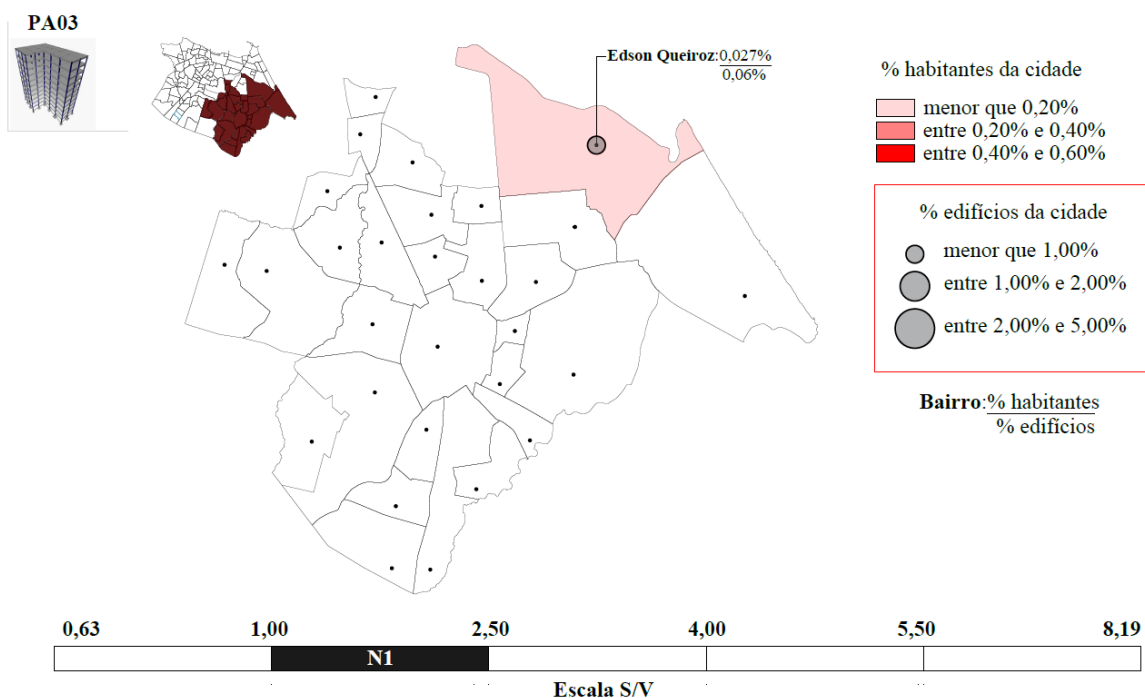


Figura 13.58. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1

Os edifícios PA04 nesta situação correspondem a 10,37% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 3,59% da população. Nos mapas da Figura 13.59 à Figura 13.63 são expostas essas informações em cada Secretaria Regional.

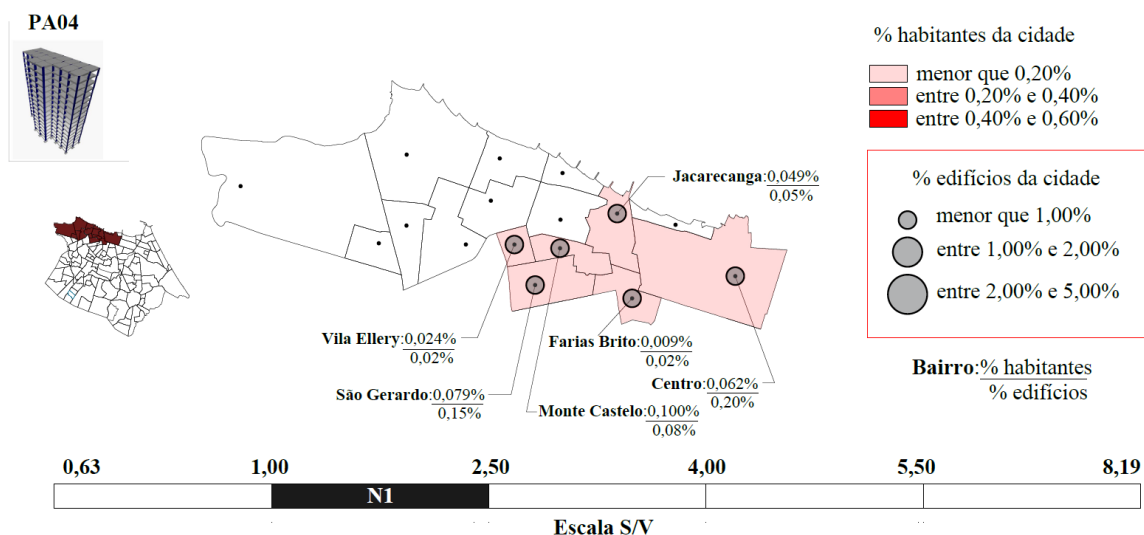


Figura 13.59. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER I em situação N1

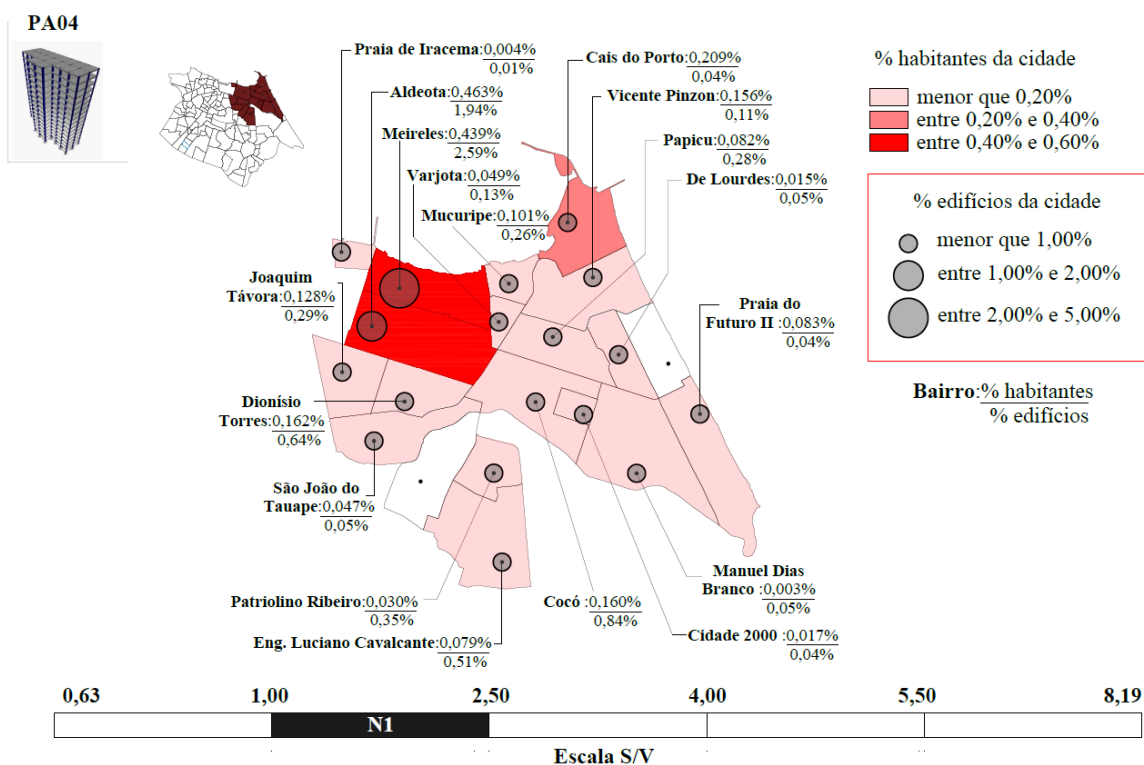


Figura 13.60. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER II em situação N1

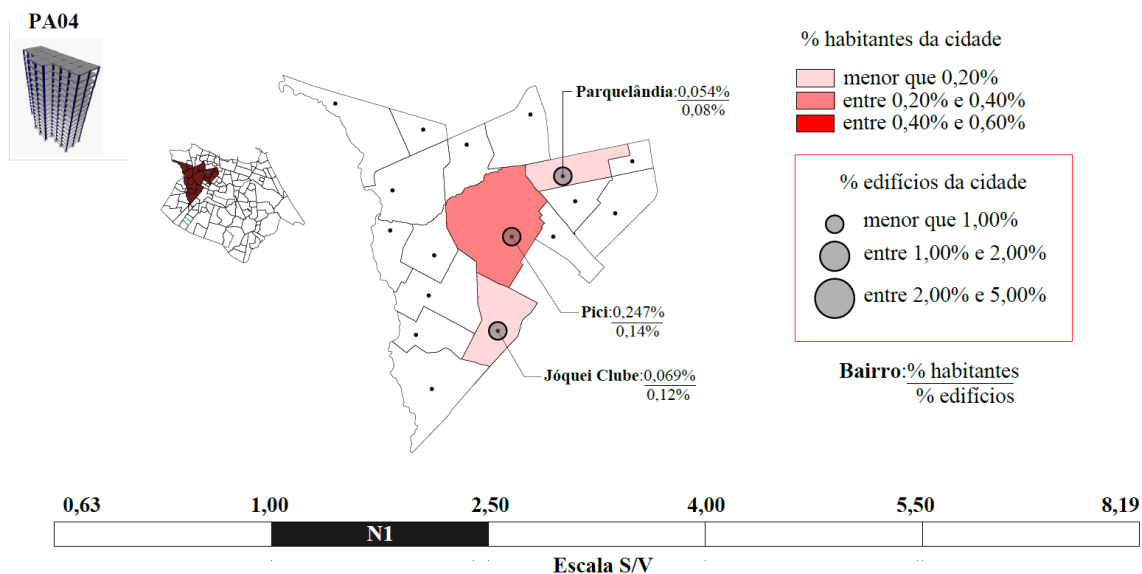


Figura 13.61. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER III em situação N1

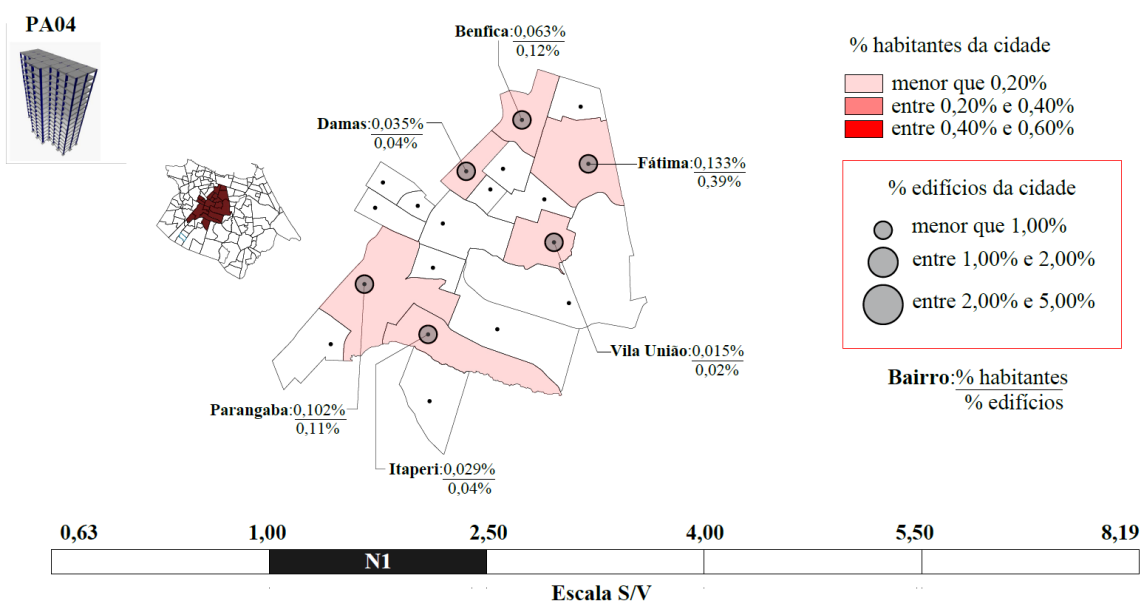


Figura 13.62. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1

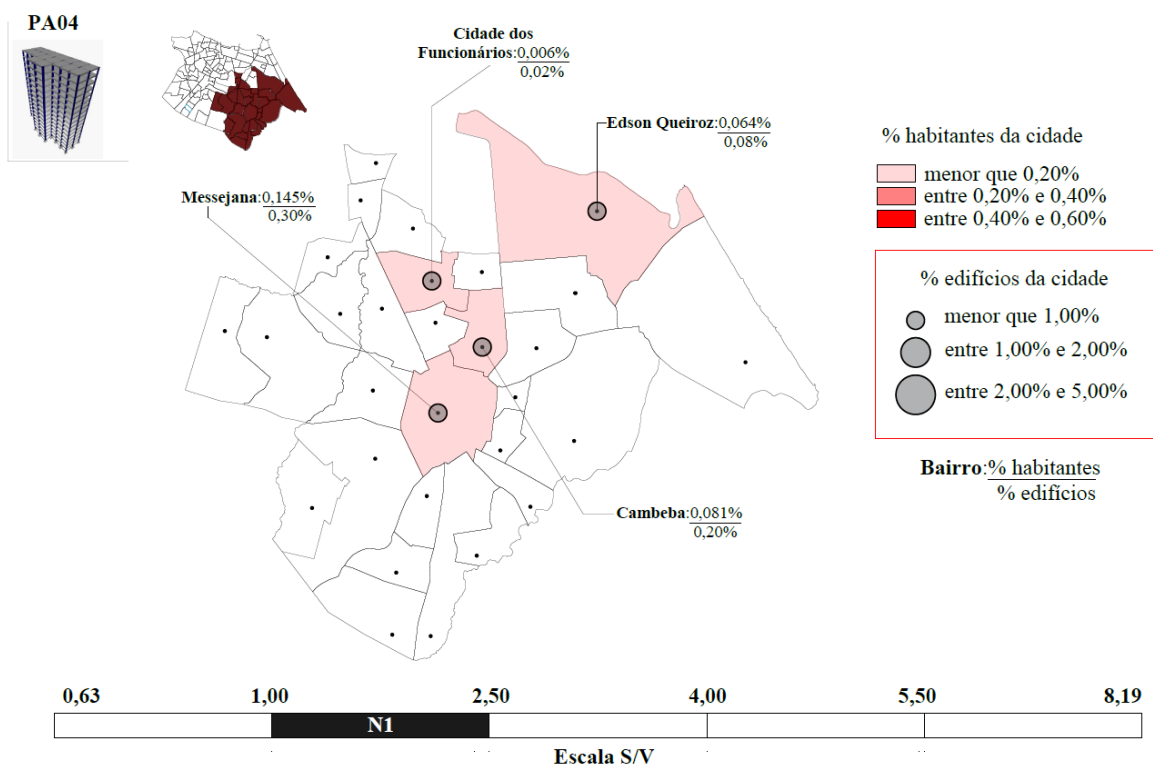


Figura 13.63. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1

Os edifícios PA05 nesta situação correspondem a 0,76% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,35% da população. Nos mapas da Figura 13.64 à Figura 13.67 são expostas essas informações em cada Secretaria Regional.

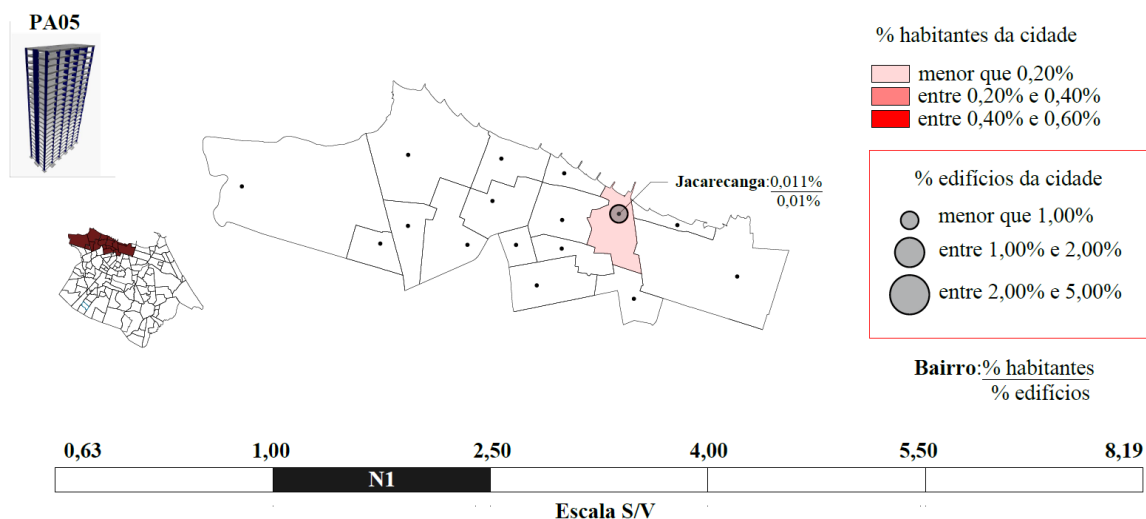


Figura 13.64. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER I em situação N1

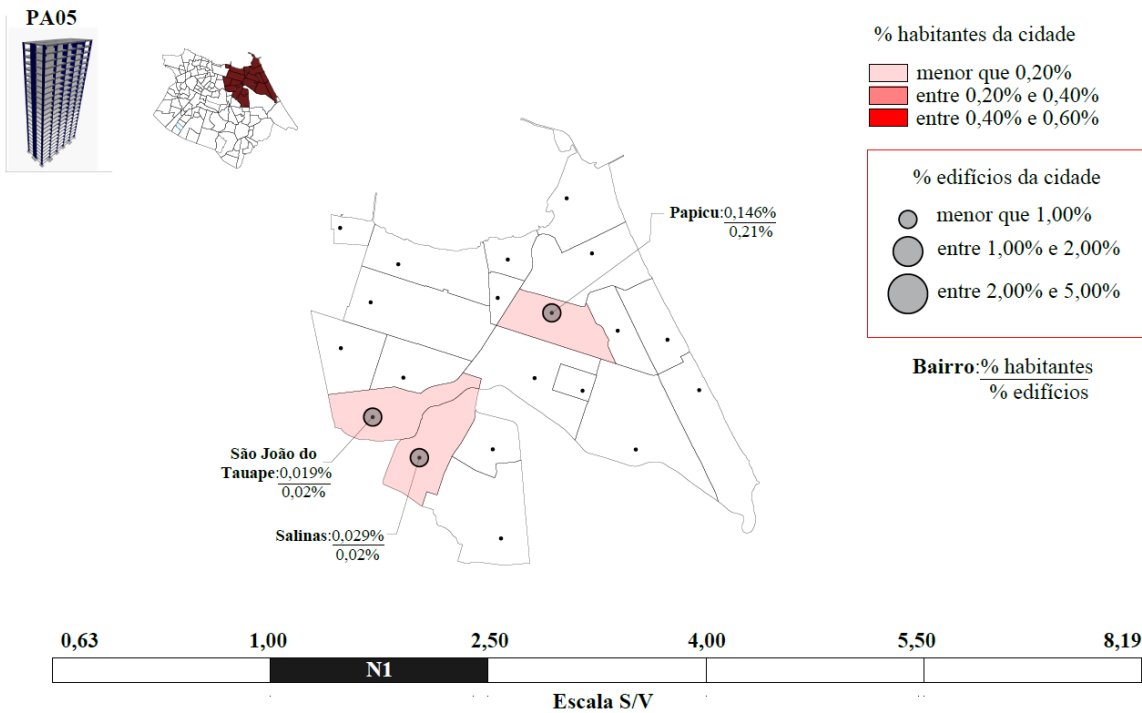


Figura 13.65. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER II em situação N1

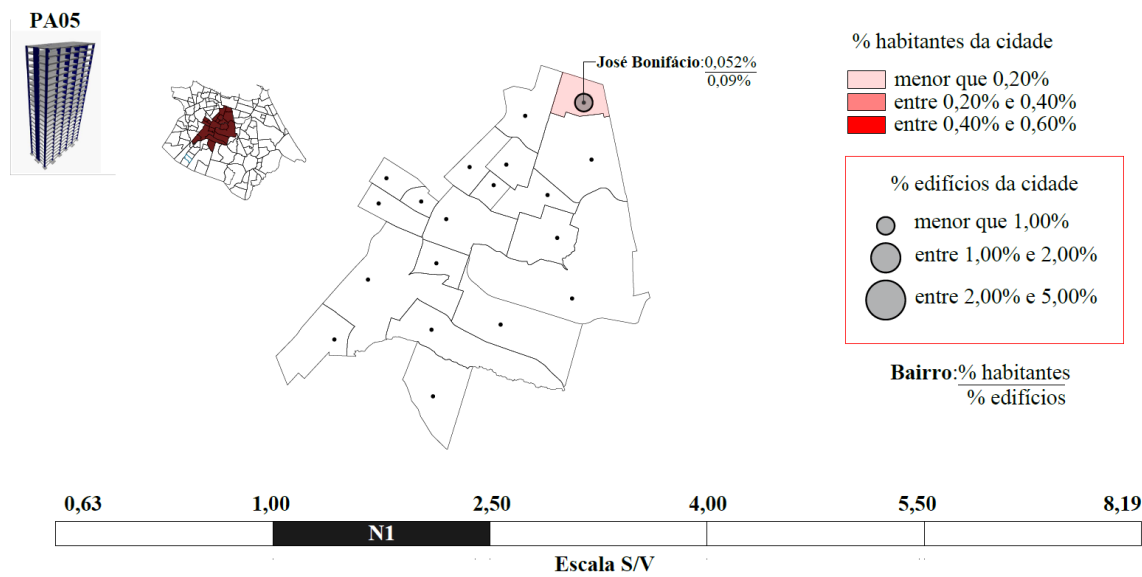


Figura 13.66. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER IV em situação N1

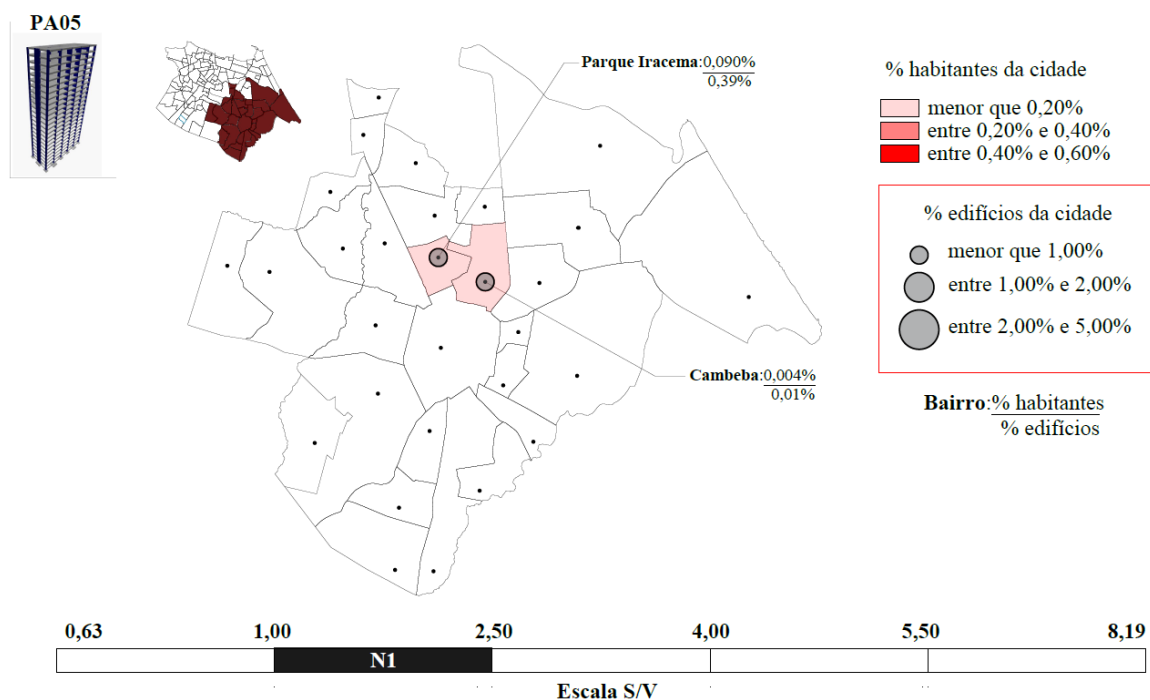


Figura 13.67. Porcentagem de edifícios PA05 e respectivos habitantes da SER VI em situação N1

Os edifícios em situação N1, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 17,09% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 5,20% da população.

13.2.2 Nível N2 – $2,50 < S/V \leq 4,00$

Esta situação não é verificada nos edifícios de classe PA05 da cidade de Fortaleza.

Os edifícios PA01 nesta situação correspondem a 6,69% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,83% da população. Nos mapas da Figura 13.68 à Figura 13.72 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

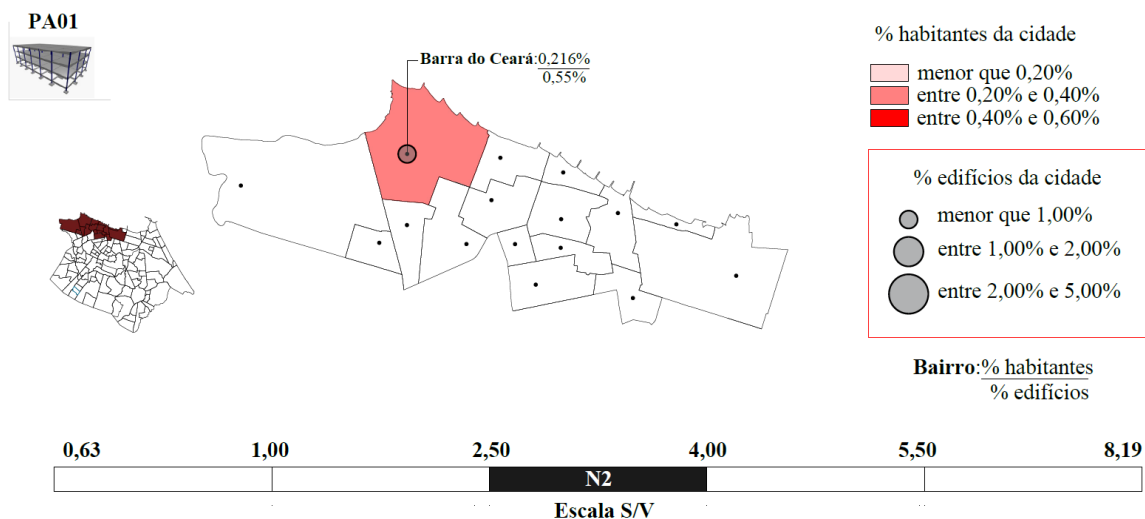


Figura 13.68. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N2

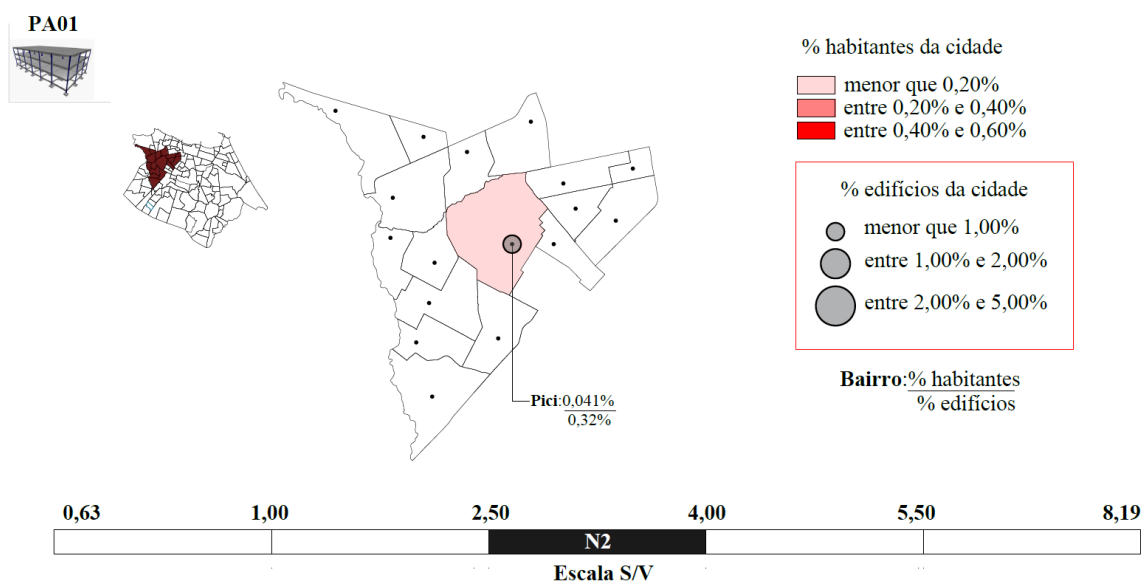


Figura 13.69. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N2

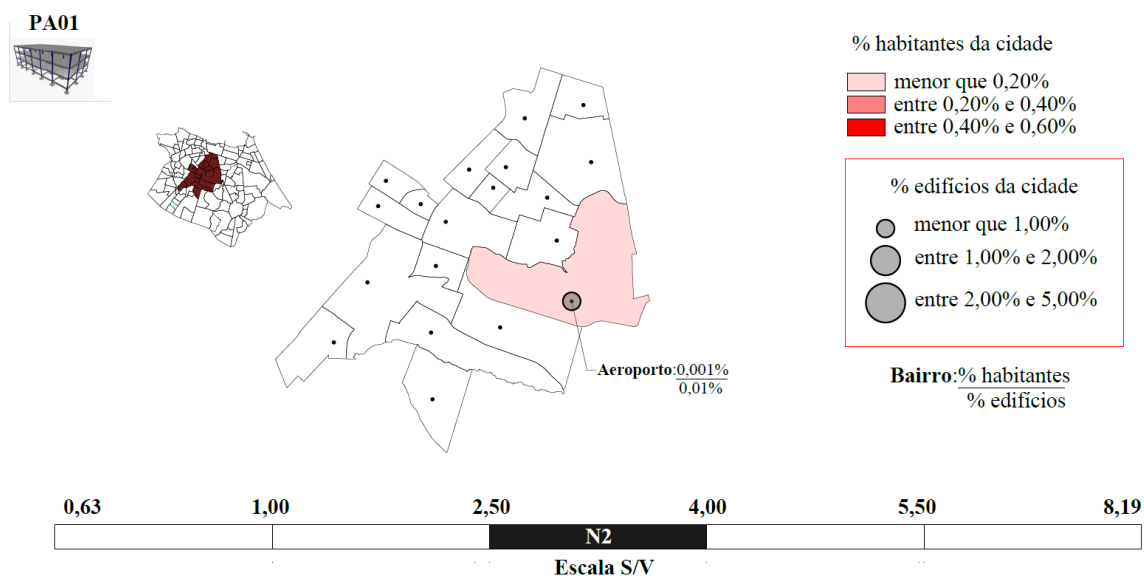


Figura 13.70. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2

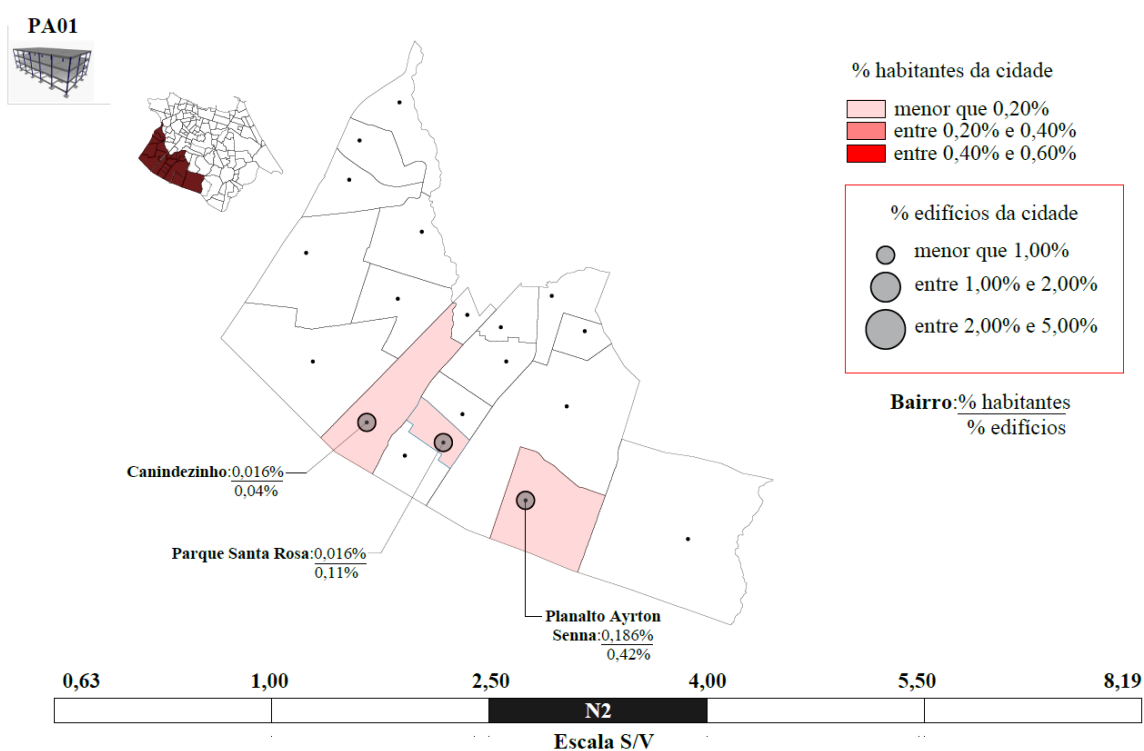


Figura 13.71. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N2

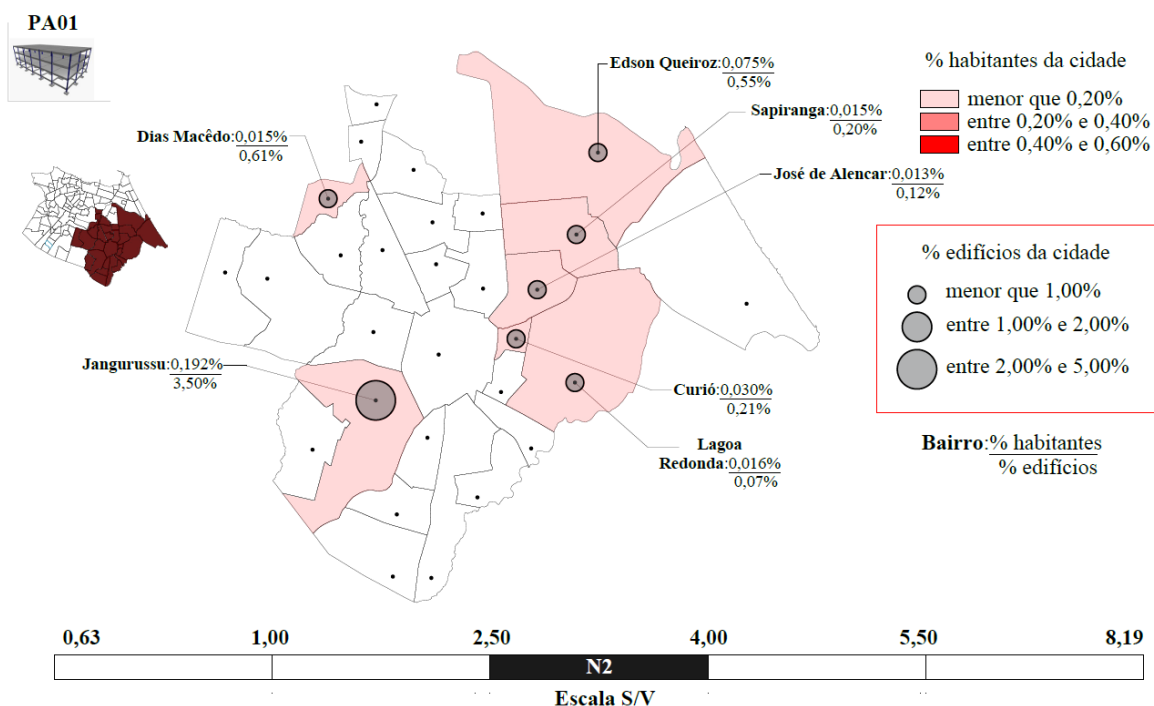


Figura 13.72. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2

Os edifícios PA02 nesta situação correspondem a 1,24% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,52% da população. Nos mapas da Figura 13.73 e Figura 13.74 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

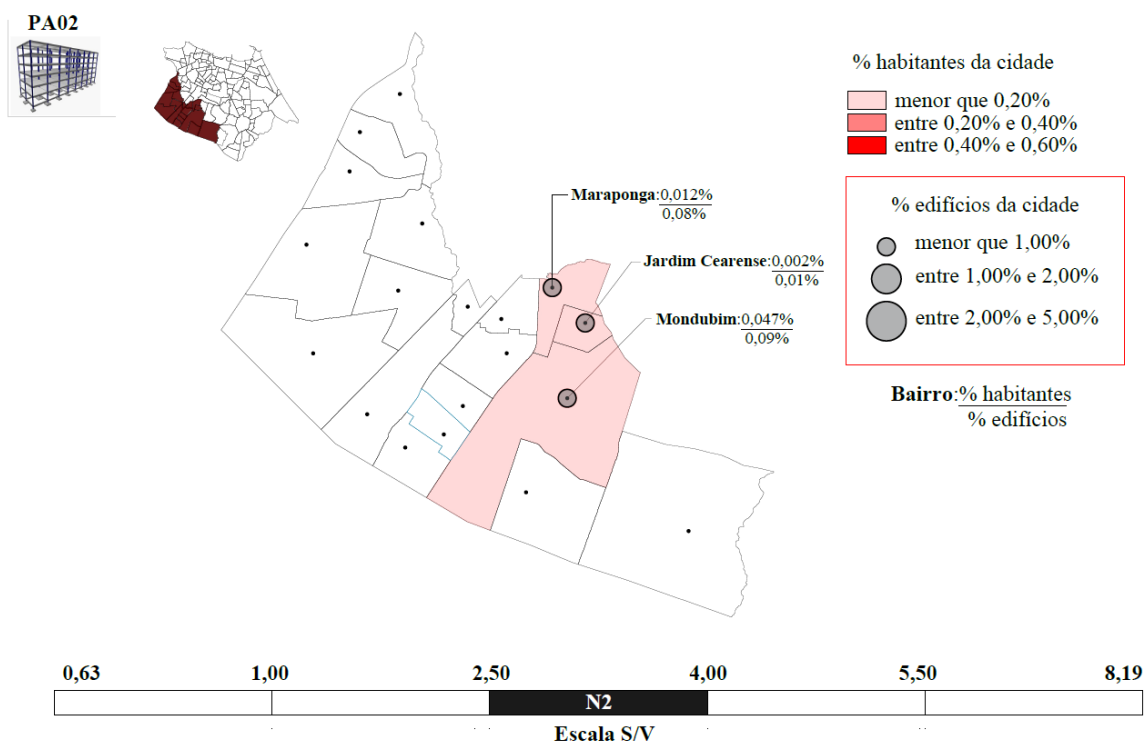


Figura 13.73. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER V em situação N2

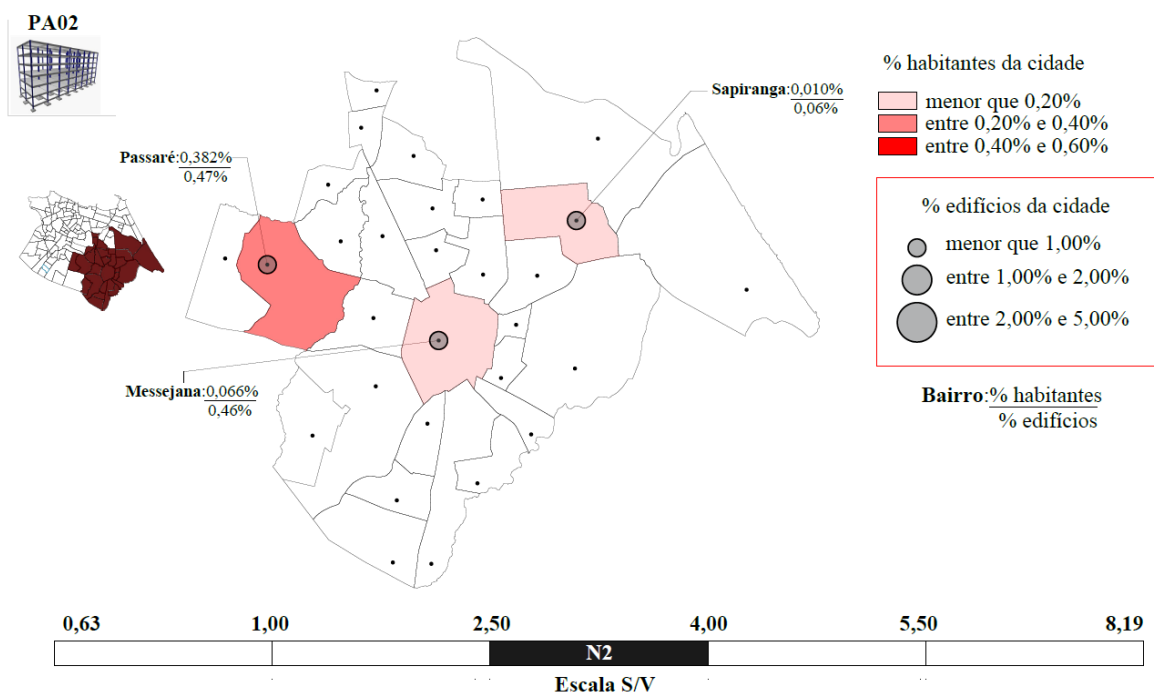


Figura 13.74. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2

Os edifícios PA03 nesta situação correspondem a 1,13% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,29% da população. Nos mapas da Figura 13.75 à Figura 13.78 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

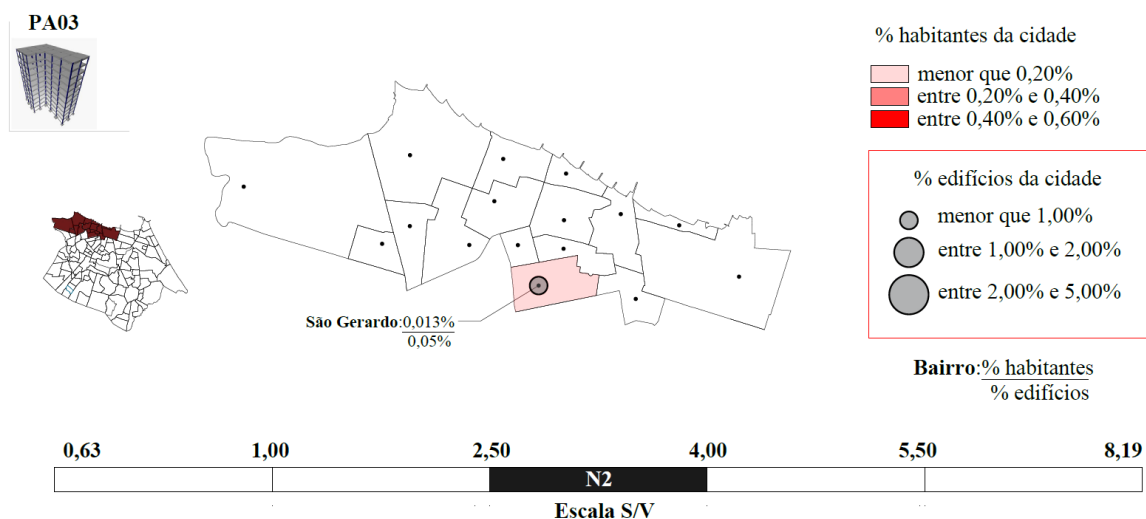


Figura 13.75. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER I em situação N2

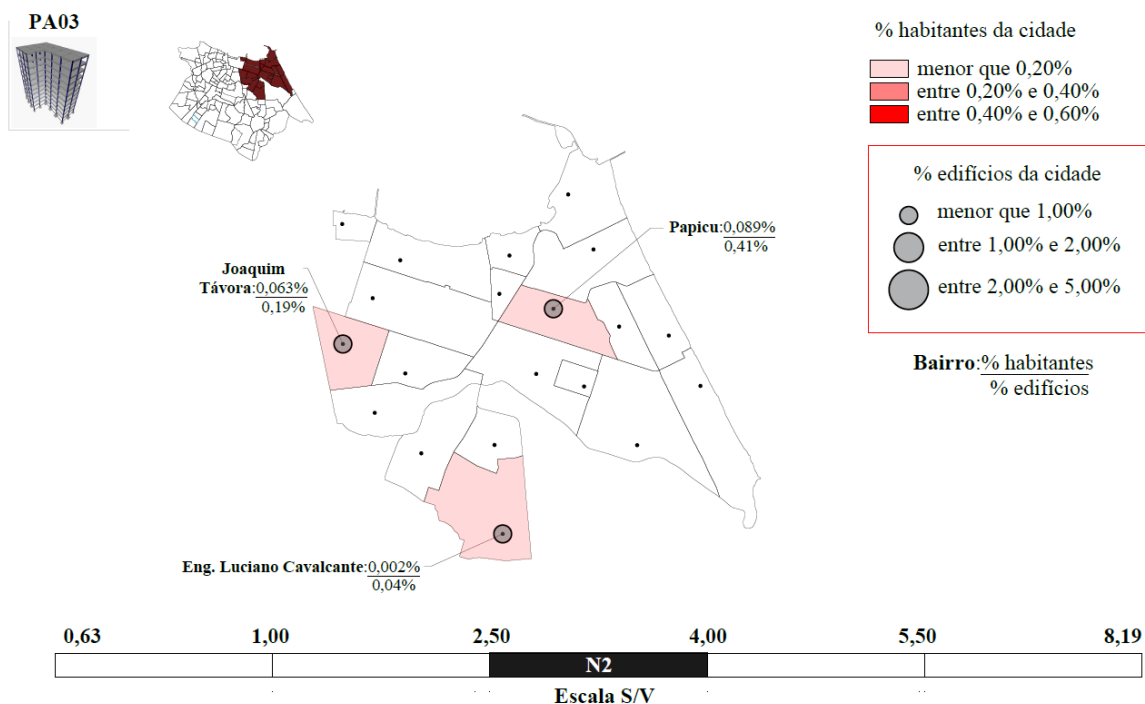


Figura 13.76. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER II em situação N2

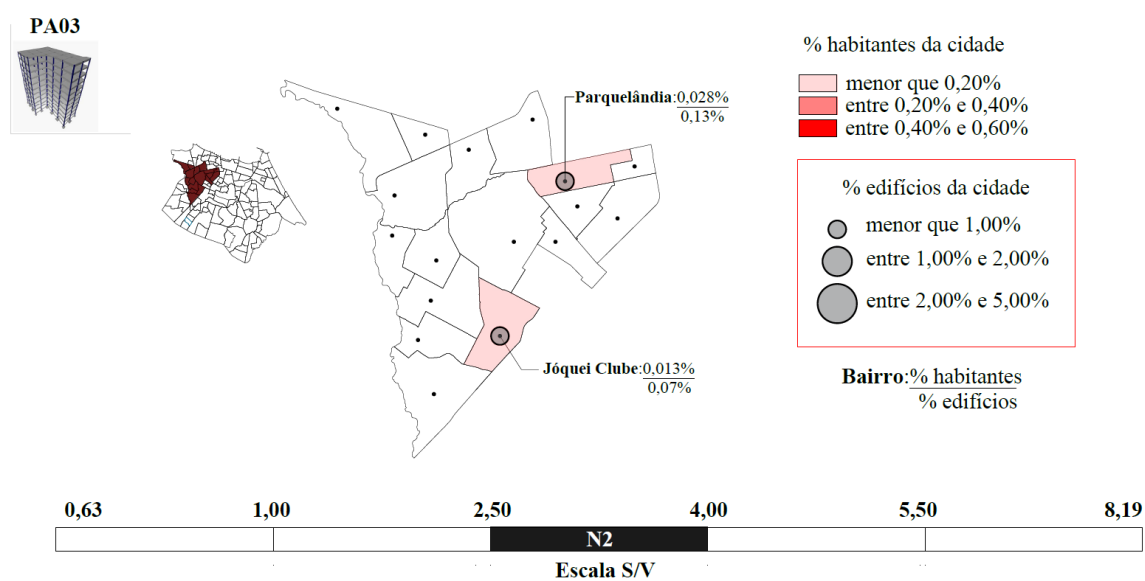


Figura 13.77. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER III em situação N2

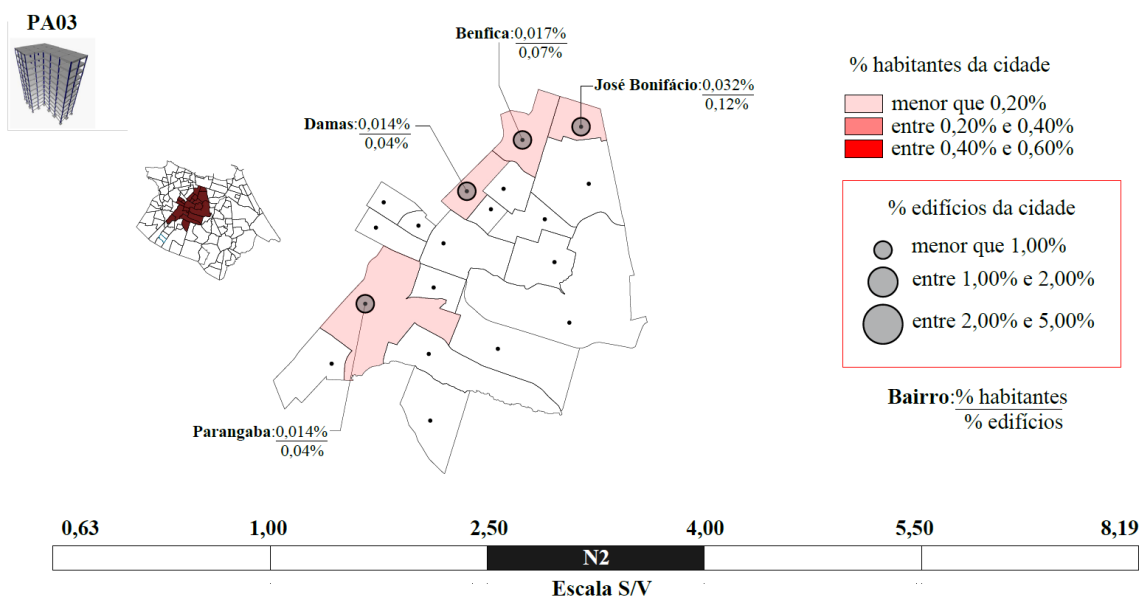


Figura 13.78. Porcentagem de edifícios PA03 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2

Os edifícios PA04 nesta situação correspondem a 0,27% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,24% da população. Nos mapas da Figura 13.79 à Figura 13.82 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

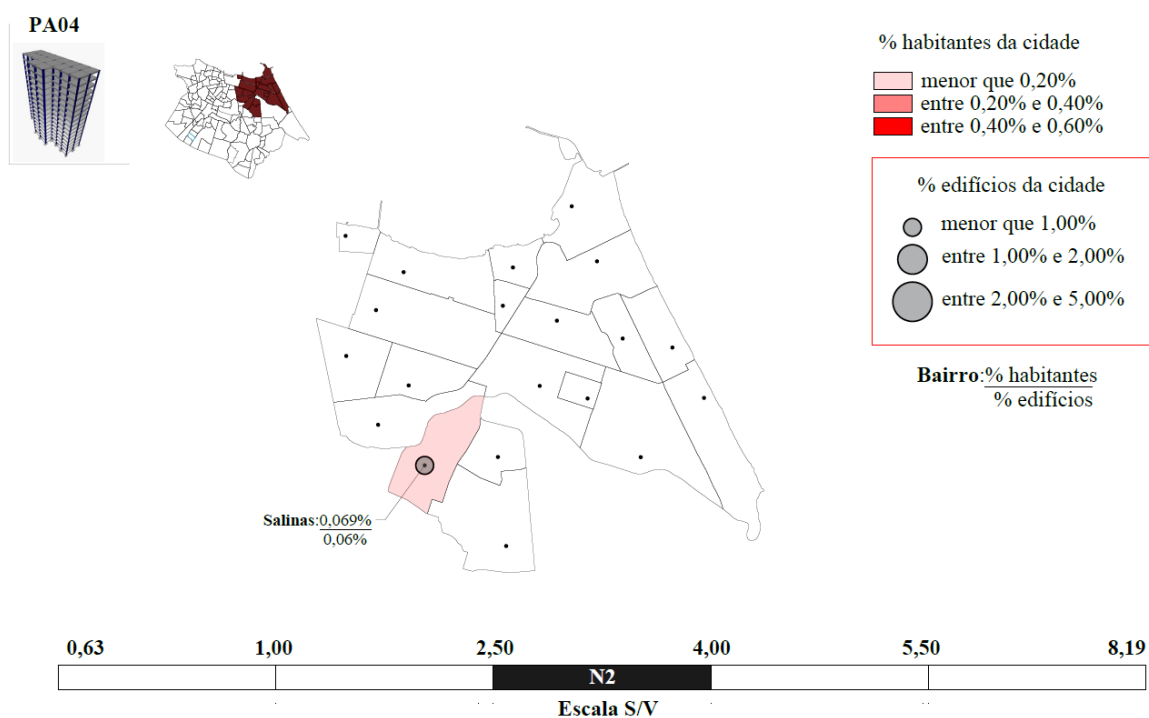


Figura 13.79. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER II em situação N2

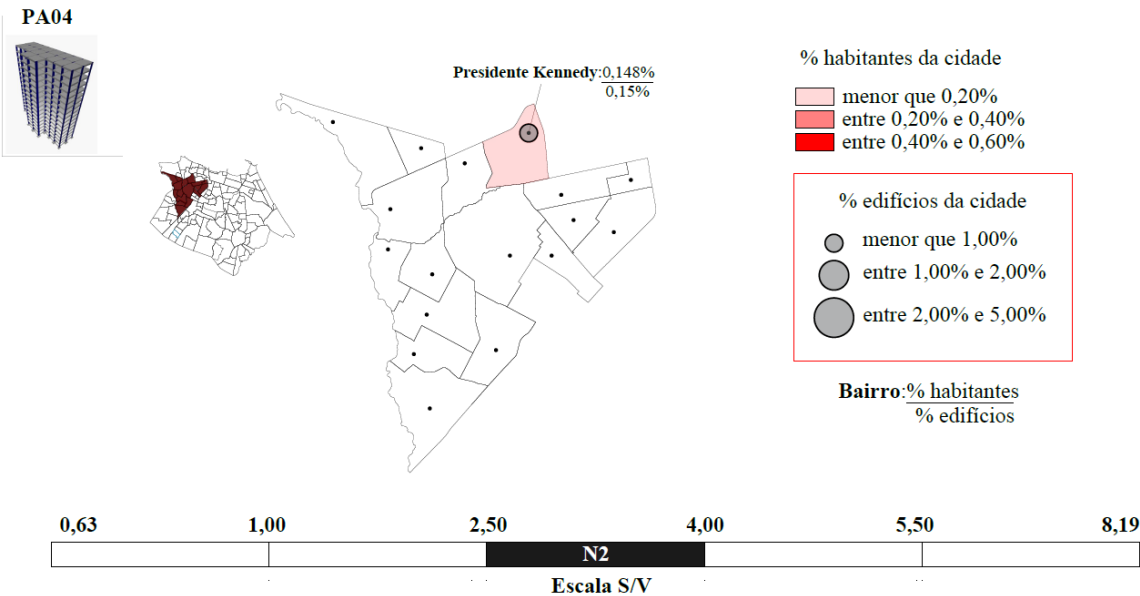


Figura 13.80. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER III em situação N2

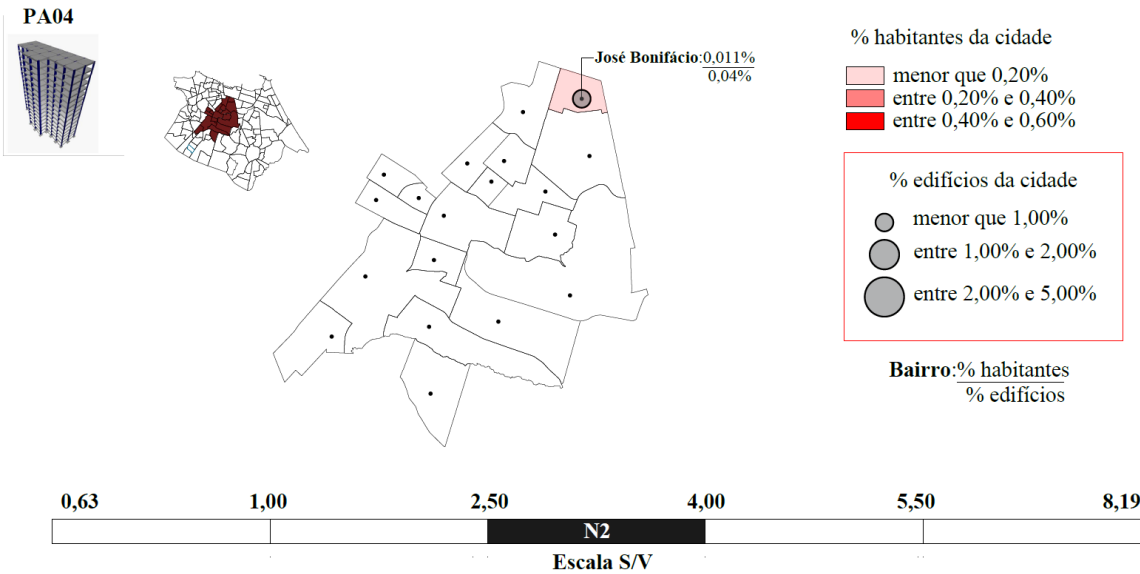


Figura 13.81. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER IV em situação N2

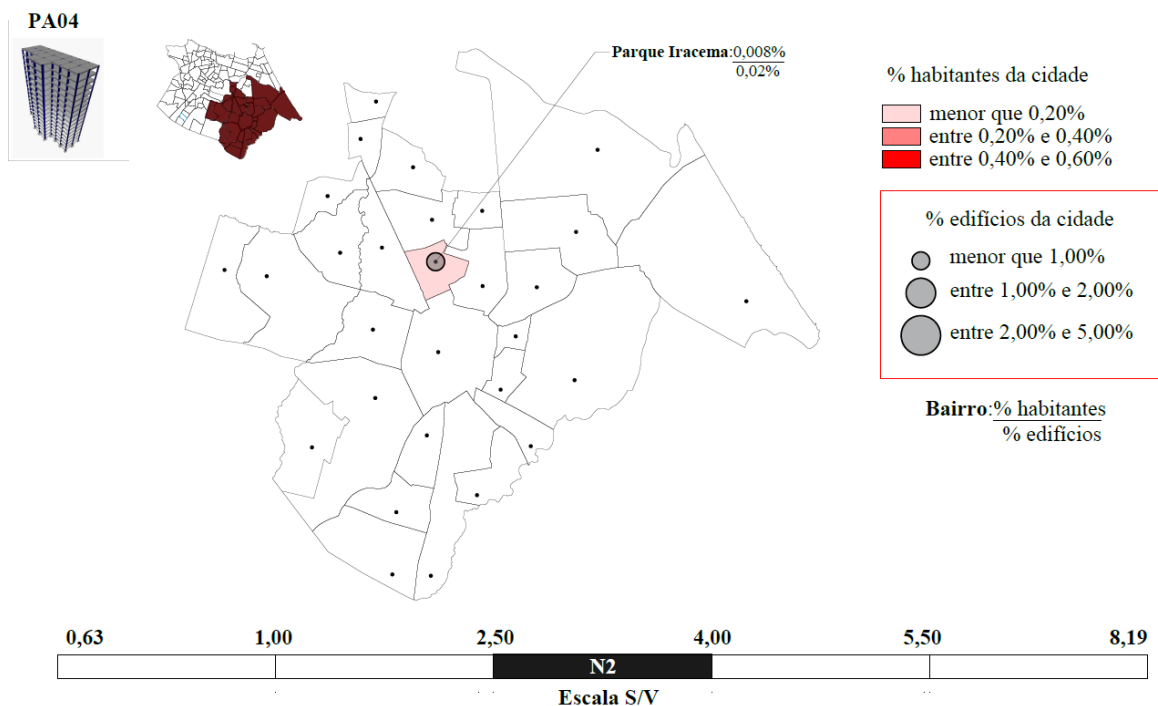


Figura 13.82. Porcentagem de edifícios PA04 e respectivos habitantes da SER VI em situação N2

Os edifícios em situação N2, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 9,33% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 1,88% da população.

13.2.3 Nível N3 – $4,00 < S/V \leq 5,50$

Esta situação não é verificada nos edifícios de classe PA03, PA04 e PA05 da cidade de Fortaleza.

Os edifícios PA01 nesta situação correspondem a 38,36% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 3,56% da população. Nos mapas da Figura 13.83 à Figura 13.88 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

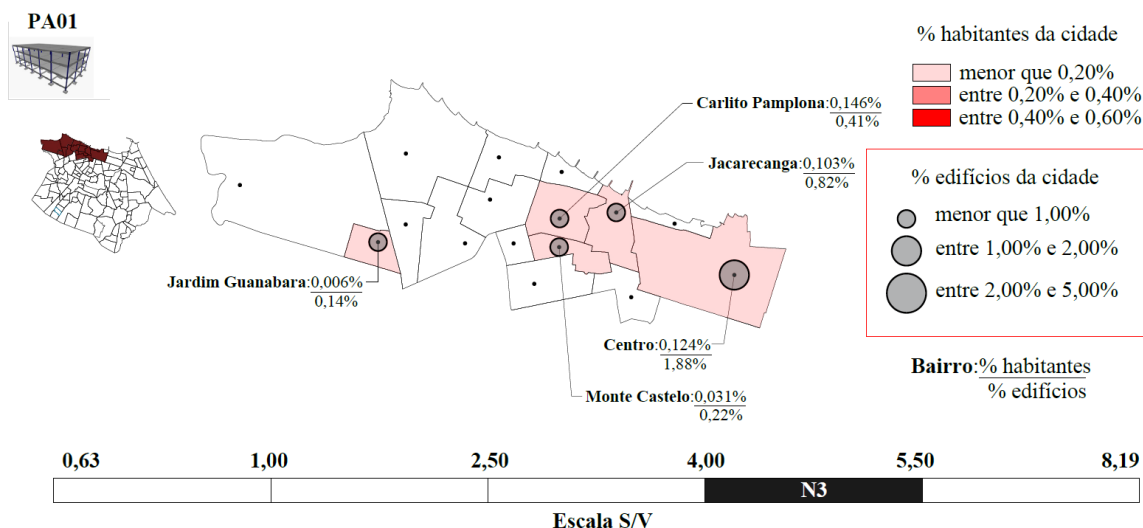


Figura 13.83. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N3

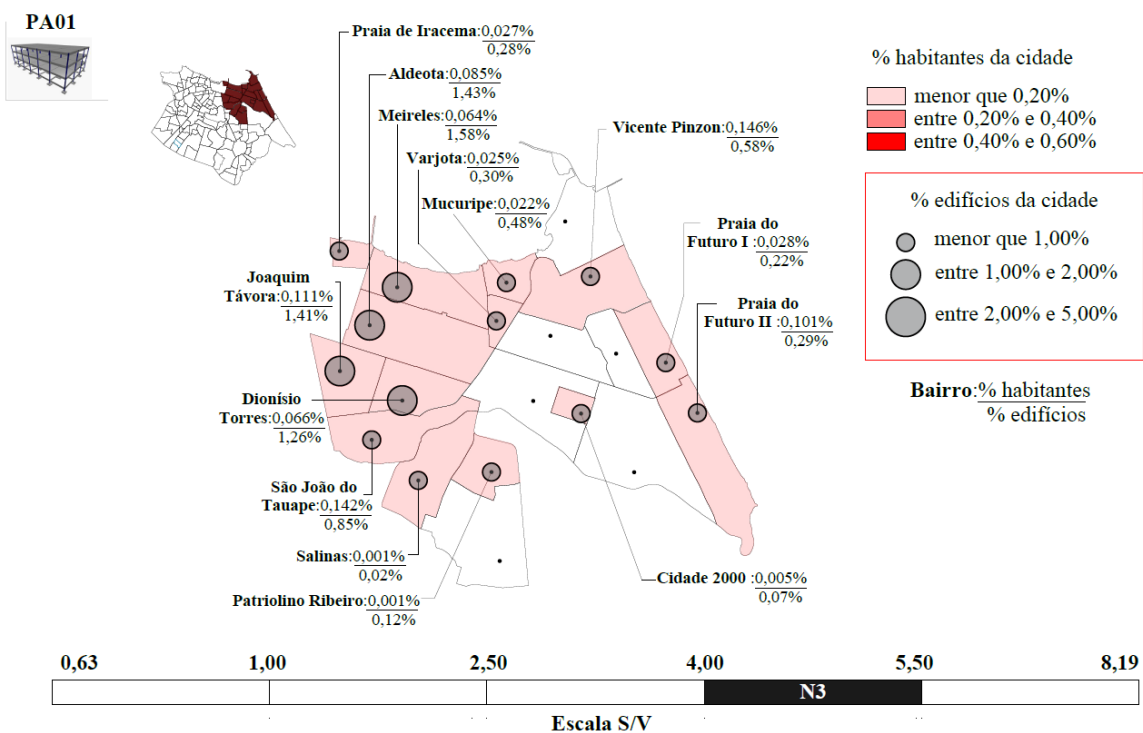


Figura 13.84. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER II em situação N3

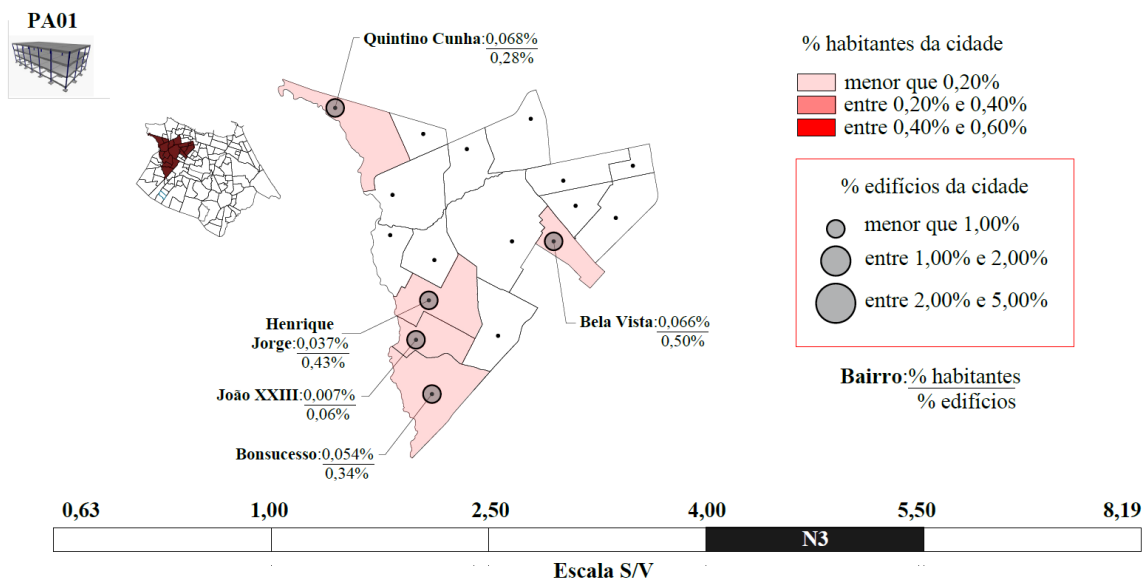


Figura 13.85. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N3

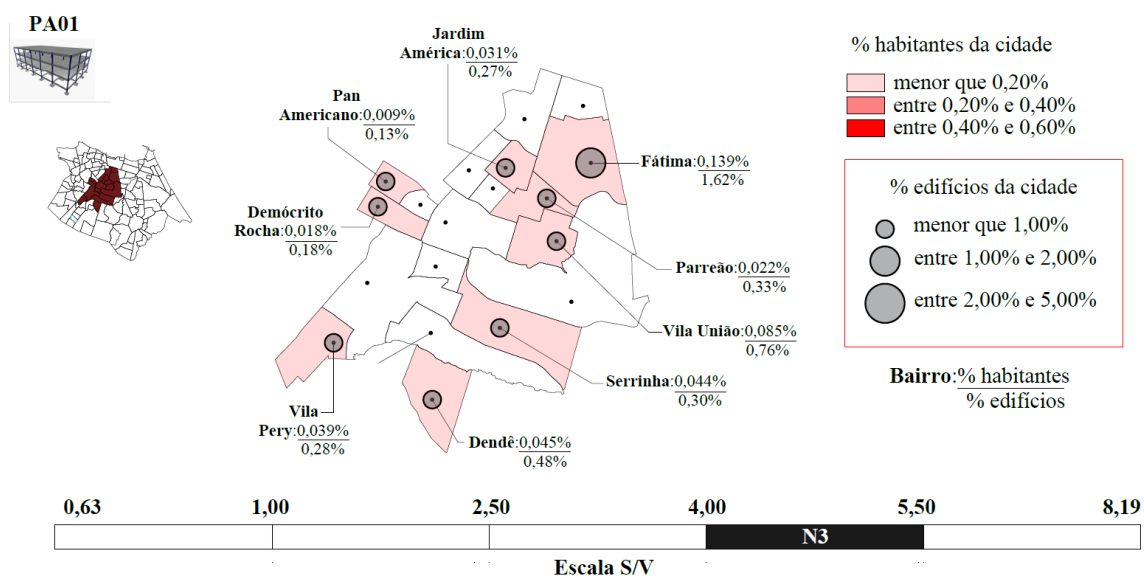


Figura 13.86. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N3

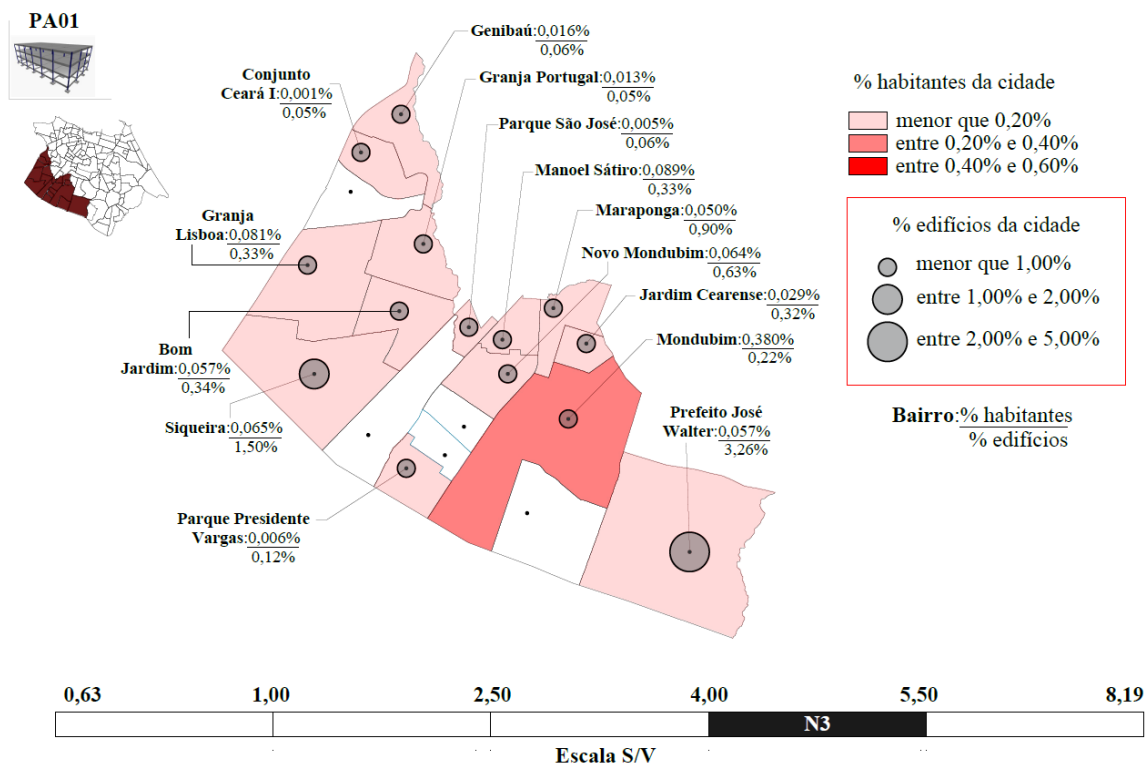


Figura 13.87. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N3

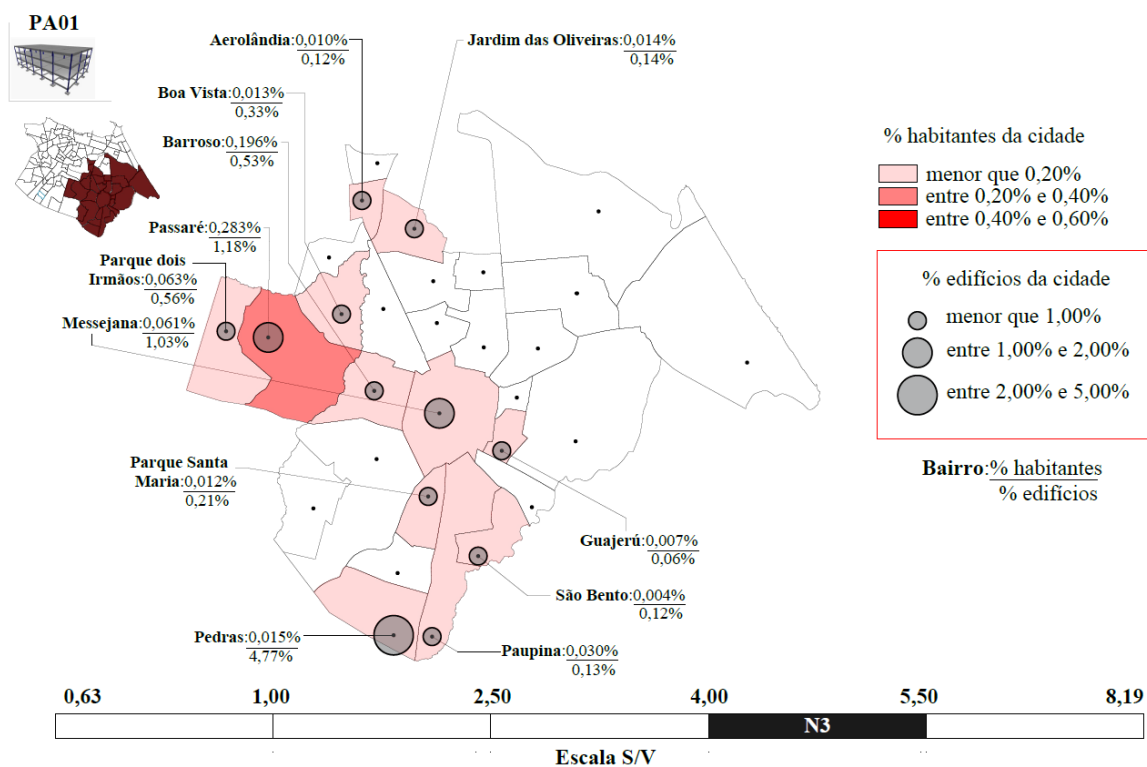


Figura 13.88. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N3

Os edifícios PA02 nesta situação correspondem a 6,89% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 1,22% da população. Nos mapas da Figura 13.89 à Figura 13.93 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

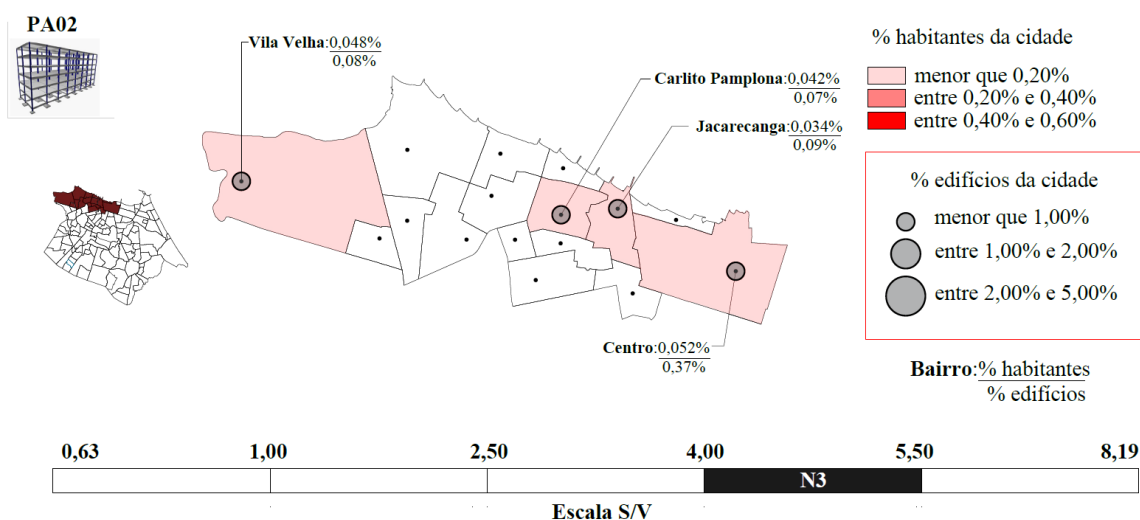


Figura 13.89. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER I em situação N3

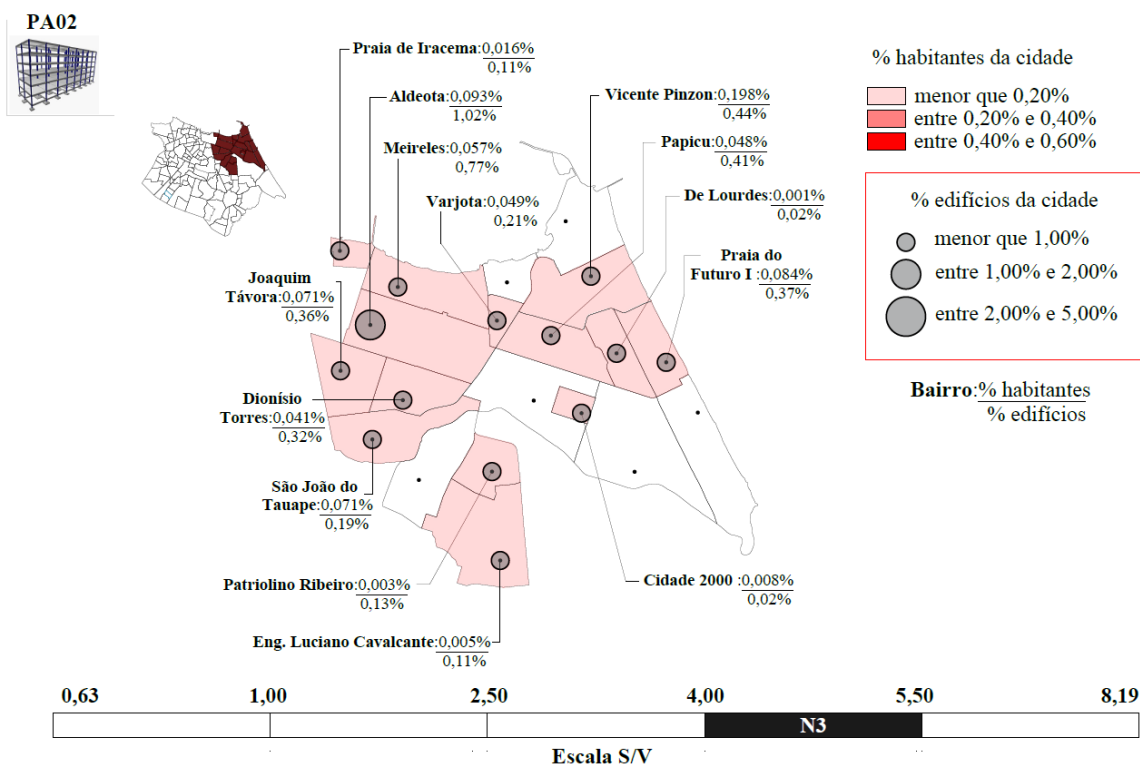


Figura 13.90. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER II em situação N3

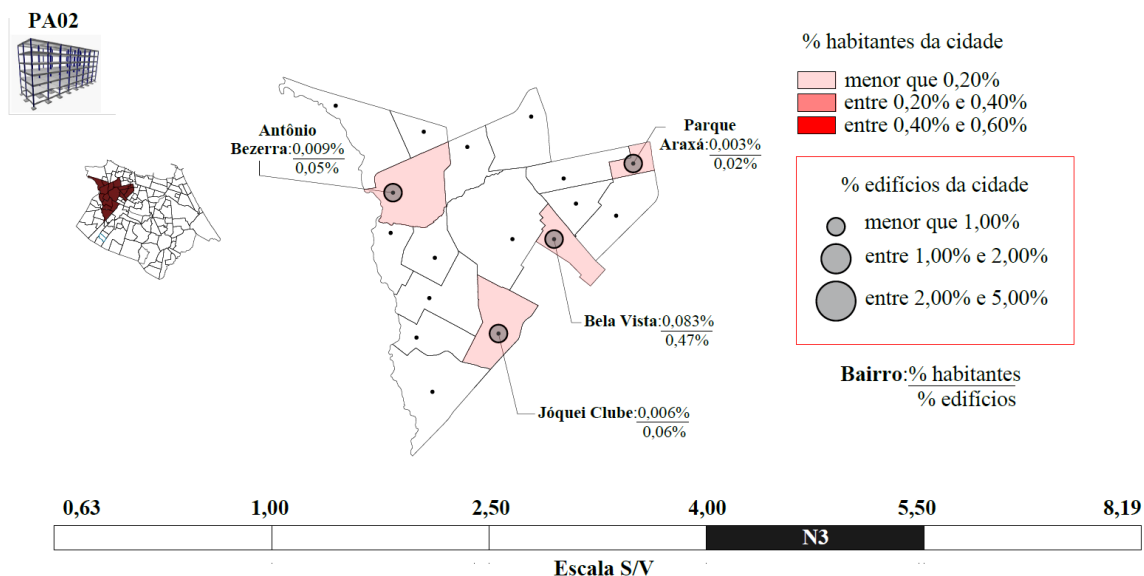


Figura 13.91. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER III em situação N3

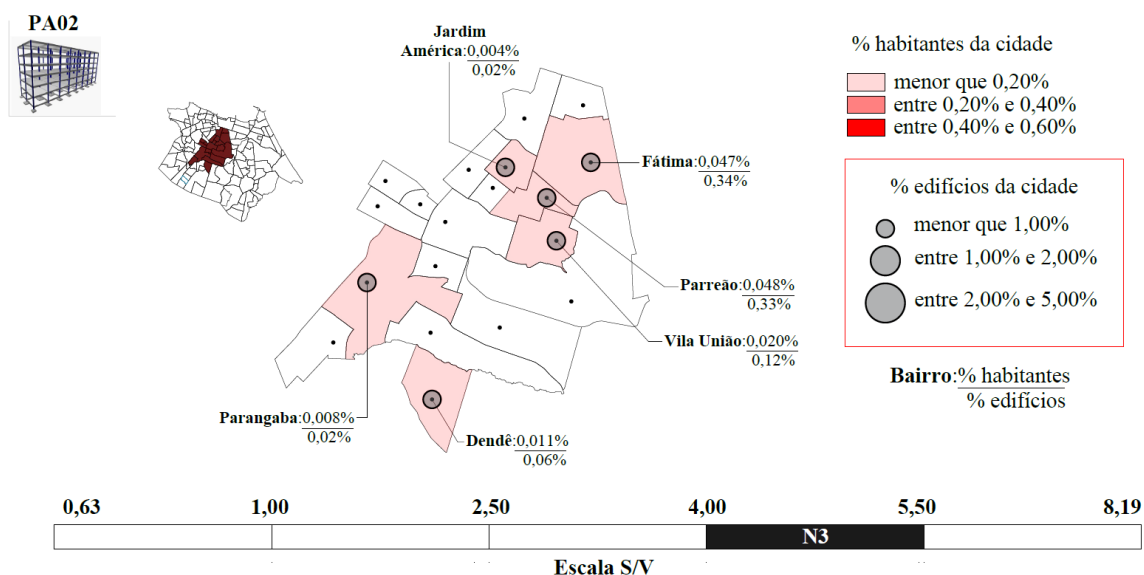


Figura 13.92. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER IV em situação N3

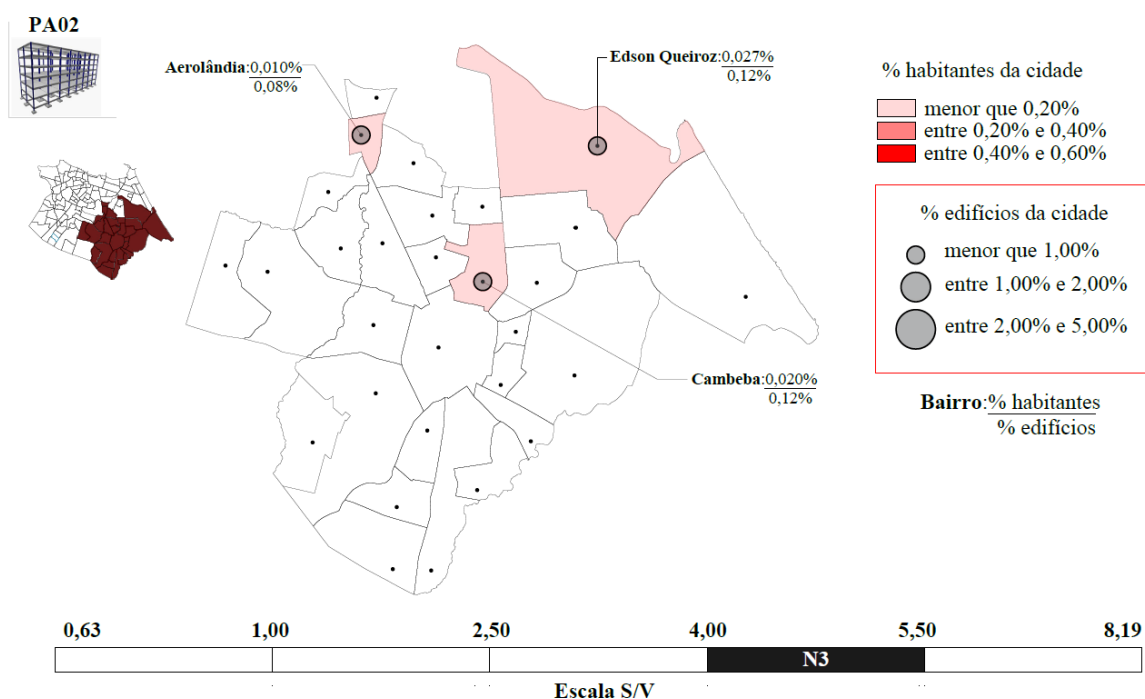


Figura 13.93. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N3

Os edifícios em situação N3, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 45,25% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 4,78% da população.

13.2.4 Nível N4 – $S/V > 5,50$

Esta situação não é verificada nos edifícios de classe PA03, PA04 e PA05 da cidade de Fortaleza.

Os edifícios PA01 nesta situação correspondem a 19,87% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 2,40% da população. Nos mapas da Figura 13.94 à Figura 13.99 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

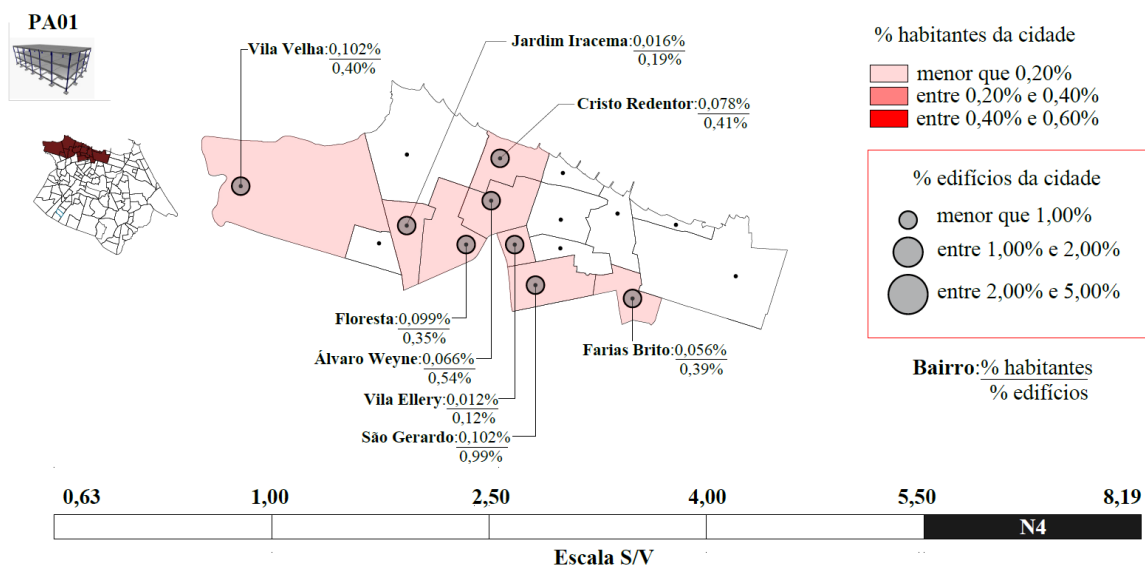


Figura 13.94. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER I em situação N4

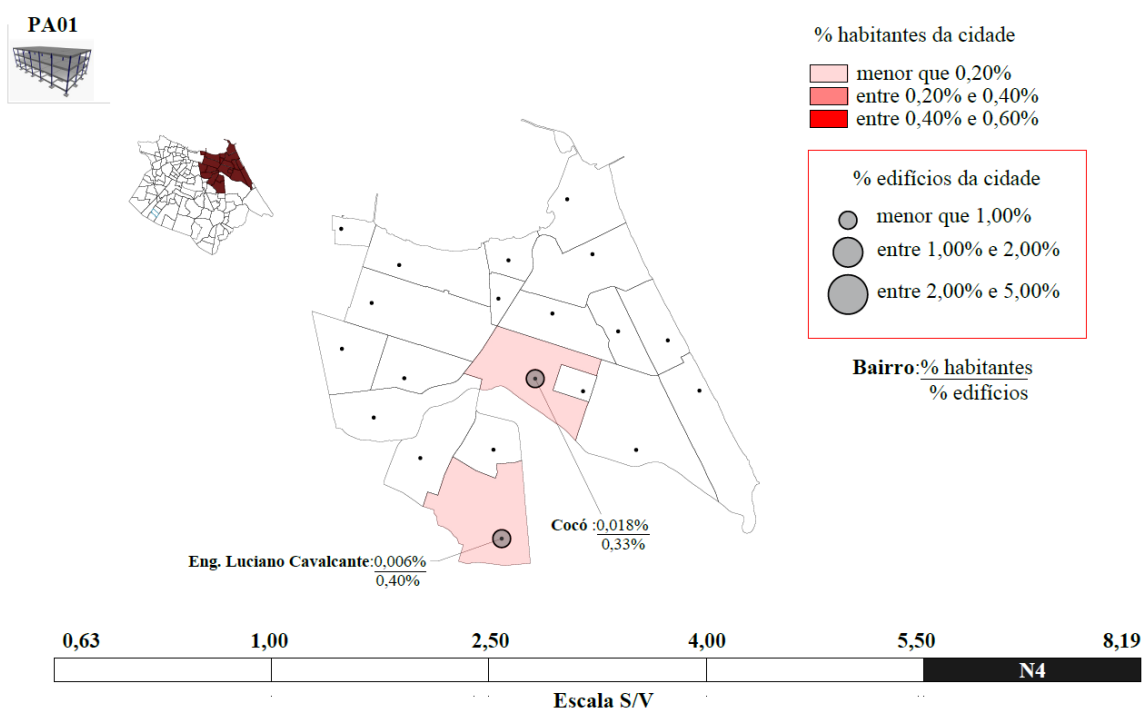


Figura 13.95. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER II em situação N4

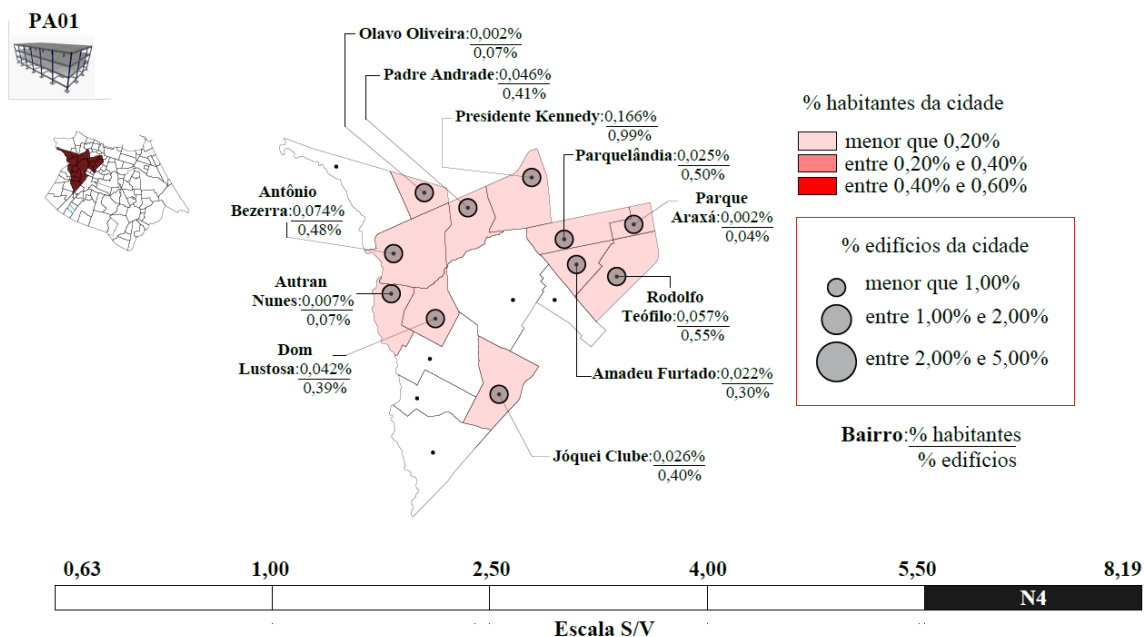


Figura 13.96. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER III em situação N4

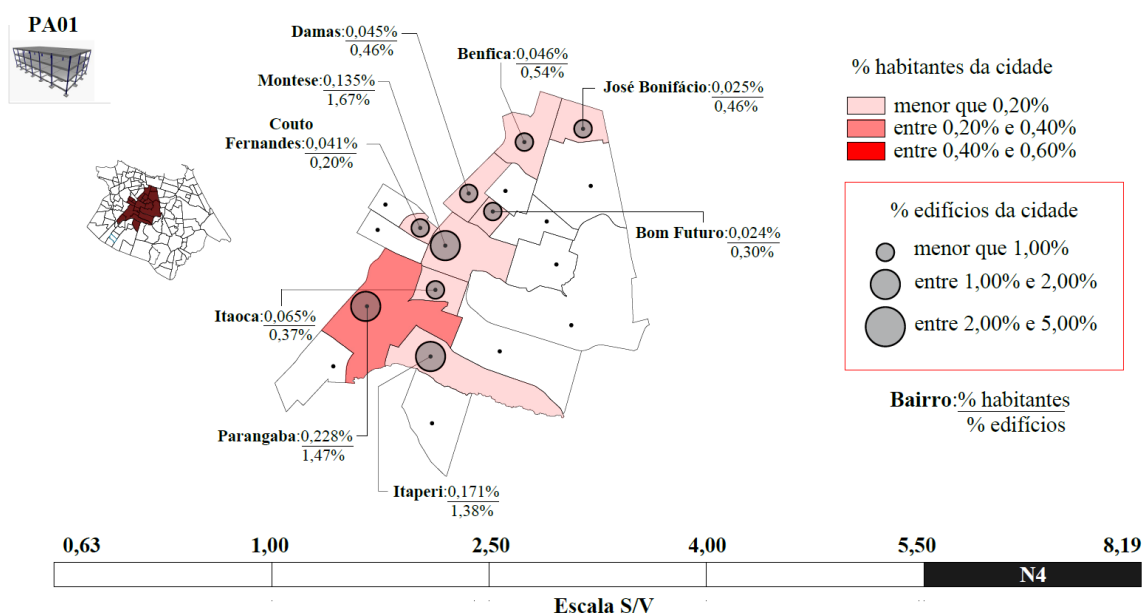


Figura 13.97. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER IV em situação N4

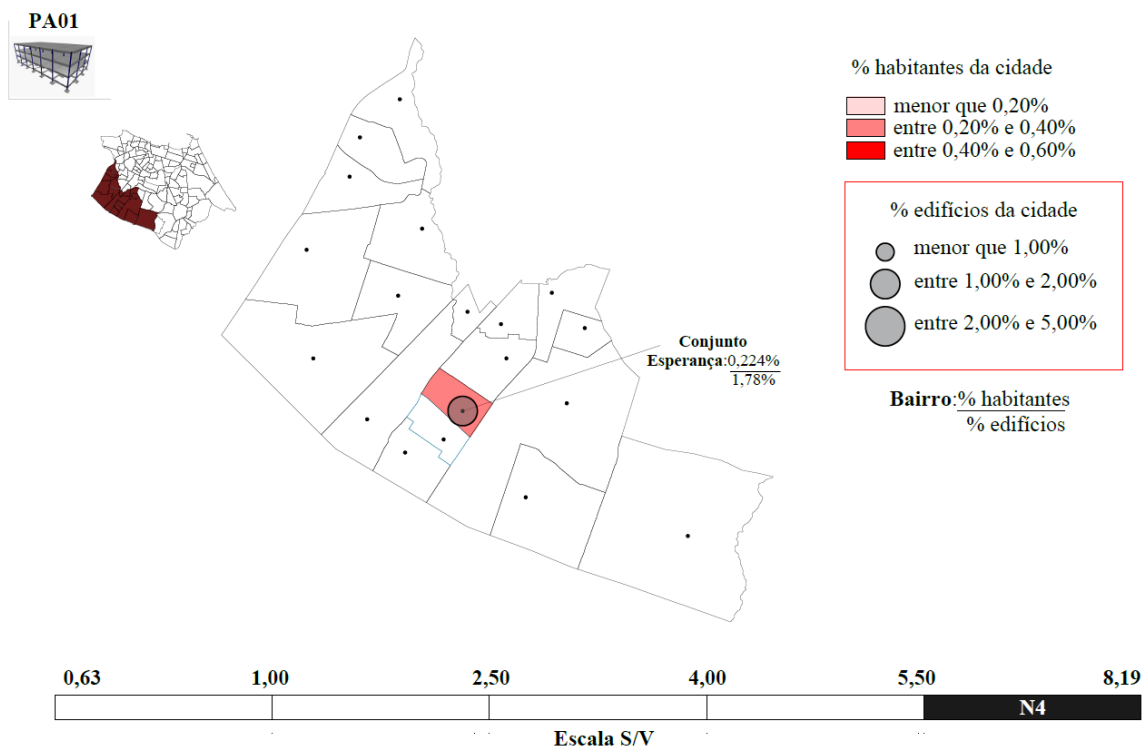


Figura 13.98. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER V em situação N4

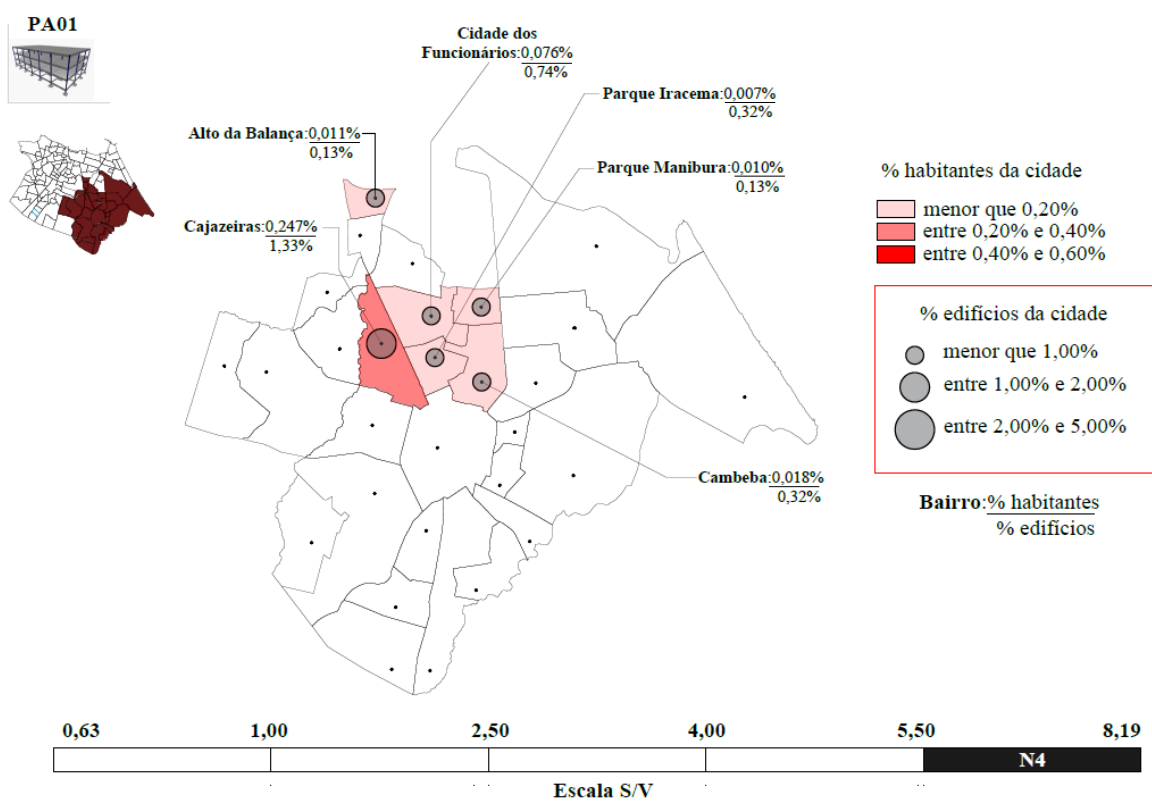


Figura 13.99. Porcentagem de edifícios PA01 e respectivos habitantes da SER VI em situação N4

Os edifícios PA02 nesta situação correspondem a 2,78% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 0,51% da população. Nos mapas da Figura 13.100 à Figura 13.104 são expostas estas informações em cada Secretaria Regional.

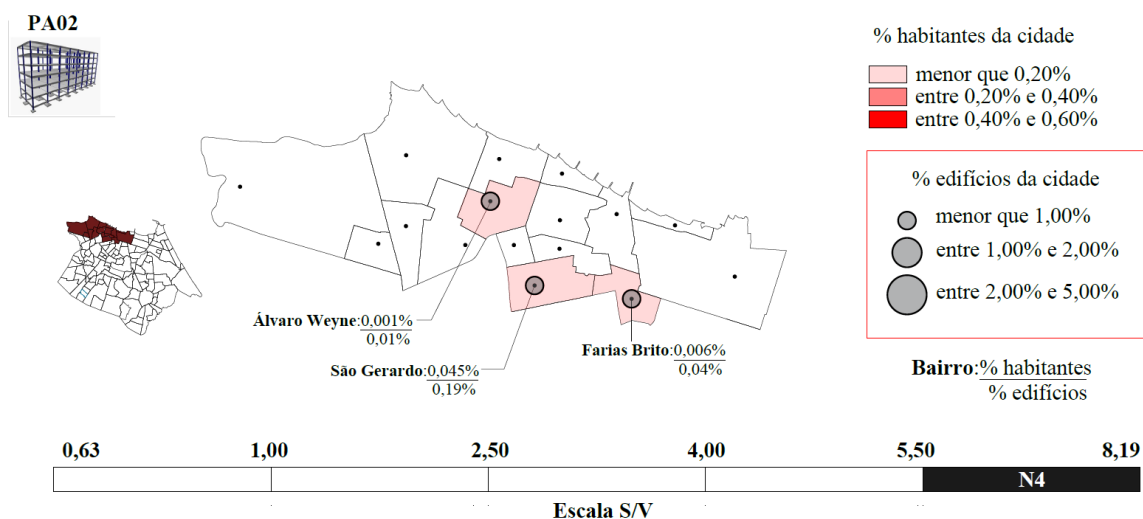


Figura 13.100. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER I em situação N4

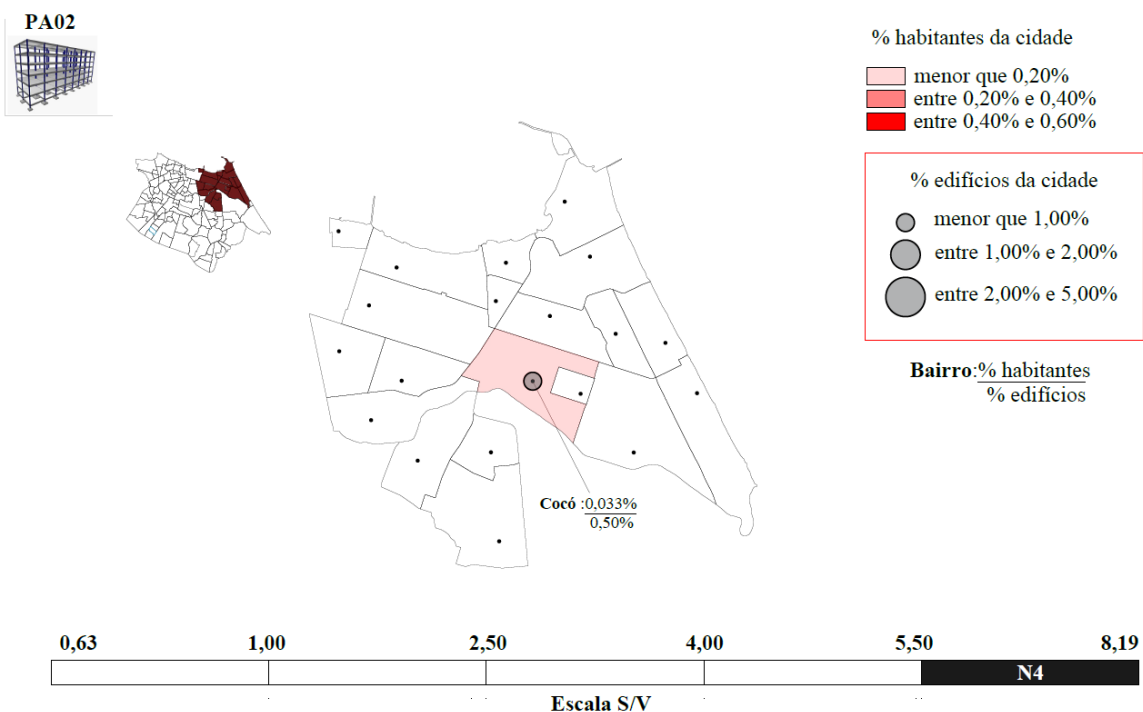


Figura 13.101. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER II em situação N4

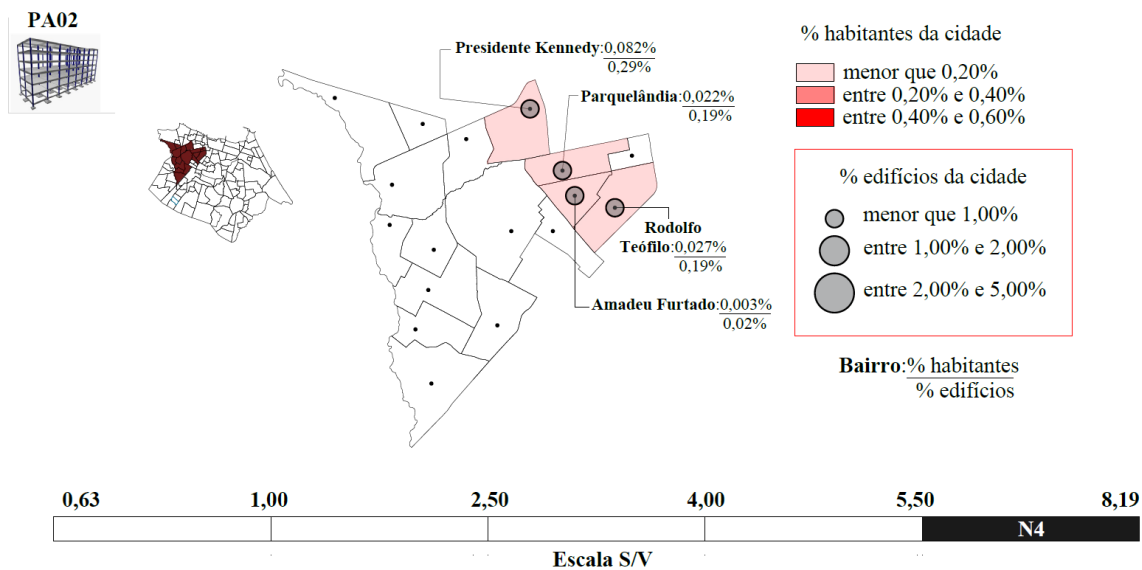


Figura 13.102. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER III em situação N4

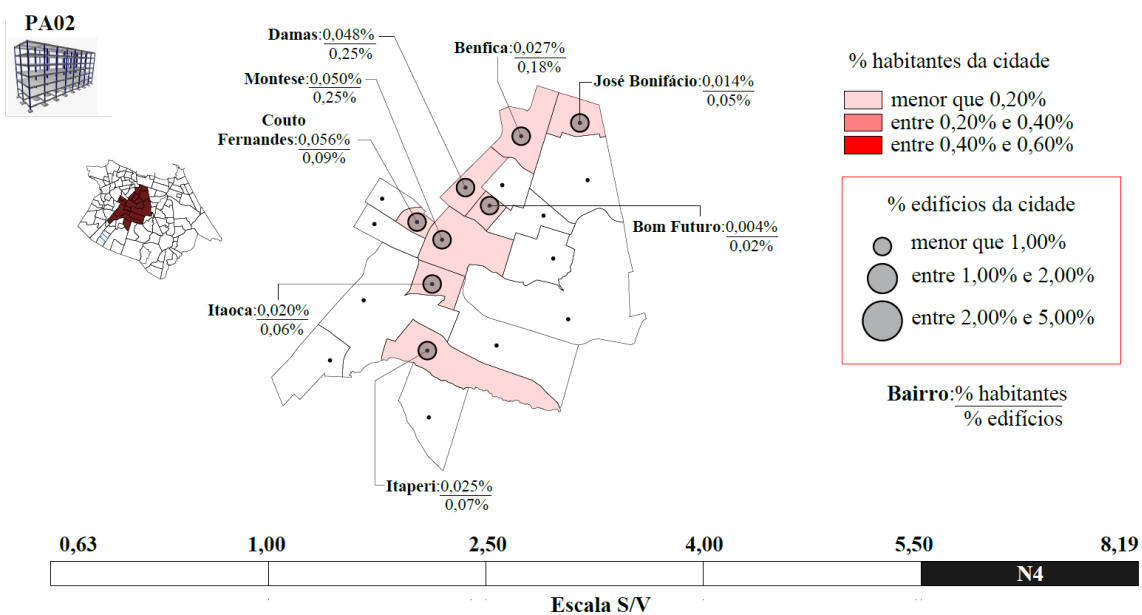


Figura 13.103. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER IV em situação N4

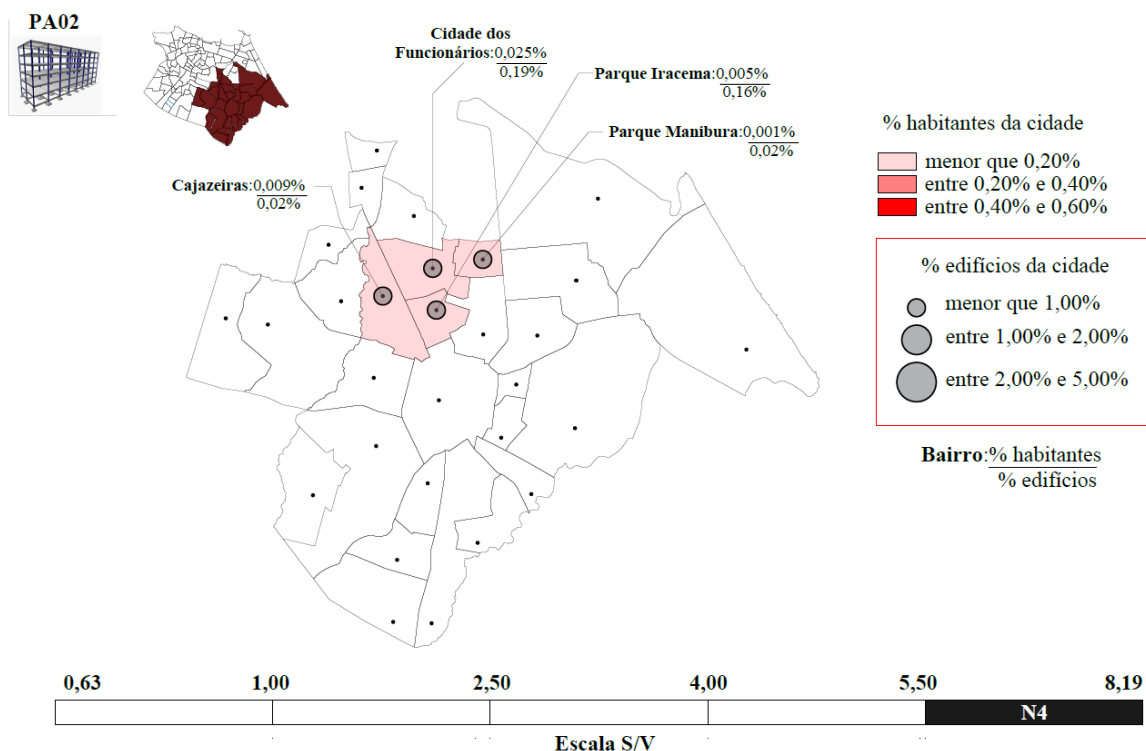


Figura 13.104. Porcentagem de edifícios PA02 e respectivos habitantes da SER VI em situação N4

Os edifícios em situação N4, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 22,65% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 2,91% da população.

13.3 Conclusão

De posse da distribuição das estruturas modelo nos bairros, apresentada no Capítulo 11, e dos resultados das análises individuais das estruturas modelo, apresentados no Capítulo 12; neste capítulo foram apresentados os valores dos parâmetros S/V em todos os bairros da cidade de Fortaleza. A metodologia adotada permitiu também apresentar os valores de S/V considerando as diferentes classes de pavimentos.

Além da indicação da quantidade de edifícios submetida aos diferentes níveis dos parâmetros S/V, uma abordagem contemplando a população também foi realizada permitindo indicar a quantidade de habitantes exposta aos diferentes níveis de S/V.

14. Síntese e discussão dos resultados

Após exposição dos resultados do parâmetro S/V de todos os bairros da cidade de Fortaleza no Capítulo 13, são discutidos neste capítulo, de uma forma geral, a influência destes parâmetros nos edifícios residenciais em concreto armado da cidade de Fortaleza e seus respectivos habitantes. A Figura 14.1 indica as porcentagens dos edifícios e seus habitantes submetidos aos diferentes níveis de S/V, estando detalhada no item 14.1 a avaliação dos níveis do parâmetro S/V em cada classe de pavimento. Em outra perspectiva de avaliação, a Figura 14.2 indica as porcentagens dos diferentes níveis de S/V e seus respectivos habitantes em termos das classes de pavimentos, estando detalhada no item 14.2 esta outra avaliação. Unindo as duas abordagens, estão expostas na Figura 14.3, as porcentagens dos edifícios residenciais da cidade de Fortaleza e seus habitantes classificados por nível de S/V e classe de pavimentos.

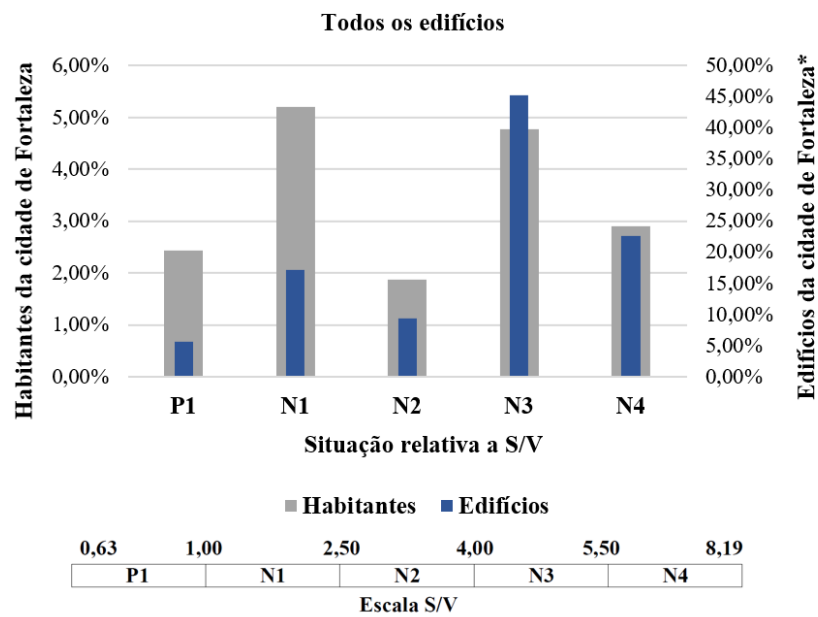


Figura 14.1. Edifícios e seus respectivos habitantes em função do nível de S/V

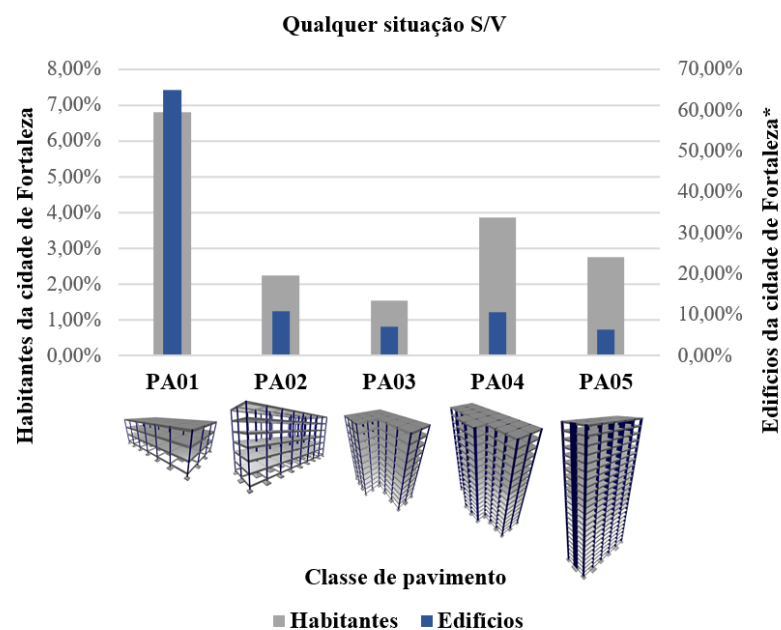


Figura 14.2. Edifícios e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

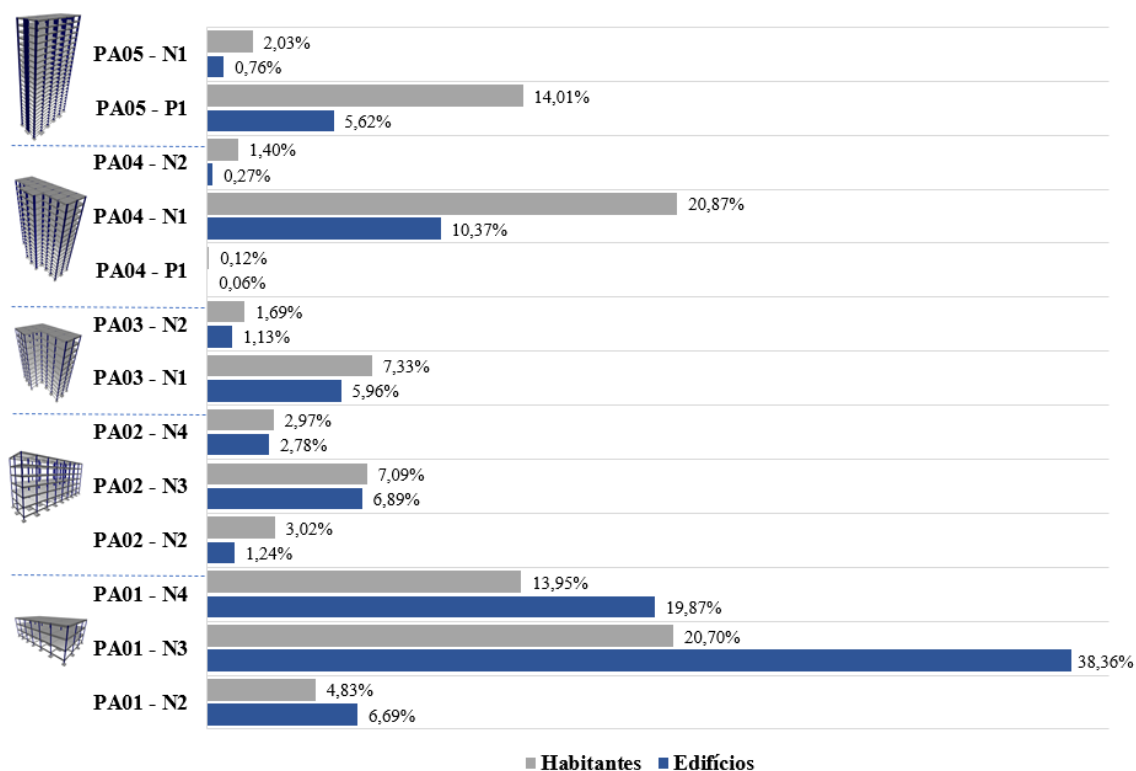


Figura 14.3. Edifícios de Fortaleza e respectivos habitantes por nível de S/V e classe de pavimentos

14.1 Avaliação dos níveis do parâmetro S/V em cada classe de pavimento

14.1.1 Classe de pavimento PA01

Os edifícios de classe de pavimento PA01 da cidade de Fortaleza estão todos em níveis N2, N3 e N4 conforme exposto no gráfico da Figura 14.4.

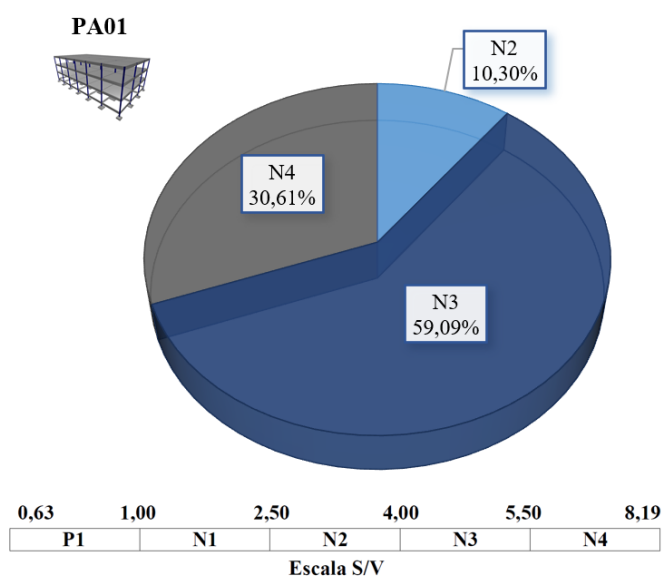


Figura 14.4. Distribuição dos edifícios PA01 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V

Avaliando do ponto de vista da cidade inteira, no ano de 2017, os edifícios de classe PA01 correspondiam a 64,92% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 6,79% da população de Fortaleza. Separando estas informações por níveis de S/V, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.5.

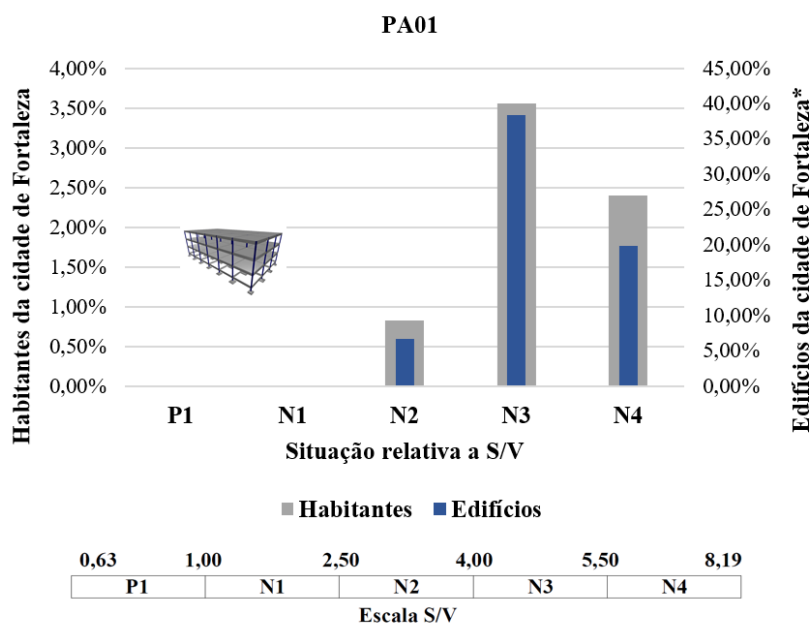


Figura 14.5. Edifícios PA01 e respectivos habitantes em função do nível de S/V

14.1.2 Classe de pavimento PA02

Os edifícios de classe de pavimento PA02 da cidade de Fortaleza estão todos também em níveis N2, N3 e N4 conforme exposto no gráfico da Figura 14.6. Avaliando do ponto de vista da cidade inteira, no ano de 2017, os edifícios de classe PA02 correspondiam a 10,91% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 2,25% da população de Fortaleza. Separando estas informações por níveis de S/V, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.7.

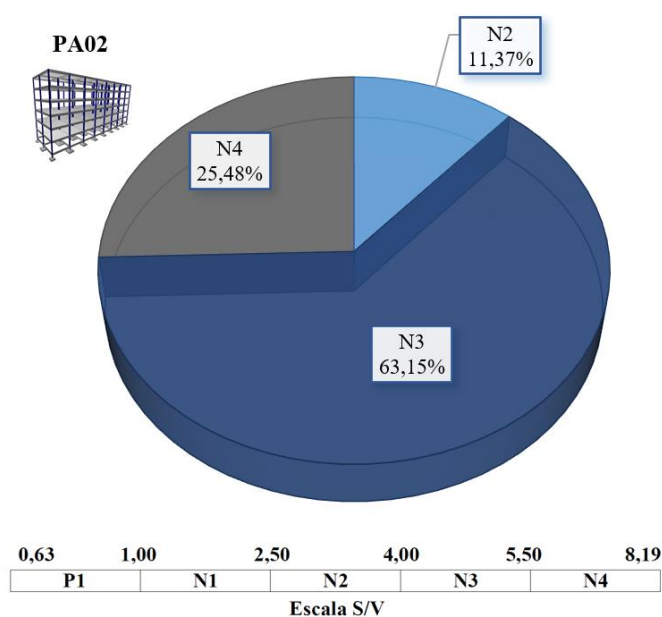


Figura 14.6. Distribuição dos edifícios PA02 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V

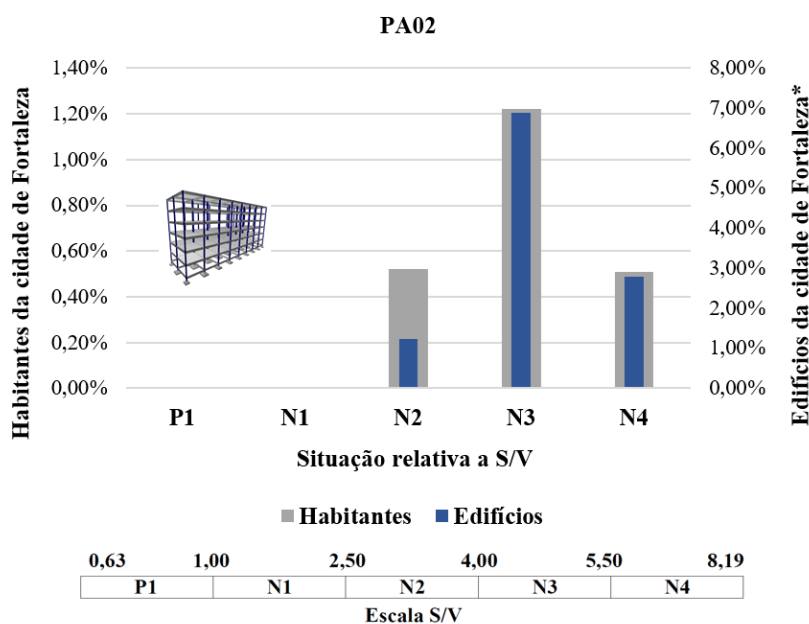


Figura 14.7. Edifícios PA02 e respectivos habitantes em função do nível de S/V

14.1.3 Classe de pavimento PA03

Os edifícios de classe de pavimento PA03 da cidade de Fortaleza estão todos em níveis N1 e N2 conforme exposto no gráfico da Figura 14.8.

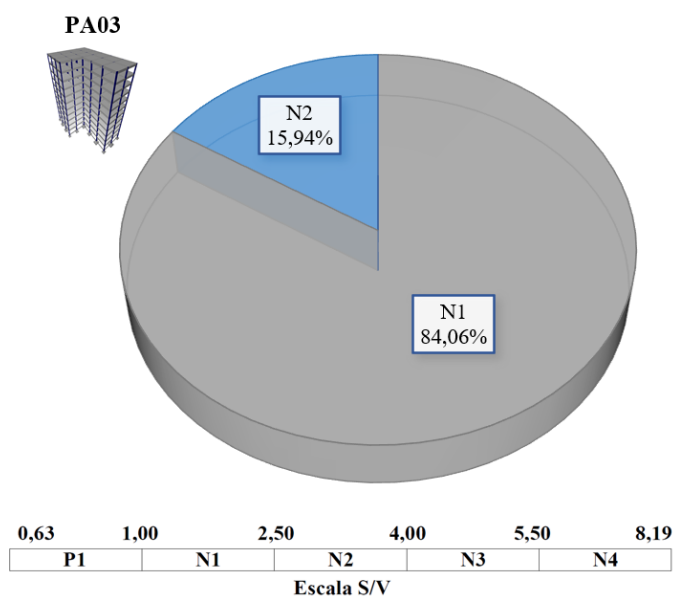


Figura 14.8. Distribuição dos edifícios PA03 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V

No ano de 2017, os edifícios de classe PA03 correspondiam a 7,09% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 1,55% da população de Fortaleza. Separando estas informações por níveis de S/V, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.9.

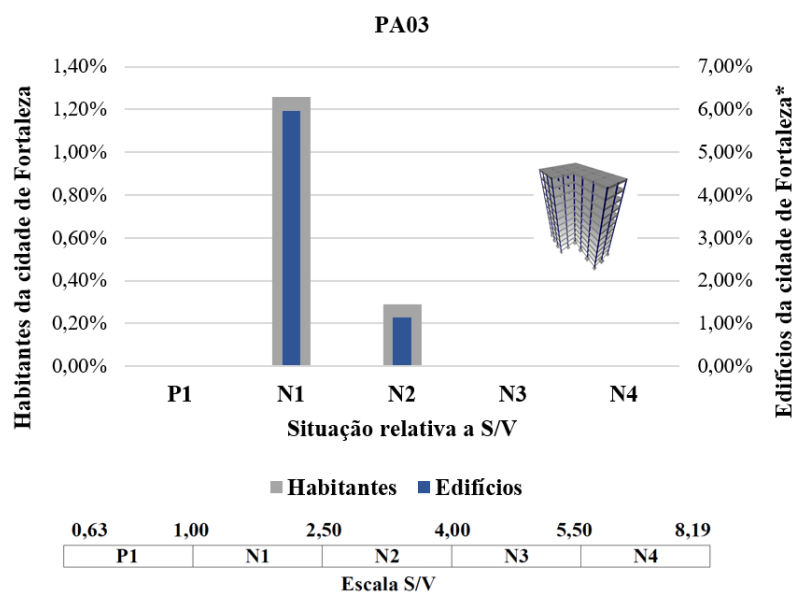


Figura 14.9. Edifícios PA03 e respectivos habitantes em função do nível de S/V

14.1.4 Classe de pavimento PA04

Os edifícios de classe de pavimento PA04 da cidade de Fortaleza estão em sua grande maioria em níveis N1 e N2, embora uma pequena parcela, em torno de 0,56% já possua nível P1 conforme exposto no gráfico da Figura 14.10. Em 2017, os edifícios de classe PA04 correspondiam a 10,70% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 3,85% da população de Fortaleza. Separando estas informações por níveis de S/V, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.11.

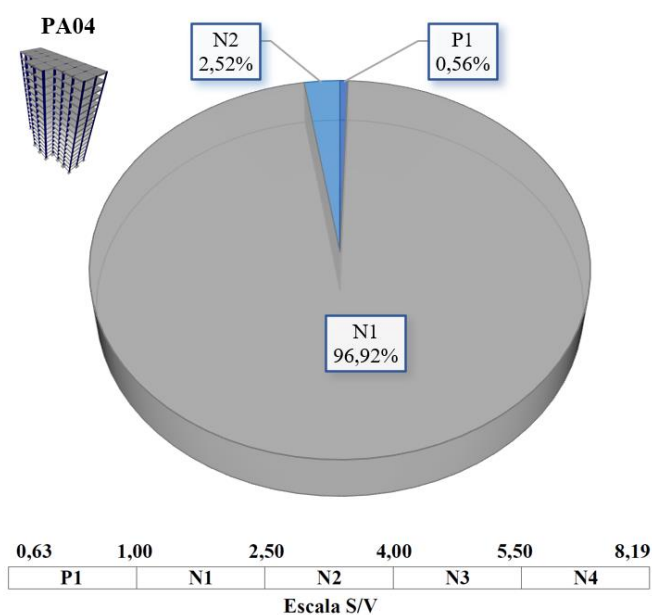


Figura 14.10. Distribuição dos edifícios PA04 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V

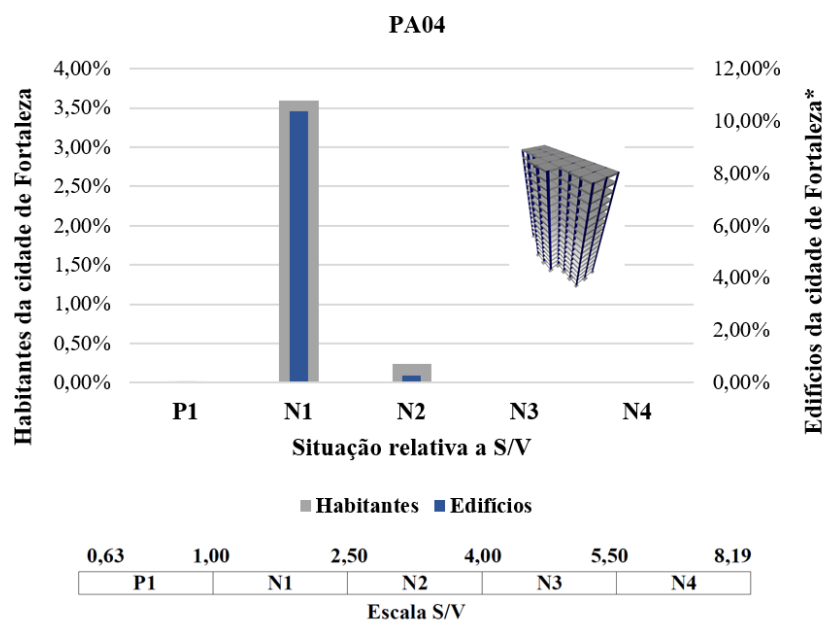


Figura 14.11. Edifícios PA04 e respectivos habitantes em função do nível de S/V

14.1.5 Classe de pavimento PA05

A maioria dos edifícios de classe de pavimento PA05 da cidade de Fortaleza, 88,09%, estão em nível P1, situação em que as ações de vento superam as ações sísmicas. As demais estruturas estão em nível N1 conforme exposto no gráfico da Figura 14.12.

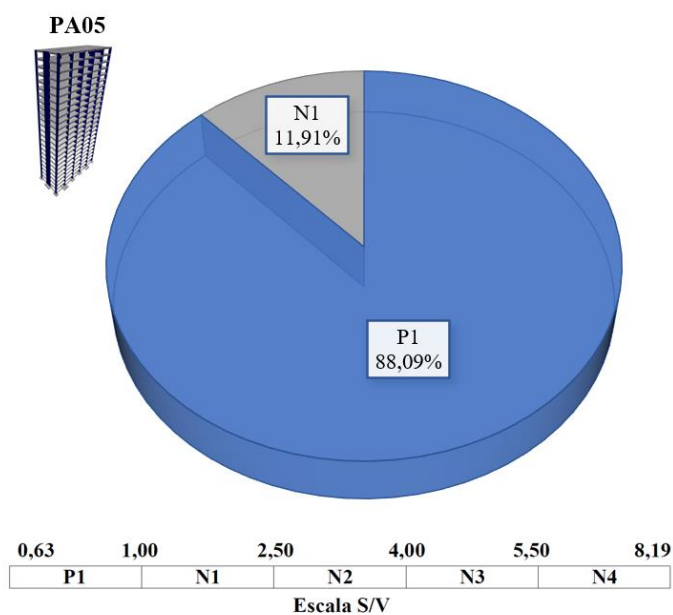


Figura 14.12. Distribuição dos edifícios PA05 da cidade de Fortaleza em função do nível de S/V

Avaliando do ponto de vista da cidade inteira, no ano de 2017, os edifícios de classe PA05 correspondiam a 6,38% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 2,76% da população de Fortaleza. Separando estas informações por níveis de S/V, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.13.

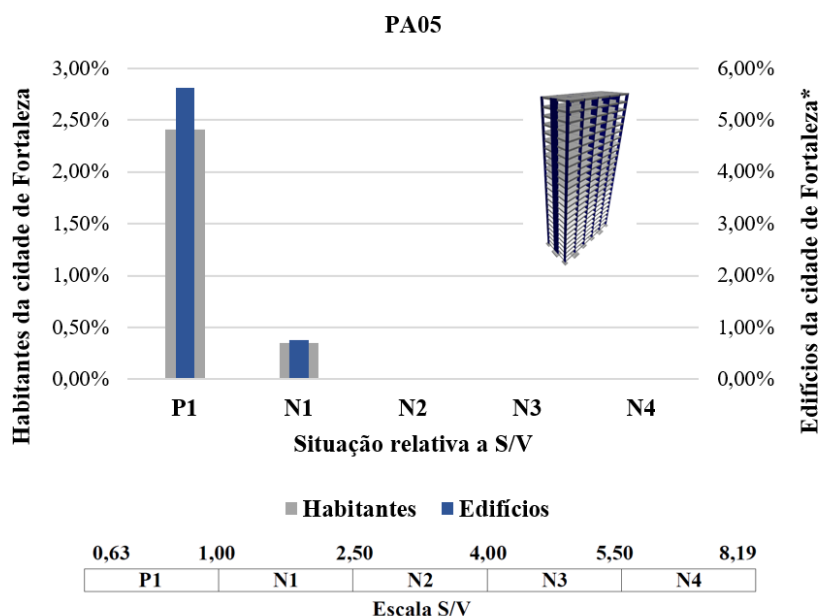


Figura 14.13. Edifícios PA05 e respectivos habitantes em função do nível de S/V

14.2 Avaliação das classes de pavimento em cada nível do parâmetro S/V

14.2.1 Nível P1 – $S/V \leq 1,00$

Os edifícios residenciais da cidade de Fortaleza em nível P1, em que as ações de vento superam as ações sísmicas, são, em quase sua totalidade, edifícios de classe de pavimento PA05 embora 1,06% dos edifícios nesta situação sejam edifícios PA04 conforme exposto no gráfico da Figura 14.14.

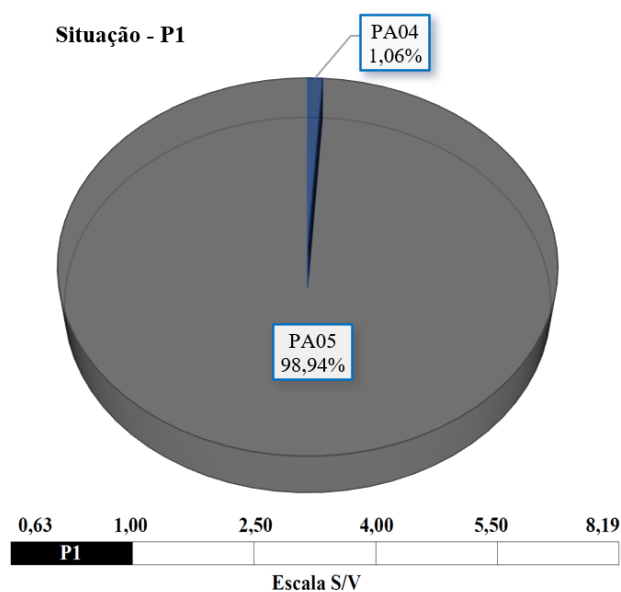


Figura 14.14. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação P1

No ano de 2017, os edifícios em situação P1 correspondiam a 5,68% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 2,43% da população de Fortaleza. Separando estas informações por classes de pavimentos, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.15.

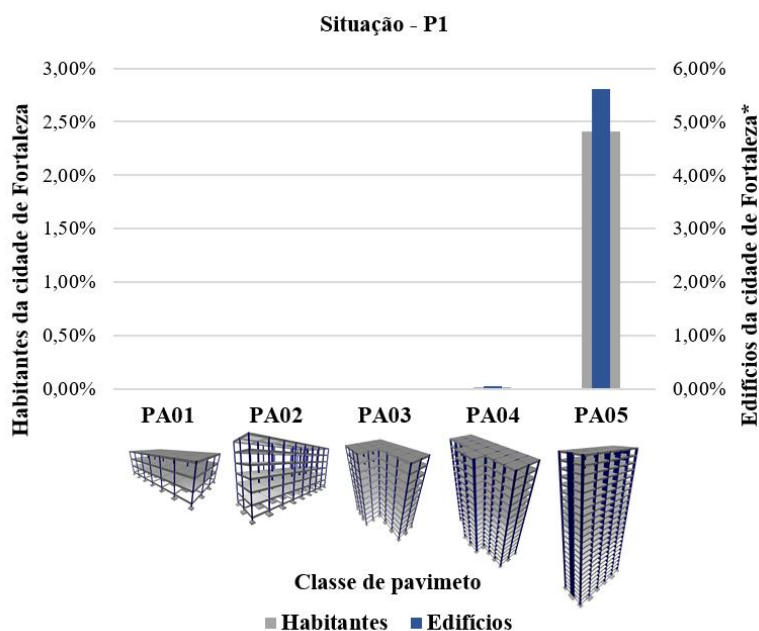


Figura 14.15. Edifícios em situação P1 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

14.2.2 Nível N1 – $1,00 < S/V \leq 2,50$

Os edifícios em nível N1 da cidade de Fortaleza são em grande maioria, 60,68%, edifícios de classe de pavimento PA04. Os demais são edifícios PA03 e PA05 conforme exposto no gráfico da Figura 14.16. Na cidade inteira, no ano de 2017, os edifícios em situação N1 correspondiam a 17,09% dos edifícios residenciais em concreto da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 5,20% da população de Fortaleza. Separando estas informações por classes de pavimentos, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.17.

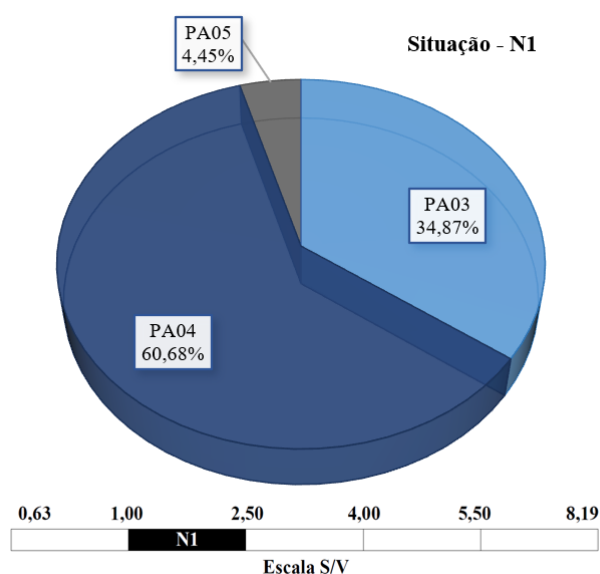


Figura 14.16. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N1

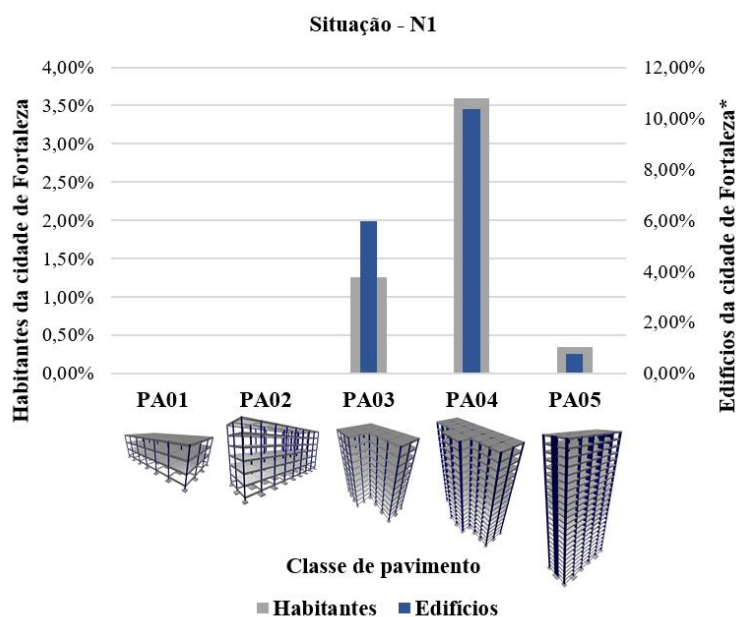


Figura 14.17. Edifícios em situação N1 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

14.2.3 Nível N2 – $2,50 < S/V \leq 4,00$

Existem na cidade de Fortaleza edifícios de classes de pavimentos PA01, PA02, PA03 e PA04 em situação N2 relativa aos valores de S/V, sendo os edifícios PA01 os de maior representatividade conforme exposto no gráfico da Figura 14.18.

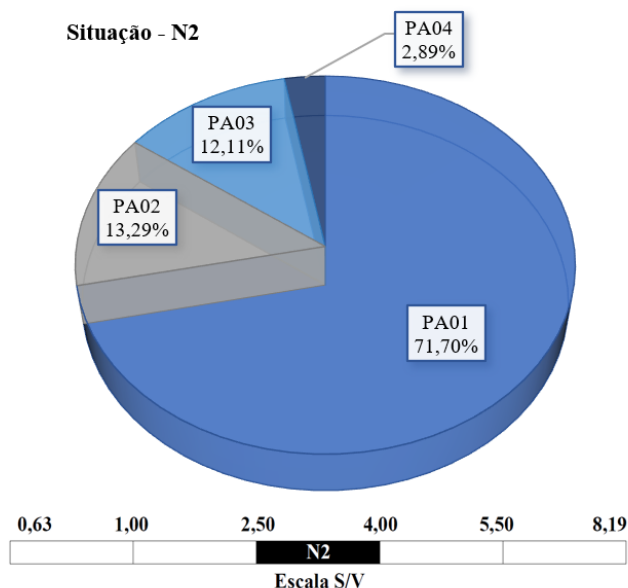


Figura 14.18. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N2

Os edifícios em situação N2 correspondiam em 2017 a 9,33% dos edifícios residenciais da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 1,88% da população de Fortaleza. Separando estas informações por classes de pavimentos, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.19.

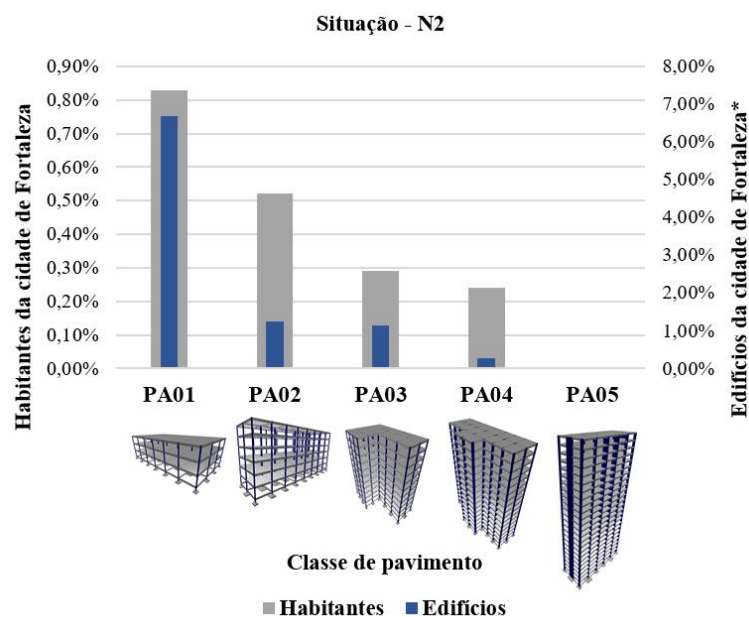


Figura 14.19. Edifícios em situação N2 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

14.2.4 Nível N3 – $4,00 < S/V \leq 5,50$

Os edifícios em nível N3 da cidade de Fortaleza são representados por edifícios de classe de pavimento PA01 e PA02 conforme exposto no gráfico da Figura 14.20. Na cidade inteira, no ano de 2017, os edifícios em situação N3 correspondiam a 45,25% dos edifícios residenciais em concreto da cidade constituindo a situação mais verificada em termos de valores de S/V e habitavam nestas edificações em torno de 4,78% da população de Fortaleza. Separando estas informações por classes de pavimentos, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.21.

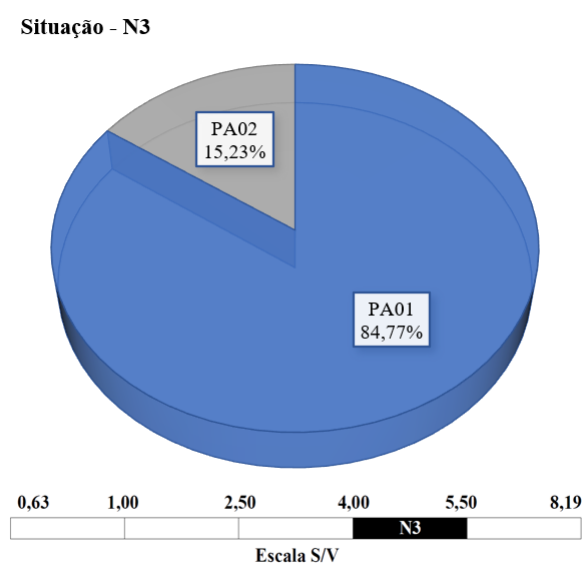


Figura 14.20. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N3

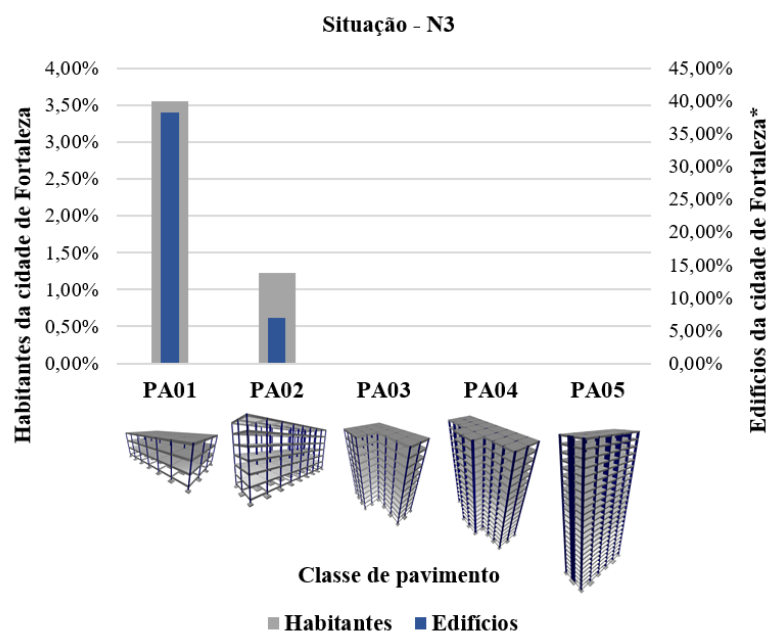


Figura 14.21. Edifícios em situação N3 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

14.2.5 Nível N4 – $S/V > 5,50$

Os edifícios em nível N4 também são representados por edifícios de classe de pavimento PA01 e PA02 conforme exposto no gráfico da Figura 14.22, sendo observada, mesmo que pequena, uma maior representatividade dos edifícios de classe PA01 em relação ao nível N3.

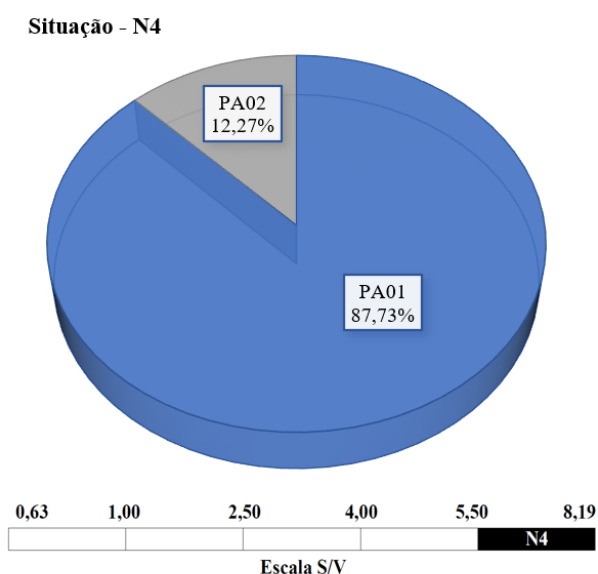


Figura 14.22. Porcentagem em função da classe de pavimento dos edifícios em situação N4

Os edifícios em situação N4 correspondiam em 2017 a 22,65% dos edifícios residenciais da cidade e habitavam nestas edificações em torno de 2,91% da população de Fortaleza. Separando estas informações por classes de pavimentos, tem-se as porcentagens indicadas no gráfico da Figura 14.23.

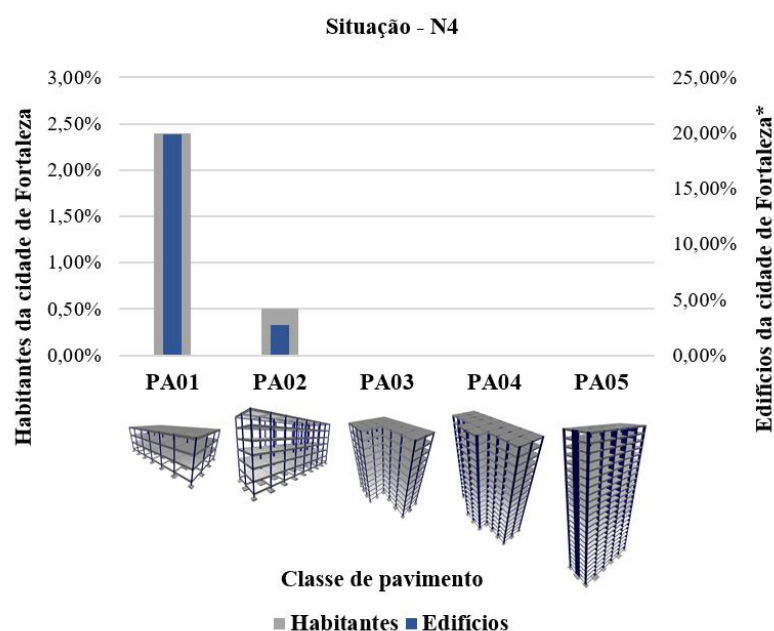


Figura 14.23. Edifícios em situação N4 e respectivos habitantes em função da classe de pavimento

Em geral, quanto mais baixo o edifício, maiores os valores de S/V e consequentemente sua maior vulnerabilidade traduzida pelas elevadas ações sísmicas em comparação às forças de vento.

14.3 Exposição de habitantes em edificações térreas

Importante destacar que o estudo das ações sísmicas realizado neste trabalho envolve apenas os edifícios a partir de 2 pavimentos em concreto armado da cidade de Fortaleza, não sendo, portanto, avaliadas as edificações térreas (apartamentos e casas) sejam em estrutura de concreto ou alvenaria. Nos edifícios estudados habitam aproximadamente apenas 17,20% da população sendo distribuídas respectivamente 6,79%, 2,25%, 1,55%, 3,85% e 2,76% segundo as classes de pavimentos PA01, PA02, PA03, PA04 e PA05.

Como descrito no Capítulo 01, em sua grande maioria, as residências possuem sistema construtivo bastante simples e as ações horizontais não são consideradas, colocando em questão o comportamento destas edificações em um cenário sísmico e consequentemente a segurança e integridade física das

peças que nelas habitam. Estima-se que 47,0% dos habitantes de Fortaleza moram em casas de alvenaria (sem estrutura de concreto) correspondendo a aproximadamente 1,2 milhões pessoas no ano de 2017.

14.3.1 Porcentagens dos habitantes dos bairros em edificações térreas

Neste tópico, estão expostas as porcentagens dos habitantes dos bairros que moram em edificações térreas. Na Figura 14.24 é apresentado o mapa completo da cidade de Fortaleza e nos mapas da Figura 14.25 à Figura 14.30 são indicadas as informações por Secretarias Regionais (SER).

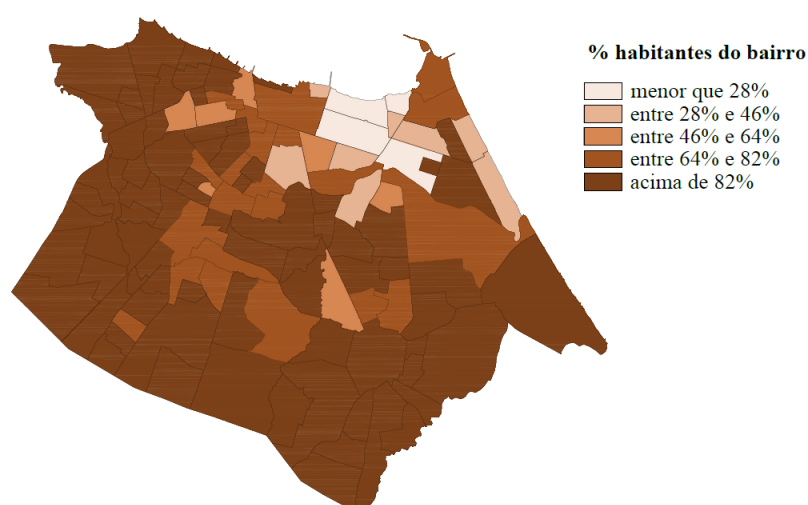


Figura 14.24. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros

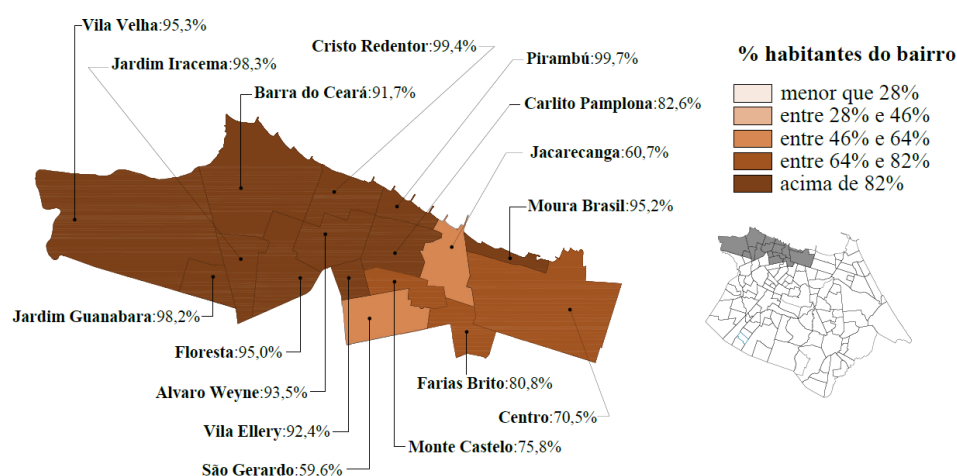


Figura 14.25. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER I

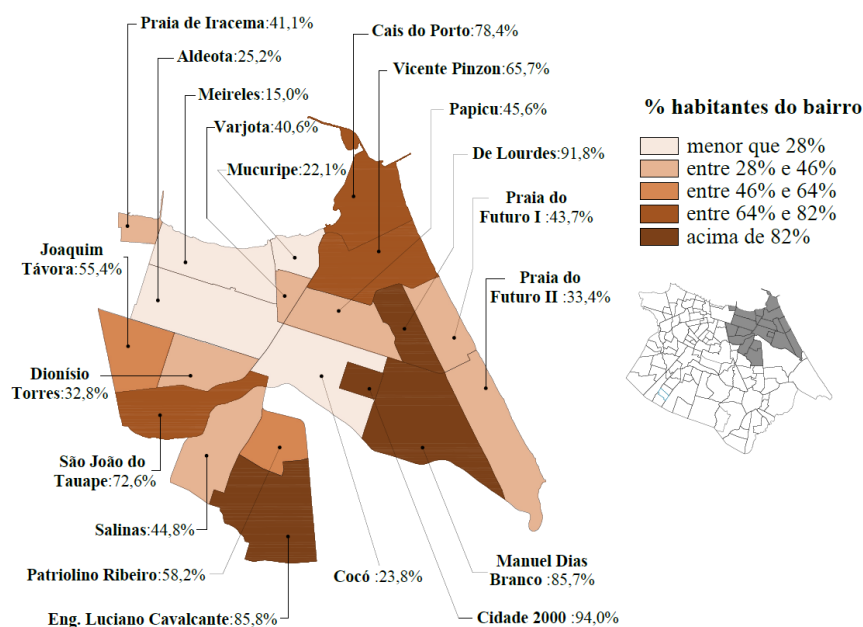


Figura 14.26. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER II

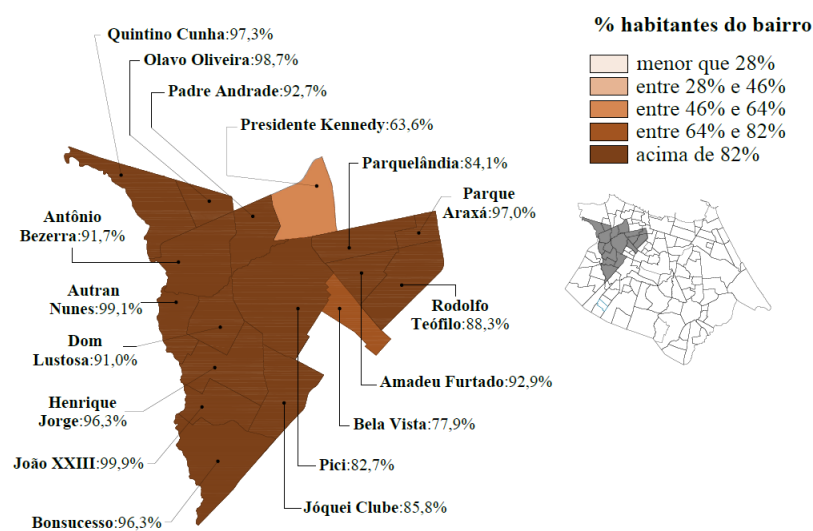


Figura 14.27. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER III

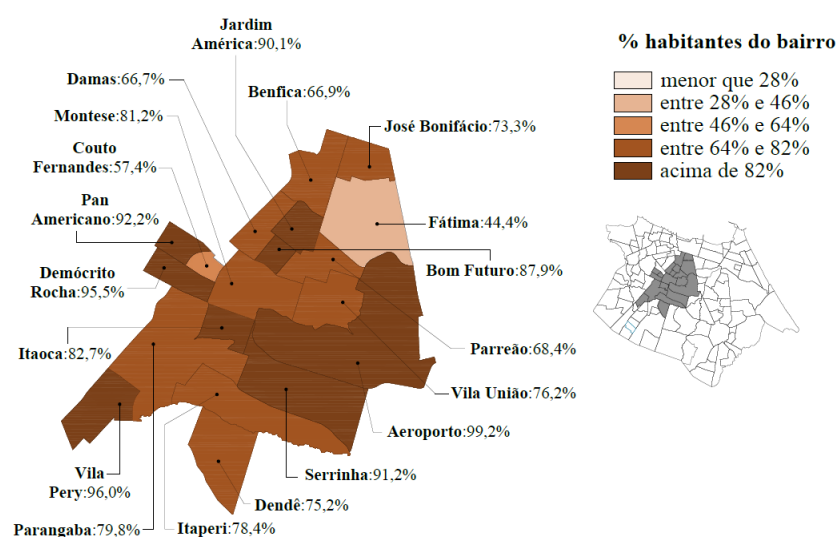


Figura 14.28. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER IV

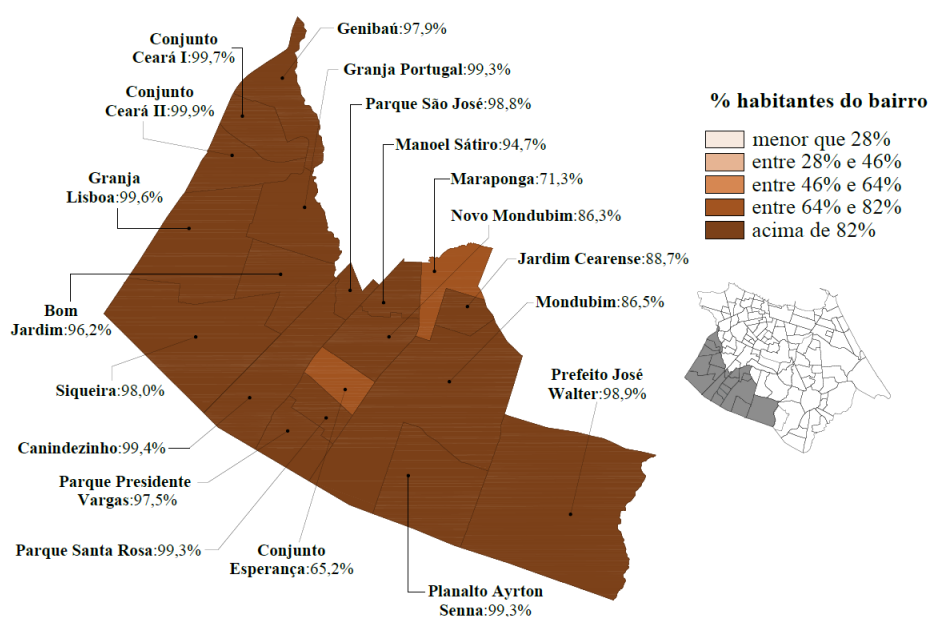


Figura 14.29. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER V

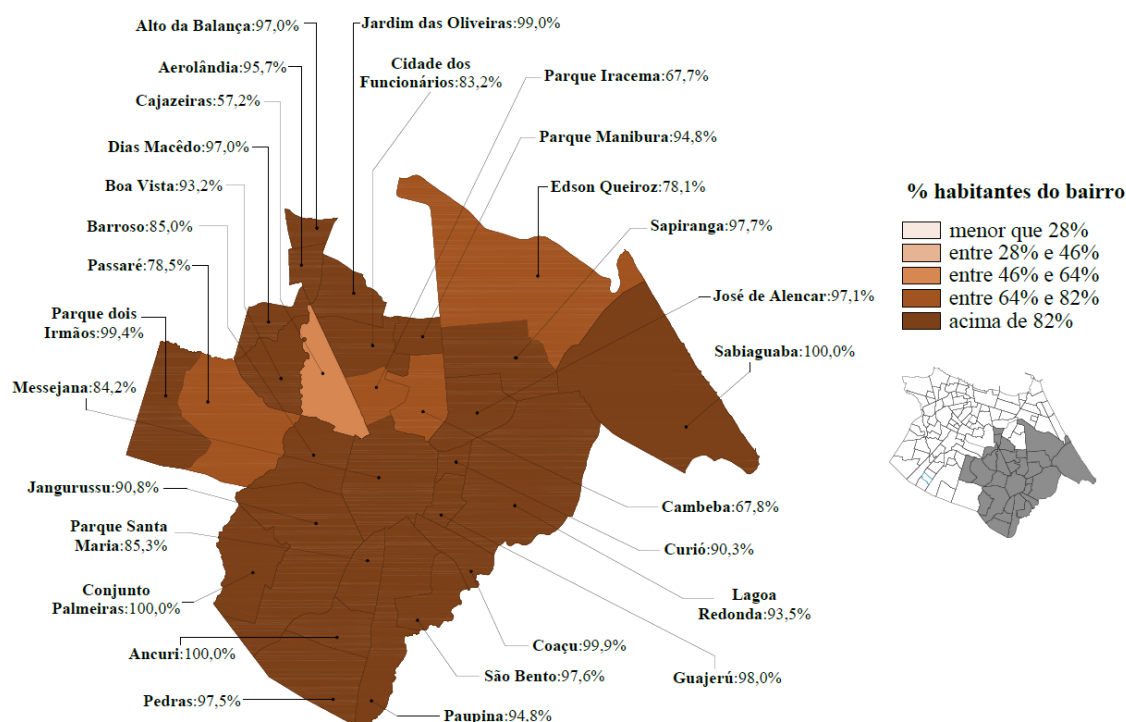


Figura 14.30. População residente em casas e apartamentos térreos - porcentagem por bairros da SER VI

14.3.2 Porcentagens dos habitantes de Fortaleza em edificações térreas

Para perceber o peso dos habitantes da cidade de Fortaleza nas edificações térreas, seguindo o mesmo formato do item anterior, são expostas nos mapas da Figura 14.31 à Figura 14.37, as porcentagens da população total que residem nestas edificações em cada bairro.

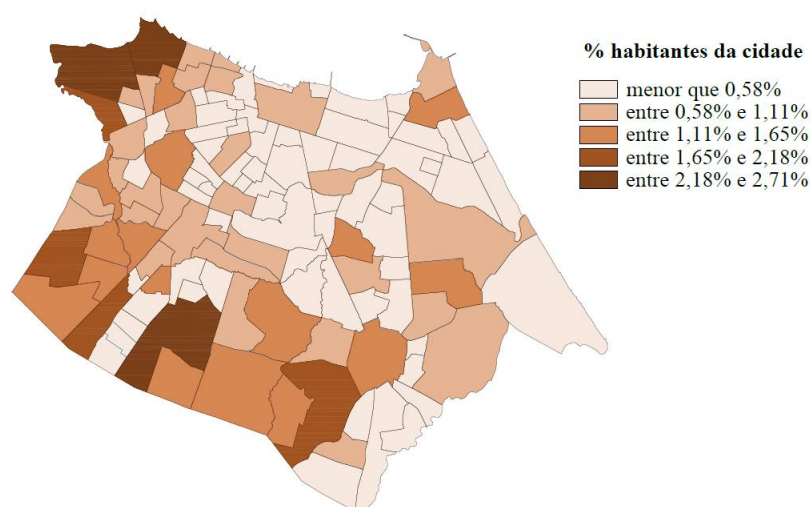


Figura 14.31. Residentes em casas e apartamentos térreos - porcentagem da população total

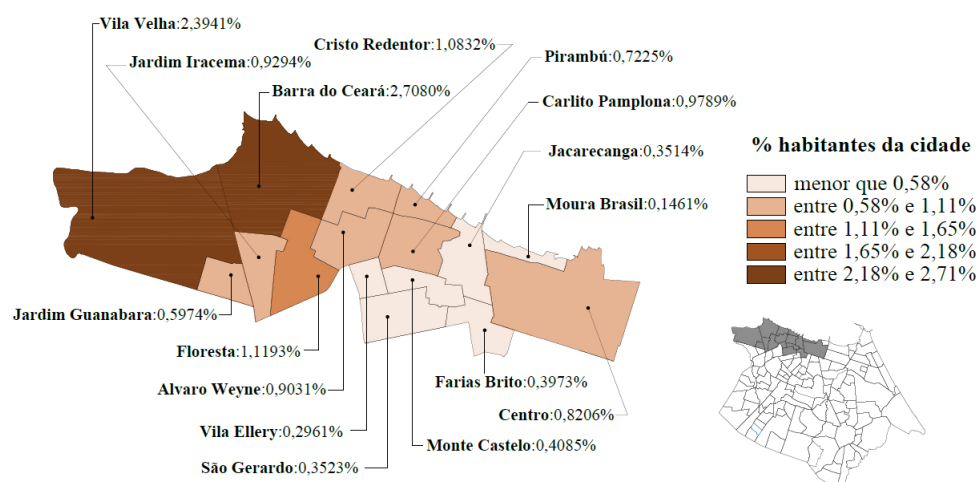


Figura 14.32. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER I - porcentagem da população total

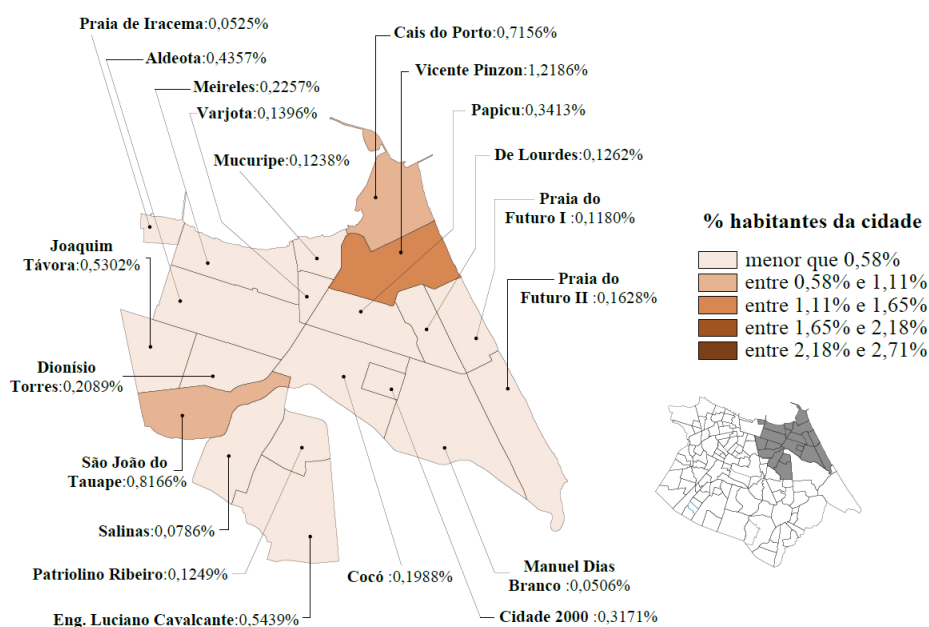


Figura 14.33. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER II - porcentagem da população total

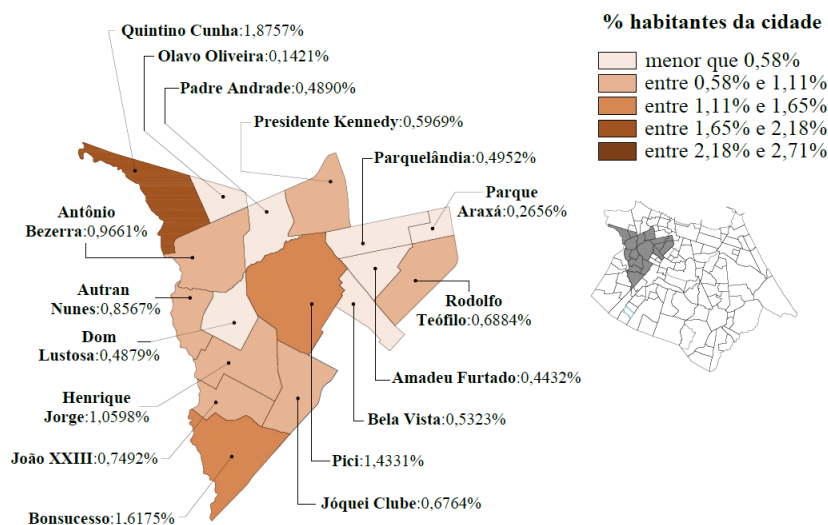


Figura 14.34. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER III - porcentagem da população total

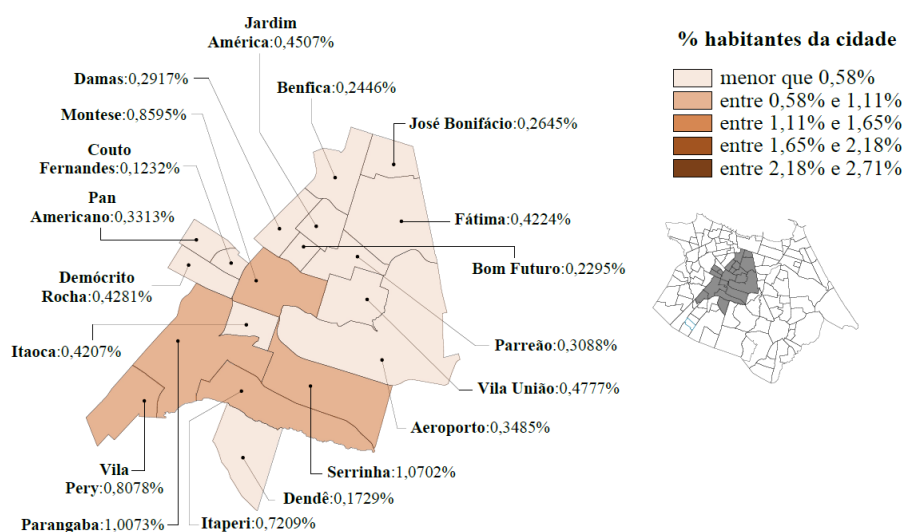


Figura 14.35. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER IV - porcentagem da população total

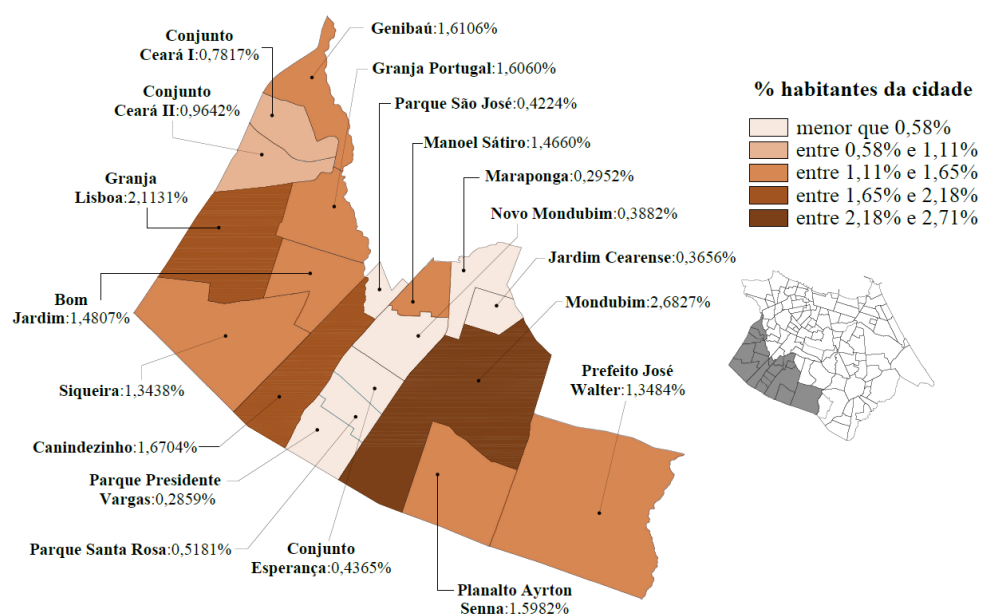


Figura 14.36. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER V - porcentagem da população total

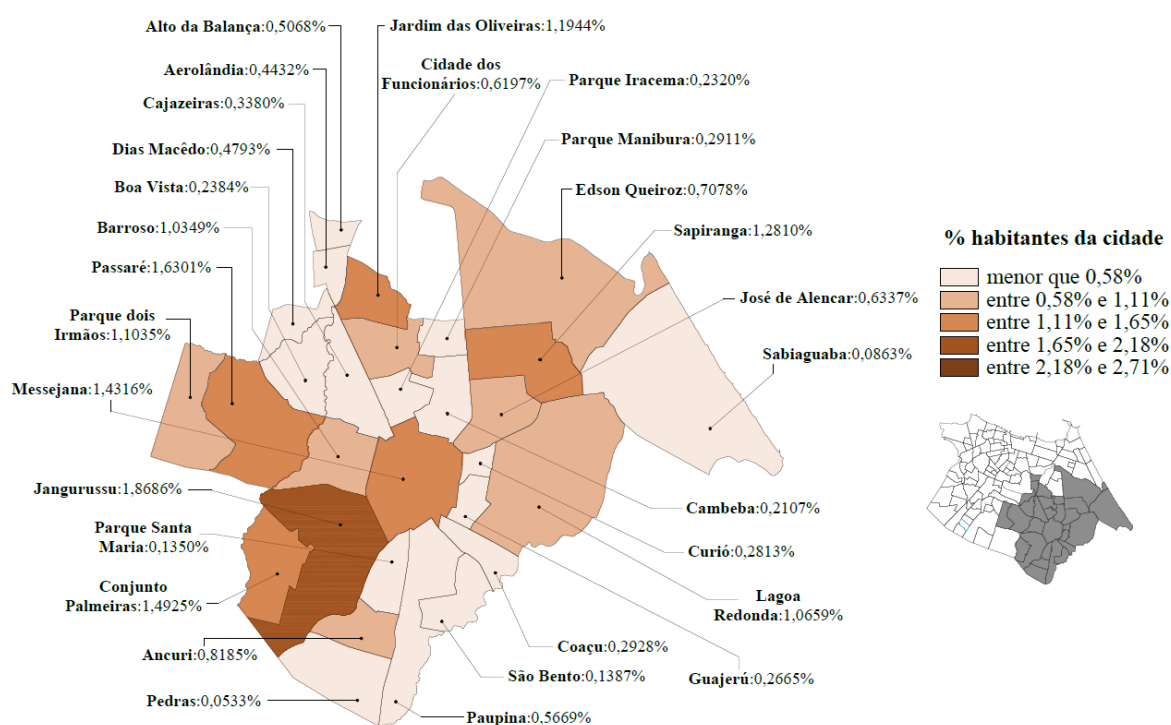


Figura 14.37. Residentes em casas e apartamentos térreos na SER VI - porcentagem da população total

14.4 Resumo nos bairros selecionados

O bairro da Aldeota é o décimo mais populoso da cidade de Fortaleza com uma densidade demográfica de 11.696 hab/ km^2 , 40,3% superior à da cidade. Bairro de muitas edificações cuja relação entre a área residencial construída e a área territorial é de 76,8%, 6,24 vezes superior à relação da cidade, mas com área construída por habitante de 74,88 m^2 /hab, 2,96 vezes superior à realidade da cidade. Existem 591 edifícios residenciais, dos quais 84,4% (5,8% dos edifícios residenciais de Fortaleza) possuem relação S/V maior que 1,00. Nestes edifícios estão expostos 49,8% da população do bairro (0,86% da população de Fortaleza). Aproximadamente 25,2% da população mora em edificações térreas (0,44% da população de Fortaleza). Na Tabela 14.1 estão detalhadas as porcentagens dos edifícios de cada uma das classes de pavimentos e seus respectivos habitantes em função dos níveis de S/V.

Tabela 14.1. Edifícios e habitantes da Aldeota por nível de S/V e classe de pavimento

			PA01	PA02	PA03	PA04	PA05	todos
P1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	15,65	15,65
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	6,87	6,87
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	24,98	24,98
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,45
N1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	20,58	28,23	0,00	48,81
		Fortaleza	0,00	0,00	1,41	1,94	0,00	3,35
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	12,68	26,80	0,00	39,48
		Fortaleza	0,00	0,00	0,22	0,46	0,00	0,68
N2	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3	%edifícios	bairro	20,75	14,80	0,00	0,00	0,00	35,55
		Fortaleza	1,43	1,02	0,00	0,00	0,00	2,45
	%habitantes	bairro	4,95	5,37	0,00	0,00	0,00	10,32
		Fortaleza	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,18
N4	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

O Cocó é o quadragésimo nono bairro da cidade em termos de população com uma densidade demográfica de 6.700 hab/ km^2 , 19,6% inferior à da cidade. Bairro com relação entre a área residencial construída e a área territorial de 54,5%, 4,43 vezes superior à relação da cidade e área construída por habitante de 85,25 m^2 /hab, 3,37 vezes superior à realidade da cidade. Existem 267 edifícios residenciais, dos quais 70,5% (2,6% dos edifícios residenciais de Fortaleza) possuem relação S/V maior que 1,00. Nestes edifícios estão expostos 33,2% da população do bairro (0,28% da população de Fortaleza). Aproximadamente 23,8% da população mora em edificações térreas (0,20% da população de Fortaleza).

Na Tabela 14.2 estão detalhadas as porcentagens dos edifícios de cada uma das classes de pavimentos e seus respectivos habitantes em função dos níveis de S/V.

Tabela 14.2. Edifícios e habitantes do Cocó por nível de S/V e classe de pavimento

			PA01	PA02	PA03	PA04	PA05	todos
P1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	29,48	29,48
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	3,13	3,13
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	43,01	43,01
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,36	0,36
N1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	17,16	26,87	0,00	44,03
		Fortaleza	0,00	0,00	0,84	0,92	0,00	1,76
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	7,92	19,14	0,00	27,06
		Fortaleza	0,00	0,00	0,07	0,16	0,00	0,23
N2	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N4	%edifícios	bairro	10,45	16,04	0,00	0,00	0,00	26,49
		Fortaleza	0,33	0,50	0,00	0,00	0,00	0,83
	%habitantes	bairro	2,17	3,98	0,00	0,00	0,00	6,15
		Fortaleza	0,02	0,03	0,00	0,00	0,00	0,05

O Dionísio Torres é o sexagésimo primeiro bairro da cidade em termos de população com uma densidade demográfica de 9.719 hab/km², 16,6% superior à da cidade. Bairro com relação entre a área residencial construída e a área territorial de 54,4%, 4,42 vezes superior à relação da cidade e área construída por habitante de 71,37 m²/hab, 2,82 vezes superior à realidade da cidade. Existem 260 edifícios residenciais, dos quais 91,4% (2,7% dos edifícios residenciais de Fortaleza) possuem relação S/V maior que 1,00. Nestes edifícios estão expostos 54,2% da população do bairro (0,35% da população de Fortaleza). Aproximadamente 32,8% da população mora em edificações térreas (0,21% da população de Fortaleza). Na Tabela 14.3 estão detalhadas as porcentagens dos edifícios de cada uma das classes de pavimentos e seus respectivos habitantes em função dos níveis de S/V.

Tabela 14.3. Edifícios e habitantes do Dionísio Torres por nível de S/V e classe de pavimento

			PA01	PA02	PA03	PA04	PA05	Todos
P1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	8,59	8,59
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	2,99	2,99
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	13,02	13,02
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,10
N1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	17,19	21,48	0,00	38,67
		Fortaleza	0,00	0,00	0,51	0,64	0,00	1,15
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	11,97	25,48	0,00	37,45
		Fortaleza	0,00	0,00	0,08	0,16	0,00	0,24
N2	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3	%edifícios	bairro	42,19	10,55	0,00	0,00	0,00	52,74
		Fortaleza	1,26	0,32	0,00	0,00	0,00	1,58
	%habitantes	bairro	10,41	6,36	0,00	0,00	0,00	16,77
		Fortaleza	0,07	0,04	0,00	0,00	0,00	0,11
N4	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

O bairro do Meireles é o décimo nono mais populoso da cidade de Fortaleza com uma densidade demográfica de 15.352 hab/km², 84,2% superior à da cidade. Bairro de muita verticalização cuja relação entre a área residencial construída e a área territorial é de 160,4%, 13,03 vezes superior à relação da cidade, mas com área construída por habitante 109,49 m²/hab, 4,33 vezes superior à realidade da cidade. Existem 719 edifícios residenciais, dos quais 74,8% (6,2% dos edifícios residenciais de Fortaleza) possuem relação S/V maior que 1,00. Nestes edifícios estão expostos 47,3% da população do bairro (0,71% da população de Fortaleza). Apenas 15,0% da população mora em edificações térreas (0,23% da população de Fortaleza). Na Tabela 14.4 estão detalhadas as porcentagens dos edifícios de cada uma das classes de pavimentos e seus respectivos habitantes em função dos níveis de S/V.

Tabela 14.4. Edifícios e habitantes do Meireles por nível de S/V e classe de pavimento

			PA01	PA02	PA03	PA04	PA05	Todos
P1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	25,18	25,18
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	2,09	2,09
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	37,71	37,71
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	0,69
N1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	15,33	31,22	0,00	46,55
		Fortaleza	0,00	0,00	1,27	2,59	0,00	3,86
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	10,22	29,08	0,00	39,30
		Fortaleza	0,00	0,00	0,15	0,44	0,00	0,59
N2	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N3	%edifícios	bairro	18,99	9,28	0,00	0,00	0,00	28,27
		Fortaleza	1,58	0,77	0,00	0,00	0,00	2,35
	%habitantes	bairro	4,24	3,78	0,00	0,00	0,00	8,02
		Fortaleza	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,12
N4	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

O Pici é o nono bairro da cidade em termos de população com uma densidade demográfica de 11.968 hab/km², 43,6% superior à da cidade. Bairro com muita área de preservação cuja relação entre a área residencial construída e a área territorial é de apenas 5,2%, 2,36 vezes inferior à relação da cidade, mas com área construída por habitante de apenas 7,96 m²/hab, 3,18 vezes inferior à realidade da cidade. Existem 40 edifícios residenciais, dos quais 100,0% (0,46% dos edifícios residenciais de Fortaleza)

possuem relação S/V maior que 1,00. Nestes edifícios estão expostos 17,3% da população do bairro (0,29% da população de Fortaleza). Aproximadamente 82,7% da população mora em edificações térreas (1,43% da população de Fortaleza). Na Tabela 14.5 estão detalhadas as porcentagens dos edifícios de cada uma das classes de pavimentos e seus respectivos habitantes em função dos níveis de S/V.

Tabela 14.5. Edifícios e habitantes do Pici por nível de S/V e classe de pavimento

			PA01	PA02	PA03	PA04	PA05	todos
P1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N1	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	30,77	0,00	30,77
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,14
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	14,95	0,00	14,95
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00	0,25
N2	%edifícios	bairro	69,23	0,00	0,00	0,00	0,00	69,23
		Fortaleza	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32
	%habitantes	bairro	2,35	0,00	0,00	0,00	0,00	2,35
		Fortaleza	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
N3	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N4	%edifícios	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	%habitantes	bairro	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		Fortaleza	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Os gráficos da Figura 14.38 à Figura 14.41 a seguir resumem as informações referentes às porcentagens de edifícios segundo as classes de pavimento e seus respectivos habitantes para os diferentes níveis de S/V nos bairros selecionados.

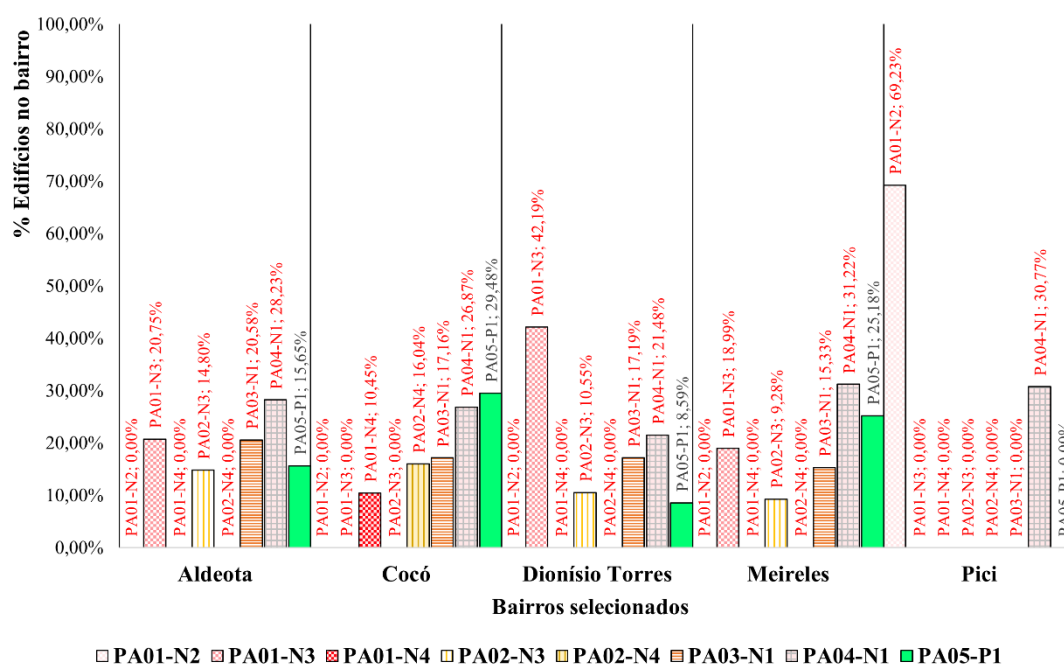


Figura 14.38. Edifícios dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos

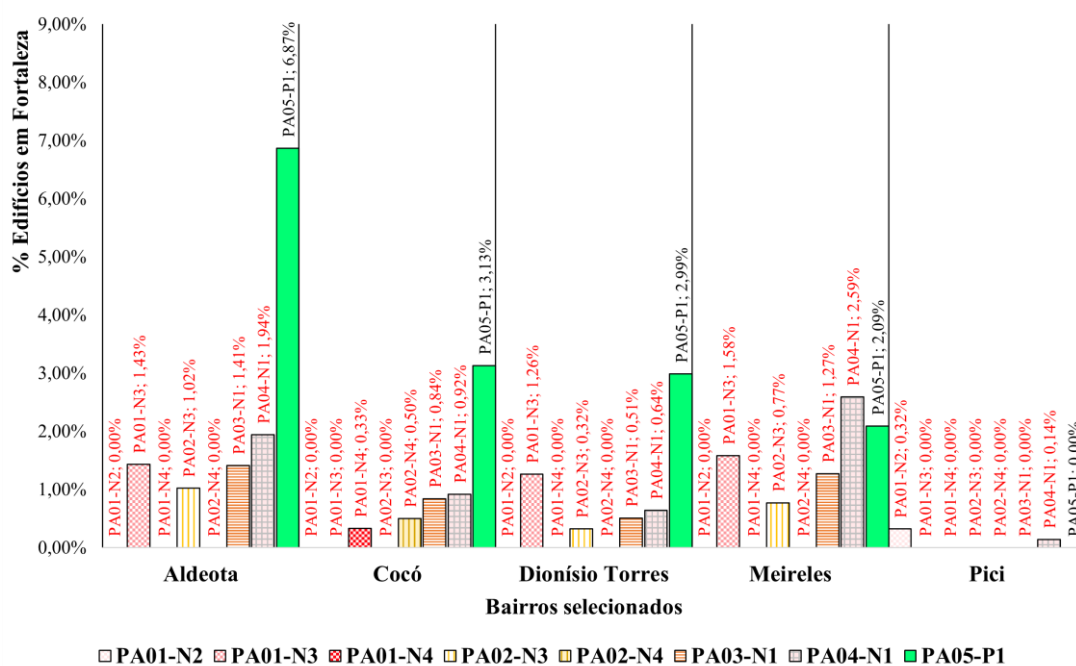


Figura 14.39. Edifícios dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos - totais

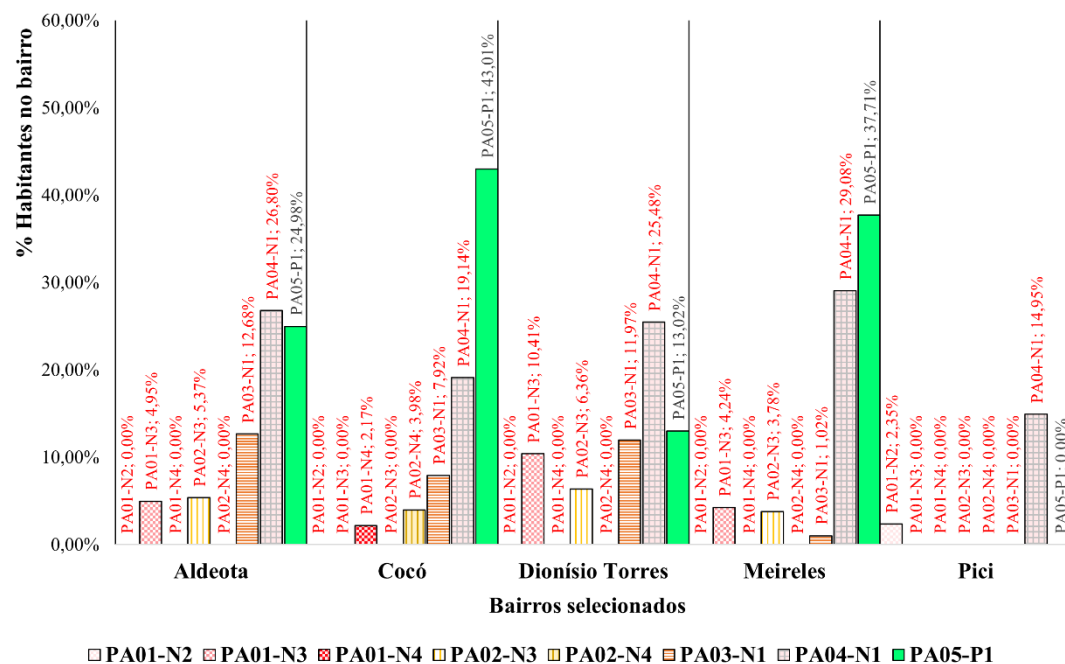


Figura 14.40. Habitantes dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos

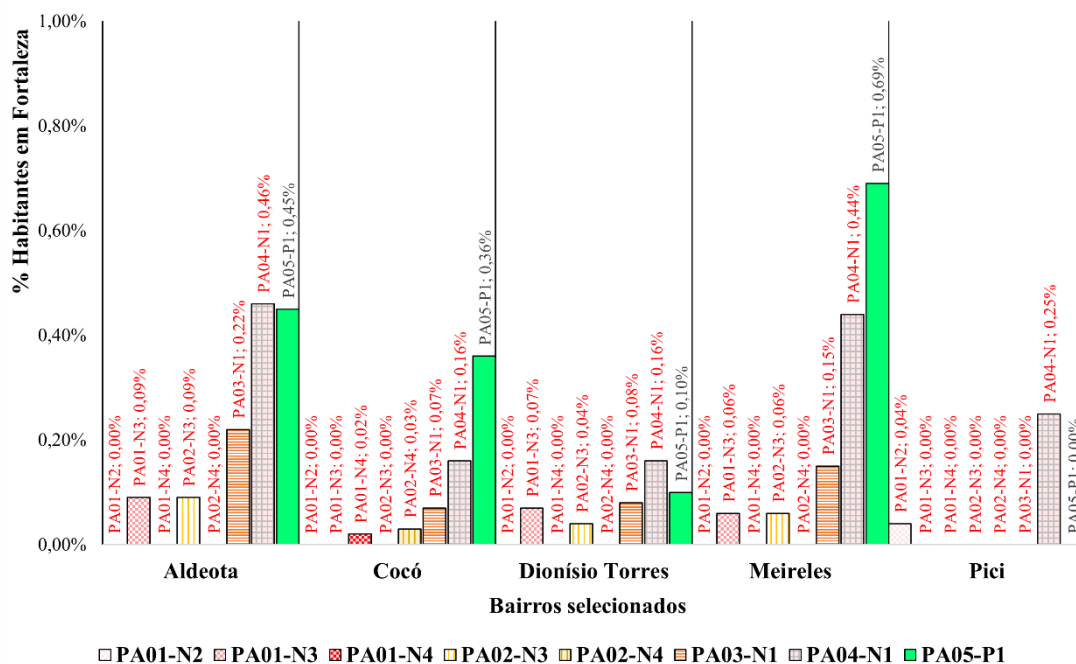


Figura 14.41. Habitantes dos bairros selecionados por nível de S/V e classe de pavimentos - totais

14.5 Conclusão

Neste capítulo, foram apresentadas de forma sintetizada, as informações relativas ao parâmetro S/V de todo o parque edificado residencial de Fortaleza. Para cada uma das classes de pavimentos, foram indicadas as porcentagens de edifícios e habitantes nos diferentes níveis do parâmetro S/V e; em uma outra abordagem, foram também apresentadas para cada um dos níveis de S/V, as porcentagens de edifícios e habitantes nas diferentes classes de pavimento.

Mesmo a influência das ações sísmicas em casas (edificações térreas) não sendo objeto de estudo deste trabalho, mas com o objetivo de mostrar a quantidade de pessoas que não foram consideradas no estudo de exposição às ações sísmicas, neste capítulo foram apresentadas as porcentagens de habitantes residentes por bairros nestas edificações.

15. Conclusões e considerações finais

O Brasil é um país de baixa sismicidade e com muitas áreas ainda bastante despovoadas. Em média são registrados por ano menos de dois sismos com magnitude maior que 4,0 graus na escala Richter; um sismo com magnitude maior que 5,0 graus a cada seis anos e um sismo de magnitude em torno de 6,0 graus a cada 45 anos. Considerando um período de retorno de 885 anos, existe inclusive a possibilidade de ocorrência de um sismo de magnitude em torno de 7,5 graus [115].

A previsão de um cenário sísmico na cidade de Fortaleza baseia-se na perigosidade exposta no mapa de sismicidade brasileira da NBR 15421 [9] e é respaldada por estudos internacionais e pelas várias informações apresentadas neste trabalho como a ocorrência nas últimas décadas de sismos superficiais com magnitude da ordem de 5,0 graus na escala Richter nas proximidades da capital do estado do Ceará e pelas evidências de campo de paleoterremotos com magnitude da ordem de 7,0 graus na escala Richter no Nordeste brasileiro. O estado do Ceará é cortado por cinco falhas sísmicas com extensão total de 996 km o que torna o estado o quinto do Brasil em extensões absolutas e o sexto em concentração de falhas sísmicas (extensão das falhas / área territorial). No período de 1724 a 2017 foram registrados no estado 358 sismos com magnitude entre 2,0 e 5,0 graus na escala Richter e um sismo com magnitude acima de 5,0 graus na escala Richter. Quase 50 dos 184 municípios cearenses já apresentaram manifestações sísmicas sendo que 48,5% destes abalos aconteceram na região da Grande Fortaleza.

O sistema construtivo mais representativo do parque edificado é composto por estruturas de concreto armado com fechamentos em alvenarias de blocos cerâmicos. Muitos dos prédios de apartamentos

possuem fragilidades sísmicas na sua própria configuração arquitetônica. Respostas obtidas de Engenheiros estruturais brasileiros que projetam para o estado do Ceará apontam que 17,0% dos projetos desenvolvidos no período de 2007 a 2017 apresentam redução de áreas dos pavimentos ao longo da altura (irregularidade vertical), 31,0% apresentam pavimentos em forma L, T, H ou U (irregularidade horizontal) e 64,9% não possuem fechamentos de alvenaria no nível térreo (possibilidade de *soft-storey*). O levantamento via satélite e *in loco* do parque edificado aponta que 57,5% dos edifícios residenciais possuem irregularidade horizontal (principalmente L e T), e que 37,5% dos edifícios entre 2 e 8 pavimentos e 97,9% dos edifícios acima de 8 pavimentos não possuem fechamentos de alvenaria no nível térreo.

Mesmo após a publicação da norma sísmica brasileira em 2006, dos Engenheiros que responderam ao questionário e desenvolvem projetos para o Ceará, apenas 7,5% declararam ter conhecimento profundo da norma, 12,5% declararam não ter conhecimento algum e apenas 20,6% declararam considerar as recomendações da norma sísmica em seus projetos.

As ações sísmicas não são consideradas nos projetos de edifícios residenciais desenvolvidos no Ceará por parte de 79,4% dos respondentes. Em termos das ações de vento, mesmo que 100,0% tenham declarado considerá-las nos projetos de edifícios com mais de 13 pavimentos, 29,2% declararam não as considerar em edifícios abaixo de 5 pavimentos indicando a presença considerável de edifícios residenciais de poucos pavimentos em que nenhuma ação horizontal foi considerada.

Mesmo não realizando detalhamento sísmico, algumas recomendações em projeto podem facilitar uma adequada ductilidade nos nós das estruturas, como a indicação e detalhamento de estribos abertos nestas regiões uma vez que a dificuldade de montar estribos convencionais nas vigas e pilares muitas vezes podem comprometer a correta execução. Dos participantes do questionário que desenvolvem projetos para o Ceará, apenas 15,9% declararam ter este tipo de cuidado.

Avaliando parâmetros e características dos 8.852 edifícios residenciais de concreto armado da cidade de Fortaleza construídos entre 1940 e 2017 foram criadas 594 estruturas modelo que foram submetidas a 1.188 análises estáticas e 1.188 análises dinâmicas para determinação das ações sísmicas e das ações de vento.

As relações entre as ações sísmicas e de vento, chamadas de parâmetro S/V, foram usadas na interpretação dos resultados das análises. Esse parâmetro foi avaliado em todas as estruturas modelo e em cada um dos 120 bairros da cidade de Fortaleza. Foram definidos cinco níveis do parâmetro S/V: P1

a situação em que a relação S/V é igual ou menor a 1,00 ($S/V \leq 1,00$), N1 a situação em que a relação S/V é maior que 1,00 e menor ou igual a 2,50 ($1,00 < S/V \leq 2,50$), N2 a situação em que a relação S/V é maior que 2,50 e menor ou igual a 4,00 ($2,50 < S/V \leq 4,00$), N3 a situação em que a relação S/V é maior que 4,00 e menor ou igual a 5,50 ($4,00 < S/V \leq 5,50$) e N4 a situação em que a relação S/V é maior que 5,50 ($S/V > 5,50$).

A Figura 15.1 apresenta o mapa de Fortaleza com indicação dos valores de S/V representativos de cada um dos bairros compostos por todos as estruturas presentes em cada um deles.

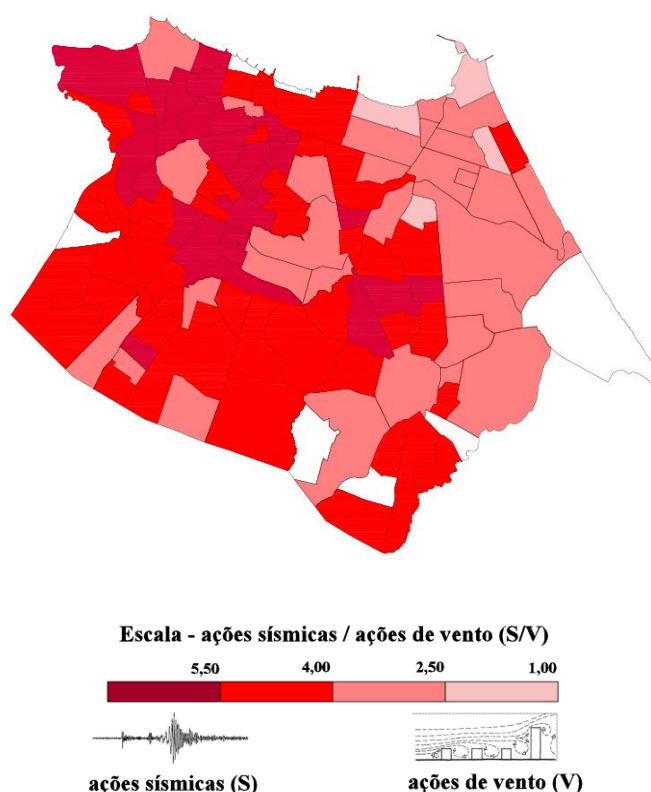


Figura 15.1. Mapa dos valores de S/V na cidade de Fortaleza

Os valores encontrados do parâmetro S/V expõem claramente a dúvida quanto ao comportamento sísmico das estruturas em concreto dos edifícios residenciais da cidade de Fortaleza.

Os edifícios em situação N1, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 17,09% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 5,20% da população. Os edifícios em situação N2, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 9,33% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 1,88% da população. Os edifícios em situação N3, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 45,25% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 4,78% da população. Os

edifícios em situação N4, independentemente do número de pavimentos, correspondem a 22,65% dos edifícios de Fortaleza e abrigam 2,91% da população. Estas informações estão condensadas nos infográficos da Figura 15.2 e Figura 15.3.

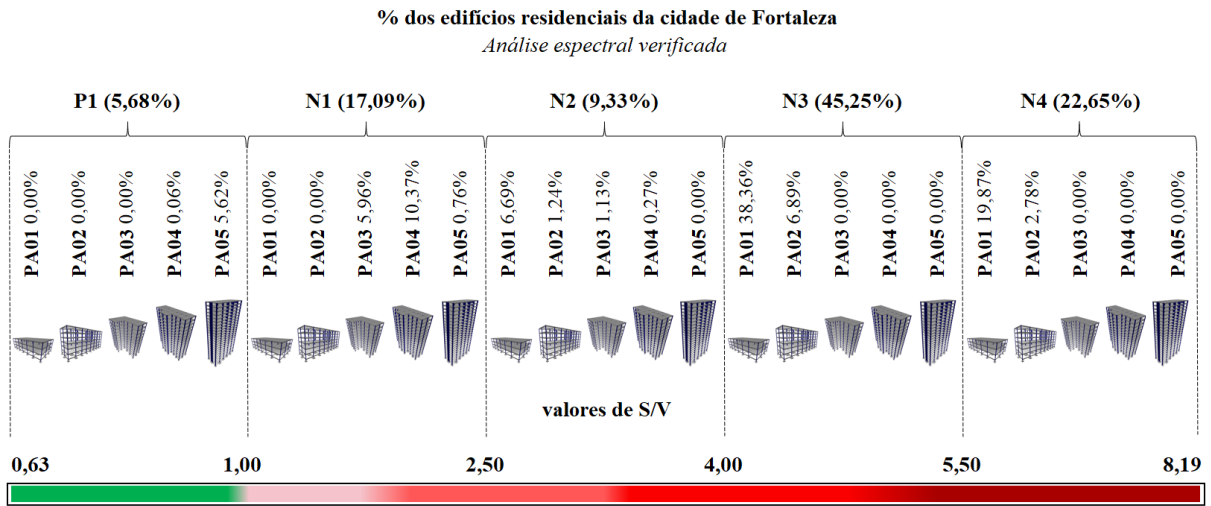
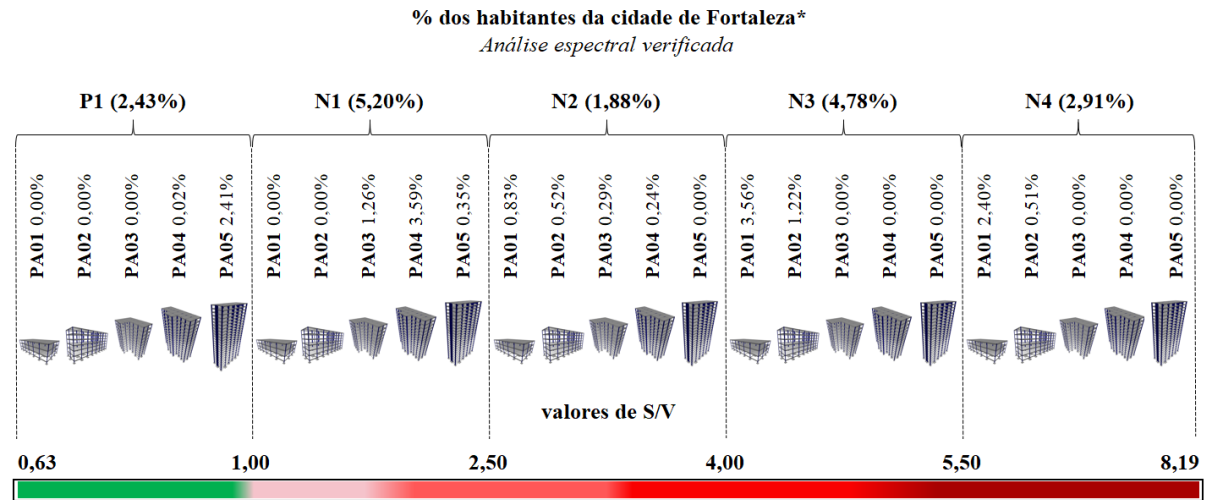


Figura 15.2. Edifícios residenciais de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais verificados)



* 82.80% habitam em edificações térreas

Figura 15.3. Habitantes em edifícios de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais verificados)

Os parâmetros S/V apresentados no mapa da Figura 15.1 e nos infográficos da Figura 15.2 e Figura 15.3 foram determinados usando as ações sísmicas espectrais verificadas segundo o item 10.4 da NBR 15421 [9]. Caso fossem usadas as ações sísmicas espectrais iniciais, os parâmetros S/V comporiam as informações apresentadas nos infográficos da Figura 15.4 e Figura 15.5.

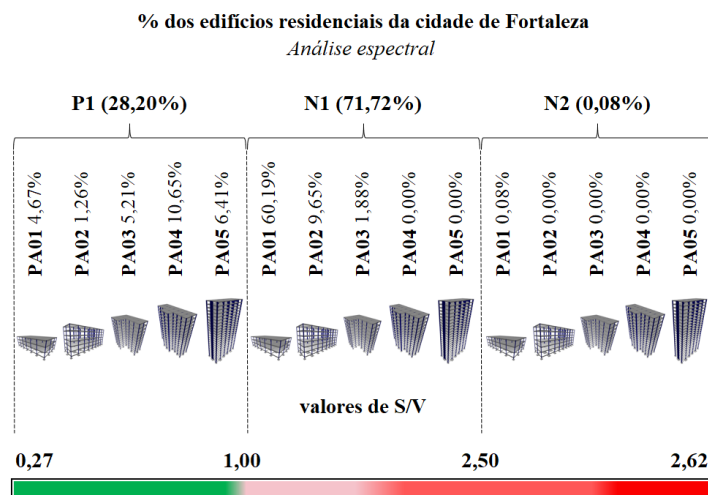


Figura 15.4. Edifícios residenciais de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais iniciais)

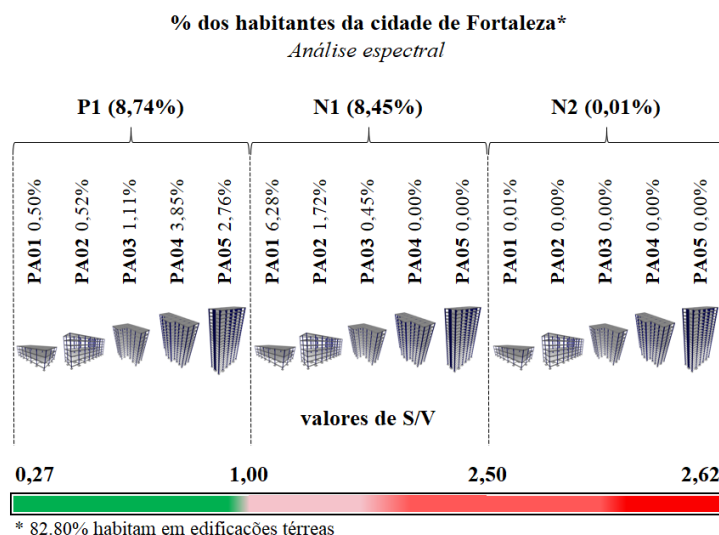


Figura 15.5. Habitantes em edifícios de Fortaleza segundo os níveis de S/V (espectrais iniciais)

Nos edifícios mais altos os esforços provenientes do vento são, na sua grande maioria, superiores aos esforços gerados por ações sísmicas. Neste tipo de edificação, embora não sejam considerados cuidados específicos quanto ao detalhamento sísmico, são correntes bons níveis de detalhamento e cuidados executivos, seguindo os procedimentos previstos nas normas técnicas brasileiras. Já em edifícios de poucos pavimentos, as ações sísmicas são superiores às ações de vento e, estes edifícios, em geral, são construídos sem projetos específicos e utilizando materiais de qualidade duvidosa.

Mesmo não sendo objeto de investigação deste trabalho, importante destacar que 82,8% da população de Fortaleza mora em residências térreas e, estima-se ainda que 47,0% dos habitantes de Fortaleza

moram em casas de alvenaria (sem estrutura de concreto) correspondendo a aproximadamente 1,2 milhões pessoas no ano de 2017.

O estudo conjunto do perigo sísmico, da exposição de pessoas e da vulnerabilidade das edificações permite avaliar o risco sísmico. Como o perigo sísmico está diretamente associado à probabilidade de ocorrência de um sismo, dependendo exclusivamente das características sísmicas e geológicas de determinada região, para a redução do risco sísmico cabe à Engenharia a responsabilidade de reduzir a vulnerabilidade das edificações através da adoção de projetos e técnicas construtivas compatíveis com as prováveis ações sísmicas.

Sendo Fortaleza a cidade de maior densidade demográfica do Brasil e possuindo uma população estimada de 2.627.482 habitantes em 2017, os resultados deste trabalho confirmam sua condição de uma das cidades de maior risco sísmico do Brasil.

Este cenário justifica o aumento de investimento no estudo sísmico no Brasil incentivando o maior número de pesquisas na área.

Além de todos os dados apresentados e resultados encontrados neste trabalho, algumas informações recentes confirmam e elevam as dúvidas quanto ao comportamento das edificações da cidade de Fortaleza frente a um cenário sísmico.

15.1 Eventos sísmicos recentes

Alguns eventos sísmicos ocorridos no ano de 2020 na região Nordeste do Brasil e nas proximidades de Fortaleza seguem confirmando a perigosidade sísmica da região.

No dia 07 de julho, um tremor de terra foi registrado na divisa dos municípios de Chorozinho e Cascavel, Grande Fortaleza. Conforme o Laboratório Sismológico (LabSis) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), o fenômeno teve magnitude 2,5 graus na escala Richter. [116]

No dia 30 de agosto um tremor de magnitude 6,5 graus na escala Richter foi registrado e teve epicentro localizado a aproximadamente 282 *km* a leste de São Pedro e São Paulo, a 816 *km* a nordeste de Fernando de Noronha, a 1.184 *km* a nordeste de São Miguel do Gostoso, a 1.193 *km* a nordeste de Natal, a 1.338 *km* a norte-nordeste de Recife e a 1.405 *km* a nordeste de Fortaleza. [117]

No dia 06 de setembro, um terremoto de grandes proporções foi registrado na faixa dorsal meso-oceânica ao norte do Ceará, no oceano Atlântico, de magnitude 6,6 graus na Escala Richter. O epicentro ocorreu a 1.219 quilômetros ao norte/nordeste da cidade de Acaraú (CE), e a 1.277 quilômetros ao norte de Fortaleza. [118]

No dia 18 de setembro um tremor de magnitude 6,9 graus na escala Richter foi registrado no Atlântico, próximo ao arquipélago São Pedro e São Paulo, que fica a quase 1.400 quilômetros de Fortaleza. O evento foi confirmado pelo Laboratório Sismológico da UFRN (LabSis/UFRN), que captou a atividade às 21h43. [119]

15.2 Vulnerabilidade das estruturas de Fortaleza

Em função da idade do parque edificado da cidade de Fortaleza e da elevada agressividade por cloretos em várias regiões da cidade, muitos edifícios residenciais vêm apresentando fortes sinais de degradação e em alguns casos colapsos parciais ou totais da estrutura. Além disto, como ocorre em todas as regiões do país, existe um número considerável de edificações mal projetadas e mal executadas muitas vezes sem o acompanhamento de profissionais habilitados.

Para evitar a ocorrência de problemas, uma Lei Municipal de Inspeção Predial foi criada em 2012 e regulamentada em 2015. A lei deveria ter entrado em vigor em janeiro de 2016, mas a medida foi prorrogada por quatro vezes e segue sem data definida.

São apresentadas a seguir algumas matérias jornalísticas recentes sobre problemas nas edificações.

“Após estalos, moradores desocupam prédio residencial de seis andares no bairro de Fátima. Residentes afirmam só retornar ao prédio após avaliação da Defesa Civil. Segundo administração, a inspeção predial foi feita em 2017 e não apresentou nenhuma falha estrutural.” 30 de outubro de 2019 [120]

“Desabamentos em Fortaleza crescem 246% em um ano. Considerando os cinco primeiros meses do ano, o número de desastres em edificações teve um salto significativo na Capital. Após desabamento parcial de prédio na Maraponga, especialistas ressaltam necessidade de rigor nas inspeções prediais.... ocorreram 142 desabamentos na cidade.” 04 de junho de 2019 [121]

“Prédio residencial de 7 andares desaba em Fortaleza. De acordo com os Bombeiros, as buscas na região continuam durante a noite.” 15 de outubro de 2019 [122]

“Quase mil ocorrências por risco de desabamento são registradas em Fortaleza após desabamento do Edifício Andrea. Dados da Defesa Civil da capital cearense mostram que chamados cresceram 17 vezes em outubro, em relação ao mesmo mês em 2018; seis imóveis já foram evacuados.” 15 de novembro de 2019 [123]

A divulgação das informações apresentadas neste trabalho poderá contribuir para futuras revisões das normas técnicas brasileiras, além de respaldarem o governo federal, estadual ou municipal na implantação de leis objetivando a redução do risco sísmico ao exigir a adequada construção de novas edificações e o reforço sísmico de edificações vulneráveis. No contexto acadêmico e universitário, poderá ser um canal de incentivo e motivação à formação de Engenheiros e Arquitetos.

16. Trabalhos futuros

A confirmação da influência das ações sísmicas nas estruturas dos edifícios residenciais em concreto armado brasileiros, notadamente aqueles localizados na cidade de Fortaleza, justificam e motivam a continuidade de trabalhos nesta linha de pesquisa. Muitos dos dados coletados e as respostas obtidas neste trabalho são de fundamental importância para produções futuras sendo possíveis de realizar e de importante contribuição as seguintes possibilidades:

16.1 Nível de danos

Conhecidos os diferentes níveis das relações entre as ações sísmicas e de vento (parâmetro S/V) e as características do parque edificado da cidade de Fortaleza, pode-se através de análises não-lineares fazer previsão do comportamento e níveis de danos das estruturas frente a um cenário sísmico. Para tanto, faz-se necessário também investigar o nível de deterioração das estruturas através de verificações *in loco* e adoção de metodologias específicas. Métodos de previsão de danos como os propostos por Anagnostopoulos, Moretti *et al.* [124], Jiang, Chen e Chen [125] e Vargas, Pujades *et al.* [126] poderão ser usados e/ou adaptados para a realidade das edificações e sismicidade brasileiras.

16.2 Modelagem das alvenarias

A consideração dos painéis de alvenaria gera mudanças significativas nas análises e no comportamento das estruturas submetidas às ações sísmicas. A inclusão das alvenarias na modelagem altera significativamente a rigidez das estruturas e consequentemente as ações sísmicas obtidas pelos métodos dinâmicos uma vez que influenciam nos períodos das estruturas definidos por extração modal. Além disto, os painéis de alvenaria alteram o mecanismo de ruptura do pórtico em concreto armado [110]:

1. O rompimento das argamassas de assentamento horizontais separa o painel em várias partes criando linhas (fiadas) separadas de tijolos. As linhas mais frágeis permitem livre deformação dos pilares podendo resultar na formação de rótulas plásticas localizadas [110];
2. O rompimento parcial dos painéis de alvenaria, criando por exemplo um painel em meia altura do pavimento, pode levar à ruptura por cisalhamento dos pilares da extremidade do painel devido ao efeito de pilar curto. Este efeito é observável também nas aberturas de janelas próximas aos pilares [110] e na inserção das escadas no modelo estrutural [127].

A ausência dos painéis de alvenaria no nível térreo também modifica consideravelmente o comportamento dos edifícios devido à mudança observada na massa e rigidez da edificação a partir do primeiro pavimento superior (*soft-storey*). Este tipo de mecanismo é responsável pelo colapso parcial ou total de estruturas de concreto armado sendo este efeito observado em vários eventos sísmicos no mundo [128]. As imagens da Figura 16.1 apresentam edificações colapsadas pelo mecanismo de *soft-storey*.



Figura 16.1. Colapsos de edificações pelo mecanismo de *soft-storey* [129]

Muitos dos edifícios de Fortaleza, sejam eles baixos ou altos, não possuem fechamentos em alvenaria no nível térreo como mostra o exemplo da Figura 16.2. Respostas obtidas de Engenheiros estruturais brasileiros que projetam para o estado do Ceará apontam que 64,9% dos projetos desenvolvidos no período de 2007 a 2017 não possuem fechamentos de alvenaria no nível térreo e o levantamento via satélite e *in loco* do parque edificado aponta que 60,0% dos edifícios residenciais em concreto armado não possuem fechamentos no térreo. Na Tabela 16.1 estão indicadas por classes de pavimentos as porcentagens de edifícios que não possuem fechamentos térreos.

Tabela 16.1. Ausência de fechamentos de painéis de alvenaria no nível térreo

pavimentos	quantidade	amostra	margem de erro ^a	ausência de fechamento térreo
2 a 4	5637	1244	2%	45,04%
5 a 8	999	371	4%	92,46%
9 a 12	647	91	10%	99,29%
13 a 20	978	325	4%	98,57%
acima de 20	591	307	4%	100,00%

a) Grau de confiança de 95,0%.



Figura 16.2. Edifício residencial sem fechamento de alvenarias no térreo

16.3 Componentes não-estruturais

O colapso e desabamento de componentes não-estruturais submetidos às ações sísmicas podem gerar muitas perdas. No sismo de magnitude 7,3 graus na escala Richter, ocorrido em Kobe, Japão, em 1995, boa parte das mais de 6.000 vítimas resultaram da queda de componentes não-estruturais como fachadas de prédios e anúncios comerciais [130].

Segundo a NBR 15421 [9] todo componente arquitetônico, elétrico ou mecânico, permanentemente fixado a uma estrutura, deve ser projetado de forma a resistir às forças sísmicas a ele aplicadas e de forma que estas forças sejam adequadamente transferidas para a estrutura principal.

As repostas obtidas no questionário aplicado indicam que apenas 20,6% dos respondentes que desenvolvem projetos para o Ceará consideram as recomendações da NBR 15421 [9] e destes, apenas 21,1% consideram os requisitos para componentes não-estruturais da norma sísmica brasileira.

No caso específico de Fortaleza, além das recomendações da norma sísmica, existe a obrigatoriedade da avaliação destes elementos também contemplada na Lei municipal 9913:2012 que obriga a inspeção periódica das edificações da cidade.

Um trabalho para avaliar o comportamento destes componentes nas edificações da cidade de Fortaleza faz-se, portanto, de grande importância.

16.4 Efeito nas edificações térreas

A cidade de Fortaleza possuía em 2017, de acordo com o parque edificado apresentado neste trabalho, 8.852 edifícios residenciais em concreto armado a partir de 2 pavimentos e aproximadamente 350 mil casas térreas, sejam elas em estrutura de concreto ou simplesmente alvenaria. Nestas unidades habitacionais moram cerca de 82,8% dos habitantes da cidade (considerando a população estimada em 2017, isto equivale a quase 2,2 milhões de pessoas). Considerando as casas térreas em alvenaria, mais vulneráveis às ações sísmicas, existem em Fortaleza algo em torno de 260 mil unidades e nelas habitam cerca de 1,2 milhões de pessoas.

As imagens da Figura 16.3 representam uma vista aérea e o padrão construtivo adotado em casas do bairro Granja Portugal. Em função da grande exposição de pessoas e da ausência, em geral, de cuidados específicos neste tipo de edificação, um estudo direcionado faz-se necessário.



Figura 16.3. Residências do bairro Granja Portugal

Bibliografia

- [1] M. M. P. d. S. Lopes, R. M. Delgado, J. Fonseca, C. S. Oliveira, J. J. R. T. d. Azevedo, R. N. L. P. Bento, J. M. S. F. M. Proença, L. M. C. Guerreiro, J. A. d. S. Appleton, M. M. M. H. d. Oliveira, A. G. d. Costa, E. C. C. Carvalho, A. N. Leite, M. R. Fragoso, V. Miranda e A. S. Casanova, *Sismos e edifícios*, Alfragide: Orion, 2008.
- [2] O. C. Celik, *Probabilistic seismic vulnerability assessment of concrete frames - Performance evaluation in regions of low-to-moderate seismicity*, Saarbrücken: VDM, 2008.
- [3] USGS, “USGS - Science for a changing world,” 2016. [Online]. Available: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/usp000a8ds#impact>. [Acesso em 26 01 2016].
- [4] E. Britannica, “Encyclopedia Britannica,” 2016. [Online]. Available: <https://global.britannica.com/event/Tangshan-earthquake-of-1976>. [Acesso em 26 1 2016].
- [5] J. A. V. Veloso, *O terremoto que mexeu com o Brasil*, Brasília: Thesaurus, 2012.
- [6] IBGE, “IBGE - Atlas do censo demográfico 2010,” 2010. [Online]. Available: <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [7] ABNT, “NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações,” ABNT, Rio de Janeiro, 1988.
- [8] M. R. Lindeburg e K. M. McMullin, “Seismic design of building structures - A professional's introduction to earthquake forces and design details,” Professional Publications, Inc, Belmont, 2008.
- [9] ABNT, “NBR 15421: Projetos de estruturas resistentes a sismos: procedimento,” ABNT, Rio de Janeiro, 2006.
- [10] S. H. d. C. Santos e S. d. S. Lima, “Elements for a future Brazilian standard for seismic resistance of concrete structures of building,” *Ibracon Structural Journal*, pp. p.47-62, 2005.
- [11] ABNT, “NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas: procedimento,” ABNT, Rio de Janeiro, 2003.

- [12] S. H. d. C. Santos e S. d. S. Lima, “Evaluation of the impact in the design of buildings of the proposed Brazilian seismic standard,” Anais do 48 Congresso Brasileiro do Concreto, 2006.
- [13] R. Parisenti, “Estudo de análise dinâmica e métodos da NBR 15421 para projeto de edifícios submetidos a sismos.,” Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- [14] P. I. I. Galvão, Definição de requisitos mínimos necessários para o detalhamento sismo-resistente de edifícios em concreto armado no Brasil, Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.
- [15] R. O. L. Dantas, Subsídios para o projeto de estruturas sismo resistentes., Natal: UFRN, 2013.
- [16] S. H. C. Santos, S. S. Lima, F. M. S. Judice e R. R. S. Gomes, Impacto econômico da consideração das forças sísmicas no projeto de uma ponte no Nordeste brasileiro., II Congresso de pontes e estruturas - IABSE, 2007.
- [17] C. Murty, R. Goswami, A. R. Vijayanarayanan, R. P. Kumar e V. V. Mehta, Introduction to earthquake protection of non-structural elements in buildings, Gujarat: Gujarat State Disaster Management Authority, 2012.
- [18] Emporis, “Emporis,” 2017. [Online]. Available: <https://www.emporis.com/city/101080/fortaleza-brazil>. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [19] Dellafina, “Maurício Dellafina,” 2010. [Online]. Available: <http://www.dellafina.com.br/PRINTPAGE.asp?cod=124>. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [20] Lattes, “Plataforma Lattes - CNPQ,” 2017. [Online]. Available: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/censo-atual>. [Acesso em 30 Abril 2017].
- [21] USGS, “USGS - Science for a changing world,” 2017. [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/browse/m7-world.php>. [Acesso em 30 Abril 2017].
- [22] V. Leinz e S. E. Amaral, Geologia Geral, 13a. ed., São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1998.
- [23] H. F. Rodrigues, Comportamento sísmico de edifícios irregulares de betão armado, Aveiro - Portugal: Proposta de doutoramento - Universidade de Aveiro, 2006.
- [24] P. S. Miranda, Avaliação da vulnerabilidade sísmica na realidade predial brasileira, 1a. ed., Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2013.

-
- [25] G. M. Calvi, R. Pinho, G. Magenes, J. J. Bommer, Restrepo-Ve, L. F. Restrepo-Vélez e H. Crowley, "Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years," *ISET Journal of Earthquake Tecnology, Paper No. 472 v.43 n.3*, pp. pp. 75-104, September 2006.
- [26] A. Coburn e R. Spencer, *Earthquake Protection*, John Wiley, Chichester, U.K., 2002.
- [27] J. Berrocal, M. Assumpcao, R. Antezana, C. M. Dias Neto, R. Ortega, H. França e J. Veloso, *Sismicidade do Brasil*, São Paulo, Brasil: IAG/USP - Esperança, 1984.
- [28] C. F. Richter, *Elementary Seismology*, San Francisco and London: W. H. Freeman, 1958.
- [29] A. O. Silva, Pereiro. Serra dos Santos Cosme e Damião., Fortaleza: RBS, 1989.
- [30] F. A. Costa, "Anais Pernambucanos 1740-1794," Secretaria do Interior e Justiça. V. VI. Arquivo público estadual, Recife-PE, 1954.
- [31] J. A. Veloso, "Relatório sobre a instalação da estação sismográfica de Caruaru PE," Caruaru, 1988.
- [32] E. P. Fernandes, J. A. Veloso, J. M. Carvalho, D. P. Fontenele e I. P. Gomes, Seismic activity in Caruaru(PE): February-March 1991, Preliminary Analysis. In: 2th International Congress of the Brazilian Geophysical Society, Salvador-BA: pp. 536-541, 1991, pp. 536-541.
- [33] H. C. Lima Neto, J. M. Ferreira, A. F. Do Nascimento e F. H. R. Bezerra, Estudo da atividade sísmica em São Caetano-PE em 2010. In: 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society., Salvador-BA, 2009.
- [34] Y. Hasui e W. L. Ponçano, *Geossuturas e Sismicidade no Brasil*. ABGE, Anais do Cong. Bras. Geol. Eng., São Paulo: pp. 331-338, 1978.
- [35] H. Haberlehner, *Análise Sismotectônica do Brasil: notas explicativas sobre o mapa sismotectônico do Brasil e regiões correlacionadas*. ABGE, Anais do Cong. Bras. Geol. Eng., São Paulo: pp. 297-329, 1978.
- [36] I. R. Machado, "Relatório de inspeção realizado na região dos abalos sísmicos de fevereiro de 1968. Relatório ao diretor-geral do Departamento Nacional de Produção Mineral, 19/03/1968.," 1968.

- [37] A. Saadi, M. N. Machette, K. M. Haller, R. L. Dart, L. Bradley e A. M. P. D. Souza, Map and Database of Quaternary Faults and Lineaments of Brazil., USGS, 2002.
- [38] Y. Hasui, Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. SBG/MG. Workshop sobre neotectônica e sedimentação Cenozóica continental no Sudeste brasileiro., Belo Horizonte: pp. 1-31, 1990.
- [39] C. C. U. Lima, “O neotectonismo na costa do Sudeste e do Nordeste brasileiro.,” *Revista Ciência & Tecnologia.*, p. p. 91 a 102., 2000.
- [40] M. Assumpção, V. Marza, L. Barros, C. Chimpliganond, J. E. Soares, J. Carvalho, D. Caixeta, A. Amorim e E. Cabral, Reservoir-Induced Seismicity in Brazil. *Pure Appl. Geophys.*, v. 159-597-617., 2002.
- [41] D. Morishita, “Relatório de reconhecimento da área de ocorrência de abalo sísmico de 24/2/74.,” CEMIG, 1974.
- [42] H. K. Gupta, Dams and earthquakes., New York: Elsevier, 1976.
- [43] CPRM, “Eventos Sísmicos no Brasil,” *Serviço Geológico do Brasil - CPRM*, nº 50 anos, p. 44, 2019.
- [44] USP/IAG, “Centro de Sismologia - USP,” 2017. [Online]. Available: <http://www.sismo.iag.usp.br/>. [Acesso em 30 Abril 2017].
- [45] C. Lominitz, “Relatório sobre a atividade sísmica de João Câmara, RN - Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica.,” Universidade Federal da Bahia, 1986.
- [46] F. C. B. Melo, Evidências sísmicas no Ceará: a história do tremor de terra em Pacajús., Fortaleza-CE: Universidade Estadual do Ceará. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa. Curso de especialização em metodologia do ensino da Geografia., 2007.
- [47] IPECE, “IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará,” 2017. [Online]. Available: <https://www.ipece.ce.gov.br/>. [Acesso em 22 julho 2020].
- [48] P. H. S. Oliveira, J. M. Ferreira, A. F. Nascimento, F. H. R. Bezerra, J. E. Soares e R. Fuck, Estudo da Sismicidade na Região de Sobral -CE, NE do Brasil em 2008, Brasília: IV Simpósio Brasileiro de Geofísica - SBGf, 2010.

-
- [49] P. H. S. Oliveira, Sismicidade e esforços tectônicos na zona sísmica Acaraú, Nordeste do Brasil., Natal, Rio Grande do Norte: Tese de Doutorado - UFRN, 2015.
- [50] ICC, “IBC - International Building Code,” USA, 2006.
- [51] ASCE, “SEI 7: Minimum design loads for building and structures and other structures,” USA, 2005.
- [52] GSHAP, “Global Seismic Hazard Assessment Program,” 1999. [Online]. Available: <http://www.seismo.ethz.ch/static/GSHAP/index.html>. [Acesso em 2019].
- [53] S. H. C. Santos e S. S. Lima, Estudo da zonificação sísmica brasileira integrada em um contexto sul-americano., Buenos Aires: XVIII Jornadas Argentinas de Ingenieria Estructural, 2004.
- [54] A. Vasconcelos, “Risco sísmico no Brasil e seu impacto sobre grandes obras.,” *Jornal do Instituto de Engenharia*, vol. v. 58, nº Instituto de Engenharia, São Paulo, p. p. 7, 2010.
- [55] M. Nakashima, C. W. Roeder e Y. Maruoka, “Steel moment frames for earthquakes in United States and Japan,” 2000.
- [56] M. Tada, T. Fukui, M. Nakashima e C. W. Roeder, “Comparison of Strength Capacity for Steel Building Structures in the United States and Japan,” 2003.
- [57] W. Yayong, “Comparison of seismic actions and structural design requirements in Chinese Code GB,” 2004.
- [58] E. M. Marino, M. Nakashima e K. M. Mosalam, “Comparison of European and Japanese seismic design of steel building structures,” 2005.
- [59] A. Arai, Estudo comparativo de normas de projetos de estruturas resistentes a sismos, Rio de Janeiro: UFRJ, 2013.
- [60] G. Shi, F. Hu e Y. Shi, “Comparison of seismic design for steel moment frames in Europe, the United States, Japan and China,” 2016.
- [61] CEN, “EUROCÓDIGO 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos,” CEN, Bruxelas, 2010.
- [62] ASCE, “SEI 7: Minimum design loads for building structures and other structures,” USA, 2010.

- [63] INPRES, “INPRES-CIRSOC: Reglamento argentino para construcciones sismorresistentes - parte 1,” Argentina, 2013.
- [64] INN, “NCh 433: Diseño sísmico de edificios,” Chile, 2009.
- [65] ACIC, “NSR-10: Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente.,” Colombia, 2010.
- [66] NEC, “NEC-11: Peligro sísmico - Diseño sismo resistente,” Ecuador, 2014.
- [67] MVCS, “E.030: Diseño sismorresistente.,” Peru, 2016.
- [68] MCT, “COVENIN 1756-1: Edificaciones sismorresistentes.,” Venezuela, 2001.
- [69] SIB, “NBDS: Norma boliviana de diseño sísmico.,” Bolivia, 2006.
- [70] ABNT, “NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento,” ABNT, Rio de Janeiro, 2014.
- [71] ACI, “ACI-318: Building code requirements for structural concrete,” Farmington Hills, USA, 2014.
- [72] CEN, “EUROCÓDIGO 2: Projeto de estrutura de concreto,” CEN, Bruxelas, 2010.
- [73] M. Assumpção, M. Pirchiner, J. C. Dourado e L. V. Barros, “Terremotos no Brasil: Preparando-se para eventos raros.,” *Boletim SBGf*, vol. N. 96, nº ISSN 2177-9090, pp. 25-29, 2016.
- [74] GEM, “GEM Foundation and Partners,” 2018. [Online]. Available: <https://maps.openquake.org/>. [Acesso em 21 agosto 2020].
- [75] GEM, “GEM Foundation and Partners,” 2018. [Online]. Available: <https://maps.openquake.org/map/global-seismic-hazard-map/#2/24.7/-18.6>. [Acesso em 21 agosto 2020].
- [76] GEM, “GEM Foundation and Partners,” 2018. [Online]. Available: <https://maps.openquake.org/map/global-exposure-map/#3/20.96/10.99>. [Acesso em 21 agosto 2020].
- [77] GEM, “GEM Foundation and Partners,” 2018. [Online]. Available: <https://maps.openquake.org/map/global-seismic-risk-map/#3/32.00/-2.00>. [Acesso em 21 agosto 2020].
- [78] F. V. Alves, “Estudo de Sismicidade do Brasil para Revisão da ABNT NBR 15421,” Rio de Janeiro, 2020.

-
- [79] F. C. M. Silva, “Avaliação do Risco Sísmico nas Regiões Nordeste e Sudeste do Brasil,” Rio de Janeiro, 2009.
- [80] J. C. Dourado, “Mapa de Ameaça Sísmica na Plataforma Continental do Sul/Sudeste,” Rio de Janeiro, 2013.
- [81] J. C. Dourado, “Mapa de Ameaça Sísmica do Brasil: Versão Inicial,” Salvador, 2014.
- [82] R. M. Silva, “Estudo da Ameaça Sísmica na Região Sudeste do Brasil,” Rio de Janeiro, 2018.
- [83] B. H. N. Diógenes, *Arquitetura e Estrutura: o uso do concreto armado em Fortaleza*, Fortaleza: Secretaria da Cultura do Estado do Ceará, 2010.
- [84] IBGE, “Produto interno bruto dos municípios,” 2012. [Online]. Available: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=o-que-e>. [Acesso em 2015].
- [85] C. A. R. Cruz e L. F. C. Holanda, “Fortaleza Antiga,” 2012. [Online]. Available: <http://fortalezaantiga.blogspot.com/>. [Acesso em 2017].
- [86] P. H. M. Barroso, *Verticalização Residencial em Fortaleza*, Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie com a Universidade de Fortaleza., 2014.
- [87] Calculistas-ba, “Calculistas-ba@yahoogrupos.com.br,” 2017. [Online]. Available: Calculistas-ba@yahoogrupos.com.br. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [88] A. F. Battagin, F. A. C. Munhoz e I. L. S. Battagin, “Evolução da normalização, finura e resistência à compressão dos cimentos Portland brasileiros,” *Concreto e Construções*, vol. 73, pp. 39-50, 2014.
- [89] L. B. Santos, “A Indústria de Cimento no Brasil: Origens, Consolidação e Internacionalização,” *Sociedade & Natureza*, vol. 23, pp. 77-94, 2011.
- [90] ABNT, “NBR 14931: Execução de estruturas de concreto: procedimento,” ABNT, Rio de Janeiro, 2003.
- [91] SEMA, “Secretaria do Meio Ambiente,” 2017. [Online]. Available: https://www.sema.ce.gov.br/gestao-de-ucs/parques/parque-estadual-do-coco_/. [Acesso em 2020].

- [92] P. H. M. Barroso, Verticalização Residencial em Fortaleza, Fortaleza: Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie com a Universidade de Fortaleza., 2014.
- [93] Topographic-map, “Topographic-map,” 2017. [Online]. Available: <http://pt-br.topographic-map.com/places/Fortaleza-9226886/>. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [94] ABNT, “NBR 6484: Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio,” ABNT, Rio de Janeiro, 2001.
- [95] IPECE, “IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará,” 2013. [Online]. Available: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/142x.htm>. [Acesso em 9 Junho 2017].
- [96] A. N. Miranda, Prática de fundações no Ceará., Recife: In: Gusmão, A.D.; Gusmão Filho, J.A.; Oliveira, J.T.R.; Maia, G.B. (Org.). Geotecnia no Nordeste. UFPE, 2005.
- [97] H. W. Pimentel, Banco de dados georeferenciado e carta geotécnica preliminar de fundações da região Centro-Norte de Fortaleza-CE., Fortaleza: Dissertação de Mestrado apresentada à Coordenação do Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Geotecnia., 2015.
- [98] F. B. S. Sousa, Proposta de Estratificação Geotécnica do Subsolo no Bairro Meireles em Fortaleza - Ceará po Isocurvas, Fortaleza: TCC para conclusão de curso de Tecnologia em Saneamento Ambiental - IFCE, 2012.
- [99] V. D. F. Braga, Estudo dos tipos de fundações de edifícios de múltiplos pavimentos na região metropolitana de Fortaleza, Fortaleza: Monografia submetida à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil., 2009.
- [100] D. O. Barros, Mapeamento Geotécnico do Subsolo da Cidade de Fortaleza em Análise de Perfis de Sondagem à Percussão - SPT., Fortaleza: Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil. FANOR., 2017.
- [101] E. E. Matheu, D. E. Yule e R. V. Kala, Determination of Standard Response Spectra and Effective Peak Ground Accelerations for Seismic Design and Evaluation., USA: Army Corps of Engineers (USACE), ERDC/CHL CHETN-VI-41, 2005.
- [102] CSI, Introductory Tutorial for SAP2000, USA, 2017.

-
- [103] AltoQi, “Eberick,” 2020. [Online]. Available: <https://www.altoqi.com.br/eberick/>. [Acesso em 26 agosto 2020].
- [104] AltoQi, “Eberick,” 2020. [Online]. Available: http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=coeficiente_gamaz. [Acesso em 26 agosto 2020].
- [105] AltoQi, “Eberick,” 2020. [Online]. Available: http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=processo_pdelta. [Acesso em 26 agosto 2020].
- [106] AltoQi, “Eberick,” 2020. [Online]. Available: http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=relatorios_deslocamentos_horizontais. [Acesso em 26 agosto 2020].
- [107] J. Appleton, Estruturas de Betão - Volume 2, Primeira edição ed., Rio de Mouro, Portugal: Orion, 2013.
- [108] A. E. C. Cabral e A. M. R. Campos, Estudo da Agressividade do Ar em Fortaleza/CE, Fortaleza, 2016.
- [109] SEINFRA, “Secretaria de Infraestrutura do estado do Ceará,” 2017. [Online]. Available: <https://sites.seinfra.ce.gov.br/siproce/onerada/html/tabela-seinfra.html>. [Acesso em 10 junho 2020].
- [110] A. Muratovic e N. Ademovic, Influence of Mansory Infill on Seismic Response of Reame Structures, Sarajevo: Eccomas - Thematic Conference, 2015.
- [111] B. S. Taranath, “Wind and Earthquake Resistant Buildings - Structural Analysis and Design,” New York, 2005.
- [112] C. V. R. Murty, R. Goswami, A. R. Vijayanarayanan e V. V. Mehta, “Some Concepts in Earthquake Behaviour of Buildings,” Gujarat, 2012.
- [113] K. Meskouris, C. Butenweg, K. Hinzen e R. Hoffer, “Structural Dynamics with Applications in Earthquake and Wind Engineering,” 2019.
- [114] O. Hammer, PAST - Paleontological Statistic - Version 4.02 - Reference Manual, Oslo: University of Oslo, 2020.
- [115] A. E. V. Lopes e L. C. Nunes, “Intensidades sísmicas de terremotos: formulação de cenários sísmicos no Brasil,” *USP - São Paulo*, vol. v.91, pp. p. 90-102, 2011.

- [116] Diário do Nordeste, 08 julho 2020. [Online]. Available: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/tremor-de-terra-de-magnitude-25-e-registrado-nas-cidades-de-chorozinho-e-cascavel-1.2963807>. [Acesso em novembro 2020].
- [117] Agência Brasil, 19 setembro 2020. [Online]. Available: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-09/tremor-de-terra-e-registrado-em-arquipelago-no-mn>. [Acesso em novembro 2020].
- [118] O povo online, 07 setembro 2020. [Online]. Available: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2020/09/07/terremoto-de-magnitude-6-6-e-registrado-no-oceano--ao-norte-do-ceara.html>. [Acesso em novembro 2020].
- [119] Tribuna do Norte, 19 setembro 2020. [Online]. Available: <http://blog.tribunadonorte.com.br/territoriolive/tremor-de-6-9-e-registrado-no-rn-mas-professores-da-ufrn-descartam-tsunami/>. [Acesso em novembro 2020].
- [120] Diário do Nordeste, 30 outubro 2019. [Online]. Available: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/metro/online/apos-estalos-moradores-desocupam-predio-residencial-de-seis-andares-no-bairro-de-fatima-1.2168371>. [Acesso em novembro 2020].
- [121] Diário do Nordeste, 04 junho 2019. [Online]. Available: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/desabamentos-em-fortaleza-crescem-246-em-um-ano-1.2106963>. [Acesso em novembro 2020].
- [122] G1, 15 novembro 2019. [Online]. Available: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2019/11/15/quase-mil-ocorrencias-por-risco-de-desabamento-sao-registradas-em-fortaleza-apos-desabamento-do-edificio-andrea.ghtml>. [Acesso em novembro 2020].
- [123] Diário do Nordeste, 16 outubro 2019. [Online]. Available: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/metro/predio-residencial-de-7-andares-desaba-em-fortaleza-fotos-e-videos-1.2161965>. [Acesso em novembro 2020].
- [124] S. A. Anagnostopoulos, M. Moretti, M. Panoutsopoulou, D. Panagiotopoulou e T. Thoma, “Post Earthquake Damage and Usability Assessment of Buildings: Further Development and Applications,” European Commission - D.G. Environment, 2008.
- [125] H. J. Jiang, L. Z. Chen e Q. Chen, “Seismic Damage Assessment and Performance Levels of Reinforced Concrete Members,” *ScienseDirect*, pp. 939-945, 2011.

- [126] Y. F. Vargas, L. G. Pujades, A. H. Barbat e J. E. Hurtado, “Probabilistic Seismic Damage Assessment of RC Buildings Based on Nonlinear Dynamic Analysis,” *The Open Civil Engineering Journal*, pp. 344-350, 2015.
- [127] M. Danish, M. Zaid, M. Shariq, A. Massod e A. Baqi, “Effect of Staircase on RC Frame Structures Under Seismic Load,” *International Conference on Trends and Challenges in Concrete Structures.*, 2013.
- [128] H. S. A. Varum, *Seismic Assessment, Strengthening and Repair of Existing Buildings*, Aveiro, 2003.
- [129] D. Khan e A. Rawat, “Nonlinear Seismic Analysis of Masonry Infill RC Buildings with Eccentric Bracings at Soft Storey Level,” *ScienceDirect*, pp. 9-17, 2016.
- [130] P. G. B. Nobrega e S. H. S. Nobrega, “Perigo sísmico no Brasil e a responsabilidade da Engenharia de estruturas,” *Holos*, vol. v.4, nº Ano 32, pp. p. 162-175, julho 2016.
- [131] AltoQi, “Eberick,” 2020. [Online]. Available: http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx#pageid=nao_linearidade_fisica_analise. [Acesso em 26 agosto 2020].

Apêndices

Apêndice A - Grupos de pesquisa relacionados à área sísmica no Brasil

Base de dados: censo 2016 publicado pelo CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Instituição	Grupo de pesquisa		Área predominante
Universidade de São Paulo - USP	Análise dinâmica experimental de estruturas		Engenharias
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Efeito de sismos (terremotos) sobre estruturas</i>	0	1	Construção
<i>Controle de vibrações em estruturas</i>	7	2	Construção
Universidade de Brasília - UnB	Dinâmica e fluido - Estrutura		Engenharias
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Ações sísmicas e interação solo-estrutura</i>	1	2	Construção
<i>Estudo das ações dinâmicas e do comportamento de plataformas off-shore</i>	0	1	Produção e distribuição de combustíveis gasosos por redes urbanas / Construção
<i>Segurança e integridade de elementos e componentes em barragens de concreto – Análise estática e dinâmica</i>	4	3	Construção
<i>Metodologias progressivas para a análise sísmica de barragens</i>	3	1	Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS	Geologia, Geomorfologia e Geodinâmica do Pantanal Mato-Grossense		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica aplicada a estudos sismológicos</i>	3	4	Educação superior / Atividades profissionais, científicas e técnicas / Outras atividades de ensino
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP	Interações na superfície terrestre, água e atmosfera		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Interações relevo-água-atmosfera</i>	22	8	Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura
Universidade Federal do Pernambuco - UFPE	Física de fenômenos de não-equilíbrio, dinâmica dos fluidos e sistemas complexos		Física
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Modelos de terremotos</i>	0	1	Atividades profissionais, científicas e técnicas não especificadas
Observatório Nacional - ON	Geofísica dos processos geodinâmicos, recursos naturais e meio-ambiente		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Sismologia</i>	1	1	Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais

Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio	Geomecânica computacional		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Dinâmica dos solos</i>	5	2	<i>Construção</i>
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio	Instabilidade e dinâmica de estruturas		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Análise de estruturas com requisitos nucleares submetidas a cargas dinâmicas</i>	0	4	<i>Outros serviços especializados para construção / Obras de infraestrutura para energia elétrica, telecomunicações, água, esgoto e transporte por dutos</i>
<i>Estruturas de edifícios sob ação de cargas sísmicas</i>	1	2	<i>Construção</i>
Instituto Federal do Pernambuco - IFPE	Sensoriamento remoto e geoprocessamento no monitoramento de mudanças climáticas e desastres naturais		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Desastres naturais</i>	5	1	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	Sismologia		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Estrutura e evolução da litosfera continental</i>	11	4	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
<i>Interferometria sísmica</i>	9	4	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
<i>Processamento de sinais sismológicos</i>	0	1	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
<i>Processos geodinâmicos no manto sub-litosférico</i>	1	1	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
<i>Sismicidade induzida</i>	0	2	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
<i>Sismicidade intraplaca do Brasil</i>	9	4	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP	Geofísica crustal		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Mapa de perigo sísmico do Brasil</i>	0	1	<i>Outros serviços especializados para construção</i>
<i>Sismologia da região da Estação sismológica de Rio Claro - RCLB</i>	1	2	<i>Seguridade social obrigatória / Indústrias extrativistas</i>
Universidade de Brasília - UnB	Geofísica e tectônica		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica aplicada</i>	3	2	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciência físicas e naturais</i>

<i>Geofísica da Terra sólida</i>	15	12	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
<i>Integração de métodos geofísicos e geológicos</i>	9	7	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
<i>Sismotectônica</i>	7	10	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
Universidade de São Paulo - USP	GEOLIT		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Características geofísicas e geoquímicas da Placa Sul Americana</i>	0	2	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais / Educação superior</i>
Universidade Federal da Bahia - UFBA	Geotermia da litosfera		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Sismologia</i>	2	3	<i>Educação superior</i>
Universidade de São Paulo - USP	Gravimetria e geomagnetismo		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Análise de dados geofísicos globais</i>	0	1	<i>Educação profissional de nível técnico e tecnológico</i>
<i>Desenvolvimento e avaliação de algoritmos para processamento sísmico</i>	1	1	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ	LISComp – Laboratório de instrumentação e simulação computacional científicas aplicadas		Física
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Física estatística aplicada a sistemas críticos e redes complexas</i>	4	2	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais / Pesquisa e desenvolvimento científico</i>
Observatório Nacional - ON	Sismologia		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Atenuação sísmica no Continente Sul-Americano</i>	0	1	<i>Educação</i>
<i>Estrutura da litosfera da placa tectônica Sul-Americana</i>	0	1	<i>Educação</i>
<i>Monitoramento sísmico e geomagnético do estado do Rio de Janeiro</i>	0	1	<i>Serviços de Arquitetura e Engenharia e atividades técnicas relacionadas / Educação superior / Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	Geologia sedimentar e neotectônica		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Neotectônica</i>	3	3	<i>Educação superior</i>
Universidade Federal do Paraná - UFPR	LABAP – Laboratório de análise de bacias		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Estratigrafia dinâmica</i>	10	2	<i>Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Tectônica, sedimentação e paleogeografia</i>	8	4	<i>Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal do Pernambuco - UFPE	Laboratório de Geologia Sedimentar e Ambiental		Geociências

Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Análise de bacias sedimentares</i>	7	3	<i>Indústrias extrativistas</i>
<i>Evolução tectono-sedimentar de bacias</i>	1	2	<i>Indústrias extrativistas</i>
<i>Sismoestratigrafia</i>	2	4	<i>Indústrias extrativistas</i>
<i>Tectônica de bacias sedimentares</i>	5	3	<i>Indústrias extrativistas</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	Sismoestratigrafia		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica</i>	5	5	<i>Indústrias extrativistas</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	Base de pesquisa em geofísica		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>A sismicidade e a dinâmica dos processos recentes (neotectônica e geologia do Cenozóica) e Mesozóicos (bacias sedimentares e o magnetismo básico)</i>	6	4	<i>Educação superior</i>
<i>Aplicações e desenvolvimento dos métodos geofísicos, estruturais e do sensoriamento remoto</i>	0	5	<i>Educação superior</i>
<i>Processamento de dados geofísicos</i>	3	2	<i>Educação superior</i>
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	Geofísica aplicada		Matemática
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica computacional</i>	4	6	<i>Indústrias extrativas</i>
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	Geofísica computacional		Matemática
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica computacional</i>	25	11	<i>Educação superior / Indústrias extrativas</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	Geofísica marinha e costeira		Oceanografia
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica marinha</i>	3	5	<i>Educação superior</i>
Universidade Federal Fluminense - UFF	Grupo de imageamento sísmico e inversão sísmica - GISIS		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica de reservatórios e inversão sísmica</i>	15	5	<i>Indústrias extrativas</i>
<i>Imageamento sísmico e modelagem computacional</i>	6	3	<i>Indústrias extrativas</i>
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS	Grupo interdisciplinar de Geofísica aplicada - GIGA		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Caracterização e mapeamento de depósitos de água subterrânea</i>	8	6	<i>Agricultura, pecuária e serviços relacionados</i>
Universidade Federal do Pará - UFPA	Imageamento, interpretação e modelagem sísmica		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Desenvolvimento de técnicas de interpretação sísmica</i>	0	3	<i>Indústrias extrativas</i>
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ	Laboratório de Bioacústica e Ecologia de Cetáceos		Ecologia

Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Medição do decaimento dos sinais sonoros produzidos por conjuntos de air guns utilizados em levantamentos sísmicos marinhos</i>	0	1	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Católica de Santos - UNISANTOS	Laboratório de Geofísica aplicada à exploração de petróleo - LGAEP		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Aquisição sísmica multicomponente</i>	0	1	<i>Indústrias extrativas</i>
<i>Desenvolvimento de técnicas para transferência de escala (upscaling & downscaling): parâmetros petrofísicos para dados sísmicos e vice-versa</i>	0	2	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Estudo de viabilidade de uso de sísmica multicomponente para vencer desafios do imageamento sub-sal e sub-basalto</i>	1	4	<i>Indústrias extrativas</i>
<i>Modelagem e inversão de dados sísmicos multicomponentes</i>	0	2	<i>Indústrias extrativas</i>
<i>Processamento de dados sísmicos multicomponentes</i>	1	3	<i>Indústrias extrativas</i>
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	Método dos elementos de contorno e Mecânica computacional		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Inversão de dados sísmicos</i>	0	2	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências sociais e humanas</i>
<i>Geofísica aplicada</i>	9	8	<i>Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Migração de dados sísmicos e imageamento</i>	5	6	<i>Testes e análises técnicas</i>
<i>Modelagem computacional de movimentos tectônicos</i>	0	5	<i>Atividades de apoio à extração de minerais, exceto petróleo e gás natural</i>
<i>Modelagem computacional de propagação de ondas sísmicas</i>	1	11	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI	Programa de estudos ambientais para o setor de óleo e gás		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Gestão ambiental para atividades de aquisição de dados sísmicos em ambientes marinhos</i>	0	1	<i>Outras atividades de serviço</i>
Universidade de Brasília - UnB	Dinâmica e controle estrutural		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Simulação numérica da excitação sísmica</i>	0	2	<i>Construção</i>
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF	Estratigrafia de sequências em análise de bacias		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Estratigrafia de sequências e sismo-estratigrafia</i>	0	2	<i>Indústrias extrativas</i>
Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS	GEOARQ		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação

<i>Sensoriamento remoto e modelagem</i>	5	7	<i>Indústrias extrativas</i>
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio	Geomecânica do petróleo		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Avaliação da pressão de fluidos e tensões in situ em bacias sedimentares</i>	0	3	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA	Grupo de análise e processamento de sinais e imagens - GAPSI		Física
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Análise e processamento de sinais e imagens</i>	3	6	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF	Interação solo-estrutura		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Análise sísmica</i>	0	3	<i>Construção</i>
<i>Análises numéricas</i>	2	2	<i>Construção</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	Laboratório de dinâmica estrutural e confiabilidade (LDEC)		Engenharia Civil
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Comportamento dinâmico de estruturas e interação solo-estrutura</i>	1	4	<i>Construção</i>
Universidade Federal Fluminense - UFF	Laboratório de processos sedimentares e ambientais		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica</i>	0	4	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
Universidade Federal do Pará - UFPA	Modelagem e caracterização das propriedades elásticas de rochas reais e sintéticas		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Estimativa de fator de qualidade</i>	0	1	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Imageamento de difrações</i>	1	2	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA	Modelagem física e computacional de sistemas complexos		Física
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Modelagem computacional de propagação de ondas sísmicas</i>	3	1	<i>Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES	Modelagem matemática e computacional		Matemática
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Métodos matemáticos aplicados a Geofísica global</i>	0	3	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
Instituto Federal da Paraíba - IFPB	NUGGAP – Núcleo de estudos em Geologia e Geofísica aplicada do Semi-árido		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Geofísica rasa aplicada</i>	6	6	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>

Universidade Federal da Bahia - UFBA	Programa de exploração de petróleo		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Inversão de dados sísmicos</i>	6	4	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Migração de dados sísmicos</i>	2	3	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Modelagem sísmica</i>	1	2	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
<i>Métodos e algoritmos para filtragem e visualização 3D de dados sísmicos</i>	2	5	<i>Extração de petróleo e gás natural</i>
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN	Sistemas petrolíferos		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Estudo geológico de bacias sedimentares</i>	5	3	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
<i>Geologia e Geofísica de petróleo</i>	12	7	<i>Pesquisa e desenvolvimento científico</i>
<i>Imageamento e modelagem de afloramentos análogos a reservatórios petrolíferos</i>	3	8	<i>Pesquisa e desenvolvimento experimental em ciências físicas e naturais</i>
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	UNISIM – Simulação e gerenciamento de reservatórios		Engenharia Mecânica
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Sísmica 4D</i>	5	6	<i>Indústrias de transformação</i>
Universidade Federal de Sergipe - UFS	Núcleo de estudos em Geologia e áreas afins		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Desastres naturais</i>	0	2	<i>Atividades de atenção à vida humana / Construção</i>
<i>Geologia</i>	1	2	<i>Indústrias extrativas</i>
Universidade de São Paulo - USP	Origem e evolução de bacias sedimentares		Geociências
Linhas de pesquisa relacionadas ao tema	Quantidade de estudantes	Quantidade de pesquisadores	Setor de aplicação
<i>Neotectônica, morfotectônica e sedimentação quaternária no Brasil</i>	0	5	<i>Agricultura, pecuária e serviços relacionados</i>

Apêndice B - Comparação entre normas de detalhamento sísmico

NORMA (abordando estruturas sismo-resistentes)

PARÂMETRO	EUROCÓDIGO 8:2010 (Europeia)	ACI 318:2014 (Americana)	NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto (Brasileira)
-----------	---------------------------------	-----------------------------	---

SITUAÇÕES GERAIS – DIMENSÕES E TAXAS DE ARMADURAS

Dimensões mínimas de pilares * EUROCÓDIGO 2	DCL	100 mm em seções ocas e 150 mm em seções compactas.*	Geral	Não há limites.	A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm. Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes por um coeficiente adicional.
	DCM	A menos que $\theta \leq 0,1$, as dimensões da seção transversal de pilares sísmicos primários não deverão ser inferiores a um décimo da maior distância entre o ponto de inflexão e as extremidades do pilar, para a flexão num plano paralelo à dimensão considerada do pilar.	Intermediário	Não há limites.	
	DCH	A dimensão mínima da seção transversal dos pilares sísmicos primários não deve ser inferior a 250 mm. A menos que $\theta \leq 0,1$, as dimensões da seção transversal de pilares sísmicos primários não deverão ser inferiores a um décimo da maior distância entre o ponto de inflexão e as extremidades do pilar, para a flexão num plano paralelo à dimensão considerada do pilar.	Especial	A menor dimensão da seção transversal deve ser 300 mm. A relação entre as dimensões da base e altura do pilar não devem ser inferiores a 40% para evitar uma grande variação de rigidez entre os planos de carregamento.	

Dimensões mínimas de vigas * EUROCÓDIGO 2	DCL	Largura mínima das almas: 100 mm.*	Geral	A altura (h) das vigas deve ser no mínimo: biapoiada ($l/16$); apoio-contínua ($l/18.5$); contínua ($l/21$); balanço ($l/8$).	A seção transversal das vigas não pode apresentar largura menor que 12 cm e a das vigas-parede, menor que 15 cm. Estes limites podem reduzidos, respeitando um mínimo de 10 cm em casos excepcionais.
	DCM	Para aproveitar o efeito favorável da compressão do pilar na aderência dos varões horizontais que atravessam o nó, a largura b_w de uma viga sísmica primária deve satisfazer a seguinte expressão: $b_w \leq \min \{bc + hw ; 2bc\}$	Intermediário	Ver Geral.	
	DCH	A largura das vigas sísmicas primárias não deve ser inferior a 200 mm.	Especial	A largura b_w das vigas não deve ser menor que 30% da altura e 25 cm o que figurar o maior valor entre ambos.	
Dimensões mínimas de lajes * EUROCÓDIGO 2	DCL	70 mm se sujeita a cargas distribuídas; 100 mm se sujeitas também a cargas concentradas; 150 mm para lajes fungiformes (planas)*	Geral	A espessura (h) das lajes armadas em uma direção devem ser no mínimo: biapoiada ($l/20$); apoio-contínua ($l/24$); contínua ($l/28$); balanço ($l/10$). A espessura (h) das lajes armadas em duas direções variam de $l/28$ a $l/40$ em função da localização das lajes (internas ou externas), da presença de vigas de borda, da presença de capitéis e da resistência do concreto.	Nas lajes maciças devem ser respeitados os limites mínimos: 7 cm para lajes em cobertura não em balanço; 8 cm para lajes de piso não em balanço; 10 cm para lajes em balanço e lajes que suportem veículos de até 30 kN; 12 cm para lajes que suportem veículos com mais de 30 kN; 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel; 15 cm para lajes protendidas; 16 cm para lajes lisas.
	DCM	Ver DCL.	Intermediário	Ver Geral.	

	DCH	Ver DCL.	Especial	Ver Geral.	
Taxa mínima de armaduras em pilares * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,min} = \max\{0, 10 \cdot (N_{Ed}/f_{yd}); 0,002 \cdot A_c\}$ Diâmetro mínimo de barras longitudinais: 8,0 mm	Geral	$A_{s,min} = 0,01 \cdot A_c$	$A_{s,min} = \max\{0, 15 \cdot (N_d/f_{yd}); 0,004 \cdot A_c\}$ Diâmetro mínimo de barras longitudinais: 10,0 mm
	DCM	$A_{s,min} = 0,01 \cdot A_c$ Deve ser colocado ao longo de cada face do pilar pelo menos uma barra intermediária entre as barras de canto.	Intermediário	$A_{s,min} = 0,01 \cdot A_c$	
	DCH	$A_{s,min} = 0,01 \cdot A_c$ Deve ser colocado ao longo de cada face do pilar pelo menos uma barra intermediária entre as barras de canto.	Especial	$A_{s,min} = 0,01 \cdot A_c$	
Taxa máxima de armaduras em pilares * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c^*$	Geral	$A_{s,max} = 0,08 \cdot A_c$	$A_{s,max} = 0,08 \cdot A_c$ Considerando inclusive a sobreposição de armadura existente em regiões de emenda.
	DCM	$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$	Intermediário	$A_{s,max} = 0,08 \cdot A_c$	

	DCH	$A_{s,max}=0,04.A_c$	Especial	$A_{s,max}=0,06.A_c$	
Taxa mínima de armaduras em vigas * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,min}=0,26.(f_{ctm}/f_{yk}).b_t.d^*$ $0,0013 < \rho_{min} < 0,0028$	Geral	$A_{s,min}=\max\{(1,4/f_y).b_w.d;$ $((0,25.\sqrt{f_c})/f_y).b_w.d\}$	$0,00150 < \rho_{min} < 0,00256$ Valores variando em função da resistência à compressão do concreto.
	DCM	$\rho_{min} = 0,5(f_{ctm}/f_{yk})$	Intermediário	Ver Geral.	
	DCH	Ver DCM.	Especial	Ver Geral.	
Taxa máxima de armaduras em vigas * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,max}=0,04.A_c^*$ Excluindo as zonas de emendas.	Geral	Ver Especial.	$A_{s,max}=0,04.A_c$ Calculada na região fora da zona de emendas.
	DCM	$\rho_{max} = \rho' + (0,0018 / \mu \phi \varepsilon_{sy,d}).(f_{cd}/f_{yd})$ Sendo ρ e ρ' as taxas de armadura da zona tracionada e da zona comprimida.	Intermediário	Ver Especial.	
	DCH	Ver DCM.	Especial	$A_{s,max}= 0,025.A_c$	

Taxa mínima de armaduras em lajes * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,min}=0,26.(f_{ctm}/f_{yk}).b.t.d^*$ A laje maciça deve apresentar uma malha de armaduras junto à face superior e uma outra malha de armaduras junto à face inferior. Em lajes armadas em uma direção a armadura secundária mínima corresponde a 20% da armadura principal.	Geral	Lajes armadas em uma e duas direções: Armaduras com $f_y < 420 \text{ MPa}$: $A_{s,min}=0,0020.A_g$; Armaduras com $f_y \geq 420 \text{ MPa}$: $A_{s,min}=\max\{((0,0018.420)/f_y).A_g; 0,0014.A_g\}$	$0,00150 < \rho_{min} < 0,00256$ Valores variando em função da resistência à compressão do concreto. Armaduras negativas: $\rho_s = \rho_{min}$; Armaduras negativas de bordas em continuidade: $\rho_s = 0,67.\rho_{min}$; Armaduras positivas de lajes armadas em duas direções: $\rho_s = 0,67.\rho_{min}$; Armaduras positivas (principais) de lajes armadas em uma direção: $\rho_s = \rho_{min}$; Armaduras positivas (secundárias) de lajes armadas em uma direção: $A_{s,min}=\max\{0,2. A_{s,principal}; 0,5. A_{s,min \text{ principal}} ; 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}\}$
	DCM	Não informado. Ver DCL.	Intermediário	Não informado.	
	DCH	Não informado. Ver DCL.	Especial	Não informado.	
Taxa máxima de armaduras em lajes * EUROCÓDIGO 2	DCL	$A_{s,max}=0,04.A_c^*$	Geral	Não informado.	$A_{s,max}=0,04.A_c$ Calculada na região fora da zona de emendas.

	DCM	Não informado. Ver DCL.	Intermediário	Não informado.	
	DCH	Não informado. Ver DCL.	Especial	Não informado.	

ZONAS CRÍTICAS DE PILARES

Extensão * EUROCÓDIGO 2	DCL	Zona dos nós de ligação a vigas ou a lajes, e numa altura do pilar igual à maior dimensão da seção do pilar.*	Geral	Não há região crítica.	Não existe região crítica.
	DCM	$l_{cr} = \max\{h_c ; l_{cl}/6; 0,45\}$ onde: h_c maior dimensão da seção transversal do pilar (em metros) e l_{cl} comprimento livre do pilar (em metros). Se $l_o/h_c < 3$, a altura total do pilar sísmico primário deve ser considerada como zona crítica e deve ser armada como tal.	Intermediário	$l_{cr} = \max\{h_c ; l_{cl}/6; 0,45\}$ onde: h_c maior dimensão da seção transversal do pilar (em metros) e l_{cl} comprimento livre do pilar (em metros).	
	DCH	$l_{cr} = \max\{1,5h_c ; l_{cl}/6; 0,60\}$ onde: h_c maior dimensão da seção transversal do pilar (em metros) e l_{cl} comprimento livre do pilar (em metros). Se $l_o/h_c < 3$, a altura total do pilar sísmico primário deve ser considerada como zona crítica e deve ser armada como tal.	Especial	$l_{cr} = \max\{h_y ; l_{cl}/6; 0,45\}$ onde: h_y é a altura da seção do pilar na ligação ou na seção onde pode ocorrer plastificação por flexão (em metros) e l_{cl} comprimento livre do pilar (em metros).	

Diâmetro mínimo dos estribos * EUROCÓDIGO 2	DCL	6 mm ou ¼ do diâmetro máximo das barras longitudinais.*	Geral	Barra No.10: diâmetro 9,5 mm.	O diâmetro dos estribos dos pilares não pode ser inferior a 5 mm nem a ¼ do diâmetro da barra isolada ou do diâmetro equivalente do feixe que constitui a armadura longitudinal.
	DCM	6 mm ou ¼ do diâmetro máximo das barras longitudinais (DCL) *.	Intermediário	Ver Geral.	
	DCH	Nas zonas críticas: 6 mm* ou $d_{bw} \geq 0,4 d_{bL,max} (f_{ydL}/f_{ydw})$ Fora das zonas críticas: 6 mm ou ¼ do diâmetro máximo das barras longitudinais (DCL) *.	Especial	Ver Geral.	

Espaçamento máximo dos estribos * EUROCÓDIGO 2	DCL Fora das zonas críticas: $s = \min\{b_{min}; 400 \text{ mm}; 20d_{bL}\}^*$ Nas zonas críticas: $s = \min\{0,6b_{min}; 240 \text{ mm}; 12d_{bL}\}^*$ Na zona de emendas de barras longitudinais de diâmetro igual ou superior a 14 mm, o espaçamento entre estribos deve ser reduzido, sendo colocadas pelo menos três estribos na zona das emendas, com uma seção total de armaduras transversais igual à área de uma barra emendada.* A distância entre barras longitudinais consecutivas abraçadas por estribos ou por ganchos não é superior a 150 mm.	Geral	$s = \min\{b_{min}; 16d_{bL}; 48d_{bT}\}$ A distância entre barras longitudinais consecutivas abraçadas por estribos ou por ganchos não é superior a 150 mm.	$s = \min\{b_{min}; 200 \text{ mm}; 24d_{bL}, \text{ aço CA-25}; 12d_{bL}, \text{ aço CA-50}\}$ Os estribos poligonais garantem contra flambagem as barras longitudinais situadas em seus cantos e as por eles abrangidas, situadas no máximo à distância de 20 vezes o diâmetro da barra transversal do canto, se nesse trecho de comprimento 20 vezes o diâmetro da barra transversal não houver mais de duas barras, não contando a de canto. Quando houver mais de duas barras nesse trecho ou barra fora dele, deve haver estribos suplementares.
	DCM Nas zonas críticas: $s = \min\{b_o/2; 175; 8d_{bL}\}$ onde: b_o dimensão mínima (em milímetros) do núcleo de concreto (em relação ao eixo dos estribos) e d_{bL} diâmetro mínimo das barras longitudinais (em milímetros). Fora das zonas críticas: $s = \min\{b_{min}; 400 \text{ mm}; 20d_{bL}\}^*$ A distância entre barras longitudinais consecutivas abraçadas por estribos ou por ganchos não é superior a 200 mm. Taxa mecânica volumétrica de estribos nas zonas críticas na base do pilar: 0,08.	Intermediário	Nas zonas críticas: $s = \min\{b_{min}/2; 300; 8d_{bL}; 24d_{bT}\}$ onde: b_{min} dimensão mínima (em milímetros) da seção transversal, d_{bL} diâmetro mínimo das barras longitudinais (em milímetros) e d_{bT} diâmetro mínimo das barras transversais (em milímetros). Fora das zonas críticas: Para $V_s \leq 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$: $s = \min\{d/2; 600\}$ em (mm) Para $V_s > 0,33 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$: $s = \min\{d/4; 300\}$ em (mm) O primeiro estribo (<i>hoop</i>) deve estar localizado a no máximo $s/2$ do nó.	

	DCH	Nas zonas críticas: $s = \min\{b_o/3; 125; 6d_{bL}\}$ onde: b_o dimensão mínima (em milímetros) do núcleo de concreto (em relação ao eixo dos estribos) e d_{bL} diâmetro mínimo das barras longitudinais (em milímetros). Fora das zonas críticas: $s = \min\{b_{min}; 400\text{ mm}; 20d_{bL}\}^*$ A distância entre barras longitudinais consecutivas abraçadas por estribos ou por ganchos não é superior a 150 mm. Taxa mecânica volumétrica de estribos nas zonas críticas na base do pilar: 0,12.	Especial	Nas zonas críticas: $s = \min\{b_{min}/4; 6d_{bL}; s_o\}$ $s_o = 100 + ((350 - h_x)/3);$ $100\text{ mm} < s_o < 150\text{ mm}$ Fora das zonas críticas: $s = \min\{b_{min}; 6d_{bL}; 150\}\text{ em mm}$	
--	-----	---	----------	--	--

ZONAS CRÍTICAS DE VIGAS

Extensão * EUROCÓDIGO 2	DCL	Não existe região crítica.*	Geral	Não existe região crítica.	
	DCM	Considera-se como zonas críticas de uma viga sismo resistente uma extensão $L_{cr}=h_w$ (h_w=altura da viga) a partir da seção transversal da extremidade na qual a viga tem ligação a um nó viga-pilar, ou a partir dos lados de qualquer seção que apresente a possibilidade de plastificação sob solicitações sísmicas. Nas vigas sísmicas que suportam elementos verticais descontínuos, as regiões localizadas em uma extensão de $2*h_w$ de cada lado do elemento vertical que é	Intermediário	Nas duas extremidades da viga, um comprimento de $2h$ medido da face do apoio em direção ao meio do vão.	

		suportado deverão ser consideradas como zonas críticas.			
	DCH	Considera-se como zonas críticas de uma viga sísmica primária uma extensão $L_{cr}=1,5.h_w$ (h_w =altura da viga) a partir da seção transversal onde a viga se encontra ligada a um nó viga-pilar, assim como as zonas com a mesma extensão para ambos os lados de qualquer seção transversal com possibilidade de plastificação na situação de projeto sísmico.	Especial	Nas duas extremidades da viga, um comprimento de $2h$ medido da face do apoio em direção ao meio do vão. Comprimento igual a $2h$, dos dois lados da seção onde a plastificação por flexão há possibilidade de ocorrer devido a deslocamentos além do comportamento elástico.	

Diâmetro mínimo dos estribos * EUROCÓDIGO 2	DCL	6 mm ou ¼ do diâmetro máximo das barras longitudinais. (em pilares)*	Geral	Barra No.10: diâmetro 9,5 mm.	O diâmetro dos estribos das vigas não pode ser inferior a 5 mm.
	DCM	6 mm	Intermediário	Ver geral.	
	DCH	6 mm	Especial	Ver geral.	

Espaçamento máximo dos estribos * EUROCÓDIGO 2	DCL	$s = 0,75d \leq 600 \text{ mm}^*$	Geral	$s = \min\{h_{min}; 48d_{bw}; 16d_{bL}\}$ onde: d_{bL} diâmetro mínimo das barras da armadura longitudinal (em milímetros); d_{bw} diâmetro mínimo das barras da armadura transversal (em milímetros) h_{min} menor dimensão da seção da viga (em milímetros).	Se $V_d \leq 0,67 V_{Rd2}$: $s = 0,6.d \leq 300 \text{ mm}$ Se $V_d > 0,67 V_{Rd2}$: $s = 0,3.d \leq 200 \text{ mm}$
	DCM	Nas zonas críticas: $s = \min\{h_w/4; 24d_{bw}; 225; 8d_{bL}\}$ onde: d_{bL} diâmetro mínimo das barras da armadura longitudinal (em milímetros); d_{bw} diâmetro mínimo das barras da armadura transversal (em milímetros) h_w altura da viga (em milímetros). A primeira armadura de confinamento deve ser colocada a não mais de 50 mm da seção de extremidade da viga.	Intermediário	Nas zonas críticas: $s = \min\{d/4; 24d_{bw}; 300; 8d_{bL}\}$ onde: d_{bL} diâmetro mínimo das barras da armadura longitudinal (em milímetros); d_{bw} diâmetro mínimo das barras da armadura transversal (em milímetros) d altura efetiva da viga (em milímetros). O primeiro estribo deve estar situado a não mais que 5 cm da face do elemento de apoio. Fora das zonas críticas: $s = d/2$.	

	DCH	Nas zonas críticas: $s = \min\{h_w/4; 24d_{bw}; 175; 6d_{bL}\}$ onde: d_{bL} diâmetro mínimo das barras da armadura longitudinal (em milímetros); d_{bw} diâmetro mínimo das barras da armadura transversal (em milímetros) h_w altura da viga (em milímetros). A primeira armadura de confinamento deve ser colocada a não mais de 50 mm da seção de extremidade da viga.	Especial	Nas zonas críticas: $s = \min\{d/4; 150; 6d_{bL}\}$ onde: d_{bL} diâmetro mínimo das barras da armadura longitudinal (em milímetros); d altura efetiva da viga (em milímetros). O primeiro estribo deve estar situado a não mais que 5 cm da face do elemento de apoio. Fora das zonas críticas: $s = d/2$. Mesmo nas regiões fora das zonas críticas devem ser usados estribos com ganchos sísmicos nas duas extremidades.	
--	-----	---	----------	---	--

OUTROS ASPECTOS

Forma dos estribos * EUROCÓDIGO 2	DCL	É recomendável que os estribos sejam amarrados por ganchos nas suas extremidades. Esta disposição é obrigatória em estribos de combate à torção. *	Geral	Permitidos estribos simples ou múltiplos em forma de “U” ou estribos fechados. Em qualquer caso é necessária a presença de barras longitudinais nas proximidades das extremidades dos estribos para ancoragem.	Os estribos podem ser em ângulo de 90° e os ganchos dobrados deverão ser equivalentes a 10 vezes o diâmetro do estribo, não sendo inferior a 7 <i>cm</i> ou em ângulo de 135° e os ganchos dobrados deverão ser equivalentes a 5 vezes o diâmetro do estribo, não sendo inferior a 5 <i>cm</i>. Os estribos para torção devem ser fechados em todo o seu contorno, envolvendo as barras das armaduras longitudinais de tração, e com as extremidades adequadamente ancoradas por meio de ganchos em ângulo de 45 graus. A armadura transversal de pilares, constituída por estribos e, quando for o caso, por grampos suplementares, deve ser colocada em toda a altura do pilar, sendo obrigatória sua colocação na região de cruzamento com vigas e lajes.
--	------------	---	--------------	---	---

	DCM	É obrigatório que os estribos sejam amarrados por ganchos nas suas extremidades.	Intermediário	Para garantir que a amarração seja garantida os estribos deverão ser fechados e executados com gancho em 135º com comprimento equivalente a 6 vezes o diâmetro do estribo, não sendo inferior a 75 mm (<i>hoops</i>).	
	DCH	Para garantir que a amarração seja garantida os estribos deverão ser executados com um gancho em 135º e os ganchos dobrados deverão ser equivalentes a 10 vezes o diâmetro do estribo.	Especial	Ver intermediário.	

Regiões de emendas por traspases * EUROCÓDIGO 2	DCL Barras tracionadas e comprimidas: O comprimento do trecho de traspasse (l_0) deve ser: $l_0 = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$ $l_{0,min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_6 \cdot l_{b,rqd}; 15d_{bL}; 200\text{ mm}\}$ onde α_n são coeficientes em função da forma das barras, do cobrimento das armaduras, dos estribos soldados e não soldados e da porcentagem de barras emendadas na mesma seção. No que diz respeito aos traspases em barras comprimidas, não há limites para o número de barras emendadas na mesma seção.*	Geral Barras tracionadas: Para $A_{s,provided}/A_{s,required} \geq 2,0$ na região do traspasse; porcentagem máxima de 50% de barras traspassadas e aço tipo A, o comprimento do trecho de traspasse (l_{st}) deve ser: $l_{st} = \max\{1,0 \cdot l_d; 300\text{ mm}\}$ Para $A_{s,provided}/A_{s,required} \geq 2,0$ na região do traspasse; porcentagem máxima de 100% de barras traspassadas e aço tipo B, o comprimento do trecho de traspasse (l_{st}) deve ser: $l_{st} = \max\{1,3 \cdot l_d; 300\text{ mm}\}$ Para $A_{s,provided}/A_{s,required} < 2,0$ na região do traspasse e aço tipo B, o comprimento do trecho de traspasse (l_{st}) deve ser: $l_{st} = \max\{1,3 \cdot l_d; 300\text{ mm}\}$ Barras comprimidas: Para $f_y \leq 420\text{ MPa}$: $l_{sc} = \max\{0,071 \cdot f_y \cdot b_d; 300\text{ mm}\}$ Para $f_y > 420\text{ MPa}$: $l_{sc} = \max\{(0,13 \cdot f_y - 24) \cdot b_d; 300\text{ mm}\}$ Para $f^c < 21\text{ MPa}$: o valor de l_{sc} deve ser aumentado em um terço. Em pilares onde na região do traspasse há uma área de aço transversal no mínimo $0,0015b_s$ nas duas direções, o comprimento do traspasse pode ser multiplicado por 0,83. Em pilares circulares com estribos em espiral, atendidas as condições de espaçamentos da espiral, o comprimento do traspasse pode ser multiplicado por 0,75. O espaçamento entre estribos (s) na região do traspasse deve ser: $s = \min\{1/5 \text{ do comprimento do traspasse}; 150\text{ mm}\}$	Barras tracionadas: O comprimento do trecho de traspasse (l_{0t}) deve ser: $l_{0t} = \alpha_{0t} \cdot l_{b,nec} \geq l_{0t,min}$ $l_{0t,min} = \max\{0,3 \cdot \alpha_{0t} \cdot l_b; 15d_{bL}; 200\text{ mm}\}$ onde α_{0t} é o coeficiente em função da porcentagem de barras emendadas na mesma seção. Barras comprimidas: O comprimento do trecho de traspasse (l_{0c}) deve ser: $l_{0c} = l_{b,nec} \geq l_{0c,min}$ $l_{0t,min} = \max\{0,6 \cdot l_b; 15d_{bL}; 200\text{ mm}\}$ Estribos na região de traspases: Barras longitudinais com diâmetro inferior a 32 mm: ao longo do comprimento de ancoragem deve ser prevista armadura transversal capaz de resistir a 25% da força longitudinal de uma das barras ancoradas. Se a ancoragem envolver barras diferentes, prevalece, para esse efeito, a de maior diâmetro. Barras longitudinais com diâmetro maior ou igual a 32 mm: deve ser verificada a armadura em duas direções transversais ao conjunto de barras ancoradas. Essas armaduras transversais devem suportar as tensões de fendilhamento segundo os planos críticos, respeitando o espaçamento máximo de 5 vezes o diâmetro da barra ancorada. OBS: Quando se tratar de barras comprimidas, pelo menos uma das barras constituintes da armadura transversal deve estar situada a uma distância igual a 4 diâmetros da barra ancorada além da extremidade da barra. OBS: São consideradas outras limitações como o espaçamento máximo entre estribos e a região de concentração dos mesmos em função da proporção de barras emendadas na mesma seção.
--	---	--	---

	DCM	Não há referência. Adotar DCL.	Intermediário	Não há referência. Adotar geral.	

	DCH	O espaçamento dos estribos das barras na região de emenda por traspasse não pode exceder: $s = \min\{h/4; 100\} \text{ (em mm)}$ Nas zonas críticas dos elementos estruturais não deve existir emendas através de solda. A área necessária das armaduras transversais, A_{st}, na zona de sobreposição, seja das armaduras longitudinais dos pilares poderá ser calculada a partir da seguinte expressão: $A_{st} = s (d_{bl}/50)(f_{yld}/f_{ywd})$ onde: A_{st} = área da seção de um ramo das armaduras transversais, d_{bl} = diâmetro da barra transpassada, s = espaçamento das armaduras transversais, f_{yld} = valor de projeto da tensão de escoamento das armaduras longitudinais e f_{ywd} = valor de projeto da tensão de escoamento das armaduras transversais.	Especial	O espaçamento de estribos (<i>hoops</i>) nas vigas não deve exceder a menor dimensão entre ¼ da largura da viga ou 100 mm. Não deve utilizar emendas de barras por traspasse nas seguintes condições: dentro dos nós, a uma distância da face igual a duas vezes a altura do elemento e em locais onde indique escoamento das armaduras de flexão devido ao deslocamento lateral inelástico dos pórticos. Em pilares, o espaçamento dos estribos (s) das barras na região de emenda por traspasse deve ser: $s = \min\{b_{min}/4; 6d_{bL}; s_o\}$ $s_o = 100 + ((350 - h_x)/3);$ $100 \text{ mm} < s_o < 150 \text{ mm}$ Só é permitido realizar emenda de barras nos pilares através de traspasse se os mesmos estiverem na região central da coluna, devendo ser utilizados estribos fechados de confinamento ou espirais em toda a região do traspasse.	
--	-----	--	----------	---	--

Apêndice C - Questionário

Encontra-se atualmente em fase de desenvolvimento na FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - Portugal, no âmbito de uma tese de doutoramento, um estudo visando a avaliação sísmica do parque edificado no Brasil, com a finalidade de produzir conhecimento que possa ser aplicado futuramente no aperfeiçoamento de Normas de Engenharia, ou mesmo para apoiar a elaboração de projetos de sistemas estruturais em situações em que o risco sísmico deva ser levado em consideração.

Este trabalho de investigação está sendo desenvolvido pelo doutorando Paulo de Souza Tavares Miranda, professor do IFCE – Campus Juazeiro, sob orientação do Prof. Dr. Humberto Varum e co-orientação do Prof. Dr. Nelson Vila Pouca.

Entre os subsídios para a elaboração da tese, são de importância fundamental dados estatísticos sobre as considerações e modelos de análise adotados nas **estruturas de concreto dos edifícios projetados nos últimos dez anos no Brasil**. Tais informações serão coletadas através deste questionário enviado aos principais profissionais e escritórios de projetos de estruturas de concreto do Brasil. A partir das respostas será traçado o perfil dos projetos estruturais de edifícios em concreto brasileiros com relação às ações sísmicas.

Este questionário possui caráter exclusivamente acadêmico e as respostas individuais não serão divulgadas.

Esperando contar com sua valiosa colaboração, desde já agradecemos sua atenção.

Dados

Nome:			
Empresa:			
Tempo de atuação no mercado (como projetista):			
Você é envolvido em atividades acadêmicas (professor, pesquisador etc.)?			

Perguntas

Aspectos gerais

1. Em quais Estados brasileiros você já desenvolveu projetos de estruturas de edifícios em concreto?

☐	AC
☐	AL
☐	AP
☐	AM
☐	BA
☐	CE
☐	DF
☐	ES
☐	GO

☐	MA
☐	MT
☐	MS
☐	MG
☐	PA
☐	PB
☐	PR
☐	PE
☐	PI

☐	RJ
☐	RN
☐	RS
☐	RO
☐	RR
☐	SC
☐	SP
☐	SE
☐	TO

Estrutura global do edifício

2. Enumere em ordem de frequência os sistemas estruturais que você mais utiliza em seus projetos de estruturas de edifícios:

- | | |
|--------------------------|---|
| ☐ | Estrutura em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes treliçadas |
| ☐ | Estruturas em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes maciças |
| ☐ | Estruturas em pórtico (pilares e vigas) de concreto e lajes nervuradas |
| ☐ | Estrutura em concreto pré-moldado (fundações, pilares, vigas, lajes etc.) |
| ☐ | Estrutura em pilares de concreto e lajes lisas ou cogumelo |

3. Nos edifícios de concreto de múltiplos pavimentos projetados por você, o térreo possui fechamento de alvenaria entre pilares?

- | | |
|--|--|
| ☐ nunca | ☐ entre 51% e 75% dos casos |
| ☐ em até 25% dos casos | ☐ entre 76% e 99% dos casos |
| ☐ entre 26% e 50% dos casos | ☐ sempre |

4. Em que porcentagem estimada, os edifícios de concreto projetados por você apresentam:

- | | |
|--------------------------|---|
| ☐ | redução de áreas dos pavimentos ao longo da altura; |
| ☐ | pavimentos em forma de L, H, T ou U. |

5. Em que tipo de estruturas você considera o efeito das ações de vento? (mais de uma opção pode ser marcada)

- | | |
|--|---|
| ☐ até 4 pavimentos | ☐ entre 13 e 20 pavimentos |
| ☐ entre 5 e 8 pavimentos | ☐ acima de 20 pavimentos |
| ☐ entre 9 e 12 pavimentos | |

Detalhamentos

6. Em seus projetos de estruturas de edifícios em concreto você adota detalhamento de estribos abertos na região dos nós (vigas x pilares) de forma a facilitar a montagem das armaduras?

- | | |
|--|--|
| ☐ nunca | ☐ entre 51% e 75% dos casos |
| ☐ em até 25% dos casos | ☐ entre 76% e 99% dos casos |
| ☐ entre 26% e 50% dos casos | ☐ sempre |

7. Além dos cuidados exigidos na NBR 6118:2014, em que porcentagem aproximada, você recomenda em seus projetos de estruturas de concreto algum dos detalhamentos específicos a seguir?

- | | |
|--------------------------|--|
| ☐ | Cuidados adicionais na posição e comprimento dos traspasses; |
| ☐ | Cuidados adicionais na forma e comprimento das ancoragens; |
| ☐ | Adoção de concentração de estribos para confinamento do concreto |
| ☐ | Outro tipo específico de cuidado. |

Descreva o tipo de cuidado específico:

Ações sísmicas

8. Qual seu nível de conhecimento da NBR 15421:2006?

☐ Nenhum ☐ Superficial ☐ Intermediário ☐ Profundo

9. Em que porcentagem estimada você considera em seus projetos de estruturas de concreto as recomendações da NBR 15421:2006 – projeto de estruturas resistentes a sismos?

☐ nunca ☐ entre 51% e 75% dos casos
☐ em até 25% dos casos ☐ entre 76% e 99% dos casos
☐ entre 26% e 50% dos casos ☐ sempre

10. Por qual motivo você não considera as recomendações da NBR 15421:2006 em seus projetos?

(Responder caso a resposta do item 9 seja “nunca”)

☐ Desconhecimento da Norma;
☐ Consideração de que os esforços devido ao vento superam os esforços sísmicos;
☐ Ausência de abalos sísmicos de elevada magnitude no Brasil.
☐ Outro motivo: _____

Os itens a seguir deverão ser respondidos caso a resposta do item 9 não seja “nunca”

11. Em que tipo de estruturas você considera o efeito das ações sísmicas? (mais de uma opção pode ser marcada)

☐ até 4 pavimentos ☐ entre 13 e 20 pavimentos
☐ entre 5 e 8 pavimentos ☐ acima de 20 pavimentos
☐ entre 9 e 12 pavimentos

12. Que ferramentas computacionais você utiliza na análise de ações sísmicas em seus projetos?

13. Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos de estruturas de concreto nas estruturas de categoria sísmica A?

☐ Nenhum método de análise é adotado;
☐ Método das forças horizontais simplificado ($F_x=0,01.W_x$);
☐ Método das forças horizontais equivalentes;
☐ Método espectral;
☐ Histórico de acelerações no tempo;
☐ Outro método não especificado na NBR 15421:2006:
 (_____)

14. Em estruturas de categoria sísmica B e C, você adota que cuidados no lançamento da estrutura de concreto? (mais de uma opção pode ser marcada):

☐ Sistemas com descontinuidades bruscas de rigidez ou de resistência em planta ou em elevação são evitados;
☐ Assimetrias significativas de massa e de rigidez são evitadas;
☐ São utilizados sistemas estruturais apresentando redundância, através de várias linhas de elementos sismo-resistentes verticais, conectados entre si por diafragmas horizontais de elevada capacidade de dissipação de energia;

- ☐ Todas as partes da estrutura são adequadamente conectadas ao sistema estrutural sísmo-resistente principal;
- ☐ As lajes são dimensionadas como diafragmas rígidos;
- ☐ Nenhum tipo de cuidado é adotado.

15. Que modelo de análise de ações sísmicas você adota em seus projetos nas estruturas de concreto de categorias sísmicas B e C?

- ☐ Método das forças horizontais equivalentes;
- ☐ Método espectral;
- ☐ Histórico de acelerações no tempo;
- ☐ Outro método não especificado na NBR 15421:2006:
(_____)

16. Ao considerar as ações sísmicas você adota cuidados específicos nos detalhamentos de seus projetos de estruturas de concreto?

- ☐ Sim ☐ Não

17. Caso a resposta do item 16 seja “sim”, que cuidados são estes e que Norma você usa como base para os detalhamentos sísmicos?

OBS: Favor citar os cuidados e preencher o quadro com a legenda específica de cada Norma.

- ☐ Cuidado 1: _____
- ☐ Cuidado 2: _____
- ☐ Cuidado 3: _____
- ☐ Cuidado 4: _____
- ☐ Cuidado 5: _____
- ☐ Cuidado 6: _____

Legenda:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. EUROCÓDIGO 8 (Europeia) | 6. NEC-11 (Equatoriana) |
| 2. ACI-318 (Americana) | 7. E.030 (Peruana) |
| 3. INPRES-CIRSOC (Argentina) | 8. COVENIN 1756-1 (Venezuelana) |
| 4. NCh 433 (Chilena) | 9. NBDS (Boliviana) |
| 5. NSR-10 (Colombiana) | 10. Outra: _____ |

18. Em que porcentagem estimada, você considera em seus projetos de estruturas de concreto resistentes a sismos, os requisitos para componentes não-estruturais da NBR 15421:2006?

- | | |
|--|--|
| ☐ nunca | ☐ entre 51% e 75% dos casos |
| ☐ em até 25% dos casos | ☐ entre 76% e 99% dos casos |
| ☐ entre 26% e 50% dos casos | ☐ sempre |

Obrigado por sua colaboração.

Quer ser informado regularmente sobre os resultados e conclusões deste trabalho?

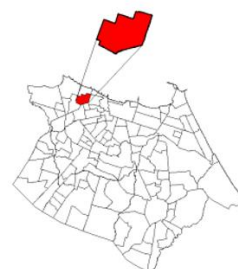
- ☐ Sim ☐ Não

Apêndice D - Características do parque edificado dos bairros de Fortaleza

Álvaro Weyne



área territorial: 1,43 km² (0,45% da cidade)
 população em 2017: 25384 (0,97% da cidade)
 n°. de edifícios: 47 (0,53% da cidade)
 n°. de residências: 5096 (1,45% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 49,31% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 50,69% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4		8,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	8,51%
1978 a 1987	3	0	0	0	0	NB-1:1978	3		6,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	6,38%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	5	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5		10,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	10,64%
2003 a 2005	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4		8,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,51%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	30	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31		63,83%	2,13%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	65,96%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	46	1	0	0	0	diversas	47		97,87%	2,13%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.1. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Álvaro Weyne

Aerolândia

área territorial: 1,10 km² (0,35% da cidade)
população em 2017: 12172 (0,46% da cidade)
nº. de edifícios: 15 (0,17% da cidade)
nº. de residências: 1928 (0,55% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 34,09% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 65,91% do bairro



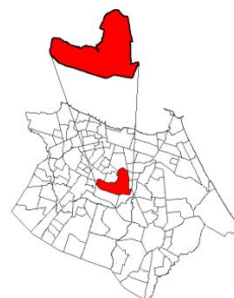
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	4	7	0	0	0	NB-1:1978	11		26,67%	46,67%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	73,33%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	4	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	4		26,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	26,67%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	8	7	0	0	0	diversas	15		53,33%	46,67%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.2. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aerolândia

Aeroporto



área territorial: 6,13 km² (1,94% da cidade)
 população em 2017: 9234 (0,35% da cidade)
 n°. de edifícios: 2 (0,02% da cidade)
 n°. de residências: 817 (0,23% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 22,41% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 77,59% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	2	0	0	0	0	diversas	2

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	50,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	50,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.3. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aeroporto

Aldeota



área territorial: 3,88 km² (1,23% da cidade)
população em 2017: 45389 (1,73 % da cidade)
nº. de edifícios: 591 (6,55% da cidade)
nº. de residências: 2934 (0,83% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 87,83% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 12,17% do bairro



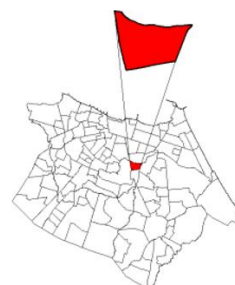
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	5	0	0	0	0	NB-1:1940	5		0,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,85%
1960 a 1977	68	3	2	0	0	NB-1:1960	73		11,51%	0,51%	0,34%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	12,35%
1978 a 1987	35	61	64	17	1	NB-1:1978	178		5,92%	10,32%	10,83%	2,88%	0,17%	NB-1:1978	30,12%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	11	21	56	131	30	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	249		1,86%	3,55%	9,48%	22,17%	5,08%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	42,13%
2003 a 2005	0	1	0	9	13	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	23		0,00%	0,17%	0,00%	1,52%	2,20%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,89%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	2	0	1	8	47	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	58		0,34%	0,00%	0,17%	1,35%	7,95%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,81%
2014 a 2017	0	0	0	1	4	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5		0,00%	0,00%	0,00%	0,17%	0,68%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,85%
1940 a 2017	121	86	123	166	95	diversas	591		20,47%	14,55%	20,81%	28,09%	16,07%	diversas	100,00%

Figura AP.4. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Aldeota

Alto da Balança



área territorial: 0,92 km² (0,29% da cidade)
população em 2017: 13730 (0,52% da cidade)
nº. de edifícios: 12 (0,14% da cidade)
nº. de residências: 3108 (0,88% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 34,32% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 65,68% do bairro



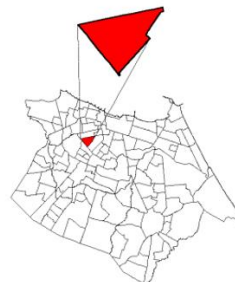
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	12	0	0	0	0	diversas	12

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	16,67%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	58,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	58,33%
2003 a 2005	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16,67%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.5. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Alto da Balança

Amadeu Furtado

área territorial: 0,93 km² (0,29% da cidade)
 população em 2017: 12540 (0,48% da cidade)
 n°. de edifícios: 35 (0,40% da cidade)
 n°. de residências: 2822 (0,80% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 35,27% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 64,73% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	2	0	0	0	0	NB-1:1940	2	1940 a 1959	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	5,71%
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1	1960 a 1977	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	2,86%
1978 a 1987	10	1	0	0	0	NB-1:1978	11	1978 a 1987	28,57%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	31,43%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	4	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5	1988 a 2002	11,43%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	14,29%
2003 a 2005	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5	2003 a 2005	14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14,29%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	3	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9	2006 a 2013	17,14%	8,57%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,71%
2014 a 2017	1	1	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2	2014 a 2017	2,86%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,71%
1940 a 2017	29	6	0	0	0	diversas	35	1940 a 2017	82,86%	17,14%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.6. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Amadeu Furtado

Ancuri



área territorial: 2,17 km² (0,69% da cidade)
população em 2017: 21505 (0,82% da cidade)
nº. de edifícios: 0 (0,00% da cidade)
nº. de residências: 183 (0,05% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 19,38% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 80,62% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	0	0	0	0	diversas	0

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	0,00%

Figura AP.7. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Ancuri

Antônio Bezerra

área territorial: 2,19 km² (0,69% da cidade)
população em 2017: 27694 (1,05% da cidade)
nº. de edifícios: 43 (0,49% da cidade)
nº. de residências: 5245 (1,49% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 47,94% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 52,06% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0	1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	3	0	0	0	0	NB-1:1960	3	1960 a 1977	6,98%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	6,98%
1978 a 1987	13	0	0	0	0	NB-1:1978	13	1978 a 1987	30,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	30,23%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	9	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	9	1988 a 2002	20,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	20,93%
2003 a 2005	7	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	7	2003 a 2005	16,28%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16,28%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7	3	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10	2006 a 2013	16,28%	6,98%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	23,26%
2014 a 2017	0	1	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1	2014 a 2017	0,00%	2,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,33%
1940 a 2017	39	4	0	0	0	diversas	43	1940 a 2017	90,70%	9,30%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.8. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Antônio Bezerra

Autran Nunes

área territorial: 0,99 km² (0,32% da cidade)
 população em 2017: 22724 (0,86% da cidade)
 n°. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
 n°. de residências: 2259 (0,64% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 51,26% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 48,74% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	6	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	6
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	6	0	0	0	0	diversas	6

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	100,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.9. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Autran Nunes

Barra do Ceará

área territorial: 4,10 km² (1,30% da cidade)
população em 2017: 77600 (2,95% da cidade)
no. de edifícios: 47 (0,53% da cidade)
no. de residências: 6359 (1,80% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 54,25% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 45,75% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	8	0	0	0	0	NB-1:1960	8		17,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	17,02%
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4		8,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	8,51%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	4	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	4		8,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8,51%
2003 a 2005	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6		12,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12,77%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	24	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	24		51,06%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	51,06%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		2,13%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,13%
1940 a 2017	47	0	0	0	0	diversas	47		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.10. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Barra do Ceará

Barroso



área territorial: 3,43 km² (1,09% da cidade)
população em 2017: 31981 (1,22% da cidade)
nº. de edifícios: 44 (0,50% da cidade)
nº. de residências: 2650 (0,75% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 33,25% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 66,75% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	19	0	0	0	0	NB-1:1978	19
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	8	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	17	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	44	0	0	0	0	diversas	44

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	43,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	43,18%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	18,18%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	38,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	38,64%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.11. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Barroso

Bela Vista

área territorial: 0,97 km² (0,31% da cidade)
população em 2017: 17952 (0,68% da cidade)
nº. de edifícios: 83 (0,94% da cidade)
nº. de residências: 3165 (0,90% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 56,69% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 43,31% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	22	11	0	0	0	NB-1:1978	33		26,51%	13,25%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	39,76%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	9	27	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	36		10,84%	32,53%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	43,37%
2003 a 2005	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4		4,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,82%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	6	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8		7,23%	2,41%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,64%
2014 a 2017	2	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		2,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,41%
1940 a 2017	43	40	0	0	0	diversas	83		51,81%	48,19%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.12. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bela Vista

Benfica



área territorial: 1,45 km² (0,46% da cidade)
população em 2017: 9611 (0,37% da cidade)
nº. de edifícios: 83 (0,94% da cidade)
nº. de residências: 2563 (0,73% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 58,25% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 41,75% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1	1940 a 1959	1,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,20%
1960 a 1977	10	0	0	0	0	NB-1:1960	10	1960 a 1977	12,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	12,05%
1978 a 1987	23	6	6	0	0	NB-1:1978	35	1978 a 1987	27,71%	7,23%	7,23%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	42,17%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	5	1	7	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	18	1988 a 2002	6,02%	6,02%	1,20%	8,43%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21,69%
2003 a 2005	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3	2003 a 2005	3,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,61%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	4	0	3	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13	2006 a 2013	7,23%	4,82%	0,00%	3,61%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15,66%
2014 a 2017	0	0	0	3	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	3,61%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,61%
1940 a 2017	48	15	7	13	0	diversas	83	1940 a 2017	57,83%	18,07%	8,43%	15,66%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.13. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Benfica

Boa Vista

área territorial: 3,16 km² (1,00% da cidade)
população em 2017: 6721 (0,26% da cidade)
nº. de edifícios: 28 (0,32% da cidade)
nº. de residências: 2235 (0,63% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 38,32% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 61,68% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	10
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	18	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	28	0	0	0	0	diversas	28

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	35,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35,71%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	64,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	64,29%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.14. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Boa Vista

Bom Futuro



área territorial: 0,38 km² (0,12% da cidade)
população em 2017: 6863 (0,26% da cidade)
nº. de edifícios: 27 (0,31% da cidade)
nº. de residências: 1490 (0,42% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 51,03% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 48,97% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	16	0	0	0	0	NB-1:1978	16		59,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	59,26%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	3	2	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5		11,11%	7,41%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	18,52%
2003 a 2005	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4		14,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14,81%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		7,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7,41%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	25	2	0	0	0	diversas	27		92,59%	7,41%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.15. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bom Futuro

Bom Jardim

área territorial: 2,42km² (0,77% da cidade)
população em 2017: 40457 (1,54% da cidade)
nº. de edifícios: 29 (0,33% da cidade)
nº. de residências: 4257 (1,21% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 53,75% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 46,25% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	22	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	22		75,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	75,86%
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		6,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6,90%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4		13,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13,79%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		3,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,45%
1940 a 2017	29	0	0	0	0	diversas	29		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.16. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bom Jardim

Bonsucesso



área territorial: 2,52km² (0,80% da cidade)
população em 2017: 44143 (1,68% da cidade)
nº. de edifícios: 31 (0,35% da cidade)
nº. de residências: 6112 (1,73% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 55,58% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 44,42% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	20	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	20
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	31	0	0	0	0	diversas	31

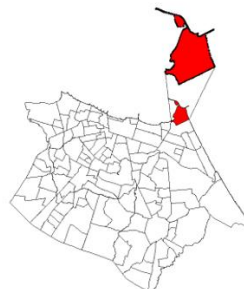
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	12,90%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	12,90%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	64,52%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	64,52%
2003 a 2005	3,23%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,23%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	19,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	19,35%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.17. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Bonsucesso

Cais do Porto



área territorial: 2,56km² (0,81% da cidade)
população em 2017: 23982 (0,91% da cidade)
nº. de edifícios: 4 (0,05% da cidade)
nº. de residências: 2025 (0,57% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 56,04% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 43,96% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	3	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	1	0	0	3	0	diversas	4

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	75,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	75,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	25,00%	0,00%	0,00%	75,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.18. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cais do Porto

Cajazeiras



área territorial: 3,38km² (1,07% da cidade)
 população em 2017: 15513 (0,59% da cidade)
 n°. de edifícios: 119 (1,34% da cidade)
 n°. de residências: 1670 (0,47% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 68,21% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 31,79% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	51	0	0	0	0	NB-1:1978	51
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	62	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	62
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	117	2	0	0	0	diversas	119

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	42,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	42,86%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	52,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	52,10%
2003 a 2005	0,84%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,84%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1,68%	1,68%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,36%
2014 a 2017	0,84%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,84%
1940 a 2017	98,32%	1,68%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.19. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cajazeiras

Cambeba



área territorial: 2,72km² (0,86% da cidade)
população em 2017: 8170 (0,31% da cidade)
nº. de edifícios: 59 (0,67% da cidade)
nº. de residências: 1555 (0,44% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 55,21% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 44,79% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	11	0	0	0	0	NB-1:1978	11		18,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	18,64%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	17	3	0	0	1	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21		28,81%	5,08%	0,00%	0,00%	1,69%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35,59%
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		1,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1,69%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	6	0	18	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25		1,69%	10,17%	0,00%	30,51%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	42,37%
2014 a 2017	0	1	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		0,00%	1,69%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,69%
1940 a 2017	30	10	0	18	1	diversas	59		50,85%	16,95%	0,00%	30,51%	1,69%	diversas	100,00%

Figura AP.20. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cambeba

Canindezinho



área territorial: 3,77km² (1,20% da cidade)
população em 2017: 44147 (1,68% da cidade)
nº. de edifícios: 4 (0,05% da cidade)
nº. de residências: 2362 (0,67% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 43,37% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 56,63% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	4	0	0	0	0	diversas	4

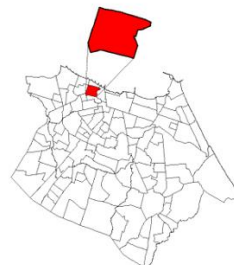
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	100,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.21. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Canindezinho

Carlito Pamplona



área territorial: 1,36km² (0,43% da cidade)
população em 2017: 31155 (1,19% da cidade)
nº. de edifícios: 43 (0,49% da cidade)
nº. de residências: 4762 (1,35% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 52,40% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 47,60% do bairro

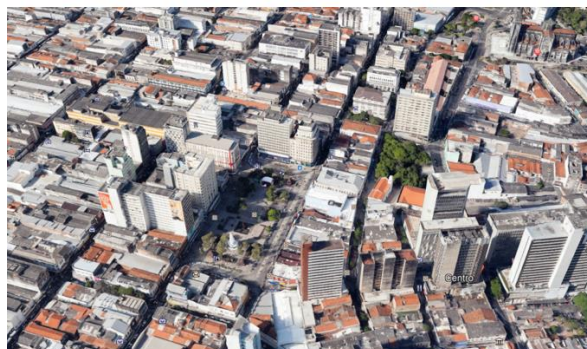


	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	3	0	0	0	0	NB-1:1960	3
1978 a 1987	15	1	1	0	0	NB-1:1978	17
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10	4	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	14
2003 a 2005	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	35	7	1	0	0	diversas	43

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	6,98%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	6,98%
1978 a 1987	34,88%	2,33%	2,33%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	39,53%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	23,26%	9,30%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32,56%
2003 a 2005	13,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	13,95%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2,33%	4,65%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6,98%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	81,40%	16,28%	2,33%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.22. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Carlito Pamplona

Centro



área territorial: 4,86km² (1,54% da cidade)
 população em 2017: 30578 (1,16% da cidade)
 n°. de edifícios: 245 (2,77% da cidade)
 n°. de residências: 5910 (1,68% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 52,40% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 47,60% do bairro

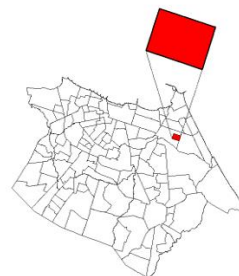


	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	22	3	2	0	0	NB-1:1940	27		8,98%	1,22%	0,82%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	11,02%
1960 a 1977	31	1	3	0	0	NB-1:1960	35		12,65%	0,41%	1,22%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	14,29%
1978 a 1987	40	8	4	4	0	NB-1:1978	56		16,33%	3,27%	1,63%	1,63%	0,00%	NB-1:1978	22,86%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	52	15	5	7	4	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	83		21,22%	6,12%	2,04%	2,86%	1,63%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	33,88%
2003 a 2005	9	3	0	2	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16		3,67%	1,22%	0,00%	0,82%	0,82%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6,53%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	7	4	3	4	5	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	23		2,86%	1,63%	1,22%	1,63%	2,04%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,39%
2014 a 2017	2	0	0	2	1	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5		0,82%	0,00%	0,00%	0,82%	0,41%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,04%
1940 a 2017	163	34	17	19	12	diversas	245		66,53%	13,88%	6,94%	7,76%	4,90%	diversas	100,00%

Figura AP.23. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Centro

Cidade 2000

área territorial: 0,50km² (0,16% da cidade)
população em 2017: 8863 (0,34% da cidade)
nº. de edifícios: 12 (0,14% da cidade)
nº. de residências: 2238 (0,64% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 31,88% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 68,12% do bairro



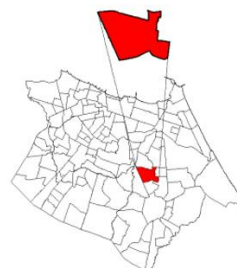
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2		16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	16,67%
1978 a 1987	2	2	0	0	0	NB-1:1978	4		16,67%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	33,33%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	1	0	0	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2		8,33%	0,00%	0,00%	8,33%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	16,67%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	16,67%
2014 a 2017	0	0	0	2	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		0,00%	0,00%	0,00%	16,67%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	16,67%
1940 a 2017	7	2	0	3	0	diversas	12		58,33%	16,67%	0,00%	25,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.24. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cidade 2000

Cidade dos Funcionários



área territorial: 2,81km² (0,89% da cidade)
 população em 2017: 19561 (0,74% da cidade)
 n°. de edifícios: 84 (0,95% da cidade)
 n°. de residências: 3679 (1,04% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 39,83% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 60,17% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1
1978 a 1987	32	15	0	0	0	NB-1:1978	47
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	22	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23
2003 a 2005	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	66	16	0	2	0	diversas	84
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1,19%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	1,19%
1978 a 1987	38,10%	17,86%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	55,95%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	26,19%	1,19%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	27,38%
2003 a 2005	5,95%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,95%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7,14%	0,00%	0,00%	2,38%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,52%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	78,57%	19,05%	0,00%	2,38%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.25. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cidade dos Funcionários

Coaçu

área territorial: 1,67km² (0,53% da cidade)
população em 2017: 7702 (0,29% da cidade)
nº. de edifícios: 0 (0,00% da cidade)
nº. de residências: 954 (0,27% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 25,66% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 74,34% do bairro



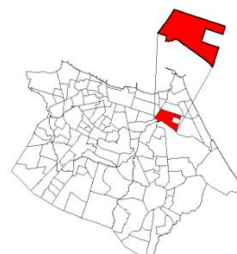
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0	0	0	0	0	diversas	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	0,00%

Figura AP.26. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Coaçu

Cocó



área territorial: 3,28km² (1,04% da cidade)
 população em 2017: 21957 (0,84% da cidade)
 n°. de edifícios: 267 (3,02% da cidade)
 n°. de residências: 418 (0,12% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 95,39% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 4,61% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4		1,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	1,50%
1978 a 1987	16	25	15	7	0	NB-1:1978	63		5,99%	9,36%	5,62%	2,62%	0,00%	NB-1:1978	23,60%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	17	30	44	20	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	116		1,87%	6,37%	11,24%	16,48%	7,49%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	43,45%
2003 a 2005	2	1	0	8	18	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	29		0,75%	0,37%	0,00%	3,00%	6,74%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,86%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	2	12	28	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	43		0,37%	0,00%	0,75%	4,49%	10,49%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	16,10%
2014 a 2017	0	0	0	0	12	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,49%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,49%
1940 a 2017	28	43	47	71	78	diversas	267		10,49%	16,10%	17,60%	26,59%	29,21%	diversas	100,00%

Figura AP.27. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cocó

Conjunto Ceará I

área territorial: 1,57km² (0,50% da cidade)
população em 2017: 20595 (0,78% da cidade)
nº. de edifícios: 4 (0,05% da cidade)
nº. de residências: 4049 (1,15% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 48,17% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 51,83% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	4	0	0	0	0	diversas	4

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	75,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	75,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.28. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Ceará I

Conjunto Ceará II



área territorial: 1,83km² (0,58% da cidade)
população em 2017: 25365 (0,97% da cidade)
nº. de edifícios: 0 (0,00% da cidade)
nº. de residências: 4947 (1,40% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 48,02% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 51,98% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	0	0	0	0	diversas	0

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	0,00%

Figura AP.29. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Ceará II

Conjunto Esperança



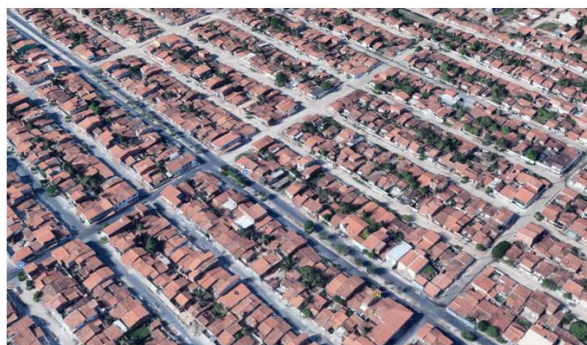
área territorial: 1,11km² (0,35% da cidade)
população em 2017: 17578 (0,67% da cidade)
nº. de edifícios: 152 (1,72% da cidade)
nº. de residências: 1690 (0,48% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 64,54% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 35,46% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	106	0	0	0	0	NB-1:1978	106		69,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	69,74%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	32	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32		21,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21,05%
2003 a 2005	14	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14		9,21%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	9,21%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	152	0	0	0	0	diversas	152		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.30. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Esperança

Conjunto Palmeiras



área territorial: 3,87km² (1,23% da cidade)
população em 2017: 39215 (1,49% da cidade)
nº. de edifícios: 0 (0,00% da cidade)
nº. de residências: 5128 (1,46% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 1,75% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 98,25% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	0	0	0	0	diversas	0

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	0,00%

Figura AP.31. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Conjunto Palmeiras

Couto Fernandes

área territorial: 0,34km² (0,11% da cidade)
população em 2017: 5636 (0,21% da cidade)
nº. de edifícios: 26 (0,29% da cidade)
nº. de residências: 605 (0,17% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 64,74% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 35,26% do bairro



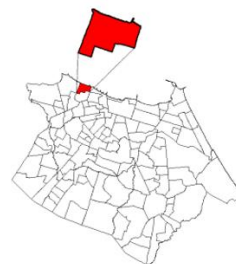
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0	1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0	1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4	1978 a 1987	15,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	15,38%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10	7	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	17	1988 a 2002	38,46%	26,92%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	65,38%
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1	2003 a 2005	3,85%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,85%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	3	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4	2006 a 2013	3,85%	11,54%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15,38%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	16	10	0	0	0	diversas	26	1940 a 2017	61,54%	38,46%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.32. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Couto Fernandes

Cristo Redentor



área territorial: 1,18km² (0,37% da cidade)
população em 2017: 28627 (1,09% da cidade)
nº. de edifícios: 35 (0,40% da cidade)
nº. de residências: 4449 (1,26% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 61,22% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 38,78% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3		8,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,57%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	32	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	32		91,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	91,43%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	35	0	0	0	0	diversas	35		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.33. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Cristo Redentor

Curió



área territorial: 0,65km² (0,21% da cidade)
população em 2017: 8182 (0,31% da cidade)
nº. de edifícios: 19 (0,21% da cidade)
nº. de residências: 961 (0,27% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 26,51% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 73,49% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1		5,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5,26%
2003 a 2005	8	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8		42,11%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	42,11%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4		21,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	21,05%
2014 a 2017	6	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6		31,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31,58%
1940 a 2017	19	0	0	0	0	diversas	19		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.34. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Curió

Damas



área territorial: 0,87km² (0,28% da cidade)
população em 2017: 11485 (0,44% da cidade)
nº. de edifícios: 70 (0,79% da cidade)
nº. de residências: 1649 (0,47% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 61,01% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 38,99% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2
1978 a 1987	19	0	0	2	0	NB-1:1978	21
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	12	20	0	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	33
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	2	3	4	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12
2014 a 2017	0	0	0	1	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	37	22	3	8	0	diversas	70

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	2,86%
1978 a 1987	27,14%	0,00%	0,00%	2,86%	0,00%	NB-1:1978	30,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	17,14%	28,57%	0,00%	1,43%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	47,14%
2003 a 2005	1,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1,43%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4,29%	2,86%	4,29%	5,71%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17,14%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	1,43%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,43%
1940 a 2017	52,86%	31,43%	4,29%	11,43%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.35. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Damas

De Lourdes



área territorial: 1,36km² (0,43% da cidade)
 população em 2017: 3611 (0,14% da cidade)
 n°. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
 n°. de residências: 603 (0,17% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 65,26% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 34,74% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	2	0	0	0	NB-1:1978	2
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	2	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	2	0	4	0	diversas	6

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	33,33%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	33,33%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	33,33%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	33,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	33,33%	0,00%	66,67%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.36. Perfil dos edifícios residenciais do bairro De Lourdes

Demócrito Rocha



área territorial: 0,80km² (0,25% da cidade)
 população em 2017: 11780 (0,45% da cidade)
 n°. de edifícios: 16 (0,18% da cidade)
 n°. de residências: 2529 (0,72% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 55,03% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 44,97% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	2	0	0	0	0	NB-1:1978	2
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	6	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	6
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	16	0	0	0	0	diversas	16

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	12,50%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	37,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	37,50%
2003 a 2005	6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6,25%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	43,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	43,75%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.37. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Demócrito Rocha

Dendê

área territorial: 1,96km² (0,62% da cidade)
população em 2017: 6040 (0,23% da cidade)
nº. de edifícios: 46 (0,52% da cidade)
nº. de residências: 632 (0,18% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 55,65% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 44,35% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	1	4	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5		2,17%	8,70%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	10,87%
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		4,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,35%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	38	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	39		82,61%	2,17%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	84,78%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	41	5	0	0	0	diversas	46		89,13%	10,87%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.38. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dendê

Dias Macêdo



área territorial: 1,53km² (0,49% da cidade)
 população em 2017: 12977 (0,49% da cidade)
 n°. de edifícios: 51 (0,58% da cidade)
 n°. de residências: 2140 (0,61% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 45,08% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 54,92% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	12	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	12		23,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23,53%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3		5,88%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,88%
2014 a 2017	36	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	36		70,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	70,59%
1940 a 2017	51	0	0	0	0	diversas	51		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.39. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dias Macêdo

Dionísio Torres

área territorial: 1,72km² (0,55% da cidade)
população em 2017: 16752 (0,64% da cidade)
nº. de edifícios: 260 (2,94% da cidade)
nº. de residências: 1368 (0,39% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 78,51% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 21,49% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1	1940 a 1959	0,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,38%
1960 a 1977	67	0	0	0	0	NB-1:1960	67	1960 a 1977	25,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	25,77%
1978 a 1987	17	20	19	9	0	NB-1:1978	65	1978 a 1987	6,54%	7,69%	7,31%	3,46%	0,00%	NB-1:1978	25,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	7	23	42	8	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	85	1988 a 2002	1,92%	2,69%	8,85%	16,15%	3,08%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32,69%
2003 a 2005	1	0	0	2	3	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6	2003 a 2005	0,38%	0,00%	0,00%	0,77%	1,15%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,31%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	19	0	2	4	9	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	34	2006 a 2013	7,31%	0,00%	0,77%	1,54%	3,46%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13,08%
2014 a 2017	0	0	0	0	2	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,77%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,77%
1940 a 2017	110	27	44	57	22	diversas	260	1940 a 2017	42,31%	10,38%	16,92%	21,92%	8,46%	diversas	100,00%

Figura AP.40. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dionísio Torres

Dom Lustosa



área territorial: 1,19km² (0,38% da cidade)
população em 2017: 14087 (0,54% da cidade)
nº. de edifícios: 34 (0,38% da cidade)
nº. de residências: 2193 (0,62% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 58,30% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 41,70% do bairro

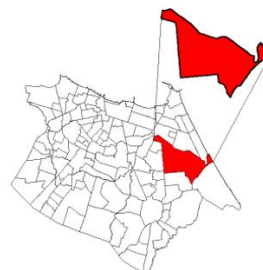


	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1		2,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	2,94%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	22	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	22		64,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	64,71%
2003 a 2005	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3		8,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,82%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	7	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7		20,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	20,59%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		2,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,94%
1940 a 2017	34	0	0	0	0	diversas	34		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.41. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Dom Lustosa

Edson Queiroz

área territorial: 13,80km² (4,38% da cidade)
população em 2017: 23798 (0,91% da cidade)
nº. de edifícios: 70 (0,79% da cidade)
nº. de residências: 3367 (0,96% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 51,81% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 48,19% do bairro



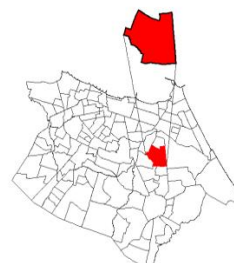
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	21	4	0	0	0	NB-1:1978	25		30,00%	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	35,71%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	24	4	5	2	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35		34,29%	5,71%	7,14%	2,86%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	50,00%
2003 a 2005	0	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		0,00%	0,00%	0,00%	2,86%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,86%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	0	0	4	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7		4,29%	0,00%	0,00%	5,71%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,00%
2014 a 2017	0	0	0	1	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		0,00%	0,00%	0,00%	1,43%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,43%
1940 a 2017	48	8	5	9	0	diversas	70		68,57%	11,43%	7,14%	12,86%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.42. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Edson Queiroz

Eng. Luciano Cavalcante



área territorial: 3,84km² (1,22% da cidade)
 população em 2017: 16654 (0,63% da cidade)
 n°. de edifícios: 92 (1,04% da cidade)
 n°. de residências: 3243 (0,92% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 64,49% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 35,51% do bairro



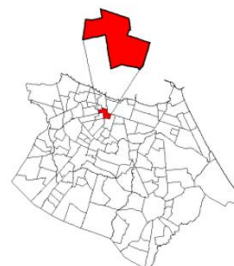
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4		4,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	4,35%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	19	5	2	6	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32		20,65%	5,43%	2,17%	6,52%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	34,78%
2003 a 2005	4	2	1	4	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	11		4,35%	2,17%	1,09%	4,35%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	11,96%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	6	2	0	20	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	28		6,52%	2,17%	0,00%	21,74%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	30,43%
2014 a 2017	0	0	0	17	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17		0,00%	0,00%	0,00%	18,48%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18,48%
1940 a 2017	33	9	3	47	0	diversas	92		35,87%	9,78%	3,26%	51,09%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.43. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Engenheiro Luciano Cavalcante

Farias Brito



área territorial: 0,92km² (0,29% da cidade)
população em 2017: 12925 (0,49% da cidade)
nº. de edifícios: 42 (0,47% da cidade)
nº. de residências: 2559 (0,73% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 43,87% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 56,13% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	8	0	0	0	0	NB-1:1960	8		19,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	19,05%
1978 a 1987	14	1	3	2	0	NB-1:1978	20		33,33%	2,38%	7,14%	4,76%	0,00%	NB-1:1978	47,62%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	4	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5		9,52%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	11,90%
2003 a 2005	4	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5		9,52%	2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	11,90%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3		7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7,14%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		2,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,38%
1940 a 2017	34	3	3	2	0	diversas	42		80,95%	7,14%	7,14%	4,76%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.44. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Farias Brito

Fátima



área territorial: 2,85km² (0,91% da cidade)
população em 2017: 24975 (0,95% da cidade)
nº. de edifícios: 264 (2,98% da cidade)
nº. de residências: 2388 (0,68% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 74,73% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 25,27% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	3	0	0	0	0	NB-1:1940	3	1940 a 1959	1,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,14%
1960 a 1977	53	2	1	0	0	NB-1:1960	56	1960 a 1977	20,08%	0,76%	0,38%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	21,21%
1978 a 1987	59	17	17	2	0	NB-1:1978	95	1978 a 1987	22,35%	6,44%	6,44%	0,76%	0,00%	NB-1:1978	35,98%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	14	10	13	19	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	58	1988 a 2002	5,30%	3,79%	4,92%	7,20%	0,76%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21,97%
2003 a 2005	2	0	1	6	6	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	15	2003 a 2005	0,76%	0,00%	0,38%	2,27%	2,27%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,68%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	2	7	16	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31	2006 a 2013	2,27%	0,00%	0,76%	2,65%	6,06%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11,74%
2014 a 2017	0	0	0	1	5	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,38%	1,89%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,27%
1940 a 2017	137	29	34	35	29	diversas	264	1940 a 2017	51,89%	10,98%	12,88%	13,26%	10,98%	diversas	100,00%

Figura AP.45. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Fátima

Floresta



área territorial: 1,72km² (0,54% da cidade)
população em 2017: 30962 (1,18% da cidade)
nº. de edifícios: 28 (0,32% da cidade)
nº. de residências: 4081 (1,16% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 50,91% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 49,09% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	5	0	0	0	0	NB-1:1978	5
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	2	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	18	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	28	0	0	0	0	diversas	28

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	17,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	17,86%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7,14%
2003 a 2005	10,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,71%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	64,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	64,29%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.46. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Floresta

Genibaú



área territorial: 2,17km² (0,69% da cidade)
 população em 2017: 43219 (1,64% da cidade)
 n°. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
 n°. de residências: 845 (0,24% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 54,60% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 45,40% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	5	1	0	0	0	diversas	6

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	33,33%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	50,00%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	66,67%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.47. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Genibaú

Granja Lisboa

área territorial: 4,79km² (1,52% da cidade)
população em 2017: 55762 (2,12% da cidade)
nº. de edifícios: 28 (0,32% da cidade)
nº. de residências: 5805 (1,65% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 46,42% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 53,58% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	19	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	19
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	28	0	0	0	0	diversas	28

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25,00%
2003 a 2005	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	7,14%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	67,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	67,86%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.48. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Granja Lisboa

Granja Portugal



área territorial: 2,53km² (0,80% da cidade)
população em 2017: 42485 (1,62% da cidade)
nº. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
nº. de residências: 5150 (1,46% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 50,43% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 49,57% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1		16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	16,67%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3		50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	50,00%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		33,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	33,33%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	6	0	0	0	0	diversas	6		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.49. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Granja Portugal

Guajeru



área territorial: 1,08km² (0,34% da cidade)
população em 2017: 7145 (0,27% da cidade)
nº. de edifícios: 5 (0,06% da cidade)
nº. de residências: 1393 (0,40% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 13,39% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 86,61% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	5	0	0	0	0	diversas	5

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	40,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	60,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	60,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.50. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Guajeru

Henrique Jorge



área territorial: 1,94km² (0,62% da cidade)
população em 2017: 28924 (1,10% da cidade)
nº. de edifícios: 39 (0,44% da cidade)
nº. de residências: 5358 (1,52% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 53,28% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 46,72% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	9	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	9
2003 a 2005	12	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	12	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	39	0	0	0	0	diversas	39

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	2,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	2,56%
1960 a 1977	10,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	10,26%
1978 a 1987	2,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	2,56%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	23,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23,08%
2003 a 2005	30,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	30,77%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	30,77%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	30,77%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.51. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Henrique Jorge

Itaoca

área territorial: 0,74km² (0,24% da cidade)
população em 2017: 13369 (0,51% da cidade)
nº. de edifícios: 38 (0,43% da cidade)
nº. de residências: 2711 (0,77% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 47,88% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 52,12% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	27	0	0	0	0	NB-1:1978	27		71,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	71,05%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	2	4	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	6		5,26%	10,53%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	15,79%
2003 a 2005	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3		7,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	7,89%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	1	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		2,63%	2,63%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,26%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	33	5	0	0	0	diversas	38		86,84%	13,16%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.52. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Itaoca

Itaperi



área territorial: 2,53km² (0,80% da cidade)
população em 2017: 24176 (0,92% da cidade)
nº. de edifícios: 130 (1,47% da cidade)
nº. de residências: 3846 (1,09% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 51,50% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 48,50% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4		3,08%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	3,08%
1978 a 1987	9	0	0	0	0	NB-1:1978	9		6,92%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	6,92%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	38	0	1	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	39		29,23%	0,00%	0,77%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	30,00%
2003 a 2005	55	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	55		42,31%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	42,31%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	12	6	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	20		9,23%	4,62%	0,00%	1,54%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15,38%
2014 a 2017	2	0	0	1	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3		1,54%	0,00%	0,00%	0,77%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,31%
1940 a 2017	120	6	1	3	0	diversas	130		92,31%	4,62%	0,77%	2,31%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.53. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Itaperi

Jacarecanga



área territorial: 1,26km² (0,40% da cidade)
população em 2017: 15219 (0,58% da cidade)
nº. de edifícios: 88 (0,99% da cidade)
nº. de residências: 2421 (0,69% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 59,42% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 40,58% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	2	0	0	0	0	NB-1:1940	2		2,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	2,27%
1960 a 1977	16	0	0	0	0	NB-1:1960	16		18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	18,18%
1978 a 1987	25	5	1	0	0	NB-1:1978	31		28,41%	5,68%	1,14%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	35,23%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	19	2	2	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23		21,59%	2,27%	2,27%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	26,14%
2003 a 2005	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5		5,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,68%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	4	0	0	4	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10		4,55%	0,00%	0,00%	4,55%	2,27%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11,36%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		1,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,14%
1940 a 2017	72	7	3	4	2	diversas	88		81,82%	7,95%	3,41%	4,55%	2,27%	diversas	100,00%

Figura AP.54. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jacarecanga

Jangurussu



área territorial: 9,03km² (2,87% da cidade)
população em 2017: 54088 (2,06% da cidade)
nº. de edifícios: 300 (3,39% da cidade)
nº. de residências: 9997 (2,84% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 34,95% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 65,05% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	9	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	9
2003 a 2005	140	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	140
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	15	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15
2014 a 2017	136	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	136
1940 a 2017	300	0	0	0	0	diversas	300

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3,00%
2003 a 2005	46,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	46,67%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,00%
2014 a 2017	45,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	45,33%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.55. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jangurussu

Jardim América

área territorial: 0,77km² (0,24% da cidade)
 população em 2017: 13141 (0,50% da cidade)
 n°. de edifícios: 28 (0,32% da cidade)
 n°. de residências: 2732 (0,78% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 40,18% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 59,82% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1
1978 a 1987	10	0	0	0	0	NB-1:1978	10
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	6	0	1	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7
2003 a 2005	3	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	0	1	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	24	2	2	0	0	diversas	28

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	3,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	3,57%
1960 a 1977	3,57%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	3,57%
1978 a 1987	35,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	35,71%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	21,43%	0,00%	3,57%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25,00%
2003 a 2005	10,71%	7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	17,86%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10,71%	0,00%	3,57%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	14,29%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	85,71%	7,14%	7,14%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.56. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim América

Jardim Cearense



área territorial: 0,86km² (0,27% da cidade)
 população em 2017: 10825 (0,41% da cidade)
 n°. de edifícios: 37 (0,42% da cidade)
 n°. de residências: 1944 (0,55% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 61,73% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 38,27% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	9	2	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	11
2003 a 2005	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	12	1	2	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15
2014 a 2017	0	0	5	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
1940 a 2017	27	3	7	0	0	diversas	37

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	24,32%	5,41%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	29,73%
2003 a 2005	16,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16,22%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	32,43%	2,70%	5,41%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	40,54%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	13,51%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13,51%
1940 a 2017	72,97%	8,11%	18,92%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.57. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Cearense

Jardim das Oliveiras

área territorial: 2,38km² (0,75% da cidade)
população em 2017: 31685 (1,21% da cidade)
nº. de edifícios: 12 (0,14% da cidade)
nº. de residências: 5308 (1,51% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 37,82% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 62,18% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	2	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	12	0	0	0	0	diversas	12

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	16,67%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	83,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	83,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.58. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim das Oliveiras

Jardim Guanabara



área territorial: 0,74km² (0,23% da cidade)
 população em 2017: 15986 (0,61% da cidade)
 n°. de edifícios: 11 (0,12% da cidade)
 n°. de residências: 3108 (0,88% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 62,63% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 37,37% do bairro



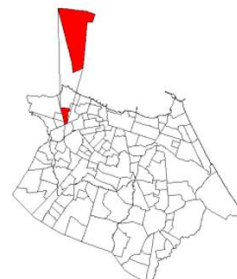
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	2	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	11	0	0	0	0	diversas	11

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	9,09%
1978 a 1987	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	9,09%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	18,18%
2003 a 2005	18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	18,18%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	45,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	45,45%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.59. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Guanabara

Jardim Iracema

área territorial: 1,10km² (0,35% da cidade)
população em 2017: 24841 (0,95% da cidade)
nº. de edifícios: 14 (0,16% da cidade)
nº. de residências: 4871 (1,38% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 53,66% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 46,34% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	2	0	0	0	0	NB-1:1978	2		14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	14,29%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3		21,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21,43%
2003 a 2005	7	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	7		50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	50,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		14,29%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	14,29%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	14	0	0	0	0	diversas	14		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.60. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jardim Iracema

José Bonifácio



área territorial: 0,89km² (0,28% da cidade)
população em 2017: 9481 (0,36% da cidade)
nº. de edifícios: 63 (0,71% da cidade)
nº. de residências: 2040 (0,58% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 52,06% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 47,94% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	2	0	0	0	0	NB-1:1940	2	1940 a 1959	3,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	3,17%
1960 a 1977	6	0	0	0	0	NB-1:1960	6	1960 a 1977	9,52%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	9,52%
1978 a 1987	7	4	5	1	0	NB-1:1978	17	1978 a 1987	11,11%	6,35%	7,94%	1,59%	0,00%	NB-1:1978	26,98%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7	1	3	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	12	1988 a 2002	11,11%	1,59%	4,76%	1,59%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	19,05%
2003 a 2005	6	0	0	1	1	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8	2003 a 2005	9,52%	0,00%	0,00%	1,59%	1,59%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12,70%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	9	0	1	0	7	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17	2006 a 2013	14,29%	0,00%	1,59%	0,00%	11,11%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	26,98%
2014 a 2017	0	1	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1	2014 a 2017	0,00%	1,59%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,59%
1940 a 2017	37	6	9	3	8	diversas	63	1940 a 2017	58,73%	9,52%	14,29%	4,76%	12,70%	diversas	100,00%

Figura AP.61. Perfil dos edifícios residenciais do bairro José Bonifácio

João XXIII

área territorial: 1,17km² (0,37% da cidade)
população em 2017: 19713 (0,75% da cidade)
nº. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
nº. de residências: 3511 (1,00% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 59,66% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 40,34% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	6	0	0	0	0	diversas	6

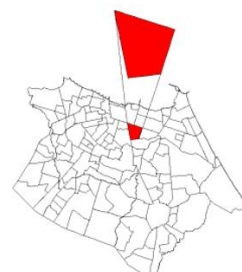
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16,67%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	83,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	83,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.62. Perfil dos edifícios residenciais do bairro João XXIII

Joaquim Távora



área territorial: 1,97km² (0,62% da cidade)
população em 2017: 25126 (0,96% da cidade)
nº. de edifícios: 215 (2,43% da cidade)
nº. de residências: 4306 (1,22% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 65,26% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 34,74% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1		0,47%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,47%
1960 a 1977	69	3	0	0	0	NB-1:1960	72		32,09%	1,40%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	33,49%
1978 a 1987	27	19	8	6	0	NB-1:1978	60		12,56%	8,84%	3,72%	2,79%	0,00%	NB-1:1978	27,91%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	16	7	9	16	3	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	51		7,44%	3,26%	4,19%	7,44%	1,40%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23,72%
2003 a 2005	4	0	1	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	7		1,86%	0,00%	0,47%	0,93%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,26%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7	3	1	5	8	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	24		3,26%	1,40%	0,47%	2,33%	3,72%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11,16%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	124	32	19	29	11	diversas	215		57,67%	14,88%	8,84%	13,49%	5,12%	diversas	100,00%

Figura AP.63. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Joaquim Távora

Jóquei Clube



área territorial: 1,70km² (0,54% da cidade)
população em 2017: 20713 (0,79% da cidade)
nº. de edifícios: 59 (0,67% da cidade)
nº. de residências: 3764 (1,07% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 64,46% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 35,54% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	22	2	0	0	0	NB-1:1978	24		37,29%	3,39%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	40,68%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	1	6	2	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	12		5,08%	1,69%	10,17%	3,39%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	20,34%
2003 a 2005	1	0	0	1	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		1,69%	0,00%	0,00%	1,69%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,39%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	9	3	0	7	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	19		15,25%	5,08%	0,00%	11,86%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	32,20%
2014 a 2017	0	0	0	2	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		0,00%	0,00%	0,00%	3,39%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,39%
1940 a 2017	35	6	6	12	0	diversas	59		59,32%	10,17%	10,17%	20,34%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.64. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Jóquei Clube

José de Alencar



área territorial: 3,13km² (0,99% da cidade)
população em 2017: 17147 (0,65% da cidade)
nº. de edifícios: 12 (0,14% da cidade)
nº. de residências: 3359 (0,95% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 22,22% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 77,78% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	4
2003 a 2005	0	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	10	2	0	0	0	diversas	12

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	25,00%	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	33,33%
2003 a 2005	0,00%	8,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,33%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	58,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	58,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	83,33%	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.65. Perfil dos edifícios residenciais do bairro José de Alencar

Lagoa Redonda



área territorial: 11,81km² (3,75% da cidade)
população em 2017: 29947 (1,14% da cidade)
nº. de edifícios: 37 (0,42% da cidade)
nº. de residências: 3483 (0,99% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 29,79% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 70,21% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	31	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	31
2003 a 2005	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	37	0	0	0	0	diversas	37

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	83,78%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	83,78%
2003 a 2005	10,81%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,81%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5,41%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,41%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.66. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Lagoa Redonda

Manoel Sátiro

área territorial: 1,13km² (0,36% da cidade)
população em 2017: 40665 (1,55% da cidade)
nº. de edifícios: 28 (0,32% da cidade)
nº. de residências: 3315 (0,94% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 45,83% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 54,17% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	14	0	0	0	0	NB-1:1978	14		50,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	50,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	2	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2		7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7,14%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10		35,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	35,71%
2014 a 2017	2	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		7,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7,14%
1940 a 2017	28	0	0	0	0	diversas	28		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.67. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Manoel Sátiro

Manuel Dias Branco

área territorial: 4,46km² (1,41% da cidade)
população em 2017: 1550 (0,06% da cidade)
nº. de edifícios: 50 (0,56% da cidade)
nº. de residências: 370 (0,11% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 87,54% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 12,46% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	14	3	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	17		28,00%	6,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	34,00%
2003 a 2005	0	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		0,00%	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	0	4	5	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9		0,00%	8,00%	10,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18,00%
2014 a 2017	1	0	18	4	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	23		2,00%	0,00%	36,00%	8,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	46,00%
1940 a 2017	15	8	23	4	0	diversas	50		30,00%	16,00%	46,00%	8,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.68. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Manuel Dias Branco

Maraponga



área territorial: 1,71km² (0,54% da cidade)
população em 2017: 10881 (0,41% da cidade)
nº. de edifícios: 101 (1,14% da cidade)
nº. de residências: 1613 (0,46% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 66,46% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 33,54% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	36	0	0	0	0	NB-1:1978	36		35,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	35,64%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	26	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	26		25,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25,74%
2003 a 2005	4	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6		3,96%	1,98%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,94%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	11	6	10	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	27		10,89%	5,94%	9,90%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	26,73%
2014 a 2017	0	1	5	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6		0,00%	0,99%	4,95%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,94%
1940 a 2017	77	9	15	0	0	diversas	101		76,24%	8,91%	14,85%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.69. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Maraponga

Meireles



área territorial: 2,58km² (0,82% da cidade)
população em 2017: 39626 (1,51% da cidade)
nº. de edifícios: 719 (8,12% da cidade)
nº. de residências: 1450 (0,41% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 95,44% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 4,56% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	10	0	1	0	0	NB-1:1940	11
1960 a 1977	84	16	4	0	0	NB-1:1960	104
1978 a 1987	12	36	45	41	3	NB-1:1978	137
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	26	15	57	158	86	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	342
2003 a 2005	0	0	1	7	27	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	35
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	1	6	13	56	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	79
2014 a 2017	0	0	0	1	10	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11
1940 a 2017	135	68	114	220	182	diversas	719

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1,39%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,53%
1960 a 1977	11,68%	2,23%	0,56%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	14,46%
1978 a 1987	1,67%	5,01%	6,26%	5,70%	0,42%	NB-1:1978	19,05%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3,62%	2,09%	7,93%	21,97%	11,96%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	47,57%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,14%	0,97%	3,76%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,87%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,42%	0,14%	0,83%	1,81%	7,79%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,99%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,14%	1,39%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,53%
1940 a 2017	18,78%	9,46%	15,86%	30,60%	25,31%	diversas	100,00%

Figura AP.70. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Meireles

Messejana



área territorial: 6,08km² (1,93% da cidade)
 população em 2017: 44669 (1,70% da cidade)
 n°. de edifícios: 156 (1,76% da cidade)
 n°. de residências: 9817 (2,79% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 43,17% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 56,83% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	12	4	0	0	0	NB-1:1978	16
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	63	0	0	3	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	66
2003 a 2005	9	5	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	31	0	23	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	58
2014 a 2017	0	0	0	2	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
1940 a 2017	88	40	0	28	0	diversas	156

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	7,69%	2,56%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	10,26%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	40,38%	0,00%	0,00%	1,92%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	42,31%
2003 a 2005	5,77%	3,21%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,97%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2,56%	19,87%	0,00%	14,74%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	37,18%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	1,28%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,28%
1940 a 2017	56,41%	25,64%	0,00%	17,95%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.71. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Messejana

Mondubim



área territorial: 9,47km² (3,00% da cidade)
 população em 2017: 81480 (3,10% da cidade)
 n°. de edifícios: 209 (2,36% da cidade)
 n°. de residências: 8637 (2,45% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 45,53% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 54,47% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	3	0	0	0	0	NB-1:1978	3
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	103	0	1	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	104
2003 a 2005	12	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	71	8	10	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	89
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	190	8	11	0	0	diversas	209

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	1,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	1,44%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	49,28%	0,00%	0,48%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	49,76%
2003 a 2005	5,74%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,74%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	33,97%	3,83%	4,78%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	42,58%
2014 a 2017	0,48%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,48%
1940 a 2017	90,91%	3,83%	5,26%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.72. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Mondubim

Monte Castelo



área territorial: 0,79km² (0,25% da cidade)
população em 2017: 14160 (0,54% da cidade)
nº. de edifícios: 35 (0,40% da cidade)
nº. de residências: 3129 (0,89% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 46,70% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 53,30% do bairro



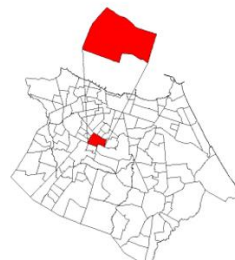
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1		2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	2,86%
1978 a 1987	8	0	0	0	0	NB-1:1978	8		22,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	22,86%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	9	0	0	8	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	17		25,71%	0,00%	0,00%	22,86%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	48,57%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	2	0	0	7	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9		5,71%	0,00%	0,00%	20,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,71%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	20	0	0	15	0	diversas	35		57,14%	0,00%	0,00%	42,86%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.73. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Monte Castelo

Montese



área territorial: 1,91km² (0,61% da cidade)
população em 2017: 27826 (1,06% da cidade)
nº. de edifícios: 163 (1,84% da cidade)
nº. de residências: 4951 (1,41% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 48,78% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 51,22% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	3	0	0	0	0	NB-1:1940	3
1960 a 1977	6	0	0	0	0	NB-1:1960	6
1978 a 1987	70	5	0	0	0	NB-1:1978	75
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	28	10	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	38
2003 a 2005	10	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	11
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	23	3	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	26
2014 a 2017	2	2	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
1940 a 2017	142	21	0	0	0	diversas	163

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1,84%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,84%
1960 a 1977	3,68%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	3,68%
1978 a 1987	42,94%	3,07%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	46,01%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	17,18%	6,13%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	23,31%
2003 a 2005	6,13%	0,61%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6,75%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	14,11%	1,84%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15,95%
2014 a 2017	1,23%	1,23%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,45%
1940 a 2017	87,12%	12,88%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.74. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Montese

Moura Brasil



área territorial: 0,43km² (0,14% da cidade)
população em 2017: 4034 (0,15% da cidade)
nº. de edifícios: 1 (0,01% da cidade)
nº. de residências: 879 (0,25% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 29,19% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 70,81% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	1	0	0	0	diversas	1

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	100,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.75. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Moura Brasil

Mucuripe



área territorial: 0,87km² (0,28% da cidade)
população em 2017: 14730 (0,56% da cidade)
nº. de edifícios: 124 (1,40% da cidade)
nº. de residências: 1561 (0,44% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 89,34% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 10,66% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	2	0	0	0	0	NB-1:1940	2		1,61%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,61%
1960 a 1977	20	1	1	0	0	NB-1:1960	22		16,13%	0,81%	0,81%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	17,74%
1978 a 1987	8	1	11	8	2	NB-1:1978	30		6,45%	0,81%	8,87%	6,45%	1,61%	NB-1:1978	24,19%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	8	1	0	15	20	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	44		6,45%	0,81%	0,00%	12,10%	16,13%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35,48%
2003 a 2005	0	0	0	2	8	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10		0,00%	0,00%	0,00%	1,61%	6,45%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,06%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	2	1	0	2	10	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15		1,61%	0,81%	0,00%	1,61%	8,06%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12,10%
2014 a 2017	0	0	0	0	1	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,81%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,81%
1940 a 2017	40	4	12	27	41	diversas	124		32,26%	3,23%	9,68%	21,77%	33,06%	diversas	100,00%

Figura AP.76. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Mucuripe

Novo Mondubim



área territorial: 1,93km² (0,61% da cidade)
população em 2017: 11815 (0,45% da cidade)
nº. de edifícios: 55 (0,62% da cidade)
nº. de residências: 1883 (0,53% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 56,60% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 43,40% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	27	0	0	0	0	NB-1:1978	27
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	8	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8
2003 a 2005	16	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	55	0	0	0	0	diversas	55

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	49,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	49,09%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	14,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	14,55%
2003 a 2005	29,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	29,09%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7,27%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.77. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Novo Mondubim

Olavo Oliveira

área territorial: 0,71km² (0,22% da cidade)
população em 2017: 3781 (0,14% da cidade)
nº. de edifícios: 6 (0,07% da cidade)
nº. de residências: 2534 (0,72% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 59,35% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 40,65% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	6	0	0	0	0	diversas	6

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	16,67%
2003 a 2005	16,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	16,67%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	66,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	66,67%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.78. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Olavo Oliveira

Padre Andrade



área territorial: 1,22km² (0,39% da cidade)
população em 2017: 13861 (0,53% da cidade)
nº. de edifícios: 35 (0,40% da cidade)
nº. de residências: 2507 (0,71% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 42,79% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 57,21% do bairro



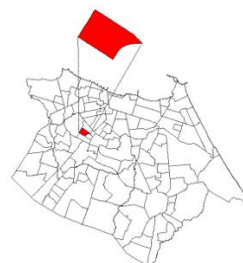
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	2	0	0	0	0	NB-1:1978	2
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	24	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	34	1	0	0	0	diversas	35

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	5,71%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	68,57%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	71,43%
2003 a 2005	5,71%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,71%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	17,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17,14%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	97,14%	2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.79. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Padre Andrade

Pan-Americano

área territorial: 0,55km² (0,17% da cidade)
população em 2017: 9445 (0,36% da cidade)
nº. de edifícios: 11 (0,12% da cidade)
nº. de residências: 1944 (0,55% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 53,05% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 46,95% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	3		27,27%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	27,27%
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	18,18%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4		36,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	36,36%
2014 a 2017	2	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		18,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18,18%
1940 a 2017	11	0	0	0	0	diversas	11		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.80. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pan-americano

Papicu



área territorial: 2,09km² (0,66% da cidade)
população em 2017: 19683 (0,75% da cidade)
nº. de edifícios: 167 (1,89% da cidade)
nº. de residências: 1610 (0,46% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 80,50% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 19,50% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	9	3	0	0	0	NB-1:1960	12
1978 a 1987	24	19	3	1	0	NB-1:1978	47
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10	12	29	24	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	77
2003 a 2005	2	0	1	0	3	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	7	1	2	2	5	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17
2014 a 2017	0	0	0	0	8	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8
1940 a 2017	52	35	35	27	18	diversas	167

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	5,39%	1,80%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	7,19%
1978 a 1987	14,37%	11,38%	1,80%	0,60%	0,00%	NB-1:1978	28,14%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5,99%	7,19%	17,37%	14,37%	1,20%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	46,11%
2003 a 2005	1,20%	0,00%	0,60%	0,00%	1,80%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,59%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4,19%	0,60%	1,20%	1,20%	2,99%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,18%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	4,79%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,79%
1940 a 2017	31,14%	20,96%	20,96%	16,17%	10,78%	diversas	100,00%

Figura AP.81. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Papicu

Parangaba



área territorial: 4,02km² (1,28% da cidade)
 população em 2017: 33159 (1,26% da cidade)
 n°. de edifícios: 140 (1,58% da cidade)
 n°. de residências: 5400 (1,53% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 55,24% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 44,76% do bairro



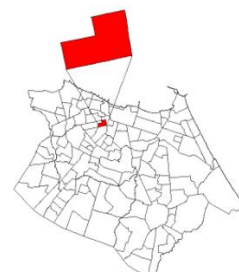
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	4	0	0	0	0	NB-1:1960	4		2,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	2,86%
1978 a 1987	72	1	0	0	0	NB-1:1978	73		51,43%	0,71%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	52,14%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	29	0	2	4	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35		20,71%	0,00%	1,43%	2,86%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25,00%
2003 a 2005	14	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14		10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	6	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8		4,29%	1,43%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,71%
2014 a 2017	0	0	0	6	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6		0,00%	0,00%	0,00%	4,29%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,29%
1940 a 2017	125	3	2	10	0	diversas	140		89,29%	2,14%	1,43%	7,14%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.82. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parangaba

Parque Araxá



área territorial: 0,48km² (0,15% da cidade)
população em 2017: 7195 (0,27% da cidade)
nº. de edifícios: 8 (0,09% da cidade)
nº. de residências: 1772 (0,50% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 33,46% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 66,54% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	1	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	5	3	0	0	0	diversas	8

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	12,50%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	25,00%
2003 a 2005	12,50%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	25,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	25,00%	12,50%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	37,50%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	62,50%	37,50%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.83. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Araxá

Parque Dois Irmãos



área territorial: 4,41km² (1,40% da cidade)
população em 2017: 29183 (1,11% da cidade)
nº. de edifícios: 49 (0,55% da cidade)
nº. de residências: 4530 (1,29% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 38,17% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 61,83% do bairro



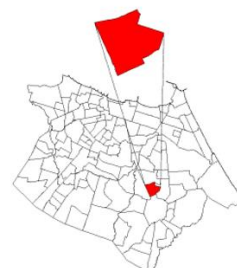
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	8	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8		16,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	16,33%
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		2,04%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,04%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	40	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	40		81,63%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	81,63%
1940 a 2017	49	0	0	0	0	diversas	49		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.84. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Dois Irmãos

Parque Iracema



área territorial: 1,58km² (0,50% da cidade)
população em 2017: 9010 (0,34% da cidade)
nº. de edifícios: 81 (0,92% da cidade)
nº. de residências: 1268 (0,36% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 78,14% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 21,86% do bairro



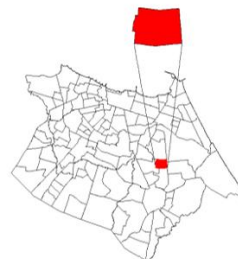
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	13	0	0	0	0	NB-1:1978	13		16,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	16,05%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	0	2	0	0	5	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7		0,00%	2,47%	0,00%	0,00%	6,17%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8,64%
2003 a 2005	2	5	0	2	3	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12		2,47%	6,17%	0,00%	2,47%	3,70%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14,81%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	12	8	0	2	21	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	43		14,81%	9,88%	0,00%	2,47%	25,93%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	53,09%
2014 a 2017	0	0	0	0	6	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	7,41%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7,41%
1940 a 2017	27	15	0	4	35	diversas	81		33,33%	18,52%	0,00%	4,94%	43,21%	diversas	100,00%

Figura AP.85. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Iracema

Parque Manibura



área territorial: 1,26km² (0,40% da cidade)
população em 2017: 8067 (0,31% da cidade)
nº. de edifícios: 15 (0,17% da cidade)
nº. de residências: 1711 (0,49% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 33,55% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 66,45% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1		6,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	6,67%
1978 a 1987	3	0	0	0	0	NB-1:1978	3		20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	20,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	5	2	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7		33,33%	13,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	46,67%
2003 a 2005	1	0	0	1	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		6,67%	0,00%	0,00%	6,67%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	13,33%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	1	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		6,67%	6,67%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	13,33%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	11	3	0	1	0	diversas	15		73,33%	20,00%	0,00%	6,67%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.86. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Manibura

Parque Presidente Vargas



área territorial: 1,64km² (0,52% da cidade)
população em 2017: 7706 (0,29% da cidade)
nº. de edifícios: 11 (0,12% da cidade)
nº. de residências: 264 (0,07% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 51,26% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 48,74% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	11	0	0	0	0	diversas	11

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	9,09%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	90,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	90,91%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.87. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Presidente Vargas

Parque Santa Maria



área territorial: 1,95km² (0,62% da cidade)
população em 2017: 4157 (0,16% da cidade)
nº. de edifícios: 20 (0,23% da cidade)
nº. de residências: 1723 (0,49% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 29,95% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 70,05% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	6	0	0	0	0	NB-1:1978	6
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	20	0	0	0	0	diversas	20

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	30,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	30,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	35,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35,00%
2003 a 2005	5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	30,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	30,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.88. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Santa Maria

Parque Santa Rosa



área territorial: 1,00km² (0,32% da cidade)
população em 2017: 13704 (0,52% da cidade)
nº. de edifícios: 10 (0,11% da cidade)
nº. de residências: 1160 (0,33% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 39,26% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 60,74% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	9	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	10	0	0	0	0	diversas	10

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	10,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	90,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	90,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.89. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque Santa Rosa

Parque São José



área territorial: 0,60km² (0,19% da cidade)
 população em 2017: 11236 (0,43% da cidade)
 n°. de edifícios: 5 (0,06% da cidade)
 n°. de residências: 1444 (0,41% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 53,17% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 46,83% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	5	0	0	0	0	diversas	5

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	20,00%
2003 a 2005	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	20,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	40,00%
2014 a 2017	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	20,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.90. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parque São José

Parquelândia



área territorial: 1,25km² (0,40% da cidade)
população em 2017: 15464 (0,59% da cidade)
nº. de edifícios: 80 (0,90% da cidade)
nº. de residências: 3394 (0,96% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 45,18% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 54,82% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1
1960 a 1977	3	0	0	0	0	NB-1:1960	3
1978 a 1987	6	3	2	0	0	NB-1:1978	11
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	19	6	9	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	35
2003 a 2005	6	2	2	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	9	4	0	7	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	20
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	44	15	13	8	0	diversas	80

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	1,25%
1960 a 1977	3,75%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	3,75%
1978 a 1987	7,50%	3,75%	2,50%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	13,75%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	23,75%	7,50%	11,25%	1,25%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	43,75%
2003 a 2005	7,50%	2,50%	2,50%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	12,50%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	11,25%	5,00%	0,00%	8,75%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	55,00%	18,75%	16,25%	10,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.91. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parquelândia

Parreão



área territorial: 1,03km² (0,33% da cidade)
população em 2017: 11863 (0,45% da cidade)
nº. de edifícios: 76 (0,86% da cidade)
nº. de residências: 1857 (0,53% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 61,50% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 38,50% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	14	3	6	0	0	NB-1:1978	23
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	10	26	3	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	40
2003 a 2005	1	0	1	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	1	2	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7
2014 a 2017	1	0	3	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
1940 a 2017	30	30	15	1	0	diversas	76

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	18,42%	3,95%	7,89%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	30,26%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	13,16%	34,21%	3,95%	1,32%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	52,63%
2003 a 2005	1,32%	0,00%	1,32%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,63%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5,26%	1,32%	2,63%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,21%
2014 a 2017	1,32%	0,00%	3,95%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,26%
1940 a 2017	39,47%	39,47%	19,74%	1,32%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.92. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Parreão

Passaré



área territorial: 7,17km² (2,27% da cidade)
população em 2017: 54581 (2,08% da cidade)
nº. de edifícios: 141 (1,59% da cidade)
nº. de residências: 5220 (1,48% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 58,25% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 41,75% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	6	0	0	0	0	NB-1:1978	6
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	57	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	58
2003 a 2005	14	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	14
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	23	35	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	58
2014 a 2017	0	5	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
1940 a 2017	100	41	0	0	0	diversas	141

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	4,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	4,26%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	40,43%	0,71%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	41,13%
2003 a 2005	9,93%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	9,93%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	16,31%	24,82%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	41,13%
2014 a 2017	0,00%	3,55%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,55%
1940 a 2017	70,92%	29,08%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.93. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Passaré

Patriolino Ribeiro

área territorial: 1,35km² (0,43% da cidade)
 população em 2017: 5642 (0,21% da cidade)
 n°. de edifícios: 95 (1,07% da cidade)
 n°. de residências: 409 (0,12% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 91,79% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 8,21% do bairro



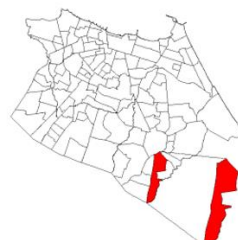
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	6	2	0	0	0	NB-1:1978	8		6,32%	2,11%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	8,42%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	4	9	8	16	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	39		4,21%	9,47%	8,42%	16,84%	2,11%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	41,05%
2003 a 2005	0	0	2	7	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	9		0,00%	0,00%	2,11%	7,37%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	9,47%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	0	0	1	13	16	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	30		0,00%	0,00%	1,05%	13,68%	16,84%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31,58%
2014 a 2017	0	0	0	0	9	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	9,47%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,47%
1940 a 2017	10	11	11	36	27	diversas	95		10,53%	11,58%	11,58%	37,89%	28,42%	diversas	100,00%

Figura AP.94. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Patriolino Ribeiro

Paupina



área territorial: 5,44km² (1,73% da cidade)
população em 2017: 15713 (0,60% da cidade)
nº. de edifícios: 11 (0,12% da cidade)
nº. de residências: 2058 (0,58% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 22,96% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 77,04% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	11	0	0	0	0	diversas	11

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	45,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	45,45%
2003 a 2005	9,09%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	9,09%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	45,45%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	45,45%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.95. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Paupina

Pedras



área territorial: 4,29km² (1,36% da cidade)

população em 2017: 1438 (0,05% da cidade)

nº. de edifícios: 408 (4,61% da cidade)

nº. de residências: 450 (0,13% da cidade)

unid. habitacionais em concreto: 94,58% do bairro

unid. habitacionais em alvenaria: 5,42% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	40	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	40		9,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,80%
2014 a 2017	368	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	368		90,20%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	90,20%
1940 a 2017	408	0	0	0	0	diversas	408		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.96. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pedras

Pici



área territorial: 3,80km² (1,21% da cidade)
população em 2017: 45532 (1,73% da cidade)
nº. de edifícios: 40 (0,45% da cidade)
nº. de residências: 2748 (0,78% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 58,98% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 41,02% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2		5,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	5,00%
1978 a 1987	4	0	0	0	0	NB-1:1978	4		10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	10,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	1	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	1		2,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2,50%
2003 a 2005	0	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		0,00%	0,00%	0,00%	5,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	21	0	0	10	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	31		52,50%	0,00%	0,00%	25,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	77,50%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	28	0	0	12	0	diversas	40		70,00%	0,00%	0,00%	30,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.97. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pici

Pirambu



área territorial: 0,55km² (0,18% da cidade)
 população em 2017: 19046 (0,72% da cidade)
 n°. de edifícios: 1 (0,01% da cidade)
 n°. de residências: 3795 (1,08% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 50,54% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 49,46% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	1	0	0	0	0	diversas	1

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	100,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.98. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Pirambu

Planalto Ayrton Senna



área territorial: 4,01km² (1,27% da cidade)
 população em 2017: 42266 (1,61% da cidade)
 n°. de edifícios: 36 (0,41% da cidade)
 n°. de residências: 1385 (0,39% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 36,64% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 63,36% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	36	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	36
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	36	0	0	0	0	diversas	36

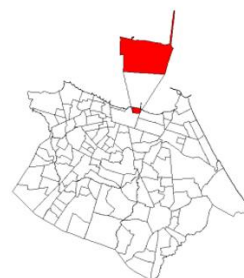
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	100,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.99. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Planalto Ayrton Senna

Praia de Iracema



área territorial: 0,51km² (0,16% da cidade)
 população em 2017: 3354 (0,13% da cidade)
 n°. de edifícios: 50 (0,56% da cidade)
 n°. de residências: 569 (0,16% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 76,84% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 23,16% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	9	5	0	0	0	NB-1:1940	14
1960 a 1977	5	0	1	0	0	NB-1:1960	6
1978 a 1987	2	2	0	2	1	NB-1:1978	7
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	6	1	5	1	3	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	16
2003 a 2005	1	0	0	0	1	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	1	0	0	3	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	24	9	6	3	8	diversas	50
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	18,00%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	28,00%
1960 a 1977	10,00%	0,00%	2,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	12,00%
1978 a 1987	4,00%	4,00%	0,00%	4,00%	2,00%	NB-1:1978	14,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	12,00%	2,00%	10,00%	2,00%	6,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	32,00%
2003 a 2005	2,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2,00%	2,00%	0,00%	0,00%	6,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	48,00%	18,00%	12,00%	6,00%	16,00%	diversas	100,00%

Figura AP.100. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia de Iracema

Praia do Futuro I



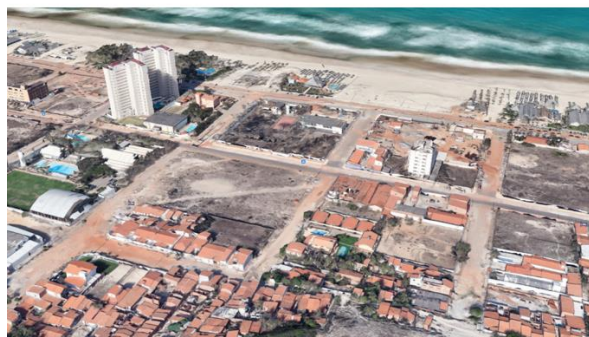
área territorial: 1,63km² (0,52% da cidade)
 população em 2017: 7104 (0,27% da cidade)
 n°. de edifícios: 61 (0,69% da cidade)
 n°. de residências: 232 (0,07% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 80,40% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 19,60% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2	7	0	0	0	NB-1:1960	9		3,28%	11,48%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	14,75%
1978 a 1987	7	18	4	0	0	NB-1:1978	29		11,48%	29,51%	6,56%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	47,54%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	8	7	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	15		13,11%	11,48%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	24,59%
2003 a 2005	0	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		0,00%	1,64%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1,64%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	3	0	4	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	7		4,92%	0,00%	6,56%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11,48%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	20	33	8	0	0	diversas	61		32,79%	54,10%	13,11%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.101. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia do Futuro I

Praia do Futuro II



área territorial: 3,24km² (1,03% da cidade)
 população em 2017: 12812 (0,49% da cidade)
 n°. de edifícios: 57 (0,64% da cidade)
 n°. de residências: 165 (0,05% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 91,66% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 8,34% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	1	2	0	0	0	NB-1:1960	3
1978 a 1987	2	5	0	0	0	NB-1:1978	7
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	21	17	0	0	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	40
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	3	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	26	24	0	3	4	diversas	57

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1,75%	3,51%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	5,26%
1978 a 1987	3,51%	8,77%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	12,28%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	36,84%	29,82%	0,00%	0,00%	3,51%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	70,18%
2003 a 2005	3,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,51%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	5,26%	3,51%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8,77%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	45,61%	42,11%	0,00%	5,26%	7,02%	diversas	100,00%

Figura AP.102. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Praia do Futuro II

Prefeito José Walter



área territorial: 10,65km² (3,38% da cidade)
população em 2017: 35817 (1,36% da cidade)
nº. de edifícios: 279 (3,15% da cidade)
nº. de residências: 7718 (2,19% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 49,23% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 50,77% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	2	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	2
2003 a 2005	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	110	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	110
2014 a 2017	166	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	166
1940 a 2017	279	0	0	0	0	diversas	279

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,72%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,72%
2003 a 2005	0,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,36%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	39,43%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	39,43%
2014 a 2017	59,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	59,50%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.103. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Prefeito José Walter

Presidente Kennedy

área territorial: 1,70km² (0,54% da cidade)
 população em 2017: 24648 (0,94% da cidade)
 n°. de edifícios: 125 (1,41% da cidade)
 n°. de residências: 3768 (1,07% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 68,84% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 31,16% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1
1978 a 1987	62	7	0	0	0	NB-1:1978	69
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	17	11	0	6	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	34
2003 a 2005	3	1	0	1	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	6	0	5	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12
2014 a 2017	3	0	0	1	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
1940 a 2017	87	25	0	13	0	diversas	125

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,80%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,80%
1978 a 1987	49,60%	5,60%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	55,20%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	13,60%	8,80%	0,00%	4,80%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	27,20%
2003 a 2005	2,40%	0,80%	0,00%	0,80%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,80%	4,80%	0,00%	4,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	9,60%
2014 a 2017	2,40%	0,00%	0,00%	0,80%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,20%
1940 a 2017	69,60%	20,00%	0,00%	10,40%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.104. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Presidente Kennedy

Quintino Cunha



área territorial: 2,13km² (0,68% da cidade)
 população em 2017: 50657 (1,93% da cidade)
 n°. de edifícios: 24 (0,27% da cidade)
 n°. de residências: 4435 (1,26% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 37,29% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 62,71% do bairro



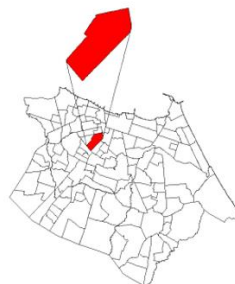
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	13	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	13
2003 a 2005	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	6	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	24	0	0	0	0	diversas	24

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	54,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	54,17%
2003 a 2005	20,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	20,83%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	25,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	25,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.105. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Quintino Cunha

Rodolfo Teófilo

área territorial: 1,74km² (0,55% da cidade)
população em 2017: 20480 (0,78% da cidade)
nº. de edifícios: 60 (0,68% da cidade)
nº. de residências: 3956 (1,12% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 46,90% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 53,10% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	2	0	0	0	0	NB-1:1940	2
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1
1978 a 1987	13	2	0	0	0	NB-1:1978	15
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	20	2	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	22
2003 a 2005	4	2	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	8	6	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	14
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	48	12	0	0	0	diversas	60

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	3,33%
1960 a 1977	1,67%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	1,67%
1978 a 1987	21,67%	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	25,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	33,33%	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	36,67%
2003 a 2005	6,67%	3,33%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	10,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	13,33%	10,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	23,33%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.106. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Rodolfo Teófilo

Sabiaguaba



área territorial: 14,43km² (4,58% da cidade)
 população em 2017: 2268 (0,09% da cidade)
 n°. de edifícios: 0 (0,00% da cidade)
 n°. de residências: 328 (0,09% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 60,44% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 39,56% do bairro



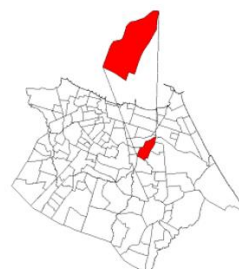
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	0	0	0	0	0	diversas	0

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	0,00%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	0,00%

Figura AP.107. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Sabiaguaba

Salinas

área territorial: 2,57km² (0,81% da cidade)
população em 2017: 4605 (0,18% da cidade)
nº. de edifícios: 16 (0,18% da cidade)
nº. de residências: 594 (0,17% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 73,63% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 26,37% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	2	0	0	6	4	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	12		12,50%	0,00%	0,00%	37,50%	25,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	75,00%
2003 a 2005	0	0	0	1	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		0,00%	0,00%	0,00%	6,25%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	6,25%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	1	0	0	0	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3		6,25%	0,00%	0,00%	0,00%	12,50%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	18,75%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	3	0	0	7	6	diversas	16		18,75%	0,00%	0,00%	43,75%	37,50%	diversas	100,00%

Figura AP.108. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Salinas

São Bento



área territorial: 2,22km² (0,70% da cidade)
população em 2017: 3735 (0,14% da cidade)
nº. de edifícios: 9 (0,10% da cidade)
nº. de residências: 1023 (0,29% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 38,06% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 61,94% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0
1940 a 2017	9	0	0	0	0	diversas	9

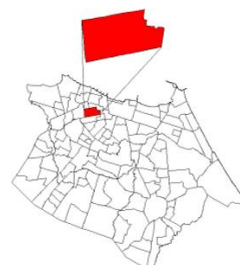
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	55,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	55,56%
2003 a 2005	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	44,44%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	44,44%
2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.109. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São Bento

São Gerardo



área territorial: 1,46km² (0,46% da cidade)
população em 2017: 15542 (0,59% da cidade)
nº. de edifícios: 126 (1,42% da cidade)
nº. de residências: 2171 (0,62% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 64,43% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 35,57% do bairro



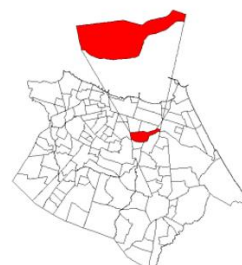
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0	1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	5	0	0	0	0	NB-1:1960	5	1960 a 1977	3,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	3,97%
1978 a 1987	47	9	4	0	0	NB-1:1978	60	1978 a 1987	37,30%	7,14%	3,17%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	47,62%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	22	4	4	3	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	33	1988 a 2002	17,46%	3,17%	3,17%	2,38%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	26,19%
2003 a 2005	2	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3	2003 a 2005	1,59%	0,79%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2,38%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10	2	0	7	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	19	2006 a 2013	7,94%	1,59%	0,00%	5,56%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	15,08%
2014 a 2017	0	0	0	6	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6	2014 a 2017	0,00%	0,00%	0,00%	4,76%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,76%
1940 a 2017	86	16	8	16	0	diversas	126	1940 a 2017	68,25%	12,70%	6,35%	12,70%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.110. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São Gerardo

São João do Tauape



área territorial: 2,49km² (0,79% da cidade)
 população em 2017: 29571 (1,13% da cidade)
 n°. de edifícios: 110 (1,24% da cidade)
 n°. de residências: 5864 (1,66% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 47,53% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 52,47% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	13	0	0	0	0	NB-1:1960	13
1978 a 1987	40	13	2	3	0	NB-1:1978	58
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	13	5	1	3	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	24
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	5	1	2	1	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11
2014 a 2017	1	0	0	0	1	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
1940 a 2017	74	19	5	7	5	diversas	110

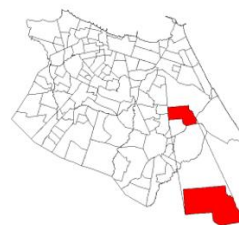
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	11,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	11,82%
1978 a 1987	36,36%	11,82%	1,82%	2,73%	0,00%	NB-1:1978	52,73%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	11,82%	4,55%	0,91%	2,73%	1,82%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	21,82%
2003 a 2005	1,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1,82%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4,55%	0,91%	1,82%	0,91%	1,82%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	10,00%
2014 a 2017	0,91%	0,00%	0,00%	0,00%	0,91%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,82%
1940 a 2017	67,27%	17,27%	4,55%	6,36%	4,55%	diversas	100,00%

Figura AP.111. Perfil dos edifícios residenciais do bairro São João do Tauape

Sapiranga



área territorial: 4,76km² (1,51% da cidade)
 população em 2017: 34457 (1,31% da cidade)
 n°. de edifícios: 23 (0,26% da cidade)
 n°. de residências: 4697 (1,33% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 27,21% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 72,79% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	16	3	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	19
2003 a 2005	0	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	1	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
2014 a 2017	0	2	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2
1940 a 2017	17	6	0	0	0	diversas	23

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	69,57%	13,04%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	82,61%
2003 a 2005	0,00%	4,35%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	4,35%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	4,35%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,35%
2014 a 2017	0,00%	8,70%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8,70%
1940 a 2017	73,91%	26,09%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.112. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Sapiranga

Serrinha



área territorial: 2,98km² (0,94% da cidade)
 população em 2017: 30827 (1,17% da cidade)
 n°. de edifícios: 33 (0,37% da cidade)
 n°. de residências: 4367 (1,24% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 48,74% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 51,26% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	6	1	0	0	0	NB-1:1978	7
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	7	0	0	1	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	8
2003 a 2005	5	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	5
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	8	0	3	1	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	27	1	3	2	0	diversas	33

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	18,18%	3,03%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	21,21%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	21,21%	0,00%	0,00%	3,03%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	24,24%
2003 a 2005	15,15%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	15,15%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	24,24%	0,00%	9,09%	3,03%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	36,36%
2014 a 2017	3,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,03%
1940 a 2017	81,82%	3,03%	9,09%	6,06%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.113. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Serrinha

Siqueira



área territorial: 6,19km² (1,96% da cidade)
população em 2017: 36032 (1,37% da cidade)
nº. de edifícios: 128 (1,45% da cidade)
nº. de residências: 2133 (0,61% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 54,25% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 45,75% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	12	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	12		9,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	9,37%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	4	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4		3,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3,12%
2014 a 2017	112	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	112		87,50%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	87,50%
1940 a 2017	128	0	0	0	0	diversas	128		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.114. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Siqueira

Varjota



área territorial: 0,53km² (0,17% da cidade)
população em 2017: 9023 (0,34% da cidade)
nº. de edifícios: 78 (0,88% da cidade)
nº. de residências: 860 (0,24% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 77,97% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 22,03% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	2	0	0	0	0	NB-1:1960	2		2,56%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	2,56%
1978 a 1987	17	15	6	0	1	NB-1:1978	39		21,79%	19,23%	7,69%	0,00%	1,28%	NB-1:1978	50,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	3	5	9	11	2	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	30		3,85%	6,41%	11,54%	14,10%	2,56%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	38,46%
2003 a 2005	0	0	1	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1		0,00%	0,00%	1,28%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1,28%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	0	2	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4		2,56%	0,00%	0,00%	0,00%	2,56%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5,13%
2014 a 2017	0	0	0	0	2	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,56%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	2,56%
1940 a 2017	24	20	16	11	7	diversas	78		30,77%	25,64%	20,51%	14,10%	8,97%	diversas	100,00%

Figura AP.115. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Varjota

Vicente Pinzon

área territorial: 3,08km² (0,98% da cidade)
população em 2017: 48772 (1,86% da cidade)
nº. de edifícios: 115 (1,30% da cidade)
nº. de residências: 4209 (1,19% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 55,79% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 44,21% do bairro



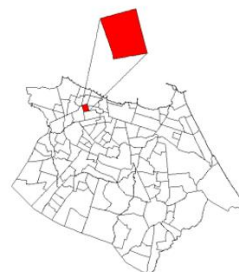
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0	1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	10	2	1	0	0	NB-1:1960	13	1960 a 1977	8,70%	1,74%	0,87%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	11,30%
1978 a 1987	21	21	5	1	0	NB-1:1978	48	1978 a 1987	18,26%	18,26%	4,35%	0,87%	0,00%	NB-1:1978	41,74%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	16	12	10	9	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	47	1988 a 2002	13,91%	10,43%	8,70%	7,83%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	40,87%
2003 a 2005	0	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	1	2003 a 2005	0,00%	0,87%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,87%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	3	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5	2006 a 2013	1,74%	2,61%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	4,35%
2014 a 2017	1	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1	2014 a 2017	0,87%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,87%
1940 a 2017	50	39	16	10	0	diversas	115	1940 a 2017	43,48%	33,91%	13,91%	8,70%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.116. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vicente Pinzon

Vila Ellery



área territorial: 0,46km² (0,15% da cidade)
população em 2017: 8425 (0,32% da cidade)
nº. de edifícios: 13 (0,15% da cidade)
nº. de residências: 1724 (0,49% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 50,88% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 49,12% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	1	0	0	0	0	NB-1:1960	1		7,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	7,69%
1978 a 1987	2	0	0	0	0	NB-1:1978	2		15,38%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	15,38%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento								Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	5	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	5		38,46%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	38,46%
2003 a 2005	0	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	0,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas								Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	3	0	0	2	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5		23,08%	0,00%	0,00%	15,38%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	38,46%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	11	0	0	2	0	diversas	13		84,62%	0,00%	0,00%	15,38%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.117. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Ellery

Vila Pery



área territorial: 1,49km² (0,47% da cidade)
população em 2017: 22121 (0,84% da cidade)
nº. de edifícios: 25 (0,28% da cidade)
nº. de residências: 3851 (1,09% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 49,87% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 50,13% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade		2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	1	0	0	0	0	NB-1:1940	1		4,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	4,00%
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	0	0	0	0	0	NB-1:1978	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	0,00%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento															
1988 a 2002	19	0	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	19		76,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	76,00%
2003 a 2005	2	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	2		8,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	8,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas															
2006 a 2013	3	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	3		12,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	12,00%
2014 a 2017	0	0	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	0,00%
1940 a 2017	25	0	0	0	0	diversas	25		100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.118. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Pery

Vila União



área territorial: 1,45km² (0,46% da cidade)
população em 2017: 16477 (0,63% da cidade)
nº. de edifícios: 79 (0,89% da cidade)
nº. de residências: 2312 (0,66% da cidade)
unid. habitacionais em concreto: 48,67% do bairro
unid. habitacionais em alvenaria: 51,33% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	5	0	0	0	0	NB-1:1960	5
1978 a 1987	21	4	0	0	0	NB-1:1978	25
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	36	4	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	40
2003 a 2005	2	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2	0	0	3	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	5
2014 a 2017	0	1	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1
1940 a 2017	66	10	0	3	0	diversas	79
	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	6,33%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	6,33%
1978 a 1987	26,58%	5,06%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	31,65%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	45,57%	5,06%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	50,63%
2003 a 2005	2,53%	1,27%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	3,80%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	2,53%	0,00%	0,00%	3,80%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	6,33%
2014 a 2017	0,00%	1,27%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	1,27%
1940 a 2017	83,54%	12,66%	0,00%	3,80%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.119. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila União

Vila Velha



área territorial: 6,97km² (2,21% da cidade)
 população em 2017: 66023 (2,51% da cidade)
 n°. de edifícios: 45 (0,51% da cidade)
 n°. de residências: 7247 (2,06% da cidade)
 unid. habitacionais em concreto: 46,40% do bairro
 unid. habitacionais em alvenaria: 53,60% do bairro



	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	quantidade
1940 a 1959	0	0	0	0	0	NB-1:1940	0
1960 a 1977	0	0	0	0	0	NB-1:1960	0
1978 a 1987	1	0	0	0	0	NB-1:1978	1
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	6	1	0	0	0	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	7
2003 a 2005	18	0	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	18
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	10	1	0	0	0	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	11
2014 a 2017	1	7	0	0	0	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	8
1940 a 2017	36	9	0	0	0	diversas	45

	2 a 4 pavimentos	5 a 8 pavimentos	9 a 12 pavimentos	13 a 20 pavimentos	acima 20 pavimentos	norma regulamentadora	%
1940 a 1959	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1940	0,00%
1960 a 1977	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1960	0,00%
1978 a 1987	2,22%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NB-1:1978	2,22%
Publicação da NBR 6123:1988 - Ações de vento							
1988 a 2002	13,33%	2,22%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:1980 NBR 6123:1988	15,56%
2003 a 2005	40,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988	40,00%
Publicação da NBR 15421:2006 - Ações sísmicas							
2006 a 2013	22,22%	2,22%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2003 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	24,44%
2014 a 2017	2,22%	15,56%	0,00%	0,00%	0,00%	NBR 6118:2014 NBR 6123:1988 NBR 15421:2006	17,78%
1940 a 2017	80,00%	20,00%	0,00%	0,00%	0,00%	diversas	100,00%

Figura AP.120. Perfil dos edifícios residenciais do bairro Vila Velha

Apêndice E - Características topográficas e geológicas dos bairros de Fortaleza

Álvaro Weyne

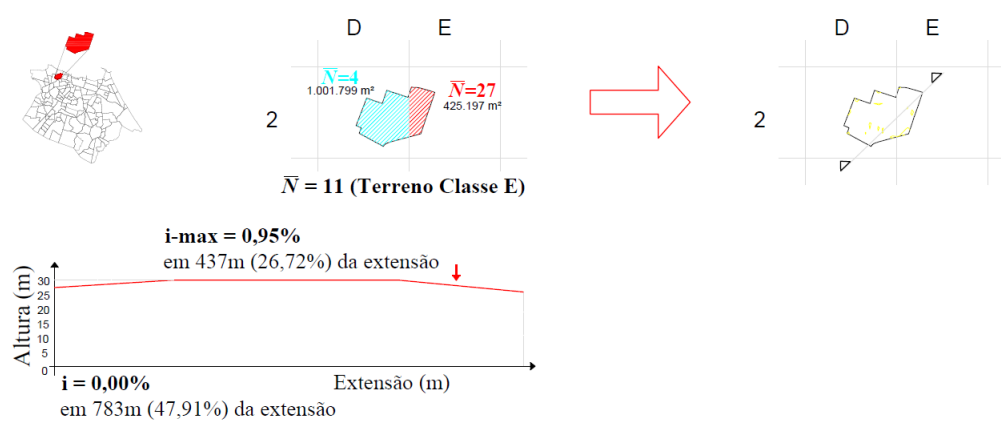


Figura AP.121. Topografia e geologia do bairro Álvaro Weyne

Aerolândia

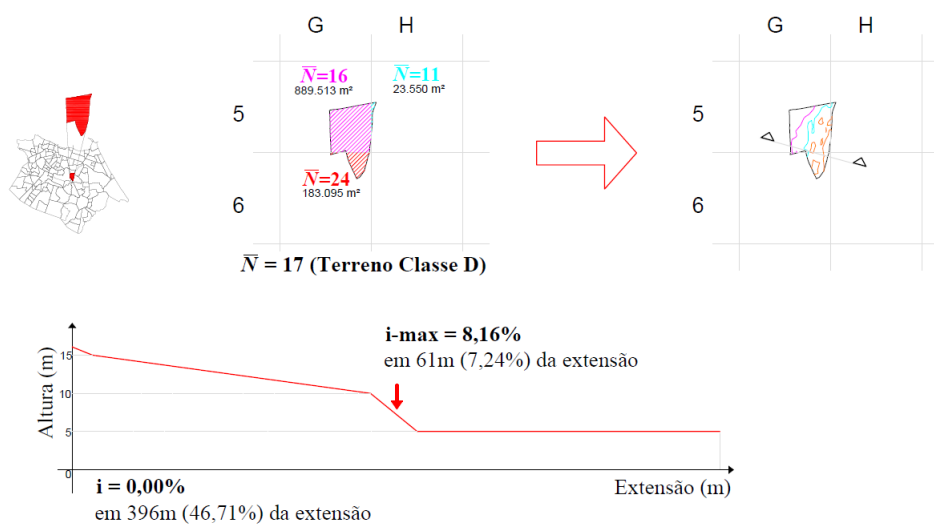


Figura AP.122. Topografia e geologia do bairro Aerolândia

Aeroporto

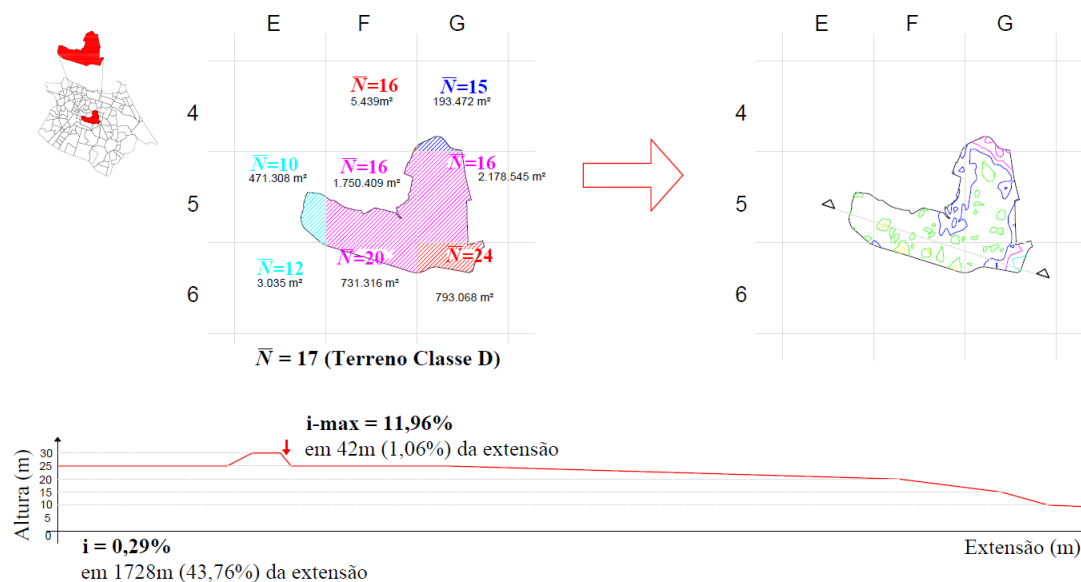


Figura AP.123. Topografia e geologia do bairro Aeroporto

Aldeota

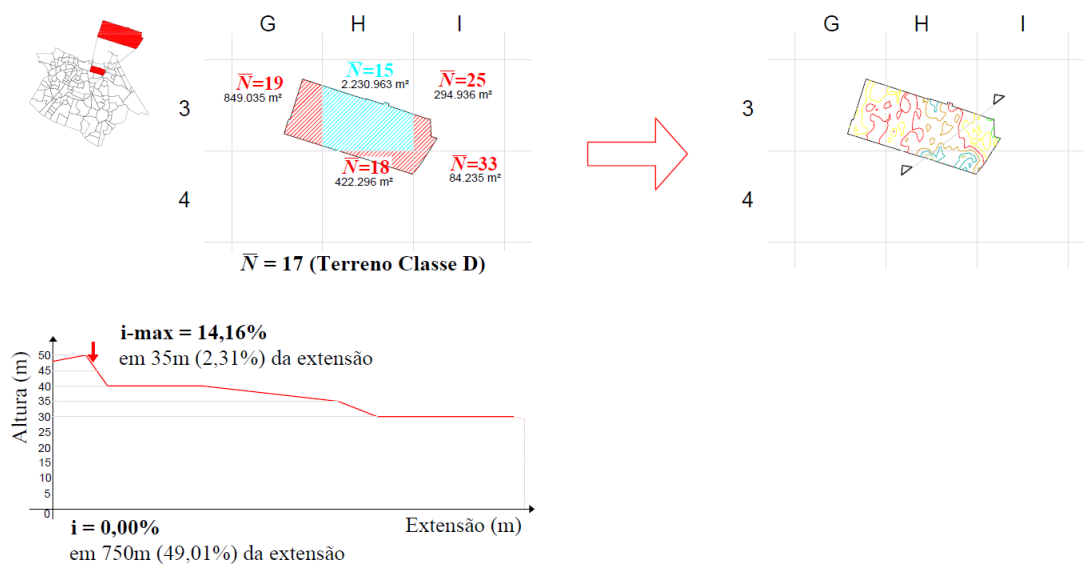


Figura AP.124. Topografia e geologia do bairro Aldeota

Alto da Balança

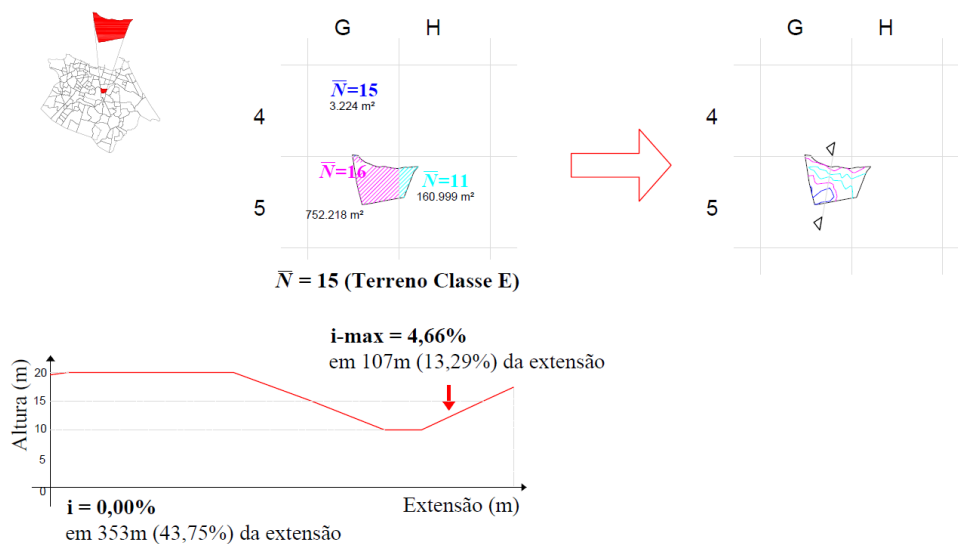


Figura AP.125. Topografia e geologia do bairro Alto da Balança

Amadeu Furtado

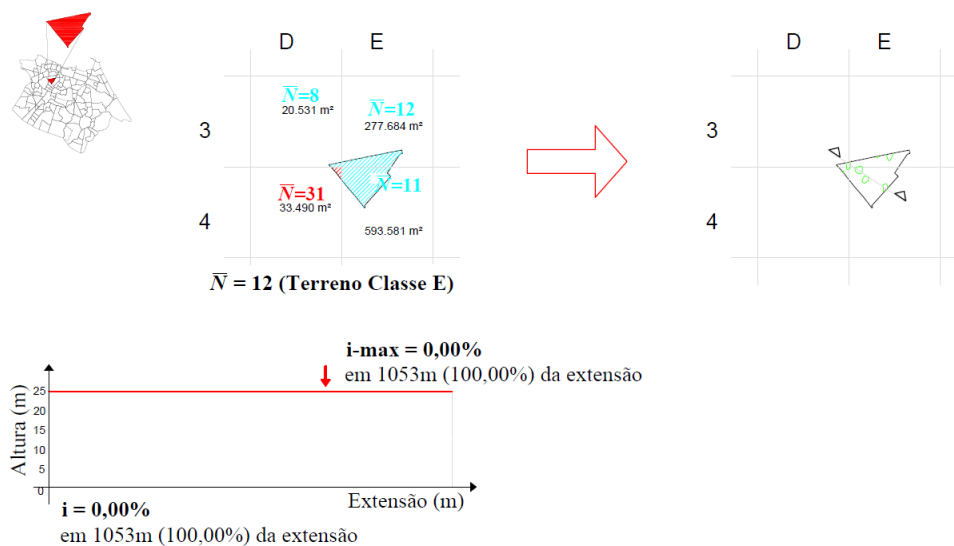


Figura AP.126. Topografia e geologia do bairro Amadeu Furtado

Ancuri

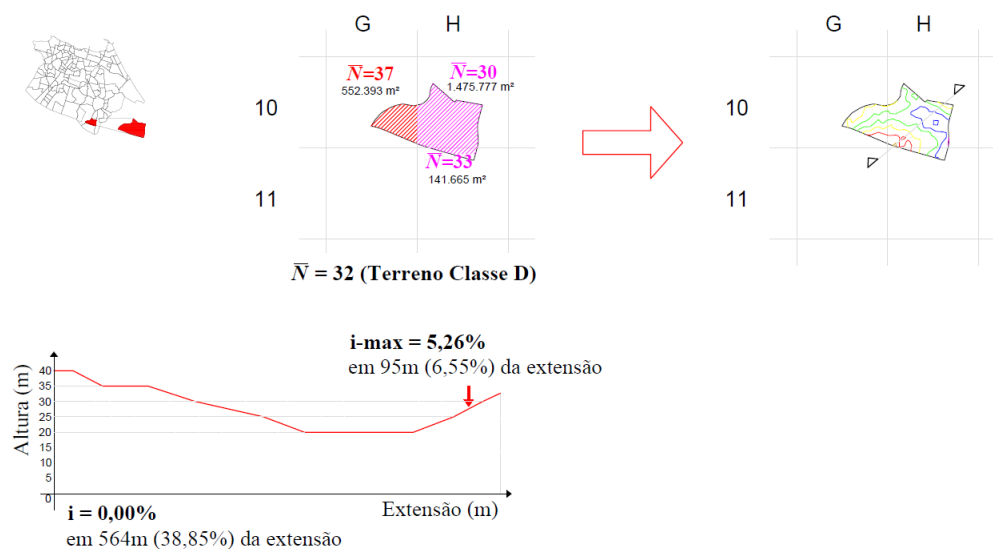


Figura AP.127. Topografia e geologia do bairro Ancuri

Antônio Bezerra

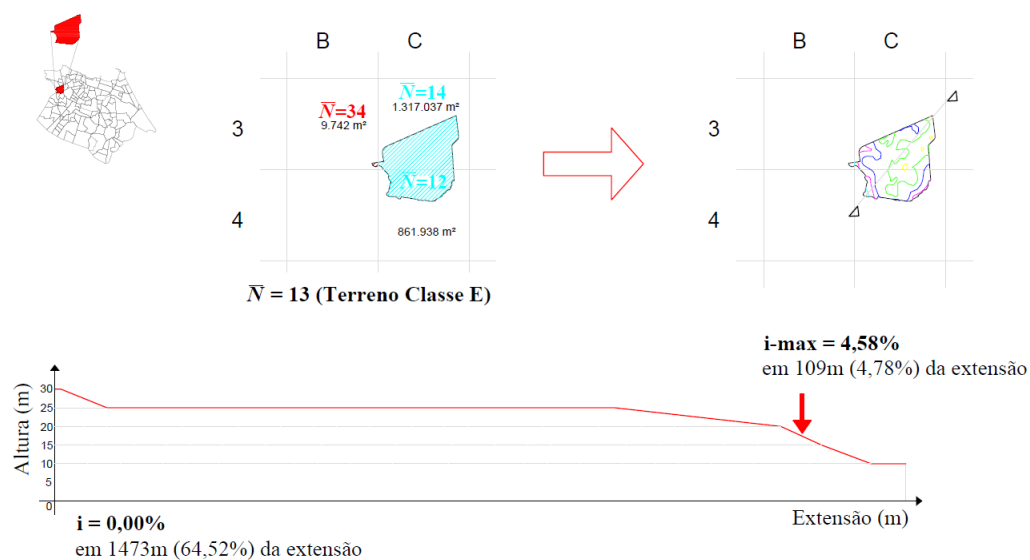
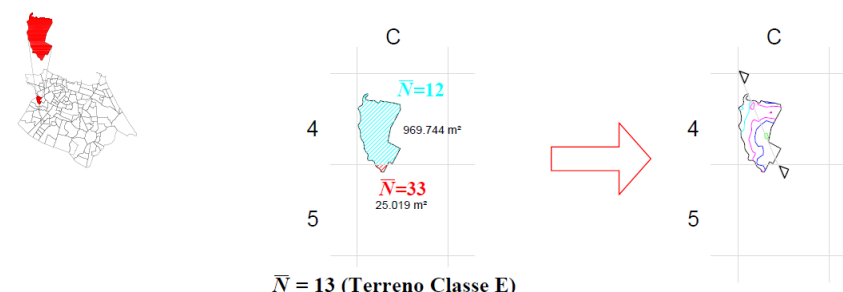
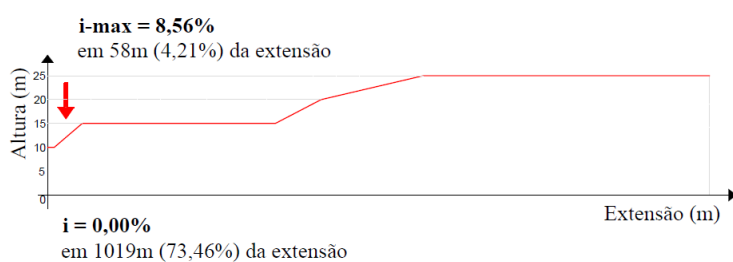


Figura AP.128. Topografia e geologia do bairro Antônio Bezerra

Autran Nunes



$\bar{N} = 13$ (Terreno Classe E)

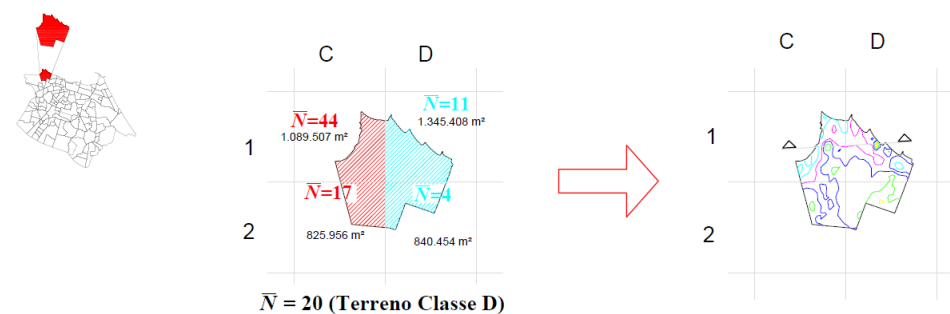


$i_{\text{max}} = 8,56\%$
em 58m (4,21%) da extensão

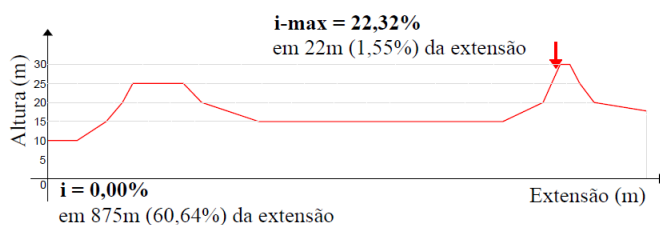
$i = 0,00\%$
em 1019m (73,46%) da extensão

Figura AP.129. Topografia e geologia do bairro Autran Nunes

Barra do Ceará



$\bar{N} = 20$ (Terreno Classe D)



$i_{\text{max}} = 22,32\%$
em 22m (1,55%) da extensão

$i = 0,00\%$
em 875m (60,64%) da extensão

Figura AP.130. Topografia e geologia do bairro Barra do Ceará

Barroso

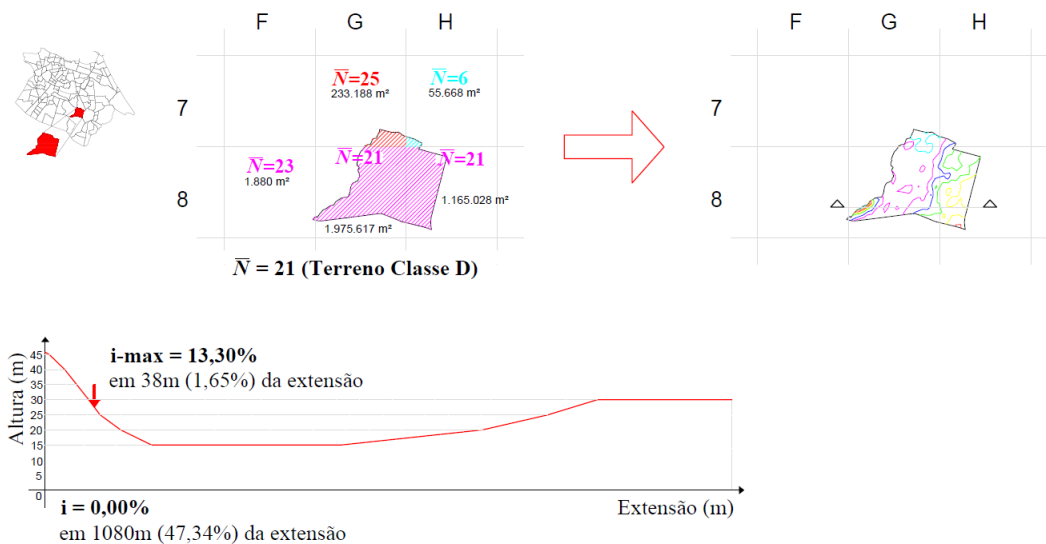


Figura AP.131. Topografia e geologia do bairro Barroso

Bela Vista

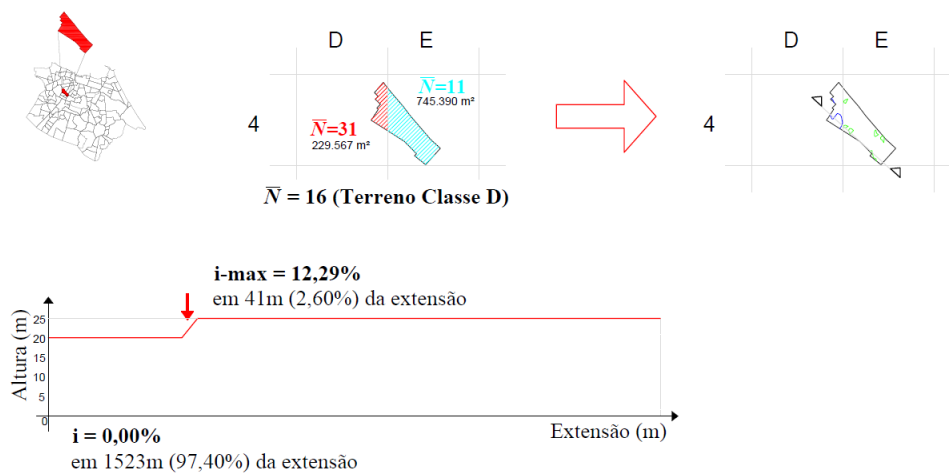
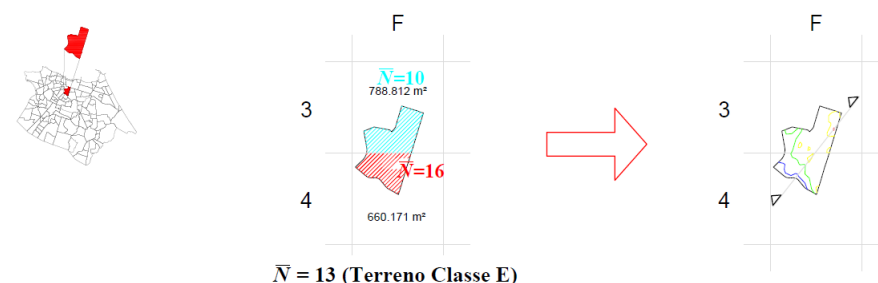


Figura AP.132. Topografia e geologia do bairro Bela Vista

Benfica



$\bar{N} = 13$ (Terreno Classe E)

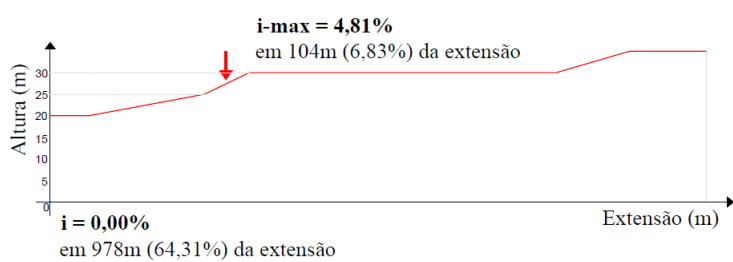
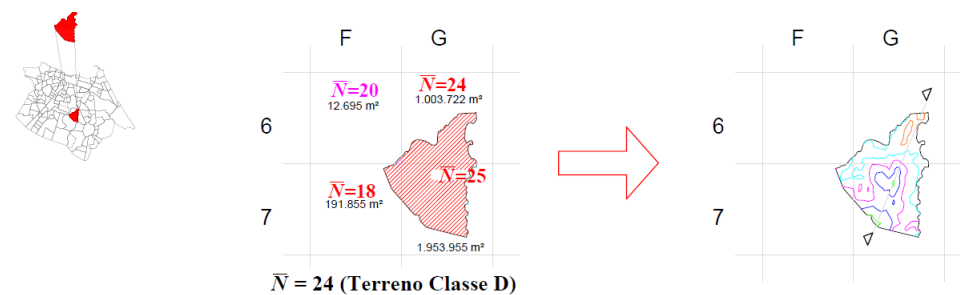


Figura AP.133. Topografia e geologia do bairro Benfica

Boa Vista



$\bar{N} = 24$ (Terreno Classe D)

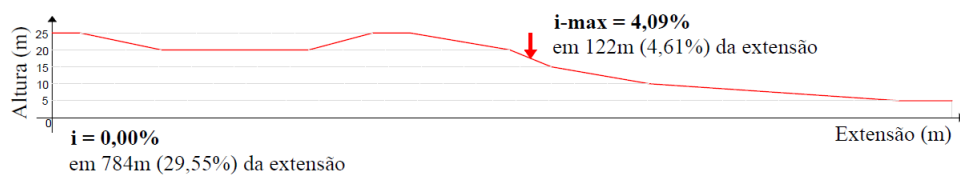


Figura AP.134. Topografia e geologia do bairro Boa Vista

Bom Futuro

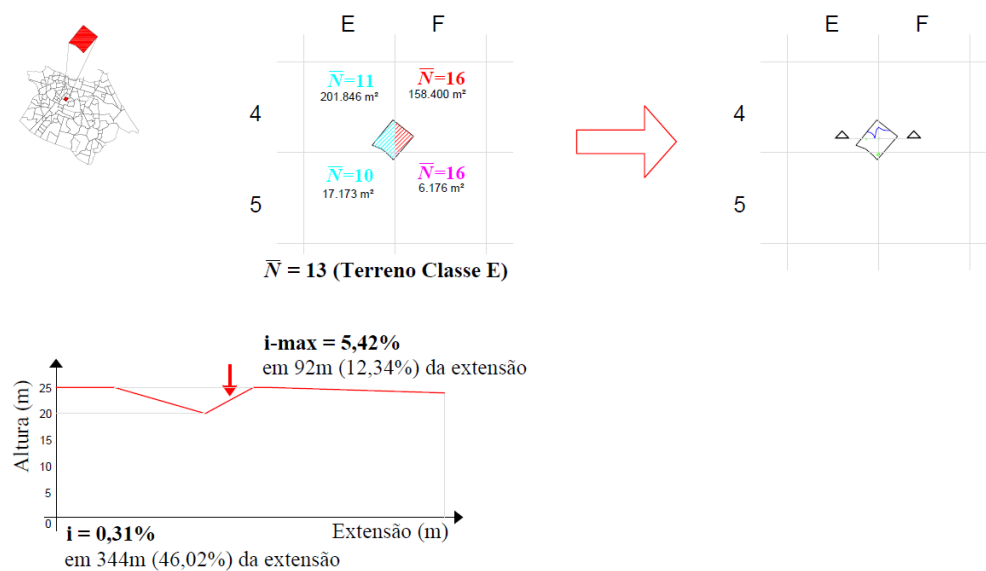


Figura AP.135. Topografia e geologia do bairro Bom Futuro

Bom Jardim

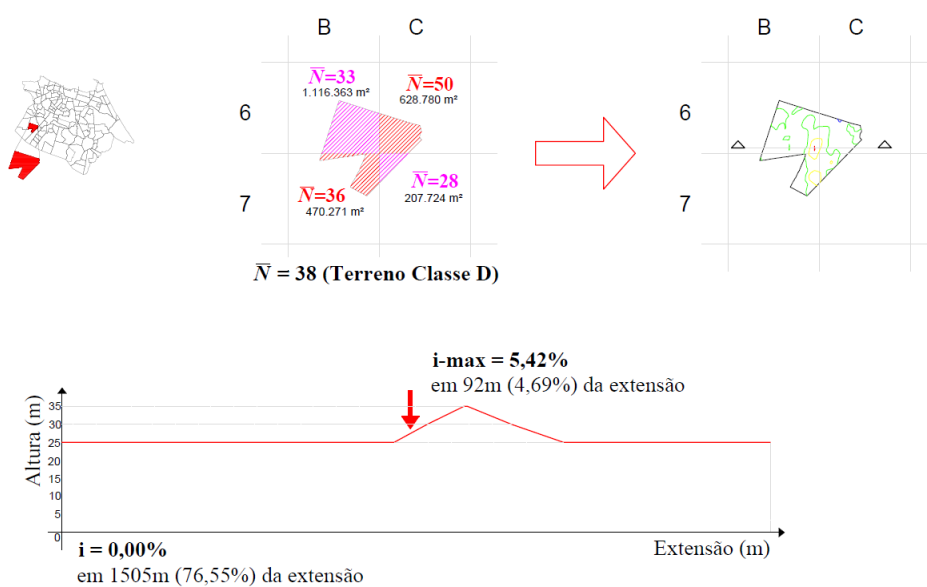


Figura AP.136. Topografia e geologia do bairro Bom Jardim

Bonsucesso

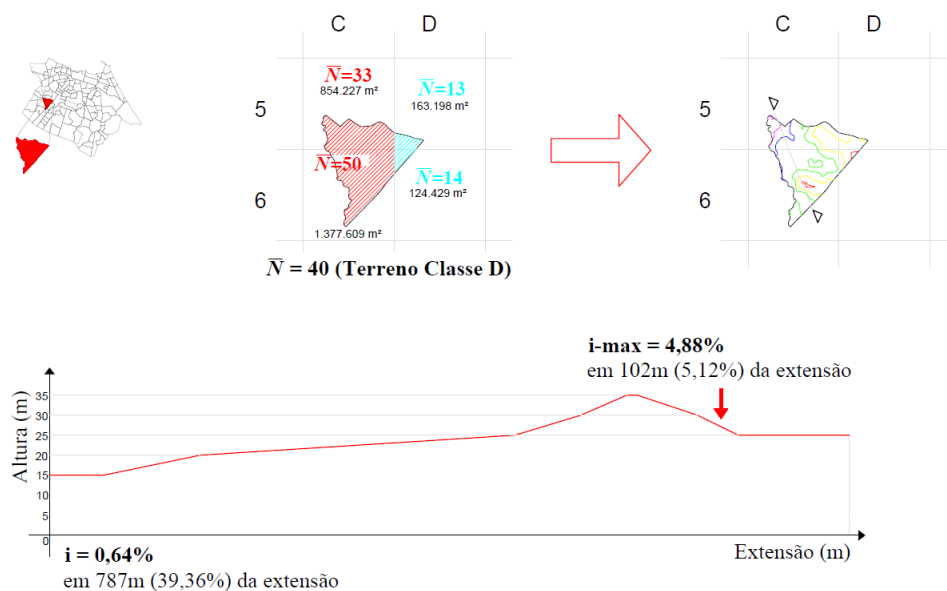


Figura AP.137. Topografia e geologia do bairro Bonsucesso

Cais do Porto

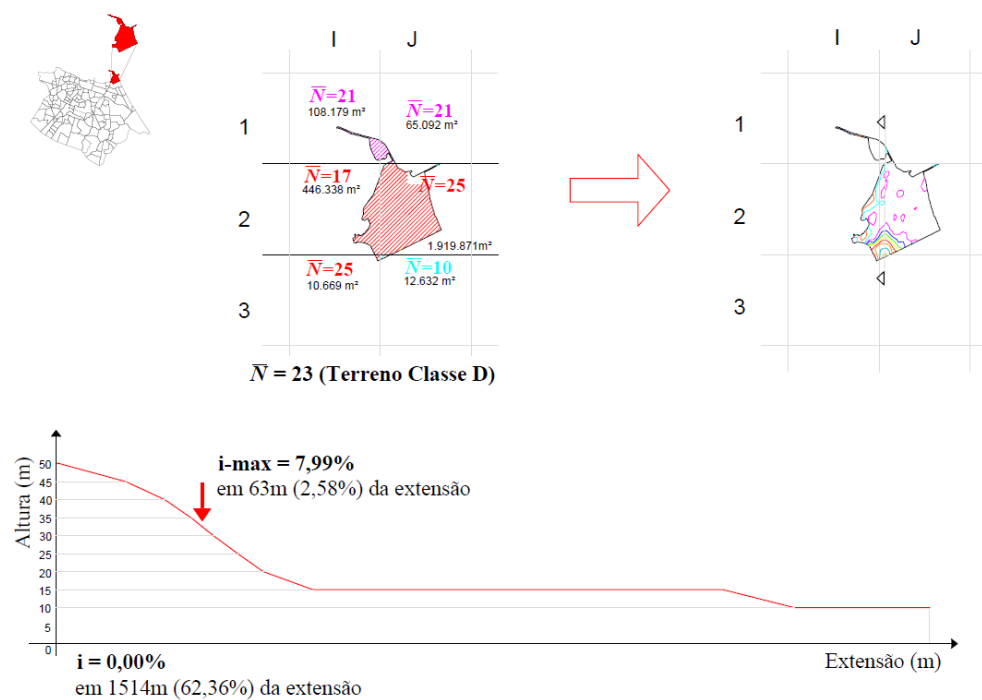


Figura AP.138. Topografia e geologia do bairro Cais do Porto

Cajazeiras

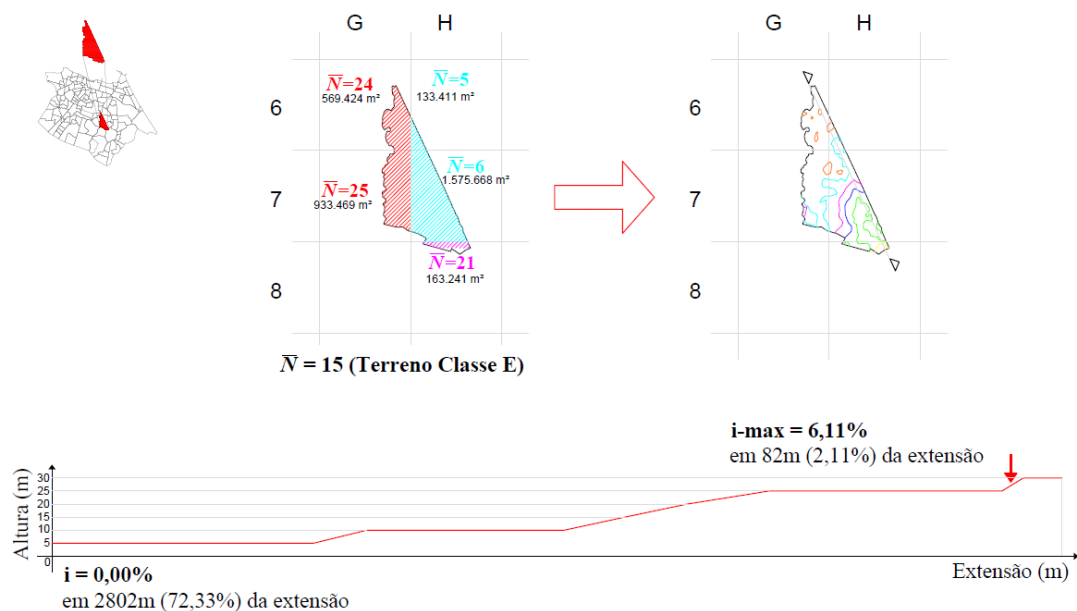


Figura AP.139. Topografia e geologia do bairro Cajazeiras

Cambeba

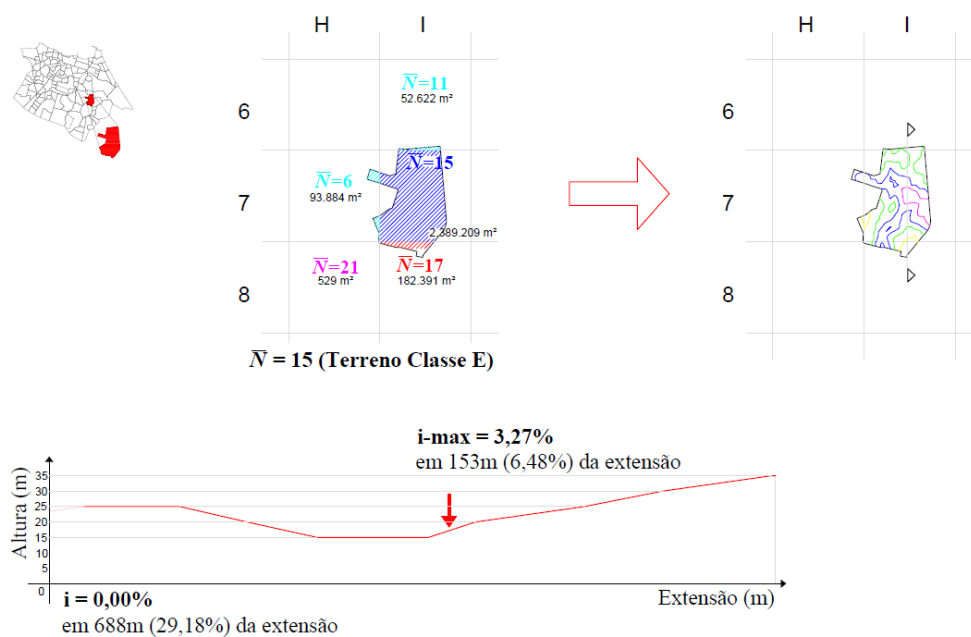


Figura AP.140. Topografia e geologia do bairro Cambeba

Canindezinho

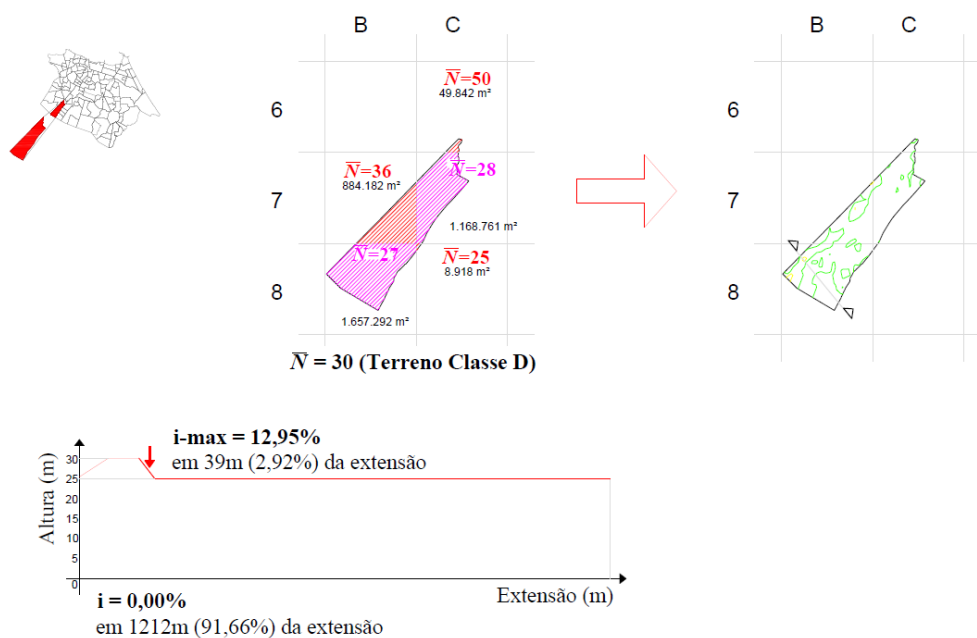


Figura AP.141. Topografia e geologia do bairro Canindezinho

Carlito Pamplona

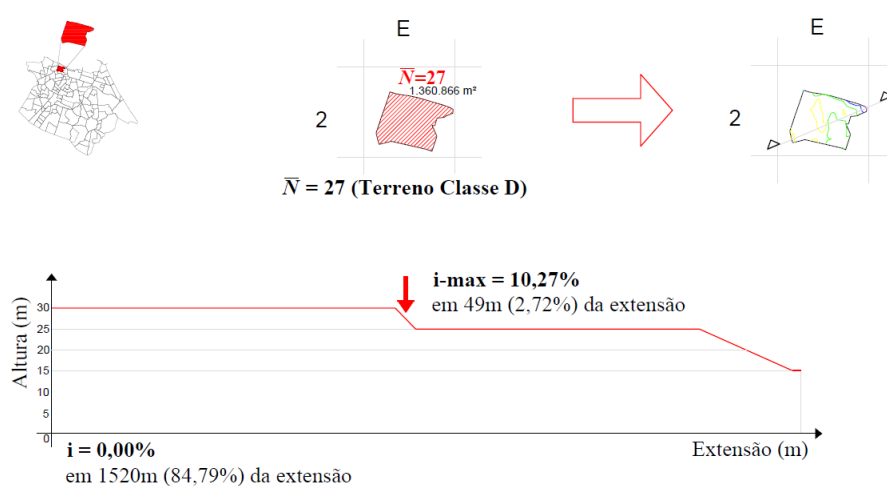


Figura AP.142. Topografia e geologia do bairro Carlito Pamplona

Centro

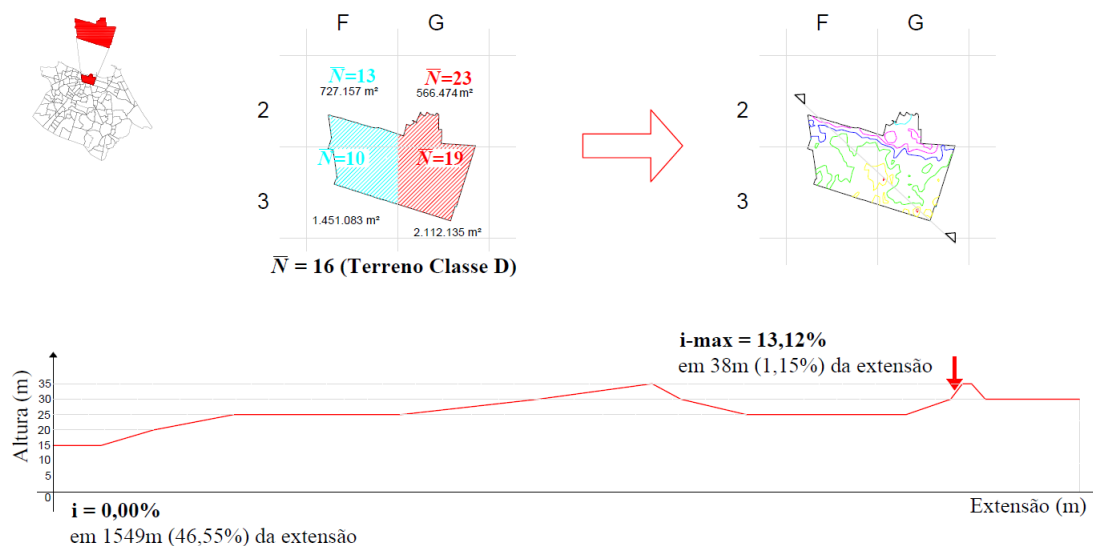


Figura AP.143. Topografia e geologia do bairro Centro

Cidade 2000

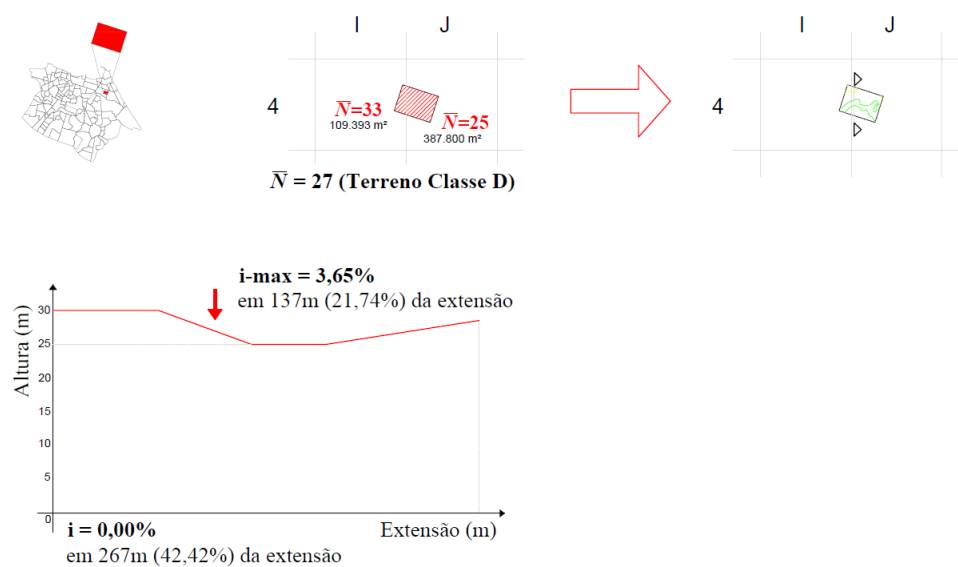


Figura AP.144. Topografia e geologia do bairro Cidade 2000

Cidade dos Funcionários

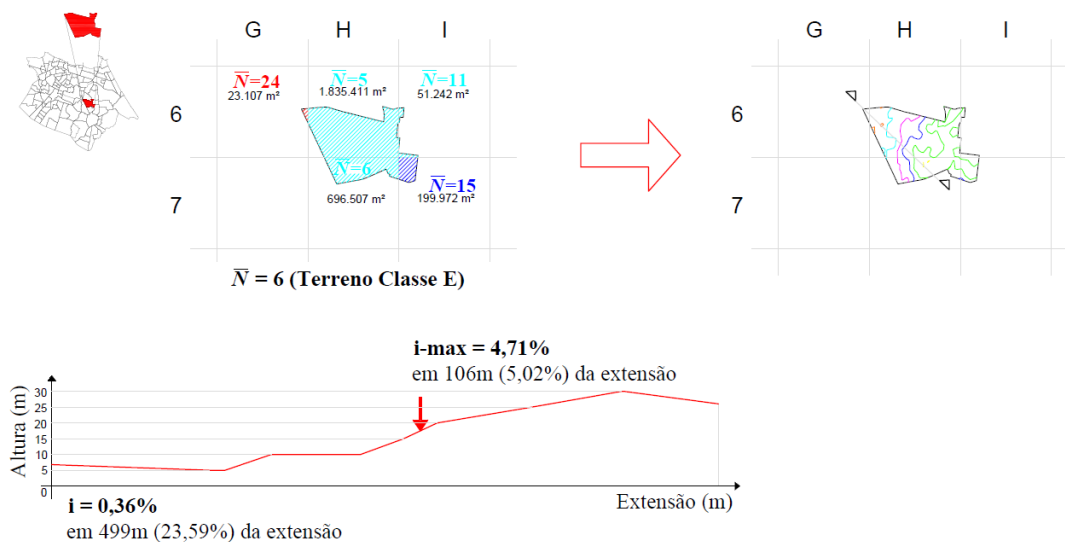


Figura AP.145. Topografia e geologia do bairro Cidade dos Funcionários

Coaçu

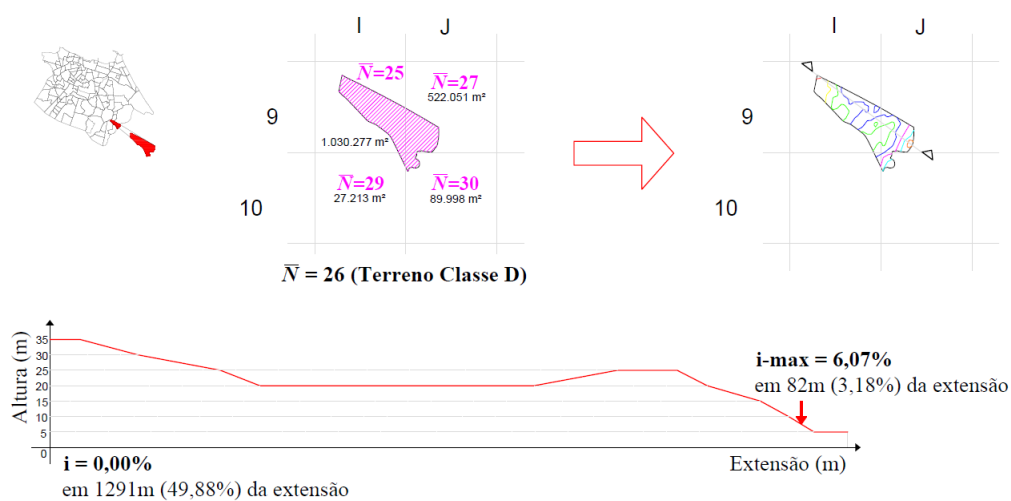


Figura AP.146. Topografia e geologia do bairro Coaçu

Cocó

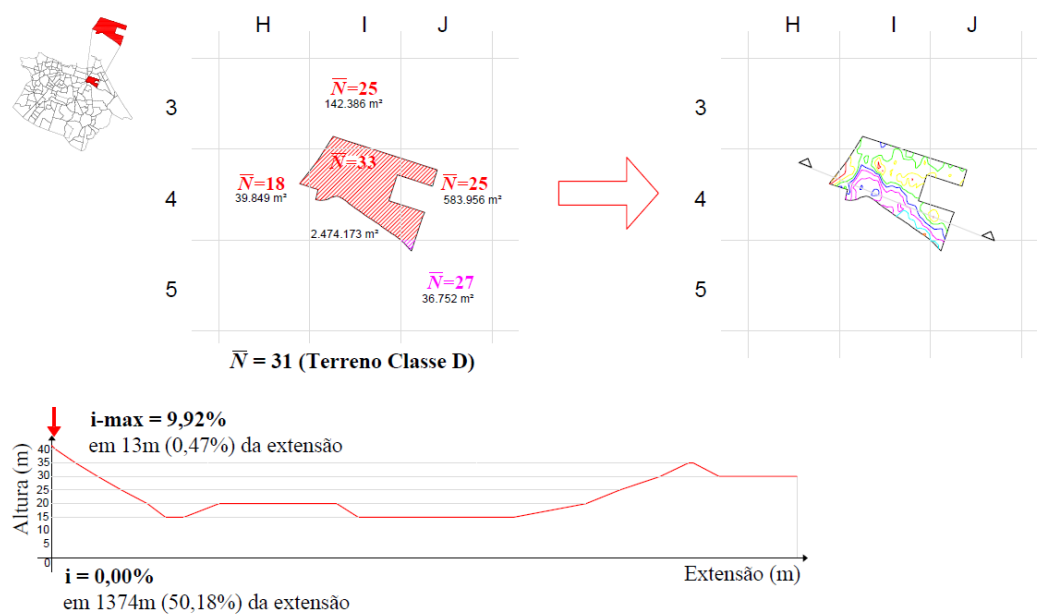


Figura AP.147. Topografia e geologia do bairro Cocó

Conjunto Ceará I

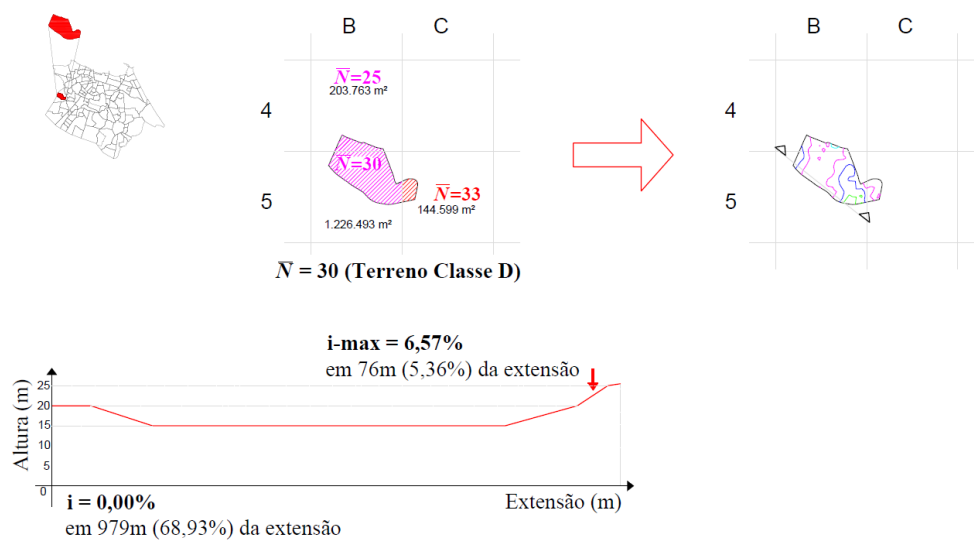


Figura AP.148. Topografia e geologia do bairro Conjunto Ceará

Conjunto Ceará II

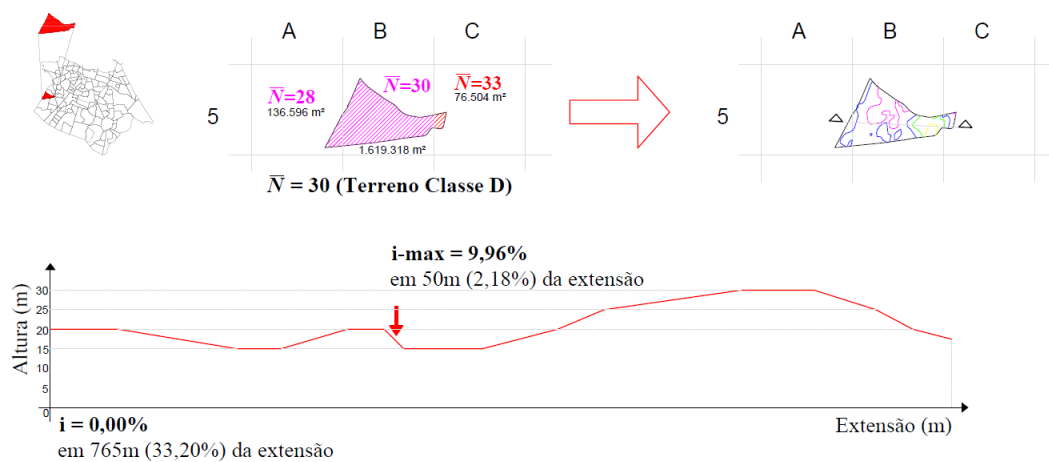


Figura AP.149. Topografia e geologia do bairro Conjunto Ceará II

Conjunto Esperança

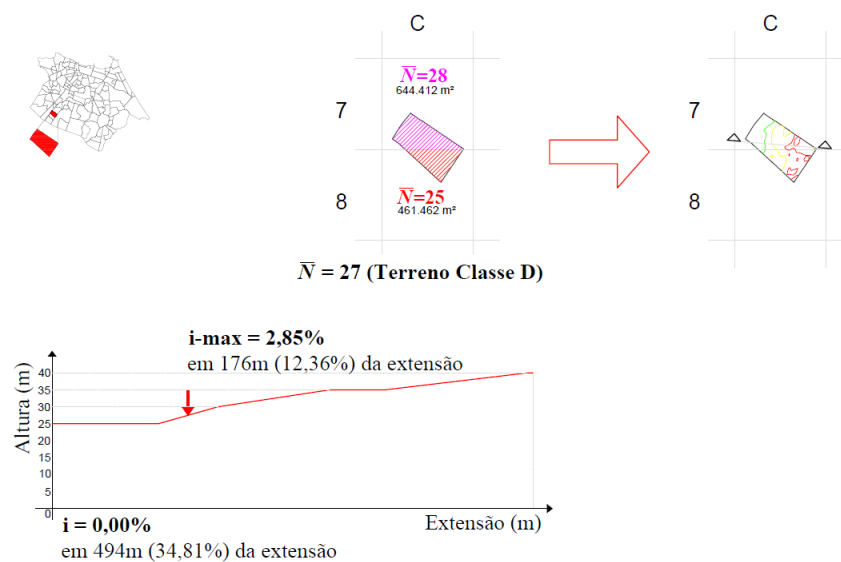


Figura AP.150. Topografia e geologia do bairro Conjunto Esperança

Conjunto Palmeiras

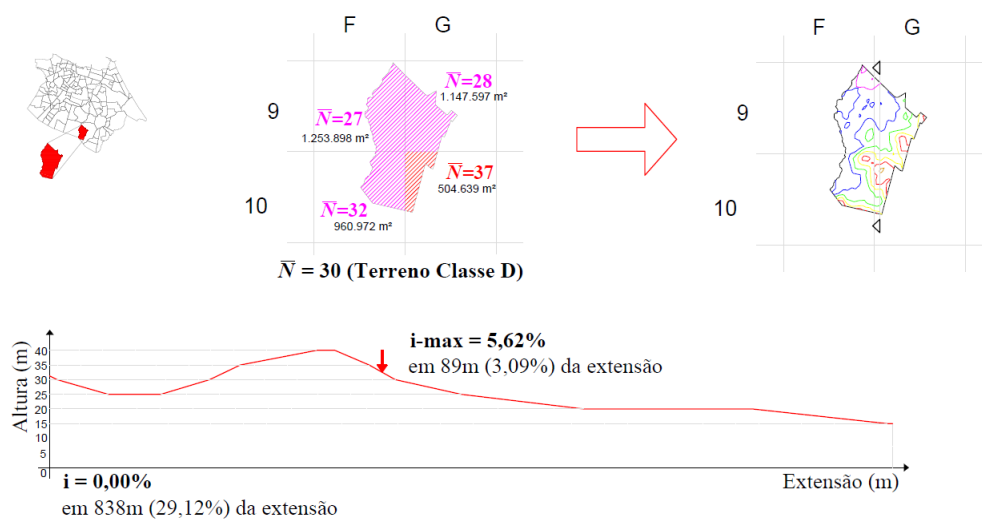


Figura AP.151. Topografia e geologia do bairro Conjunto Palmeiras

Couto Fernandes

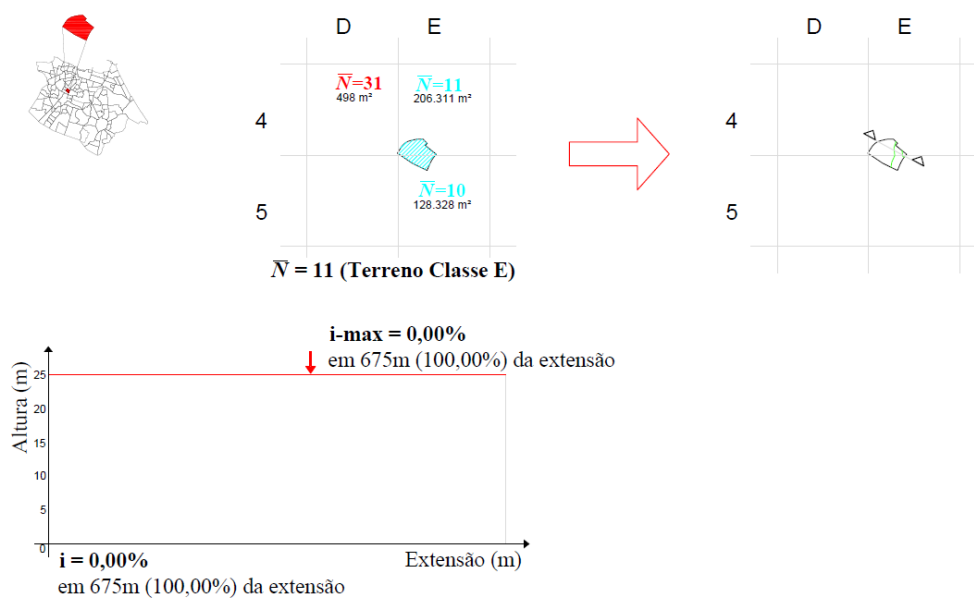


Figura AP.152. Topografia e geologia do bairro Couto Fernandes

Cristo Redentor

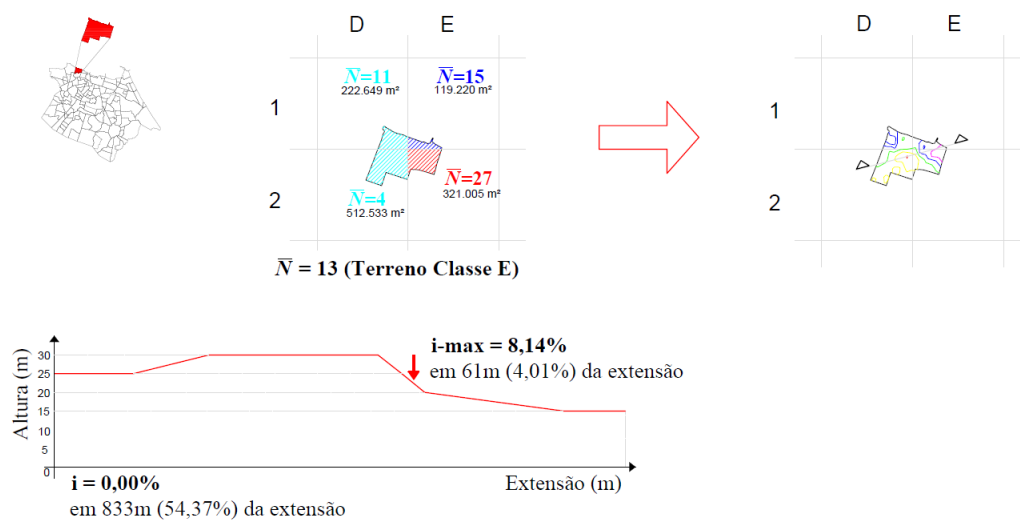


Figura AP.153. Topografia e geologia do bairro Cristo Redentor

Curió

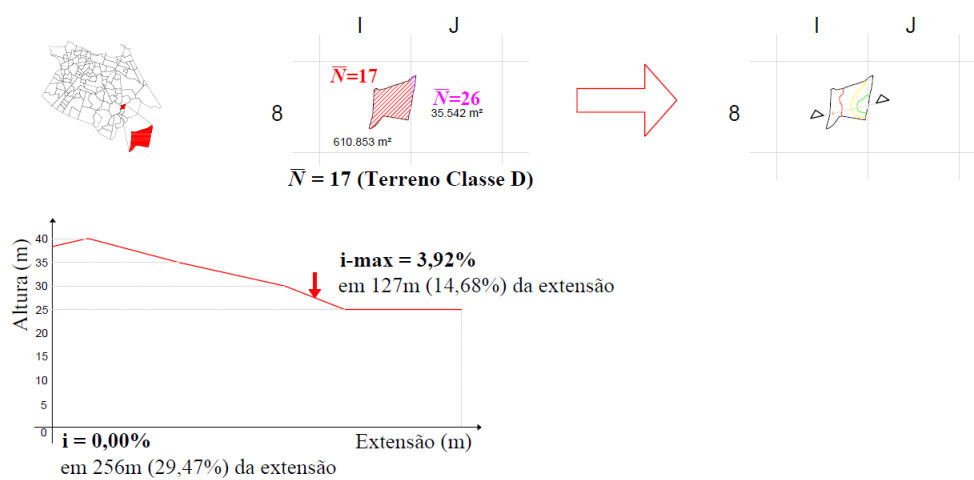


Figura AP.154. Topografia e geologia do bairro Curió

Damas

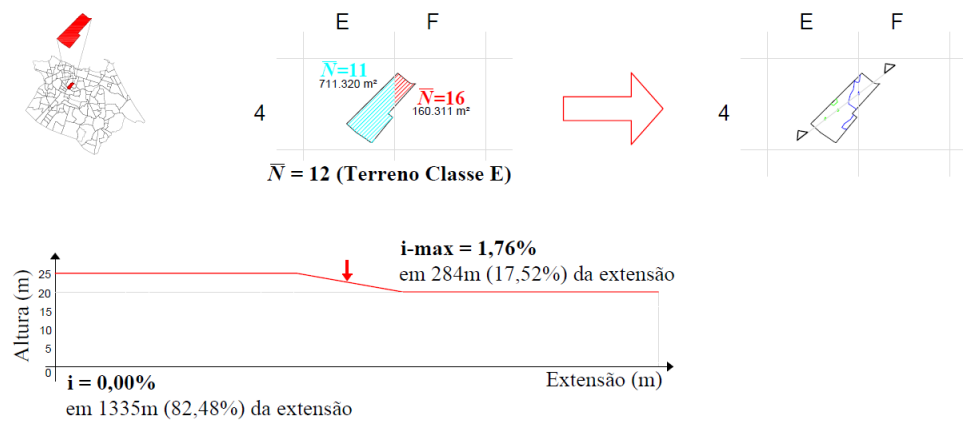


Figura AP.155. Topografia e geologia do bairro Damas

De Lourdes

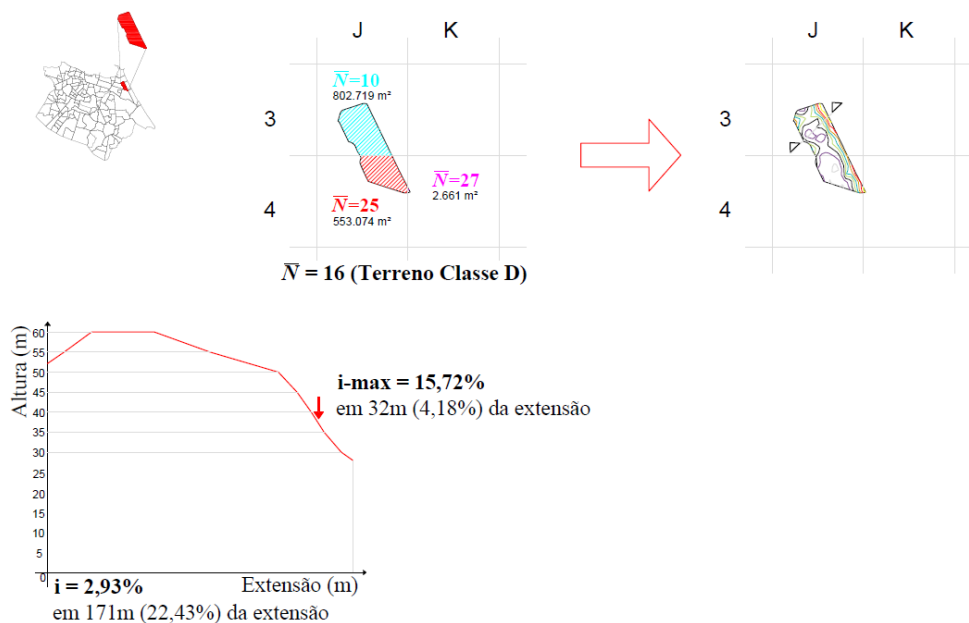


Figura AP.156. Topografia e geologia do bairro De Lourdes

Demócrito Rocha

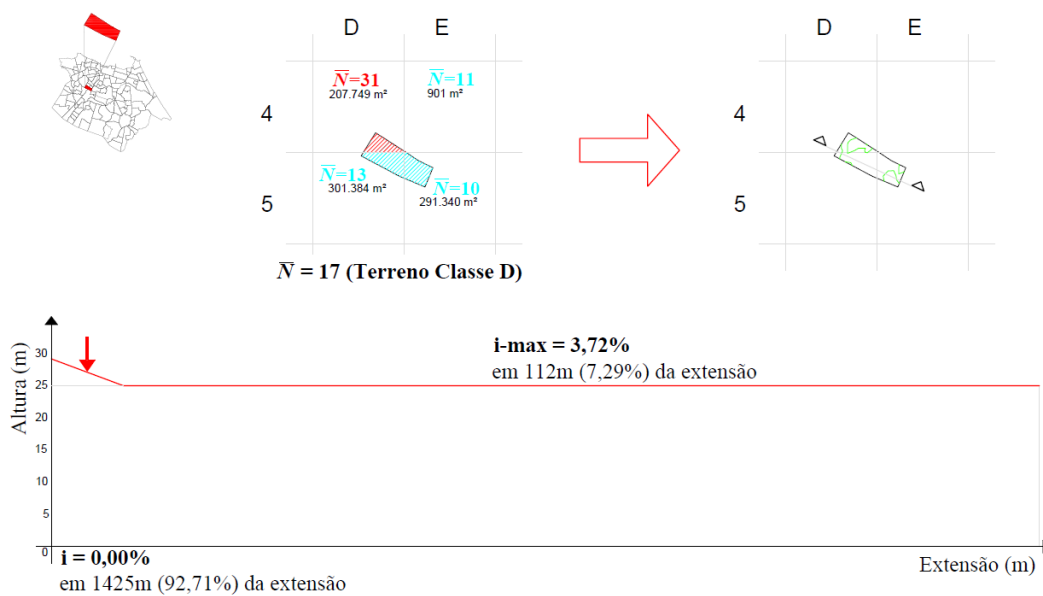


Figura AP.157. Topografia e geologia do bairro Demócrito Rocha

Dendê

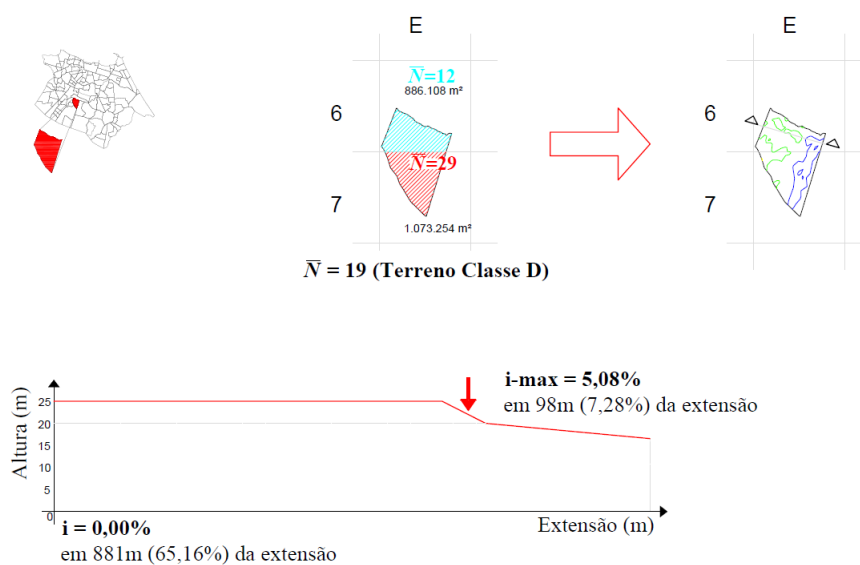


Figura AP.158. Topografia e geologia do bairro Dendê

Dias Macêdo

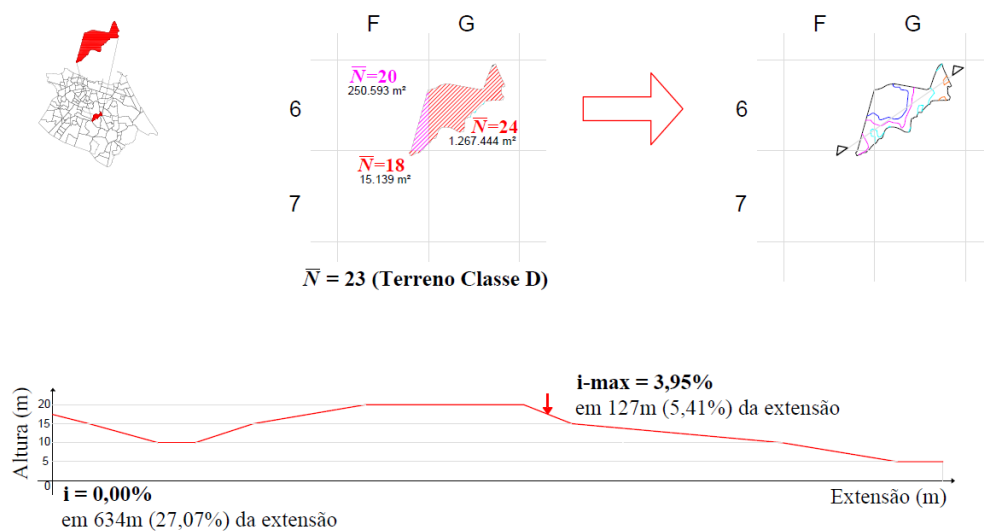


Figura AP.159. Topografia e geologia do bairro Dias Macêdo

Dionísio Torres

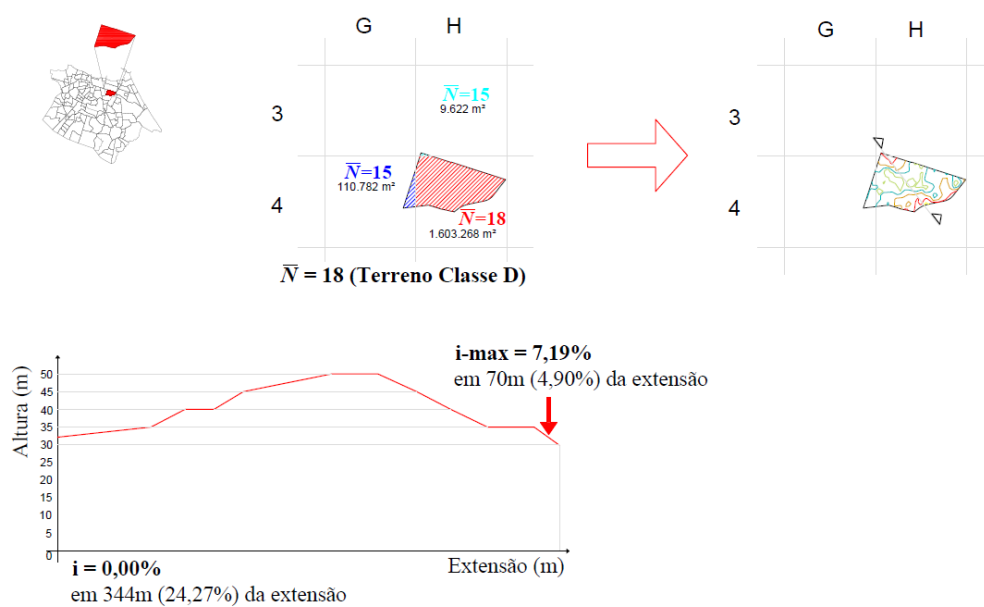


Figura AP.160. Topografia e geologia do bairro Dionísio Torres

Dom Lustosa

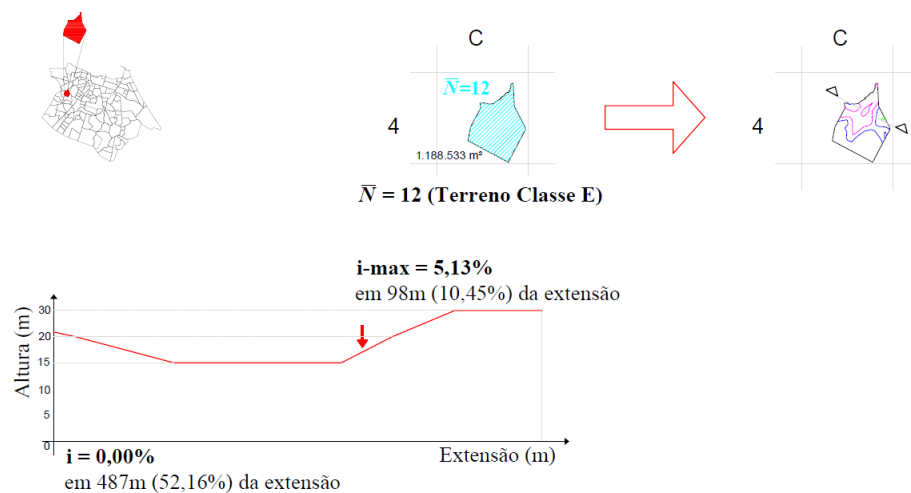


Figura AP.161. Topografia e geologia do bairro Dom Lustosa

Edson Queiroz

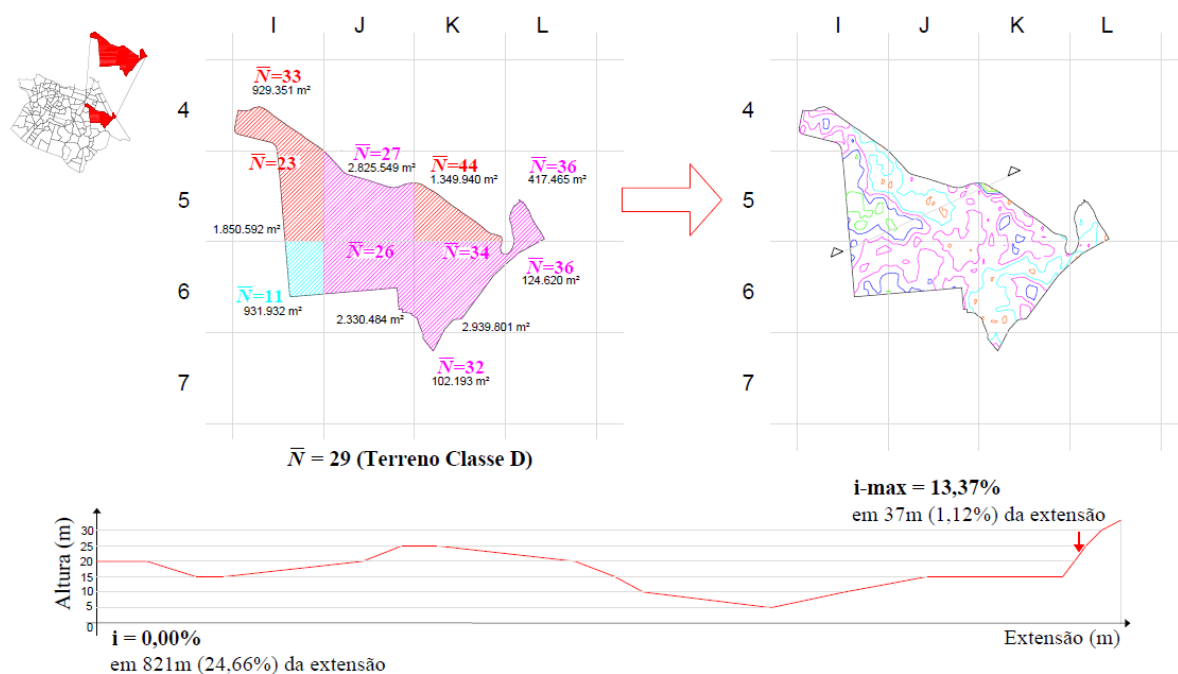


Figura AP.162. Topografia e geologia do bairro Edson Queiroz

Engenheiro Luciano Cavalcante

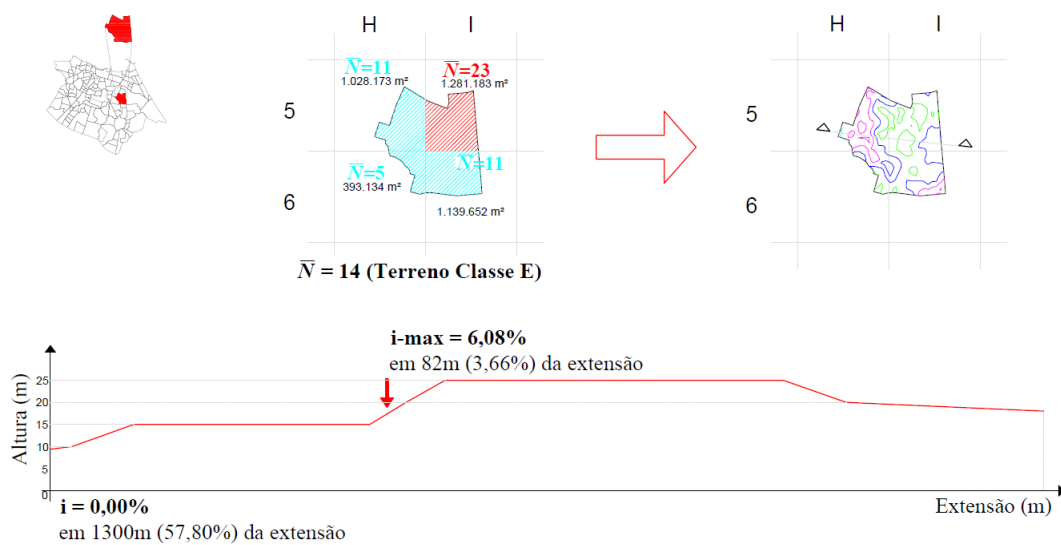


Figura AP.163. Topografia e geologia do bairro Engenheiro Luciano Cavalcante

Farias Brito

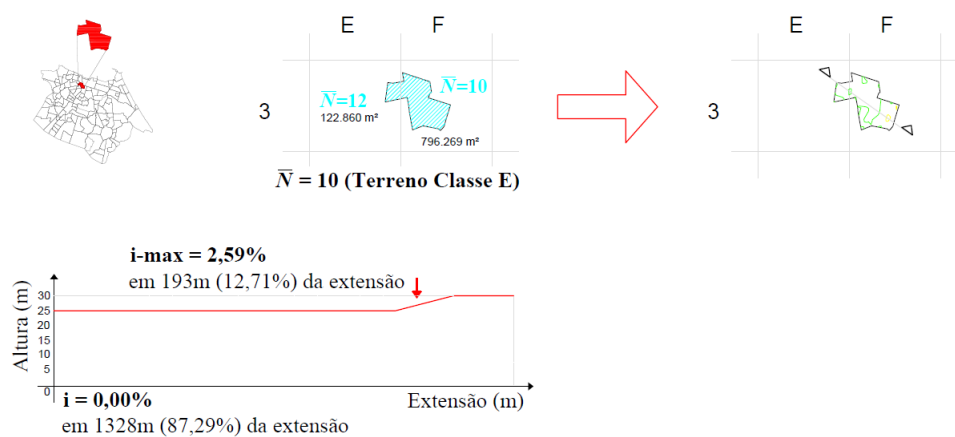


Figura AP.164. Topografia e geologia do bairro Farias Brito

Fátima

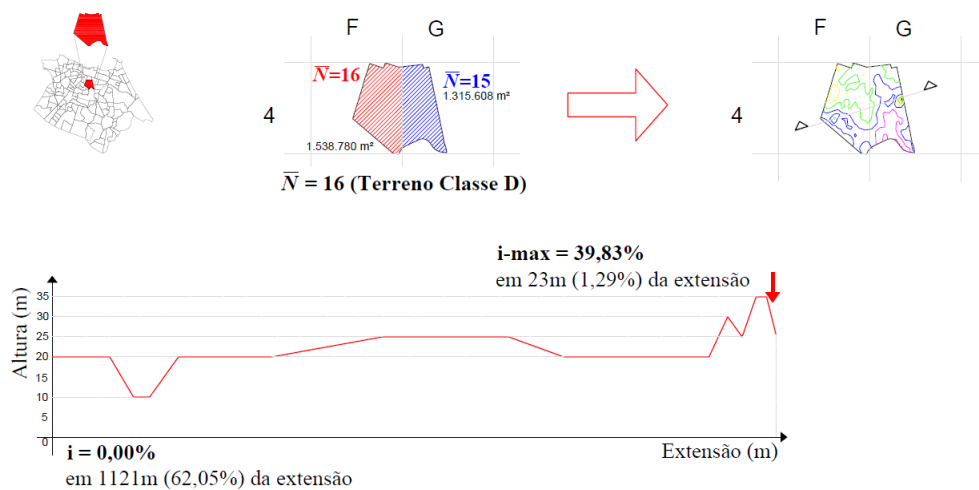


Figura AP.165. Topografia e geologia do bairro Fátima

Floresta

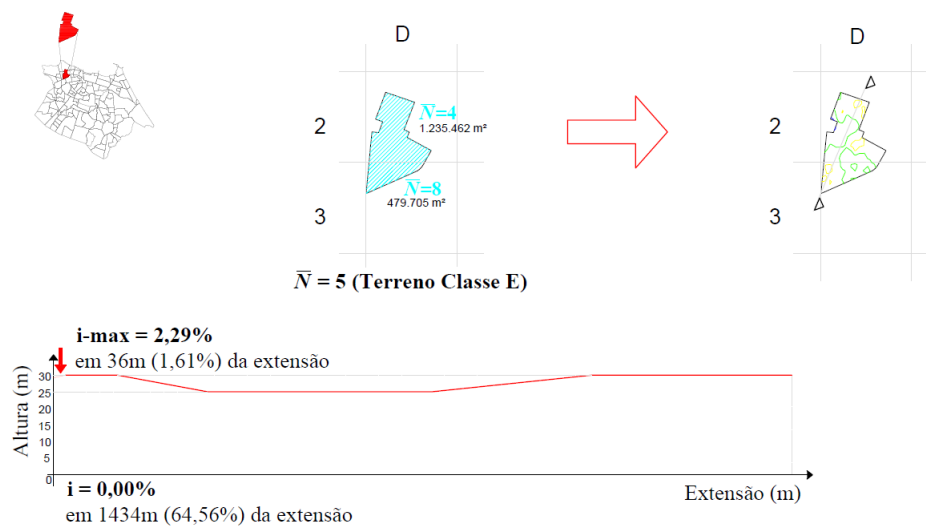


Figura AP.166. Topografia e geologia do bairro Floresta

Genibaú

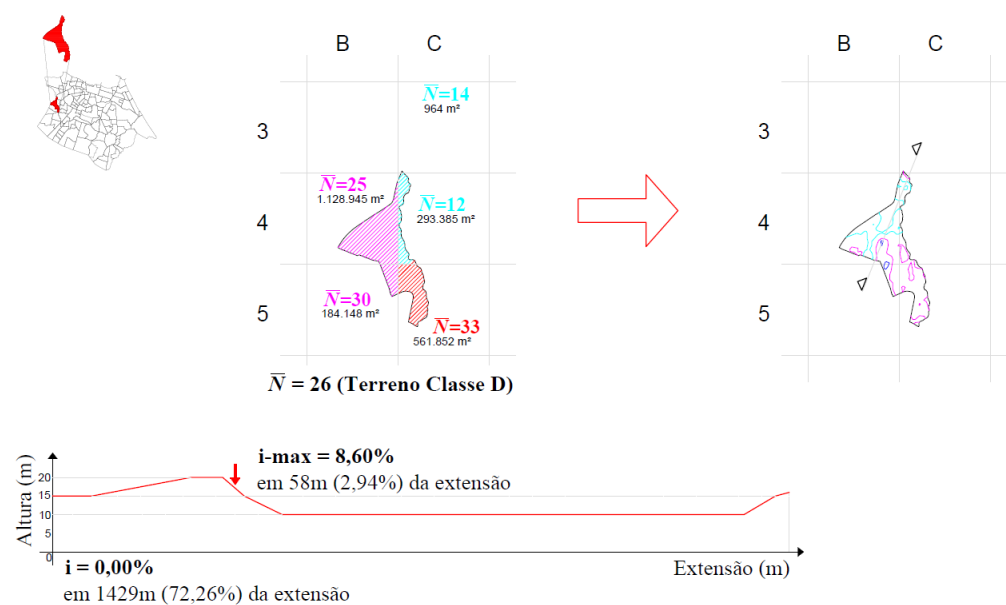


Figura AP.167. Topografia e geologia do bairro Genibaú

Granja Lisboa

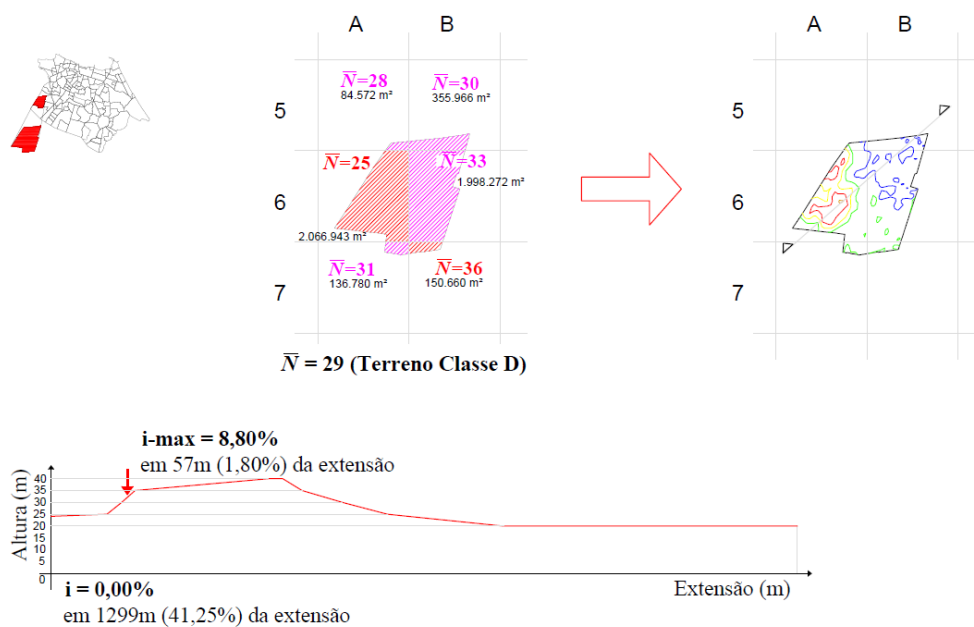


Figura AP.168. Topografia e geologia do bairro Granja Lisboa

Granja Portugal

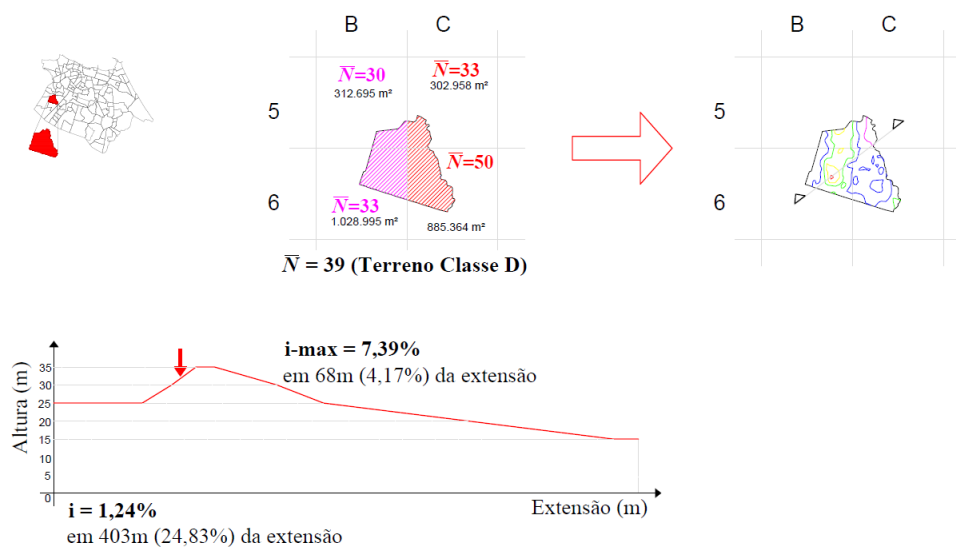


Figura AP.169. Topografia e geologia do bairro Granja Portugal

Guajeru

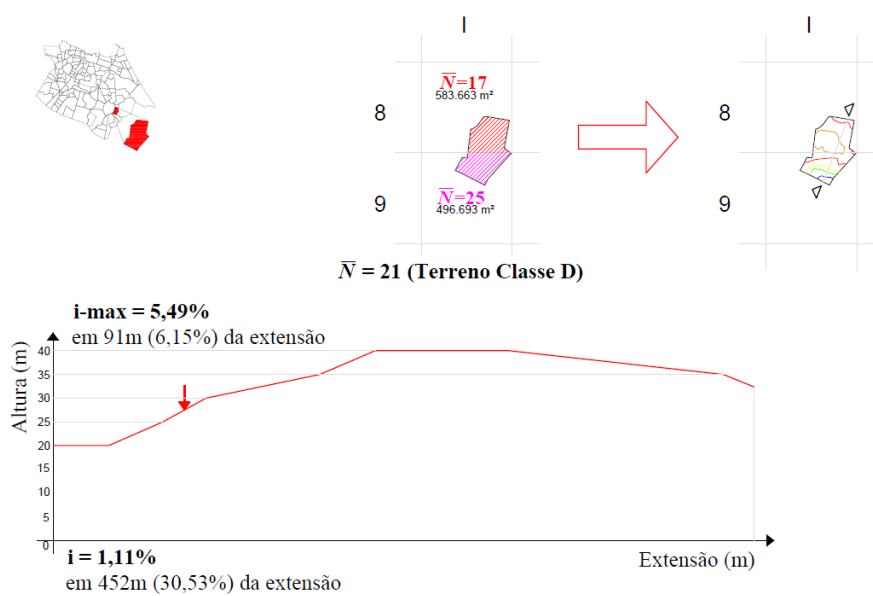


Figura AP.170. Topografia e geologia do bairro Guajeru

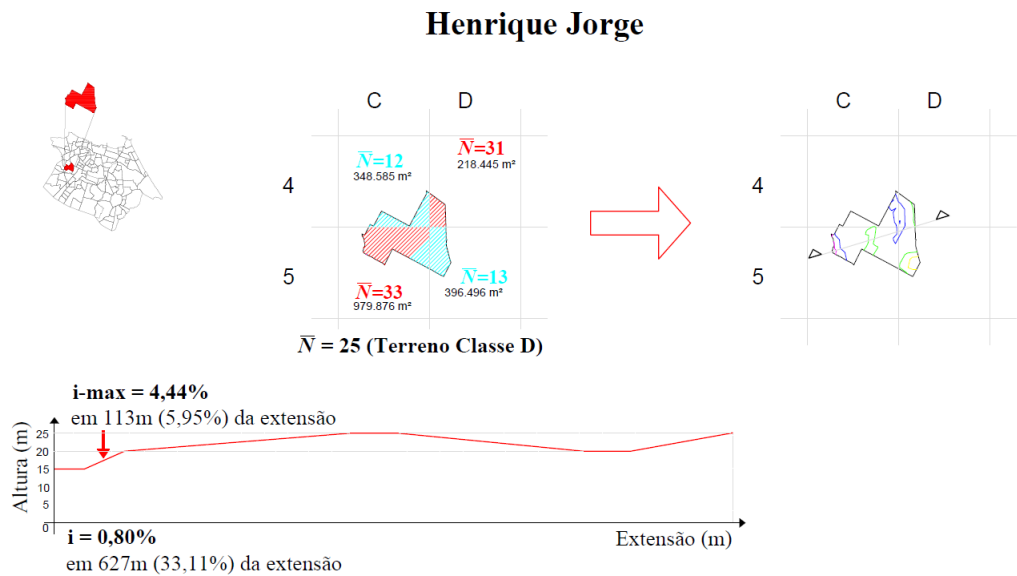


Figura AP.171. Topografia e geologia do bairro Henrique Jorge

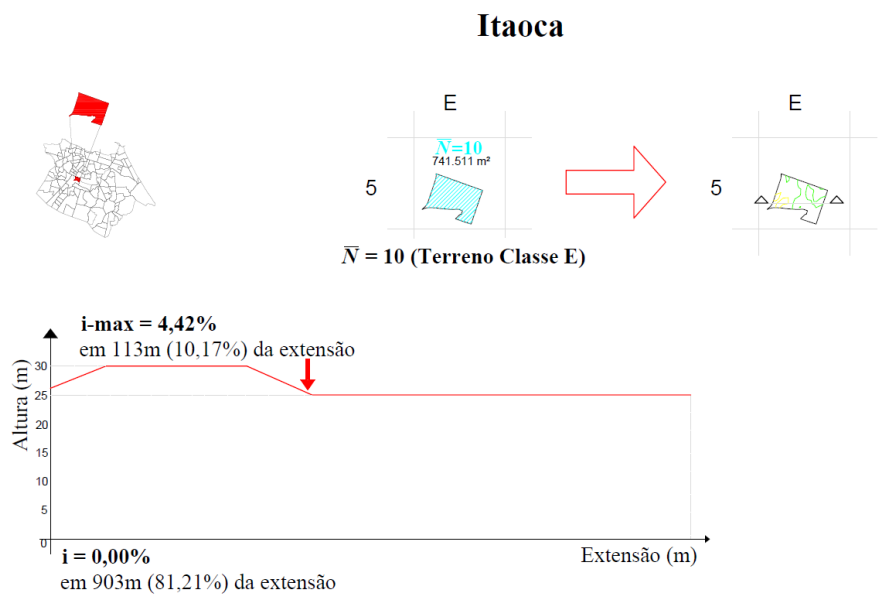


Figura AP.172. Topografia e geologia do bairro Itaoca

Itaperi

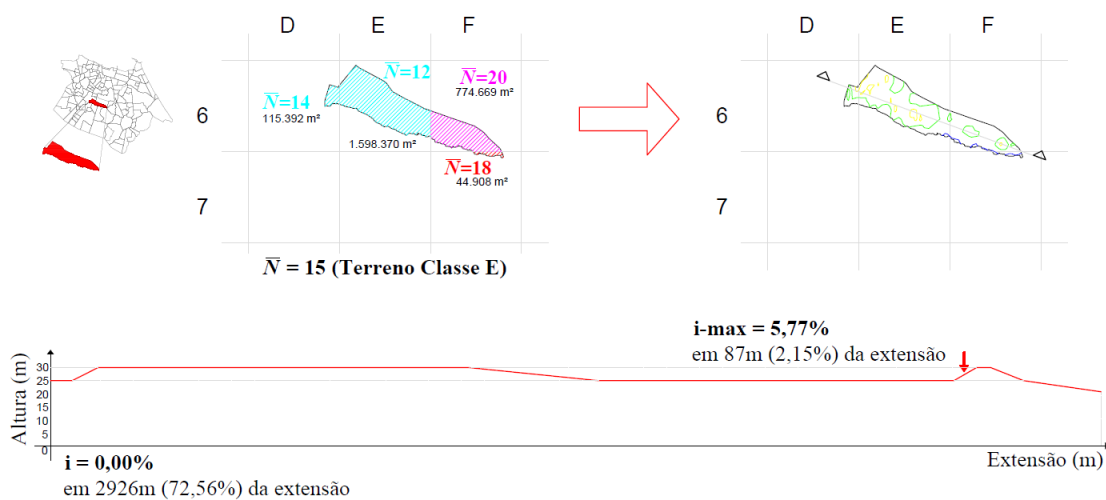


Figura AP.173. Topografia e geologia do bairro Itaperi

Jacarecanga

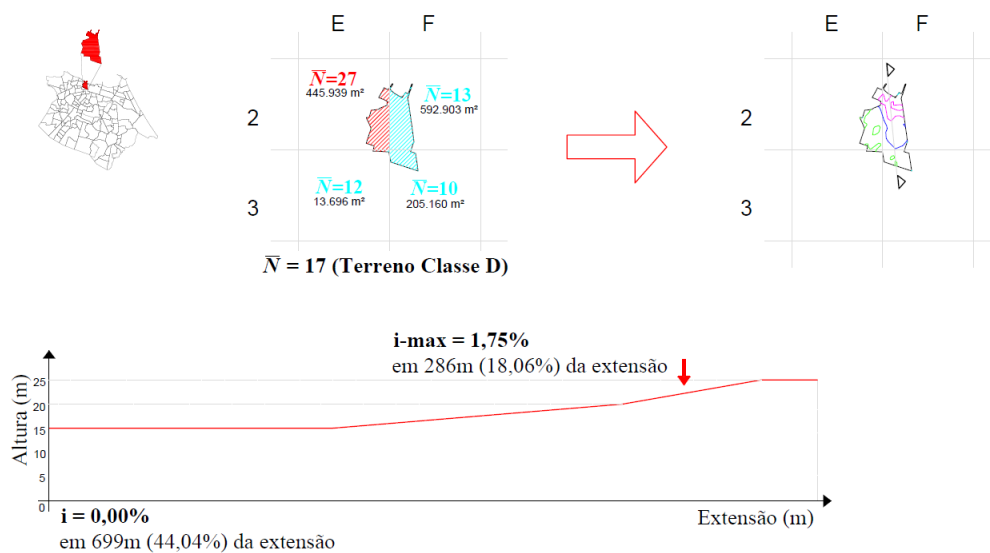


Figura AP.174. Topografia e geologia do bairro Jacarecanga

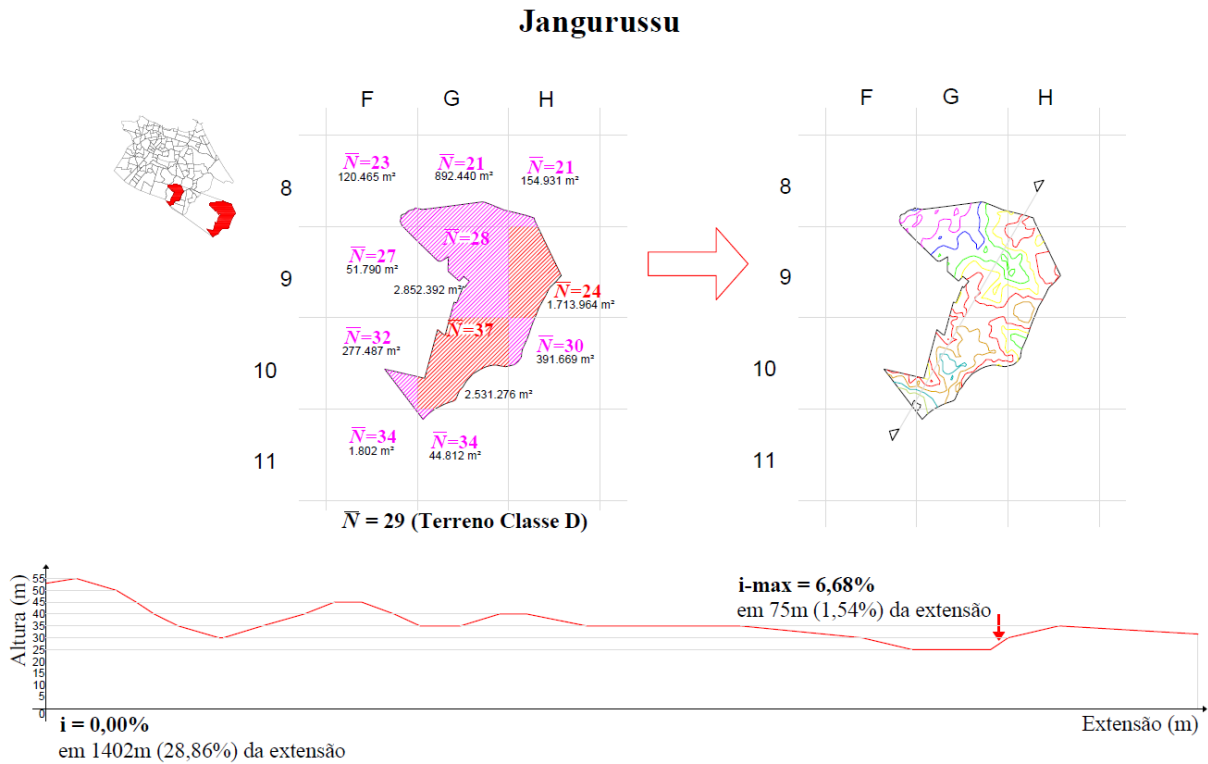


Figura AP.175. Topografia e geologia do bairro Jangurussu

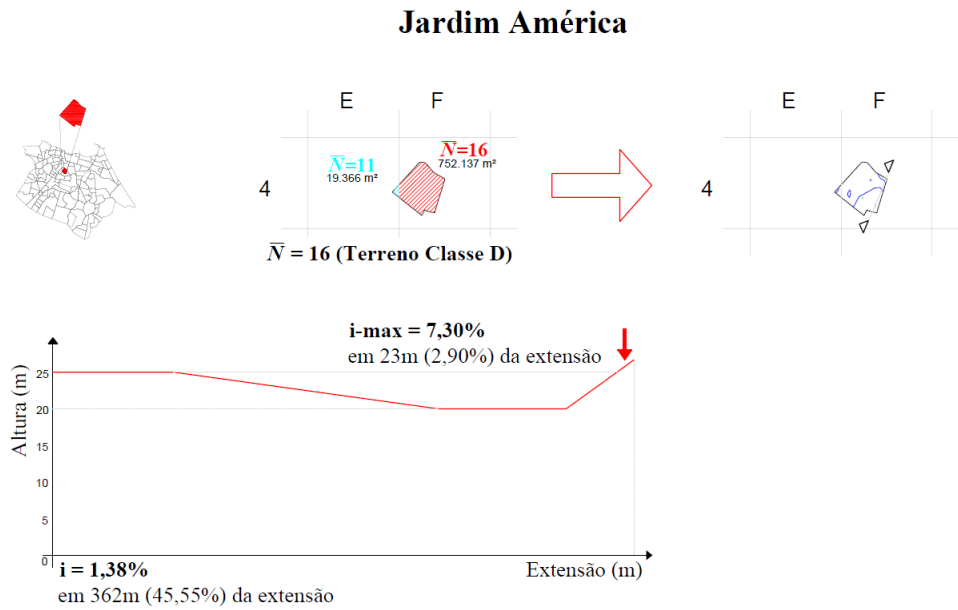


Figura AP.176. Topografia e geologia do bairro Jardim América

Jardim Cearense

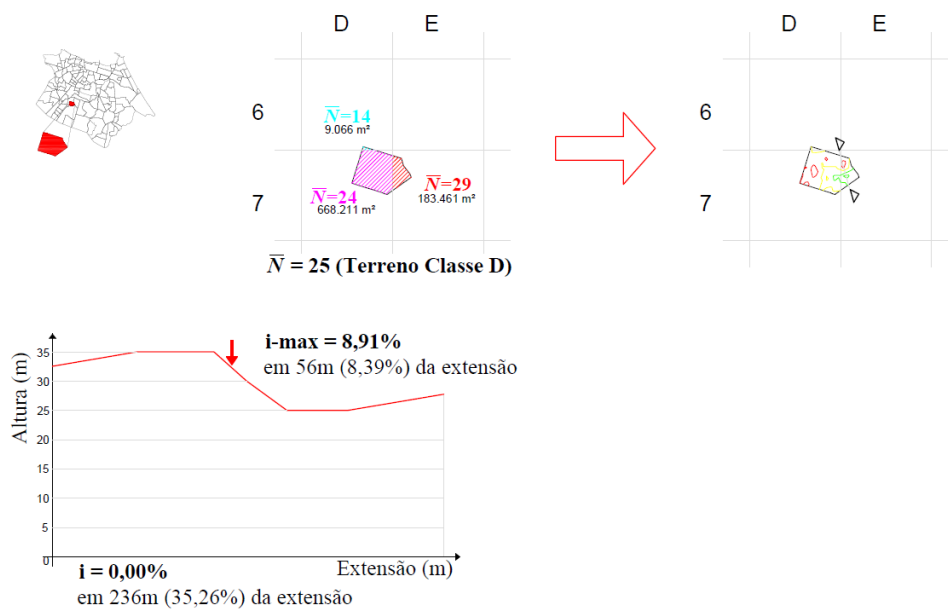


Figura AP.177. Topografia e geologia do bairro Jardim Cearense

Jardim das Oliveiras

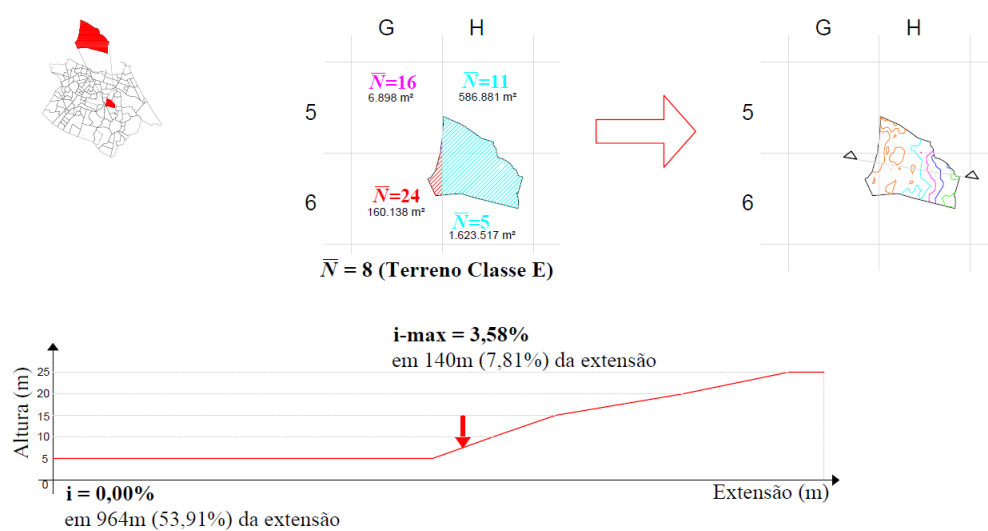


Figura AP.178. Topografia e geologia do bairro Jardim das Oliveiras

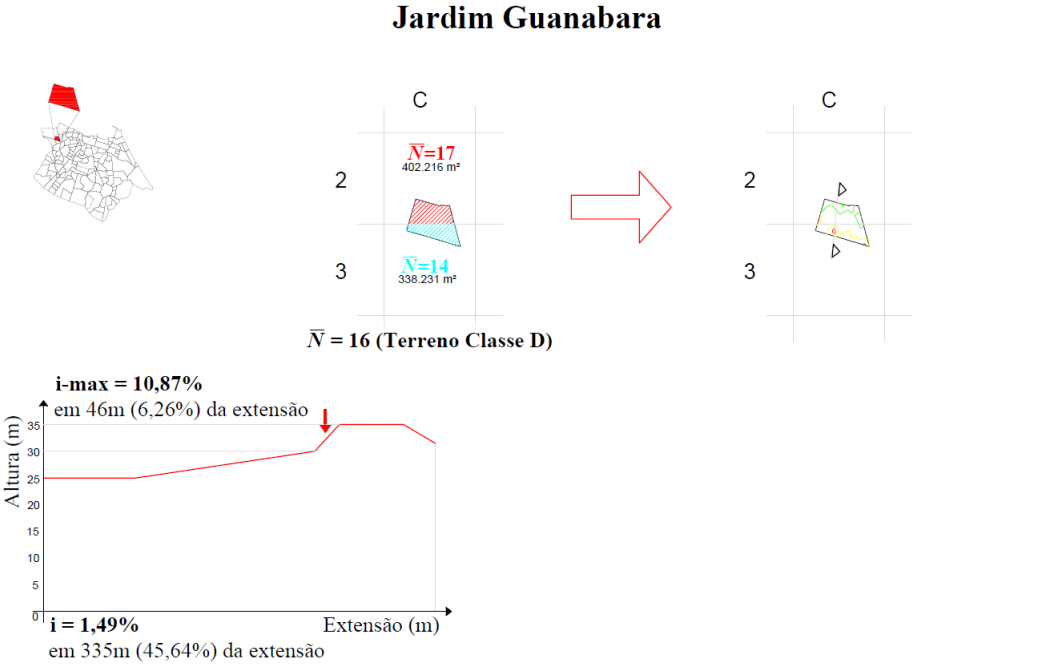


Figura AP.179. Topografia e geologia do bairro Jardim Guanabara

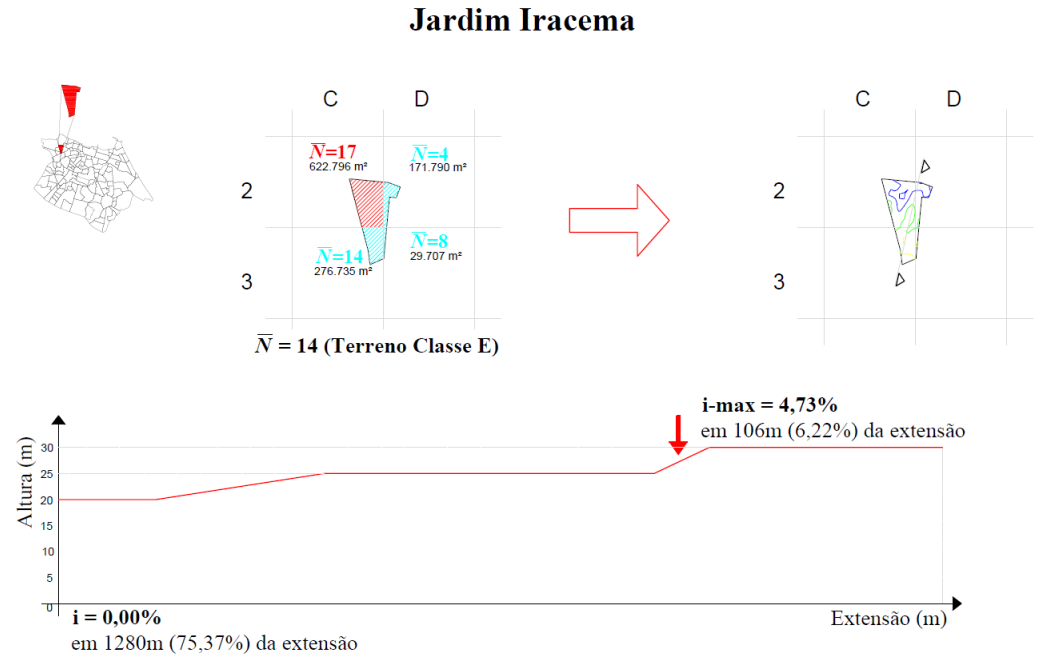


Figura AP.180. Topografia e geologia do bairro Jardim Iracema

José Bonifácio

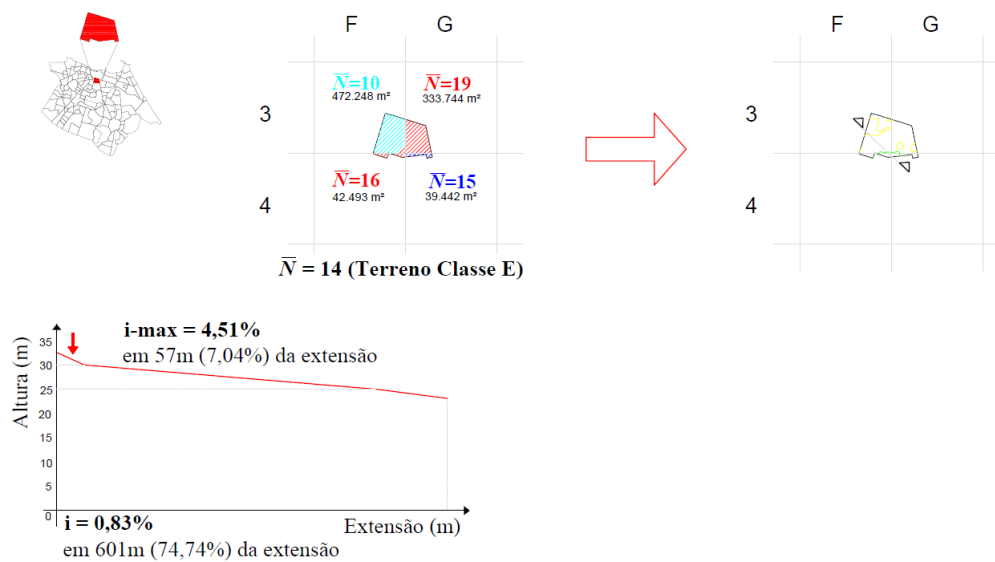


Figura AP.181. Topografia e geologia do bairro José Bonifácio

João XXIII

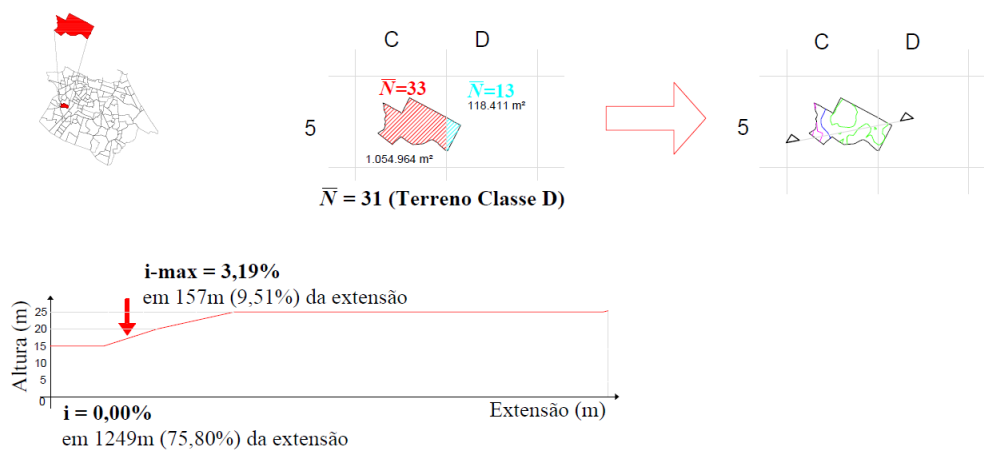


Figura AP.182. Topografia e geologia do bairro João XXIII

Joaquim Távora

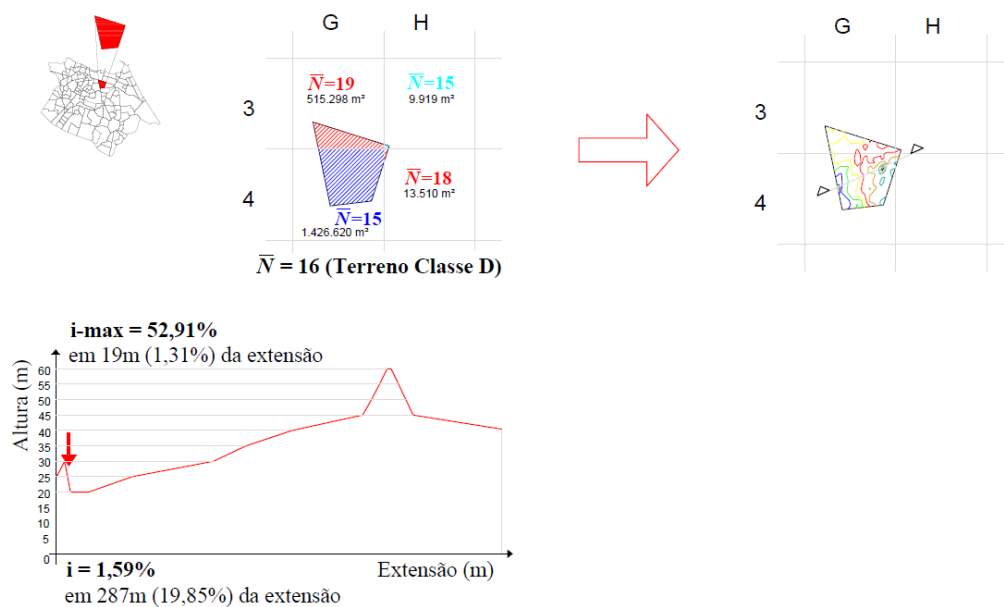


Figura AP.183. Topografia e geologia do bairro Joaquim Távora

Jóquei Clube

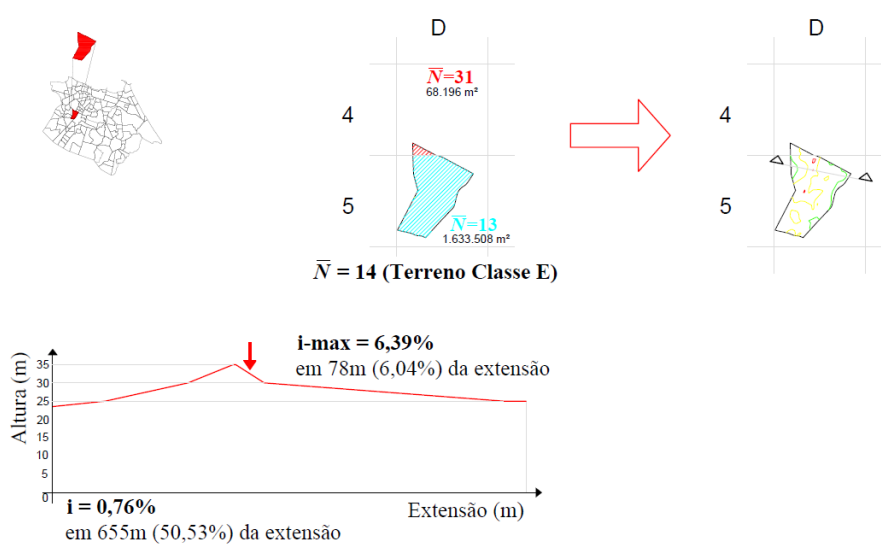


Figura AP.184. Topografia e geologia do bairro Jóquei Clube

José de Alencar

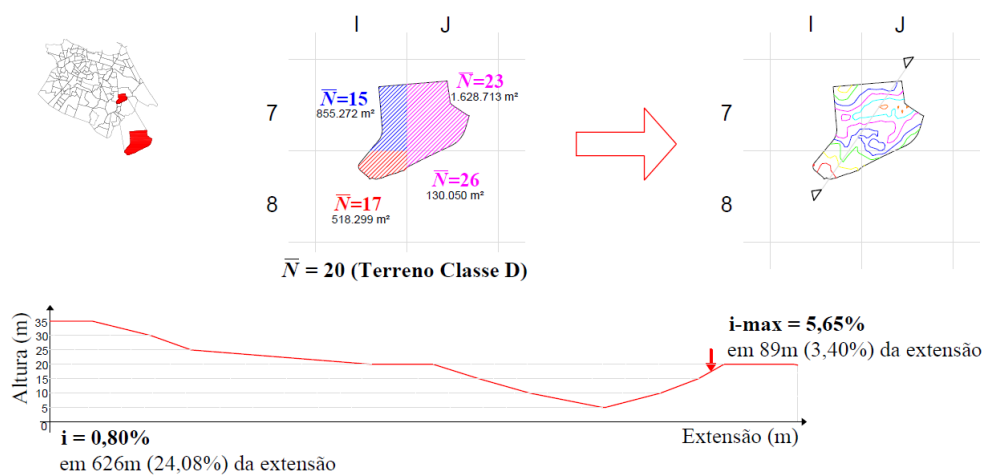


Figura AP.185. Topografia e geologia do bairro José de Alencar

Lagoa Redonda

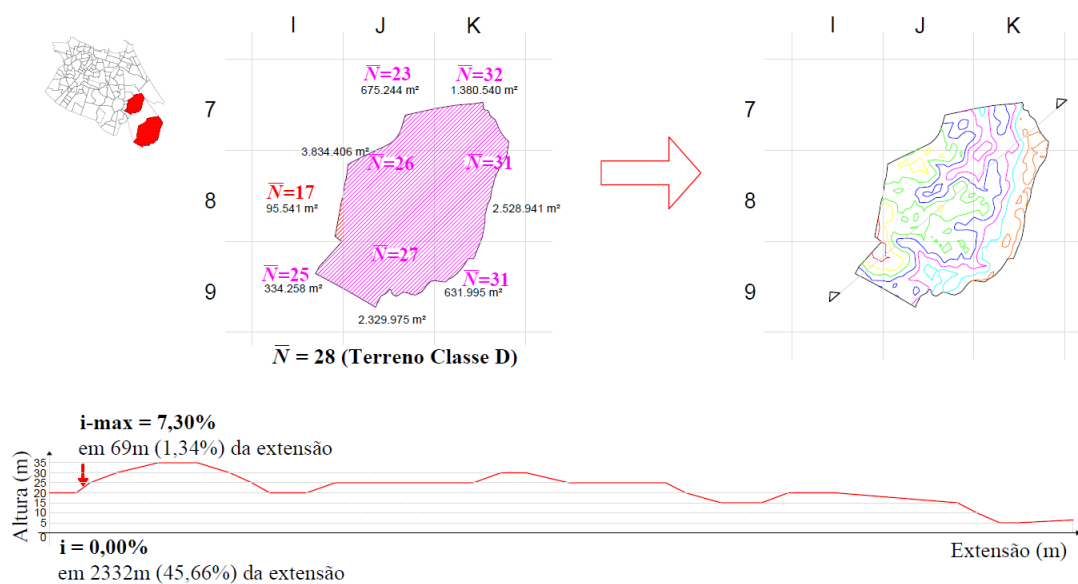


Figura AP.186. Topografia e geologia do bairro Lagoa Redonda

Manoel Sátiro

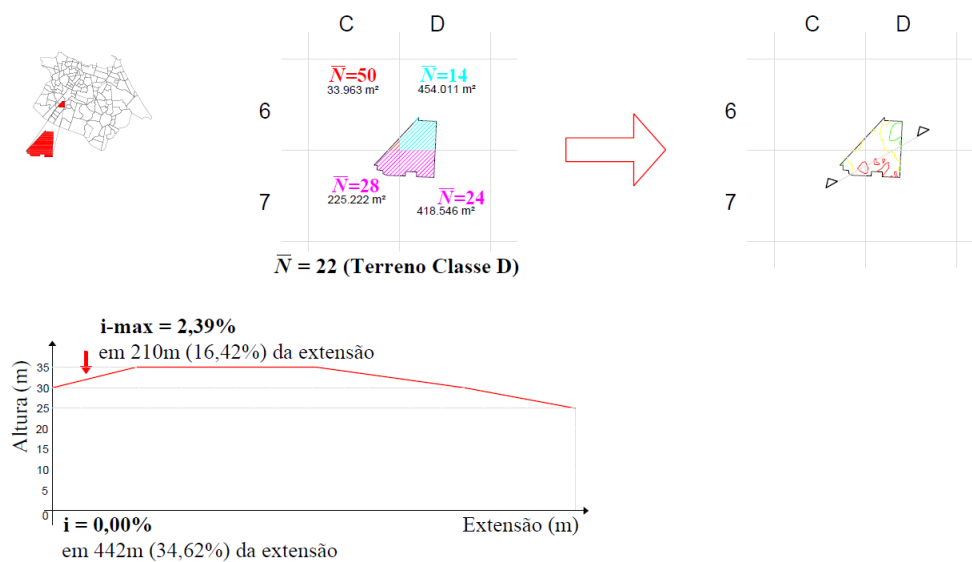


Figura AP.187. Topografia e geologia do bairro Manoel Sátiro

Manuel Dias Branco

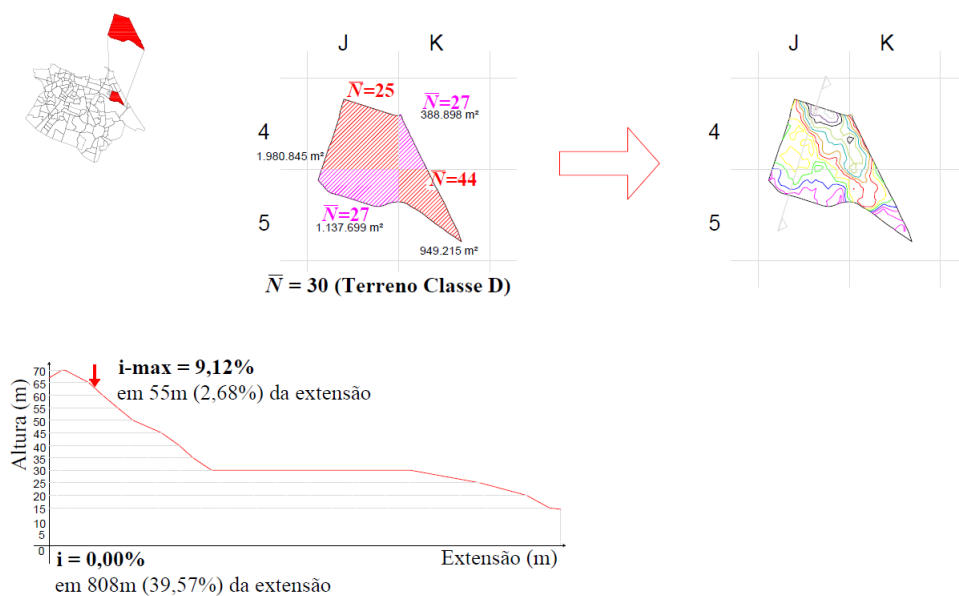


Figura AP.188. Topografia e geologia do bairro Manuel Dias Branco

Maraponga

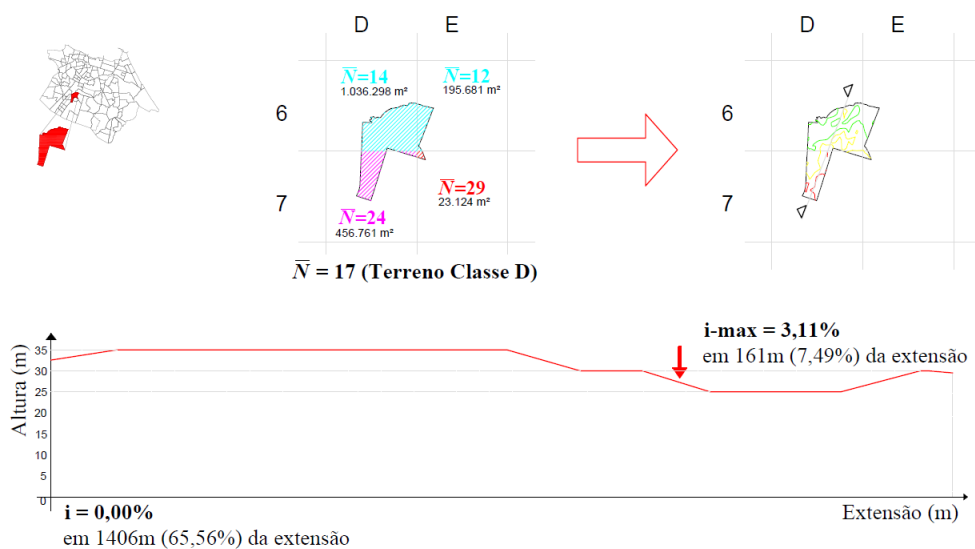


Figura AP.189. Topografia e geologia do bairro Maraponga

Meireles

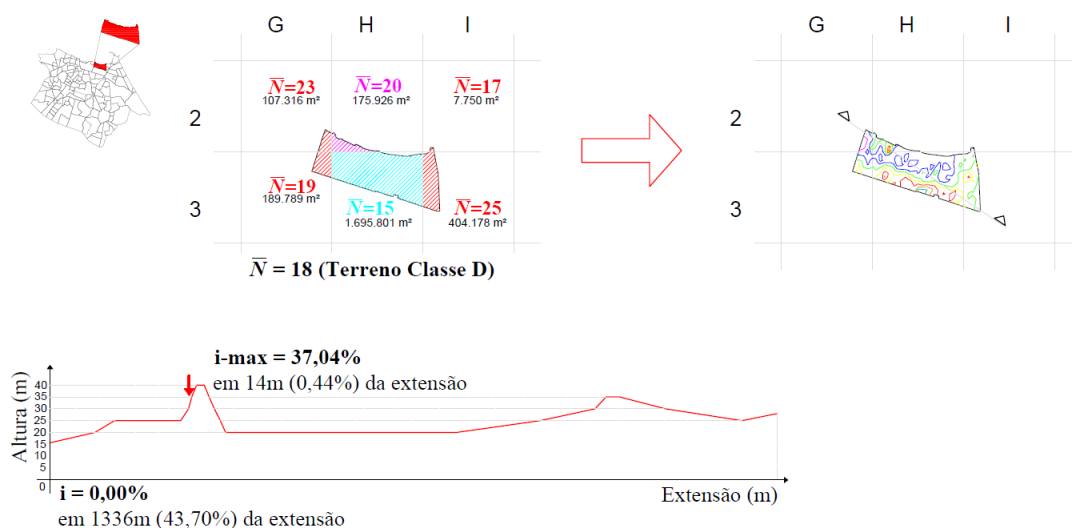


Figura AP.190. Topografia e geologia do bairro Meireles

Messejana

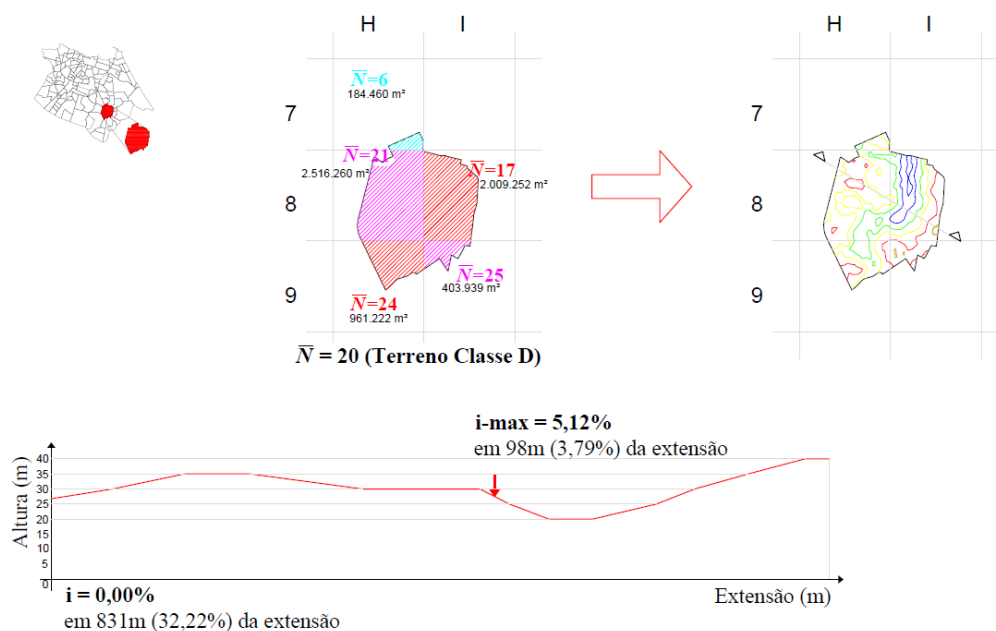


Figura AP.191. Topografia e geologia do bairro Messejana

Mondubim

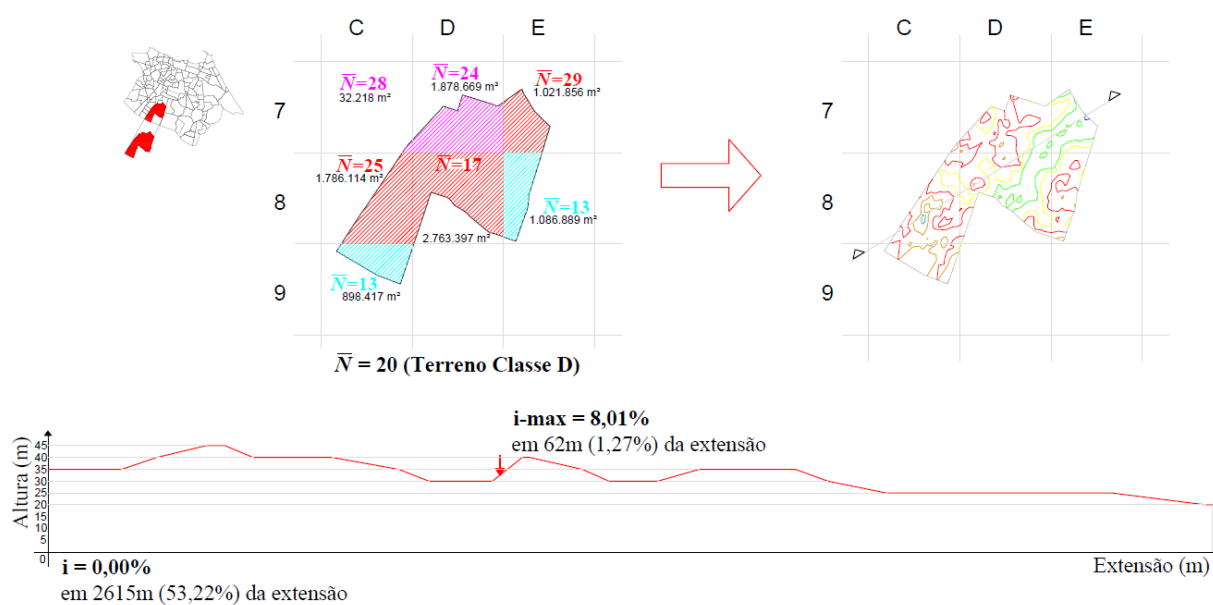


Figura AP.192. Topografia e geologia do bairro Mondubim

Monte Castelo

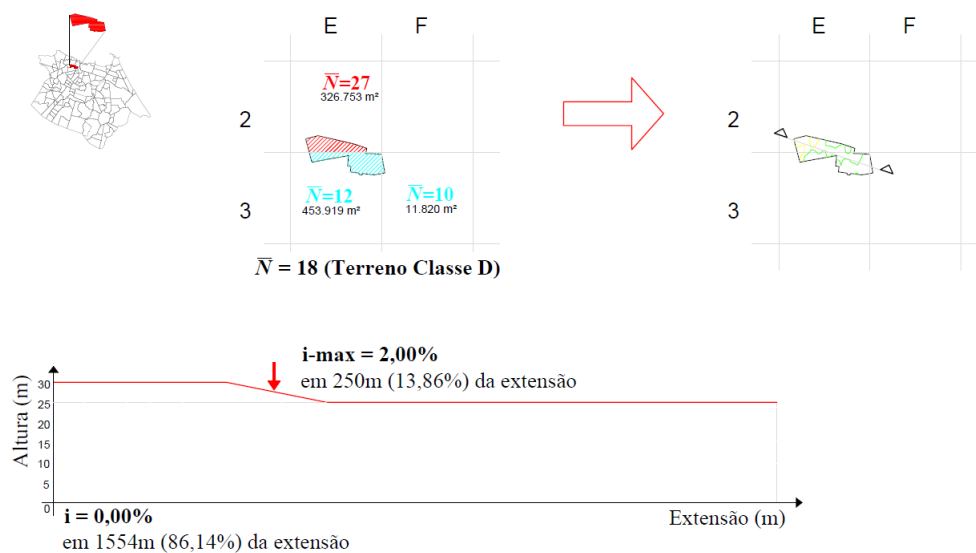


Figura AP.193. Topografia e geologia do bairro Monte Castelo

Montese

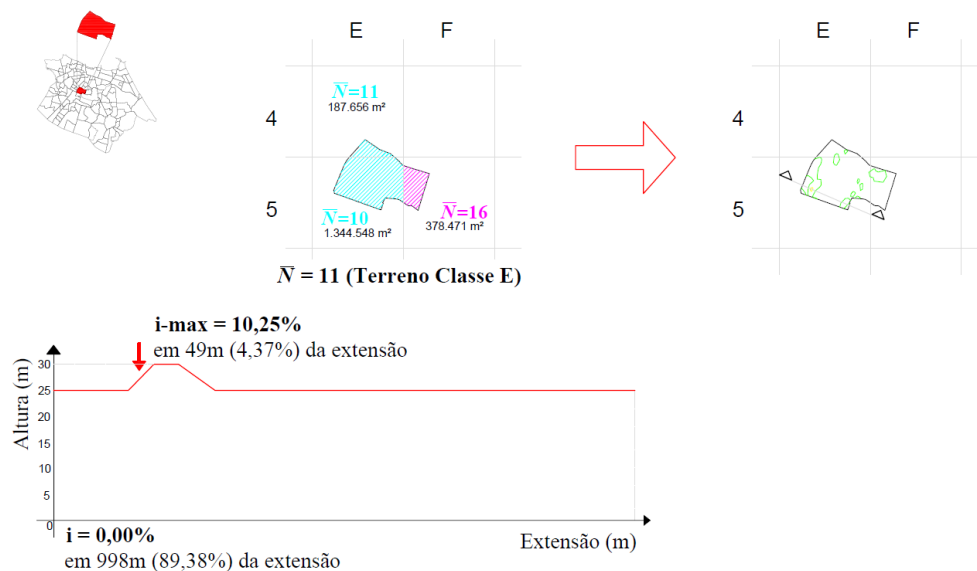


Figura AP.194. Topografia e geologia do bairro Montese

Moura Brasil

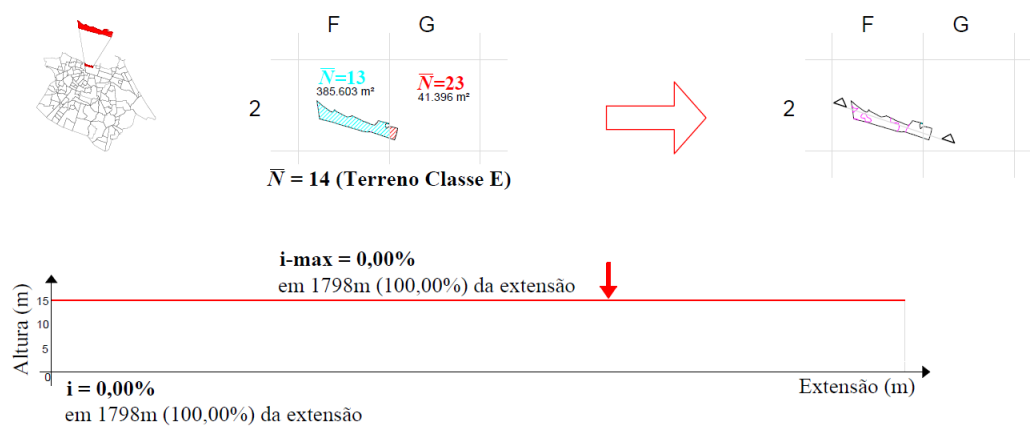


Figura AP.195. Topografia e geologia do bairro Moura Brasil

Mucuripe

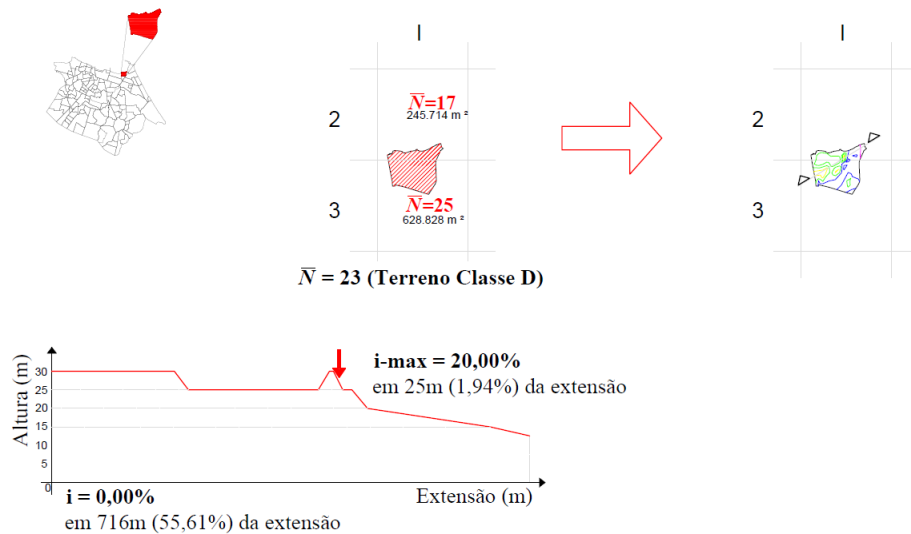


Figura AP.196. Topografia e geologia do bairro Mucuripe

Novo Mondubim

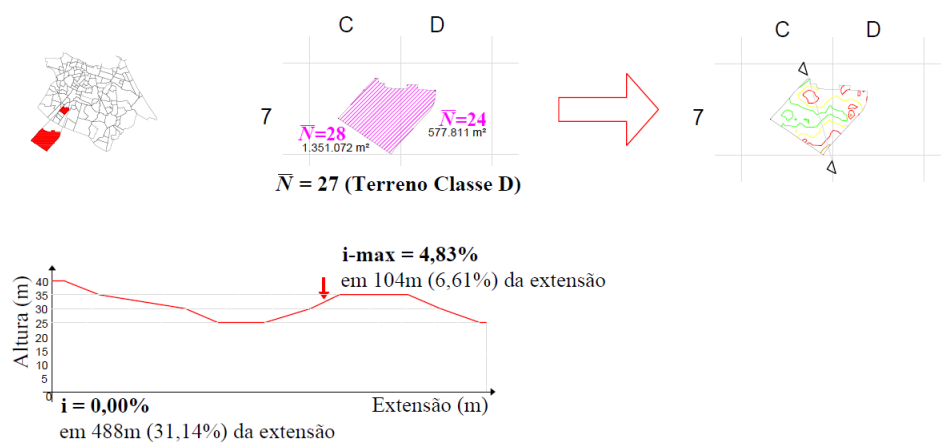


Figura AP.197. Topografia e geologia do bairro Novo Mondubim

Olavo Oliveira

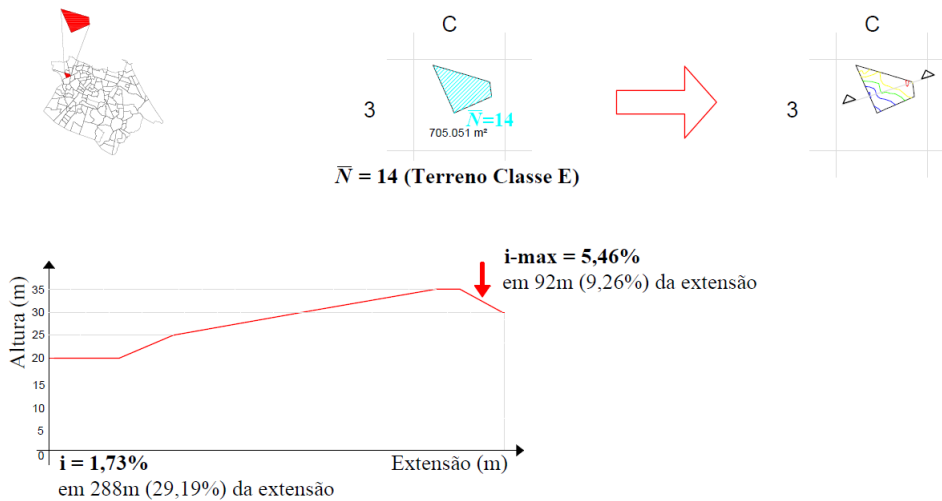


Figura AP.198. Topografia e geologia do bairro Olavo Oliveira

Padre Andrade

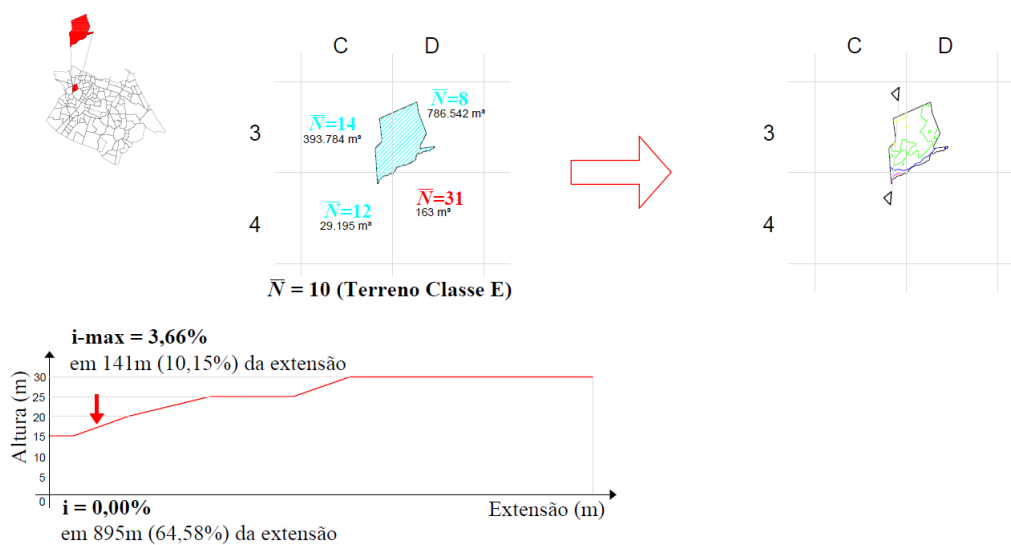


Figura AP.199. Topografia e geologia do bairro Padre Andrade

Pan-Americano

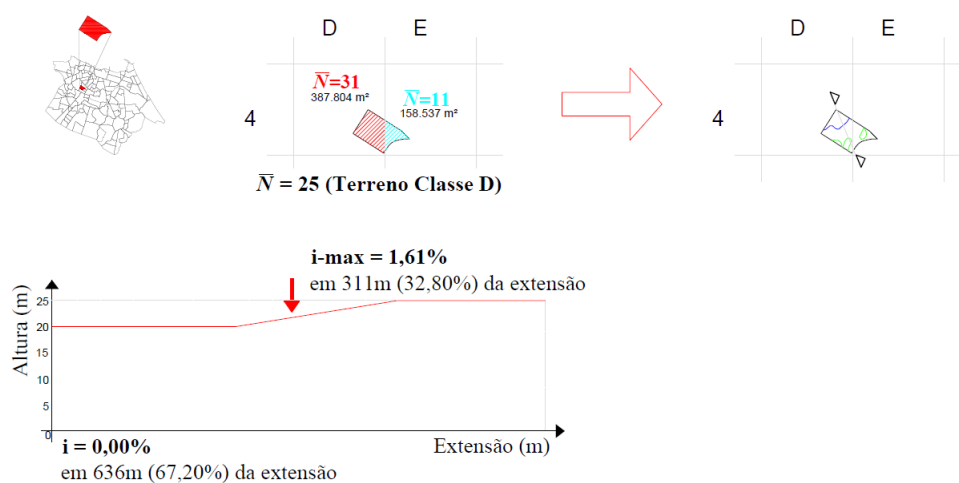


Figura AP.200. Topografia e geologia do bairro Pan-Americano

Papicu

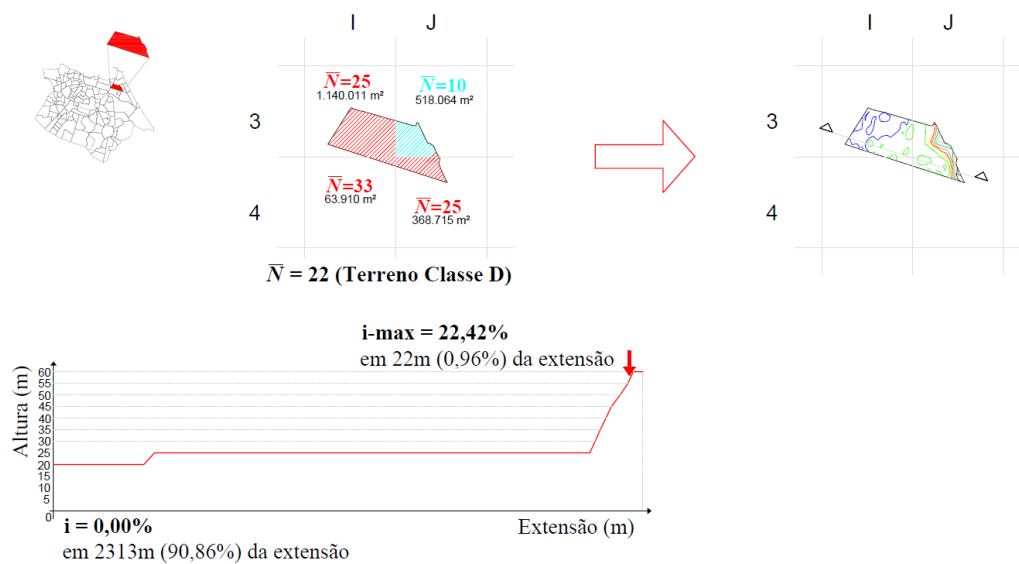


Figura AP.201. Topografia e geologia do bairro Papicu

Parangaba

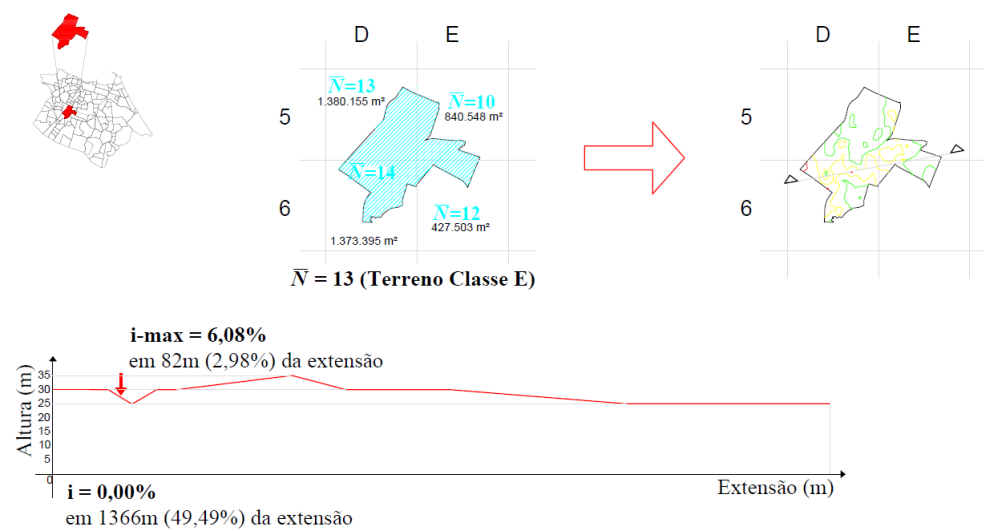


Figura AP.202. Topografia e geologia do bairro Parangaba

Parque Araxá

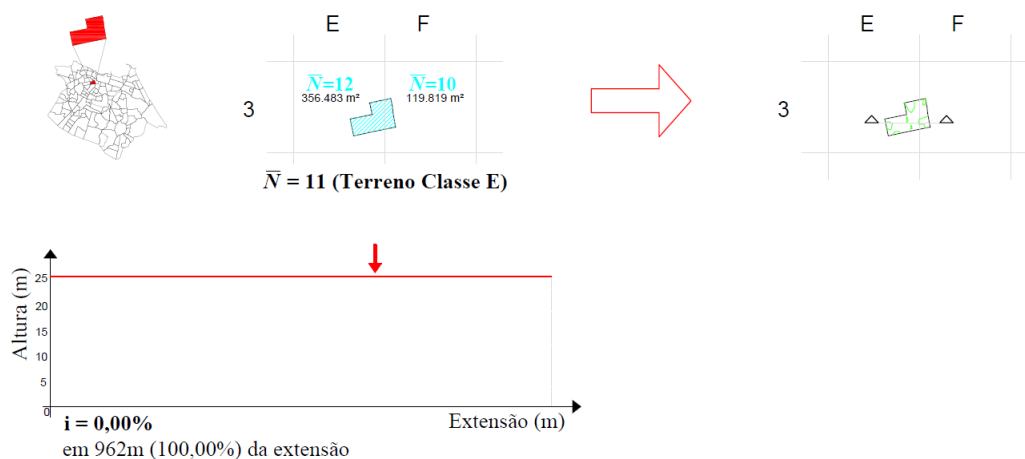


Figura AP.203. Topografia e geologia do bairro Parque Araxá

Parque Dois Irmãos

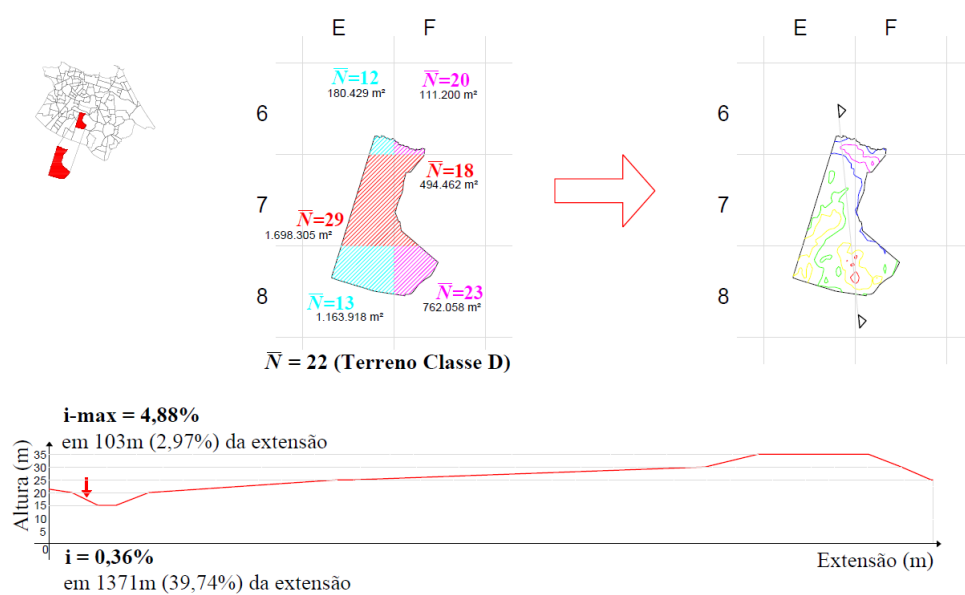


Figura AP.204. Topografia e geologia do bairro Parque Dois Irmãos

Parque Iracema

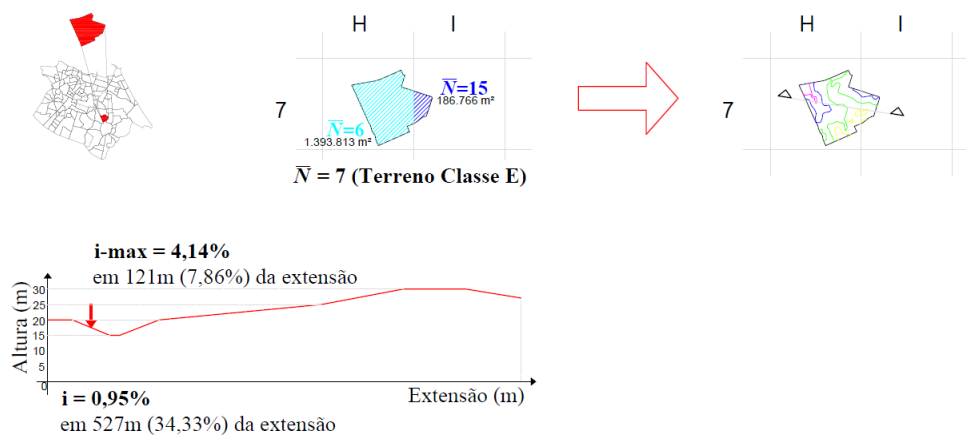


Figura AP.205. Topografia e geologia do bairro Parque Iracema

Parque Manibura

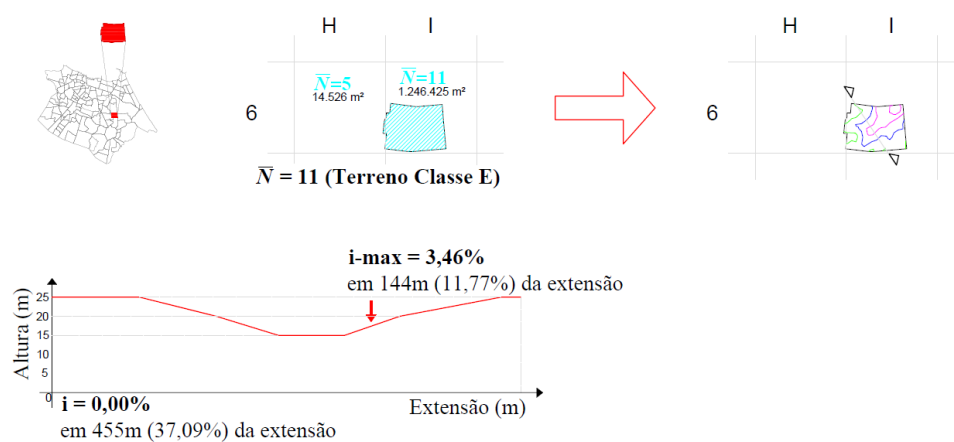


Figura AP.206. Topografia e geologia do bairro Parque Manibura

Parque Presidente Vargas

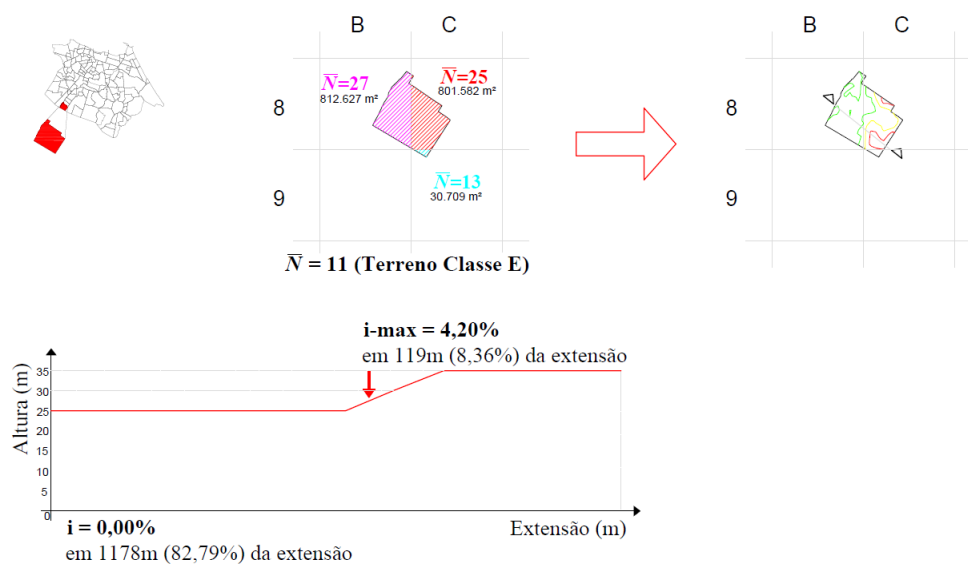


Figura AP.207. Topografia e geologia do bairro Parque Presidente Vargas

Parque Santa Maria

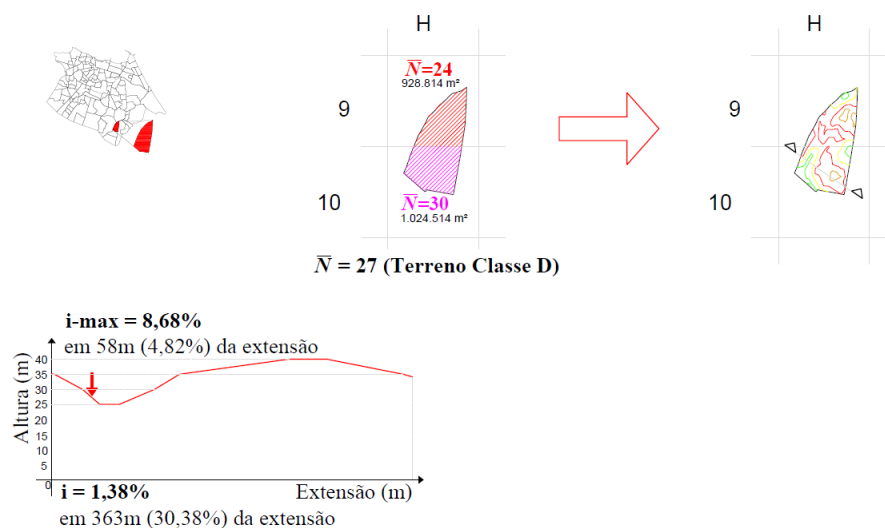


Figura AP.208. Topografia e geologia do bairro Parque Santa Maria

Parque Santa Rosa

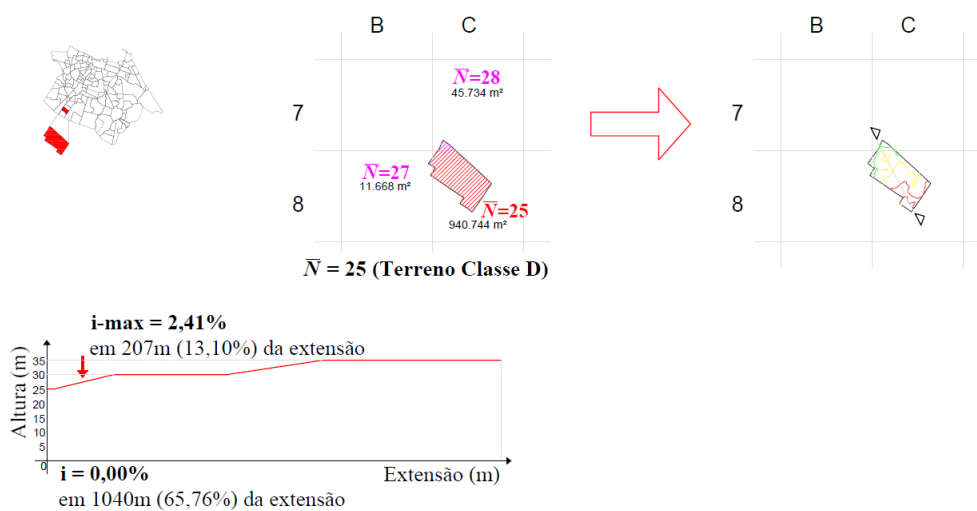


Figura AP.209. Topografia e geologia do bairro Parque Santa Rosa

Parque São José

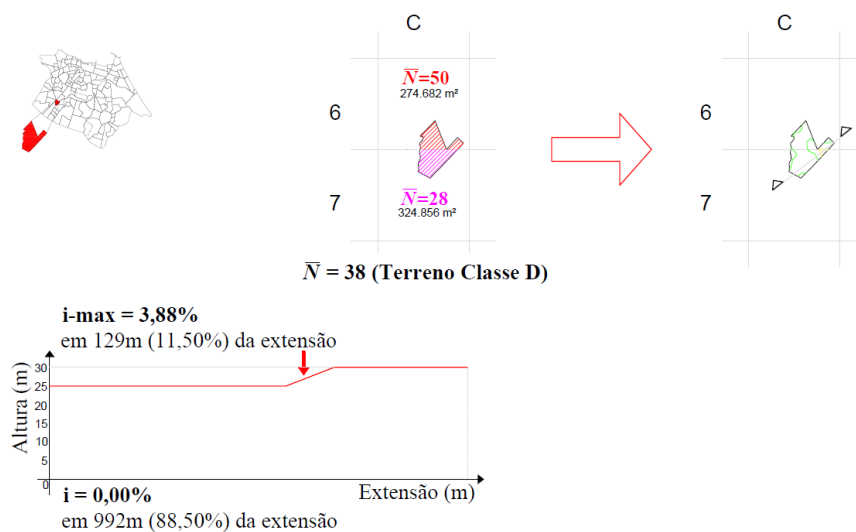


Figura AP.210. Topografia e geologia do bairro Parque São José

Parquelândia

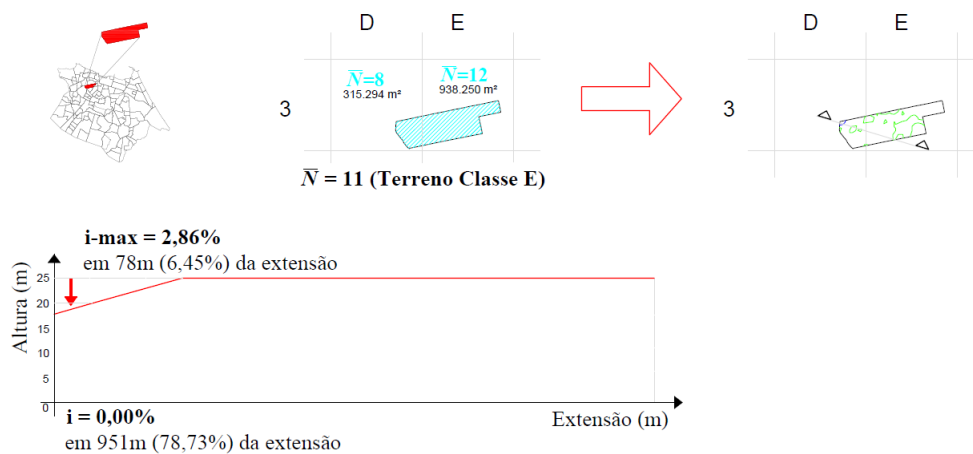


Figura AP.211. Topografia e geologia do bairro Parquelândia

Parreão

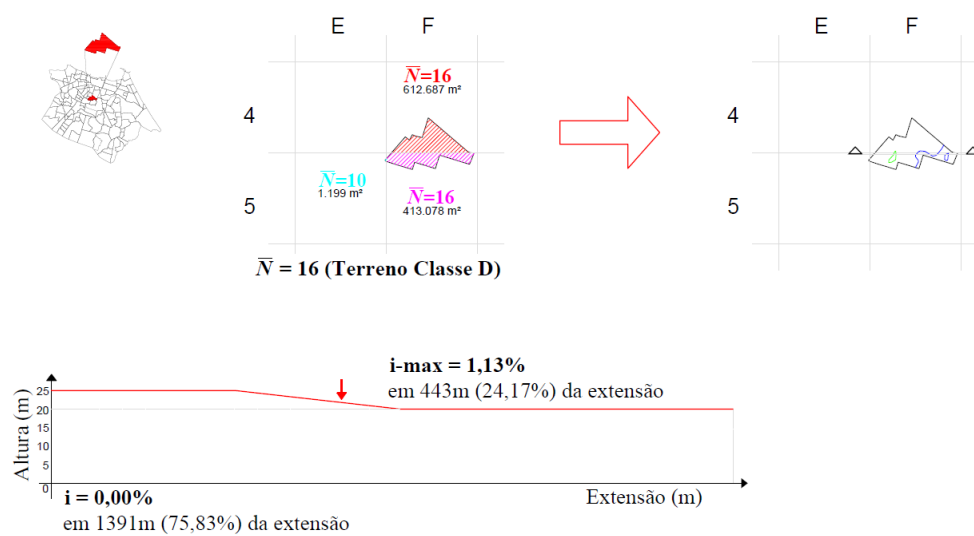


Figura AP.212. Topografia e geologia do bairro Parreão

Passaré

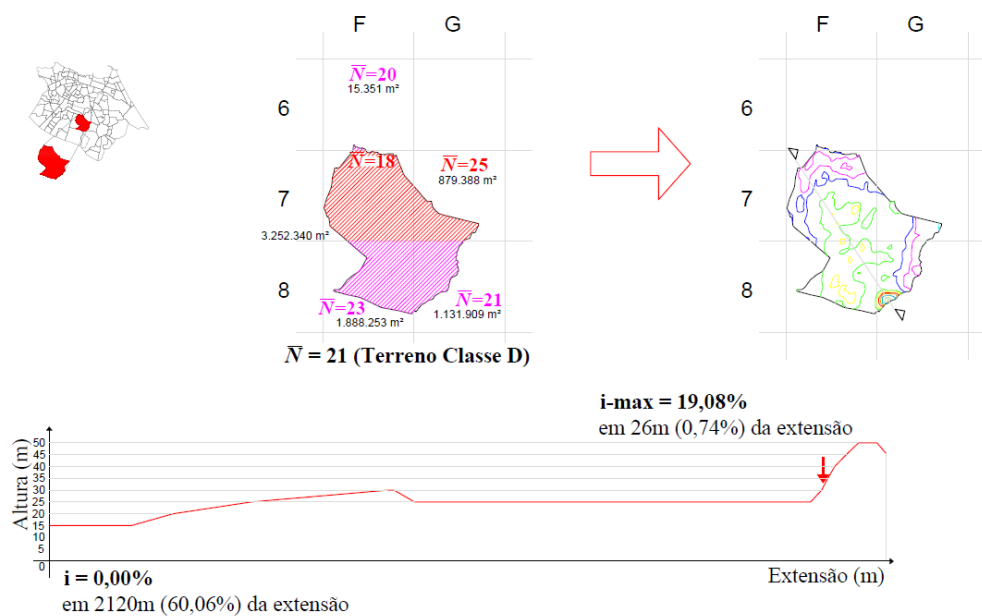


Figura AP.213. Topografia e geologia do bairro Passaré

Patriolino Ribeiro

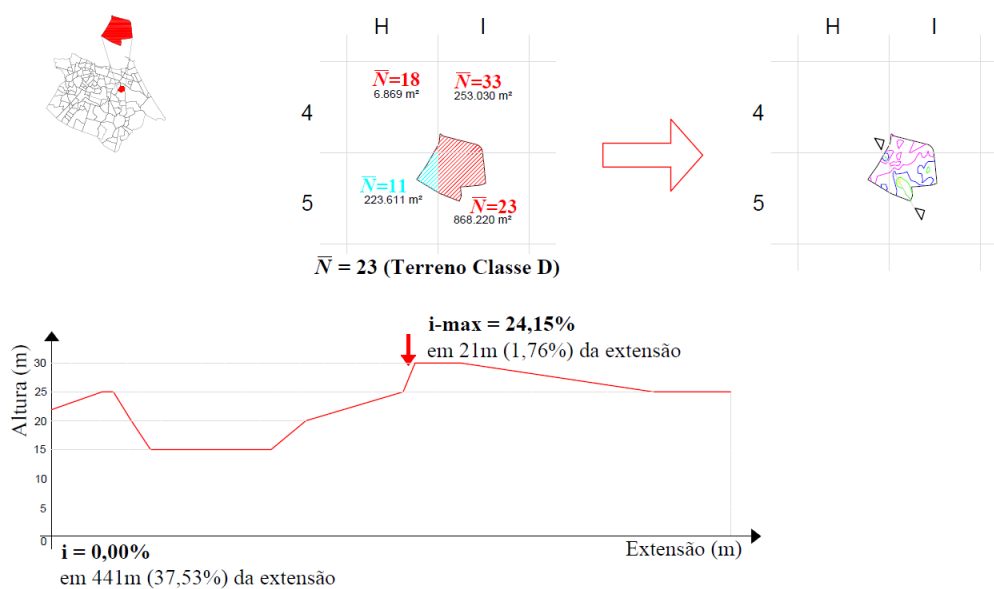


Figura AP.214. Topografia e geologia do bairro Patriolino Ribeiro

Paupina

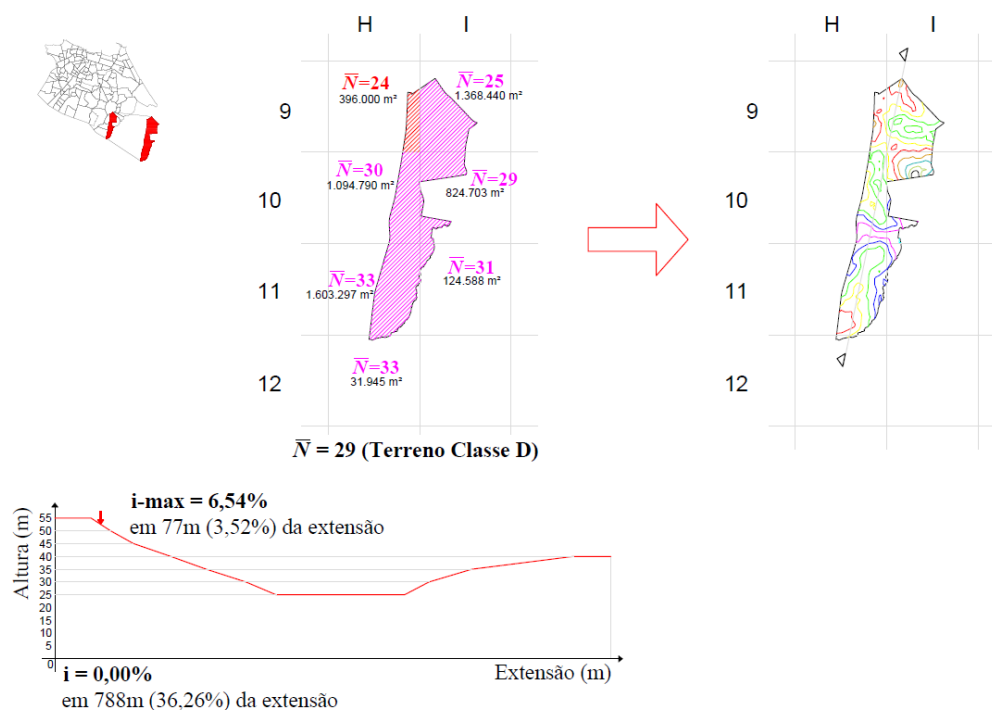


Figura AP.215. Topografia e geologia do bairro Paupina

Pedras

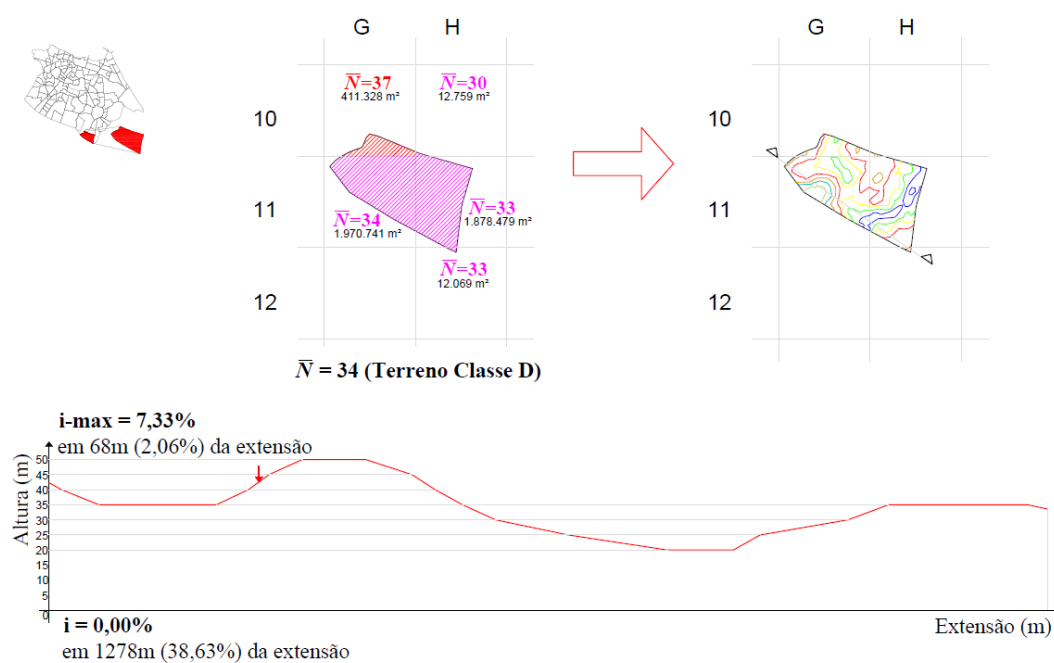


Figura AP.216. Topografia e geologia do bairro Pedras

Pici

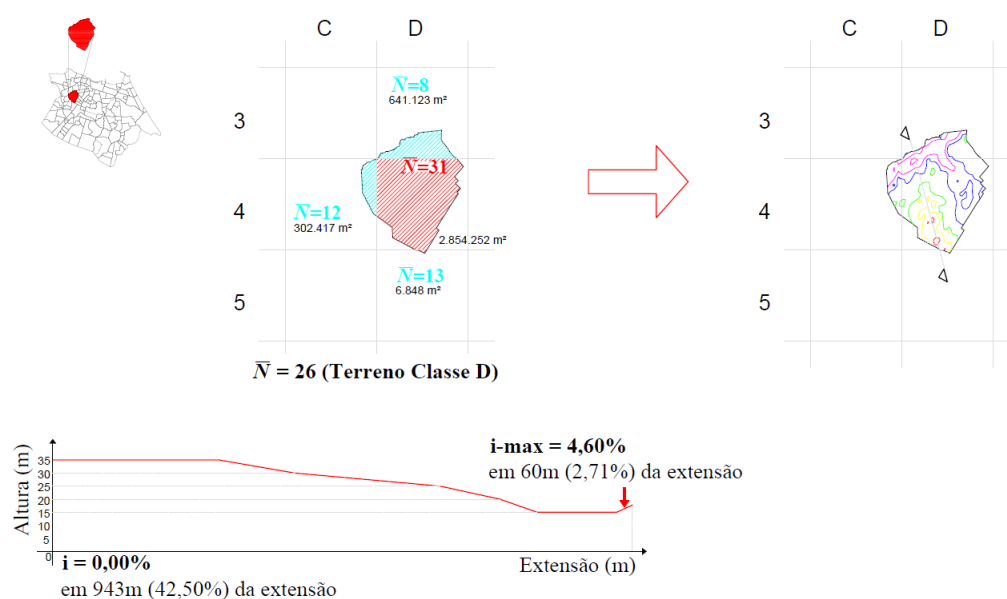


Figura AP.217. Topografia e geologia do bairro Pici

Pirambu

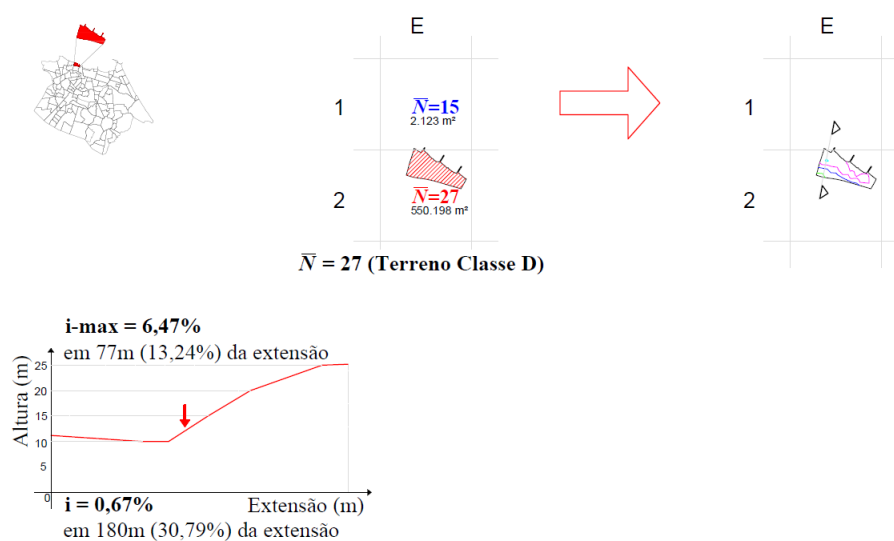
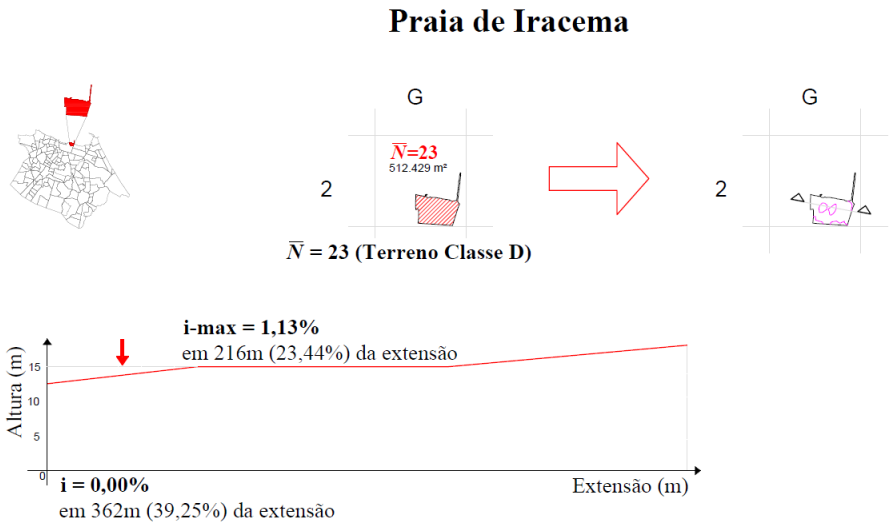
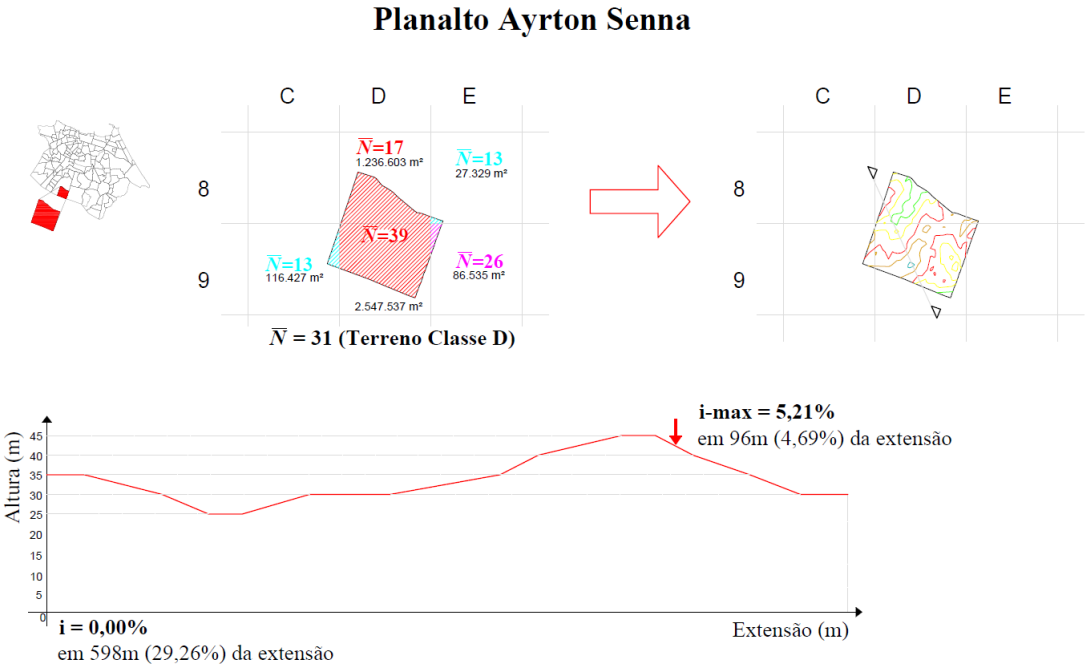


Figura AP.218. Topografia e geologia do bairro Pirambu



Praia do Futuro I

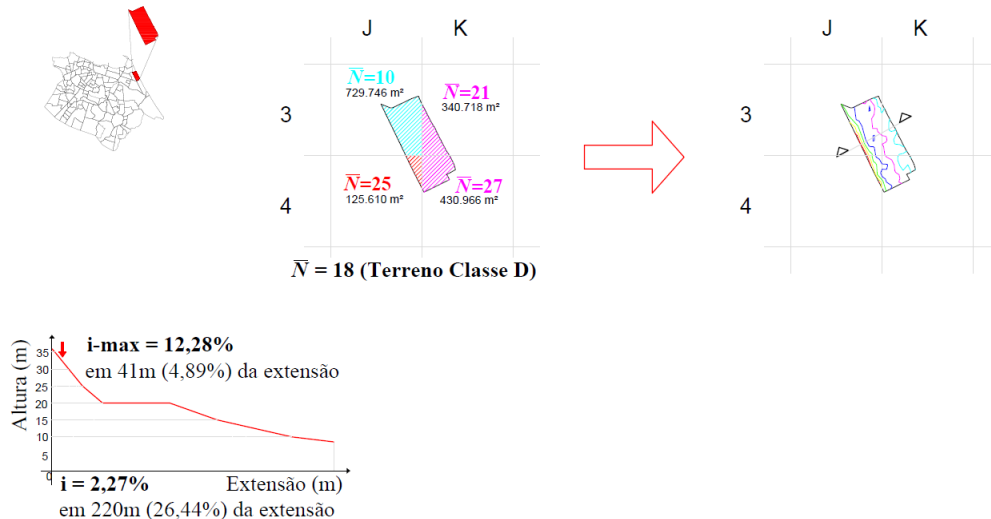


Figura AP.221. Topografia e geologia do bairro Praia do Futuro I

Praia do Futuro II

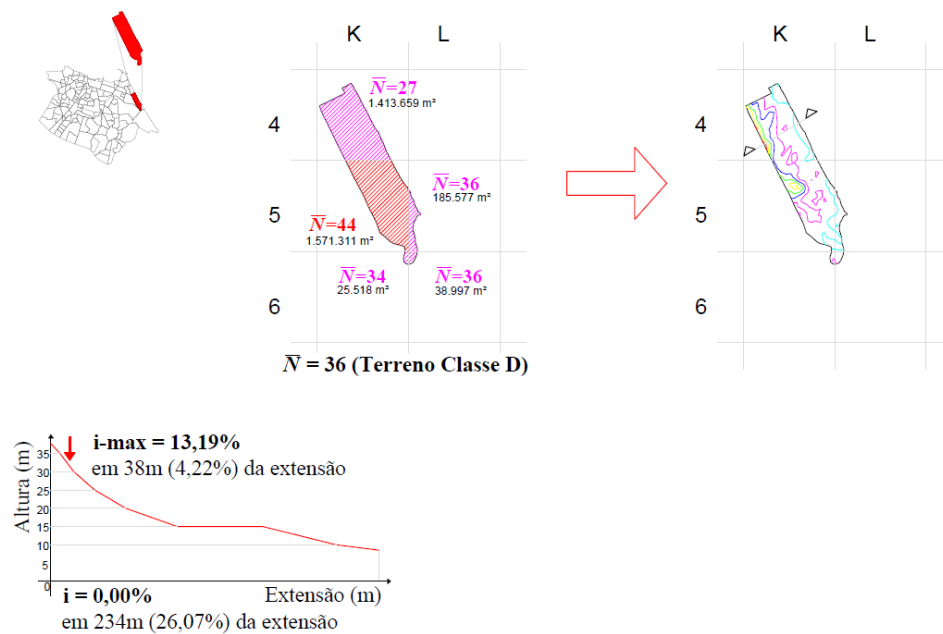


Figura AP.222. Topografia e geologia do bairro Praia do Futuro II

Prefeito José Walter

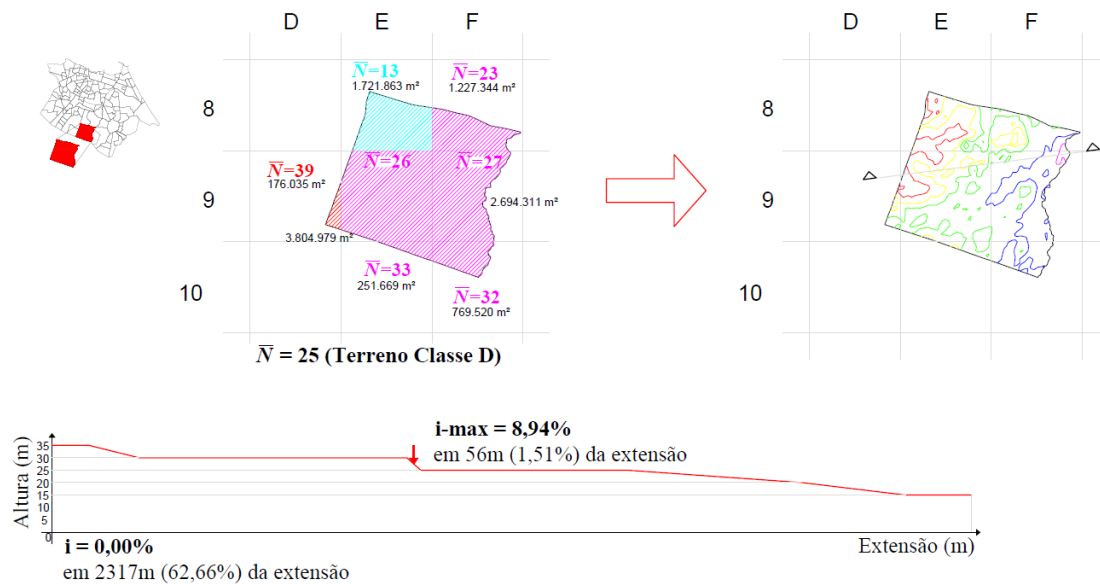


Figura AP.223. Topografia e geologia do bairro Prefeito José Walter

Presidente Kennedy

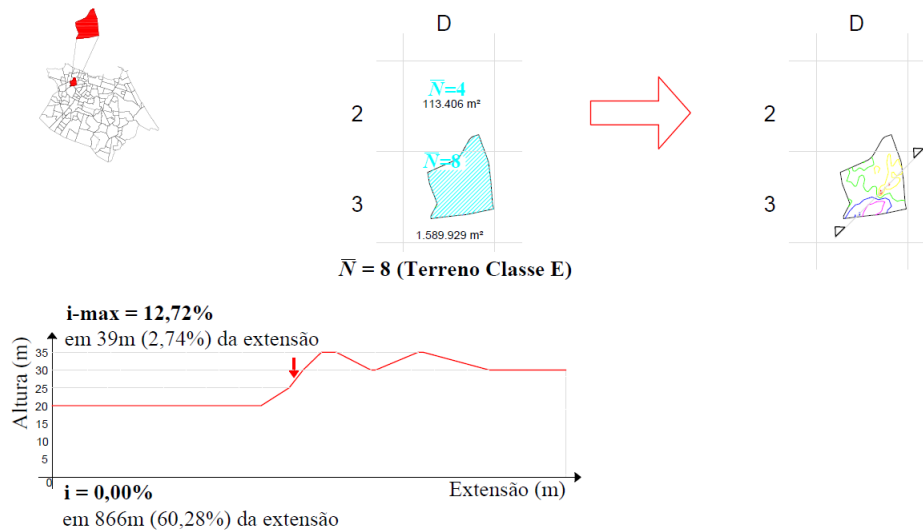


Figura AP.224. Topografia e geologia do bairro Presidente Kennedy

Quintino Cunha

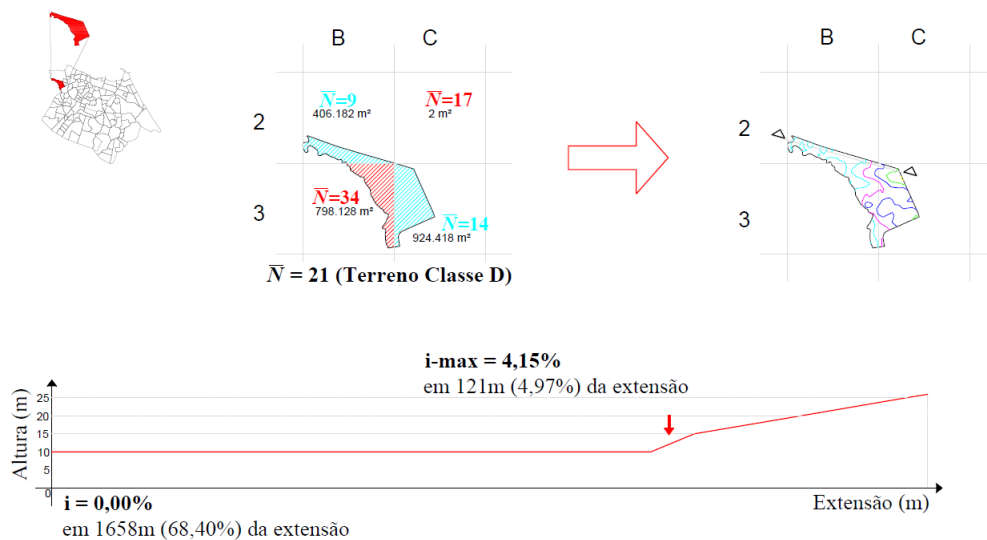


Figura AP.225. Topografia e geologia do bairro Quintino Cunha

Rodolfo Teófilo

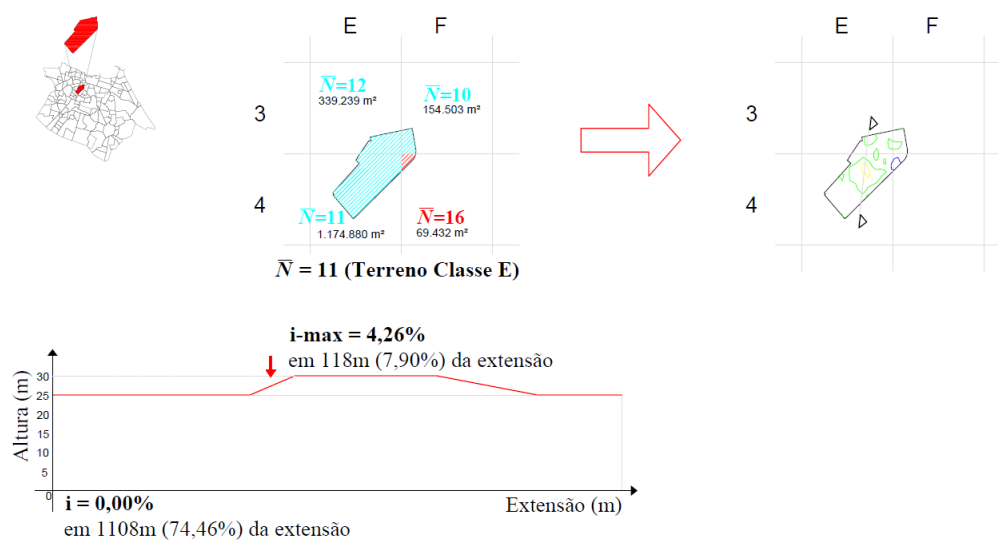


Figura AP.226. Topografia e geologia do bairro Rodolfo Teófilo

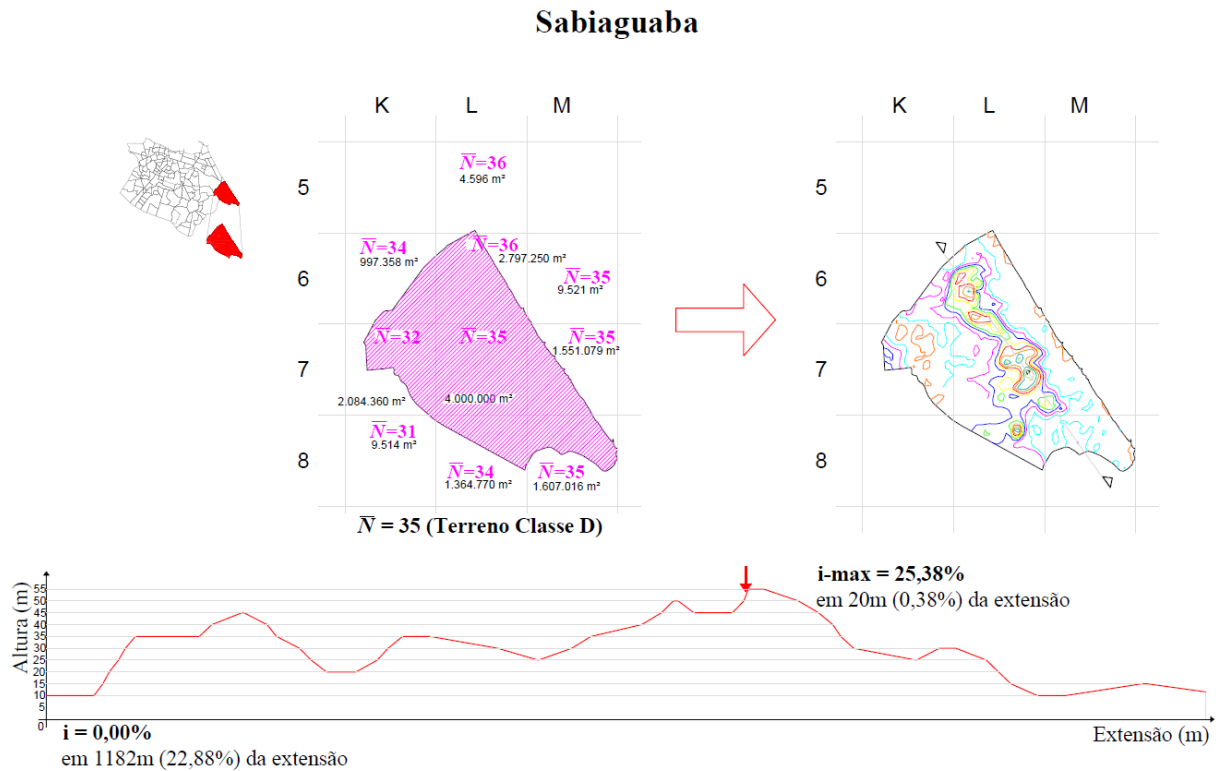


Figura AP.227. Topografia e geologia do bairro Sabiaguaba

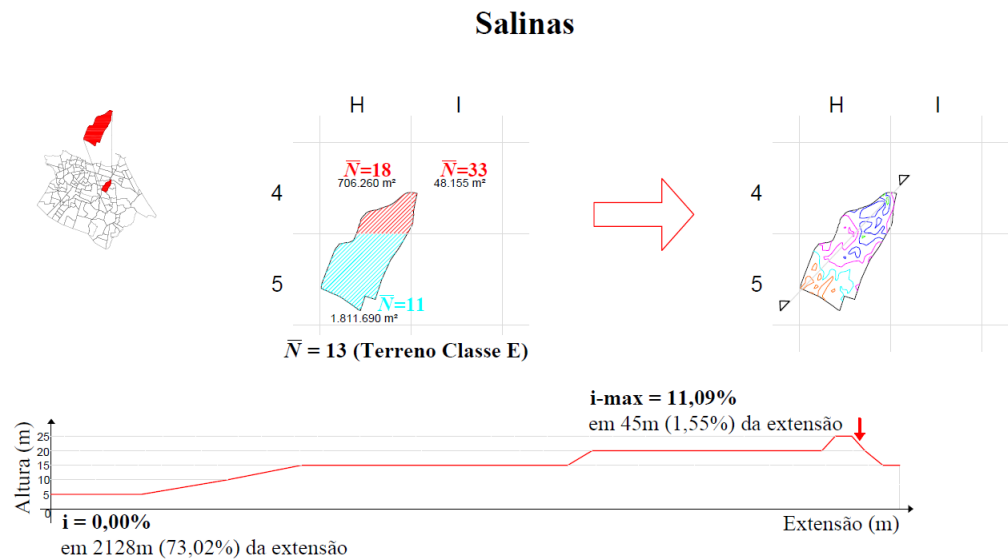


Figura AP.228. Topografia e geologia do bairro Salinas

São Bento

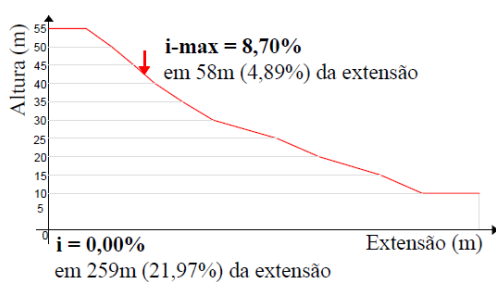
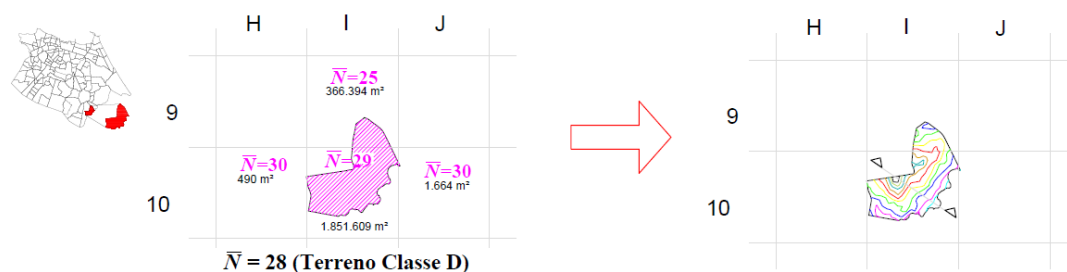


Figura AP.229. Topografia e geologia do bairro São Bento

São Gerardo

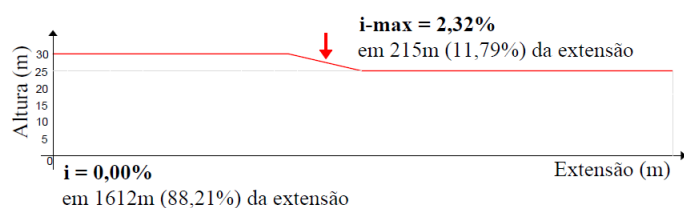
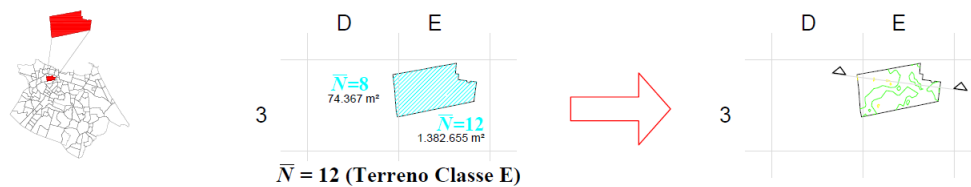


Figura AP.230. Topografia e geologia do bairro São Gerardo

São João do Tauape

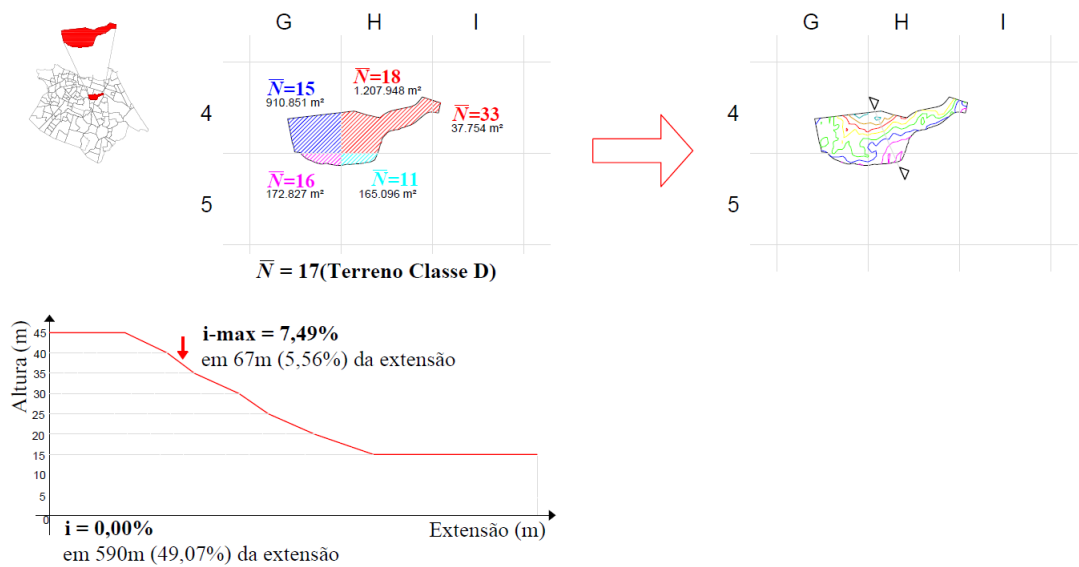


Figura AP.231. Topografia e geologia do bairro São João do Tauape

Sapiranga

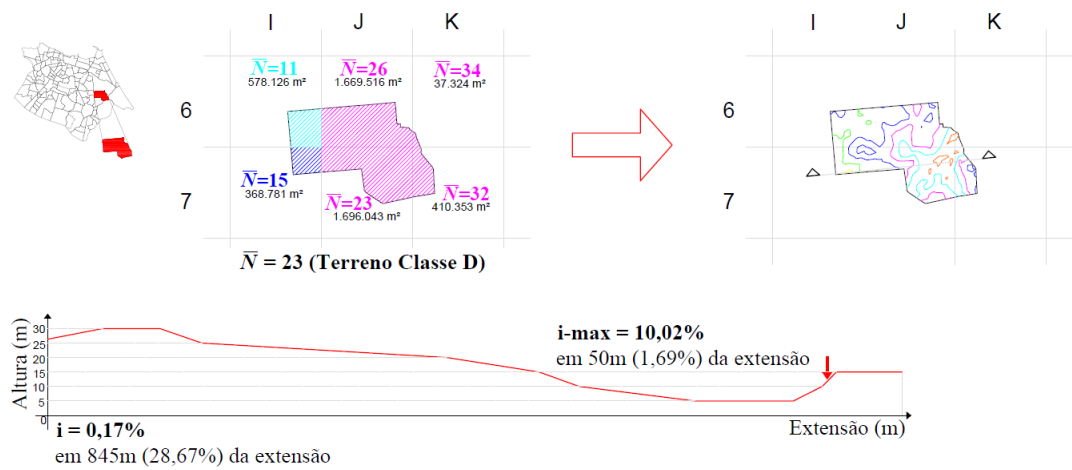


Figura AP.232. Topografia e geologia do bairro Sapiranga

Serrinha

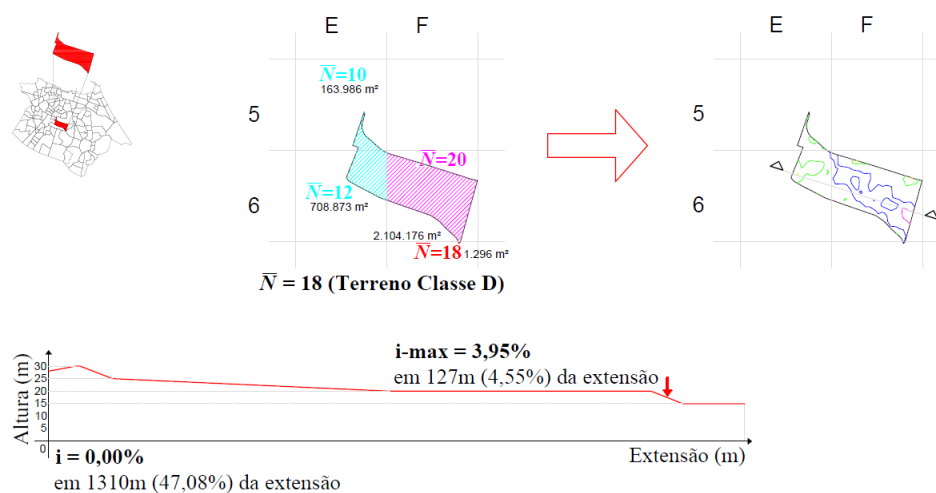


Figura AP.233. Topografia e geologia do bairro Serrinha

Siqueira

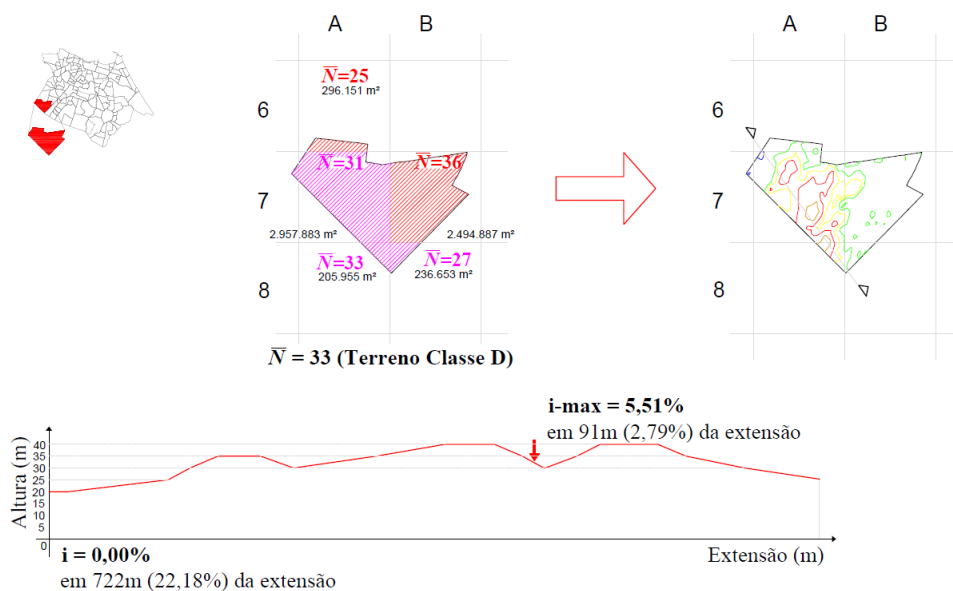


Figura AP.234. Topografia e geologia do bairro Siqueira

Varjota

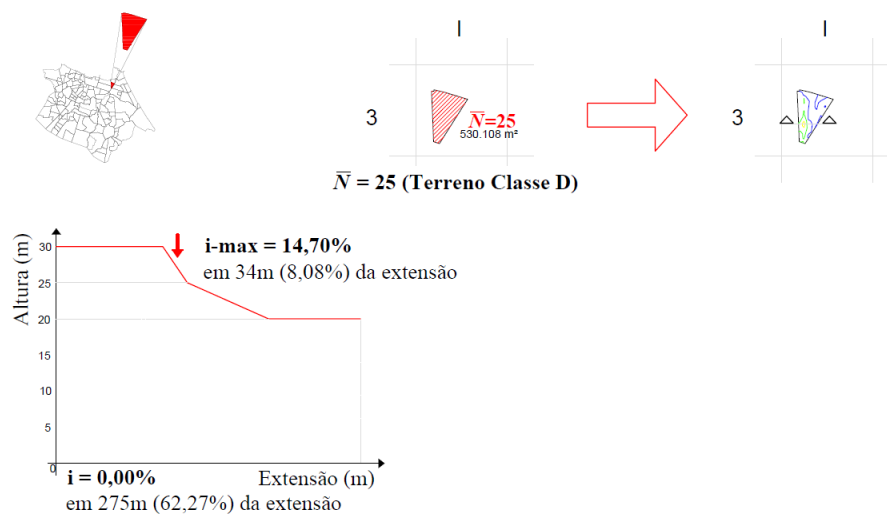


Figura AP.235. Topografia e geologia do bairro Varjota

Vicente Pinzon

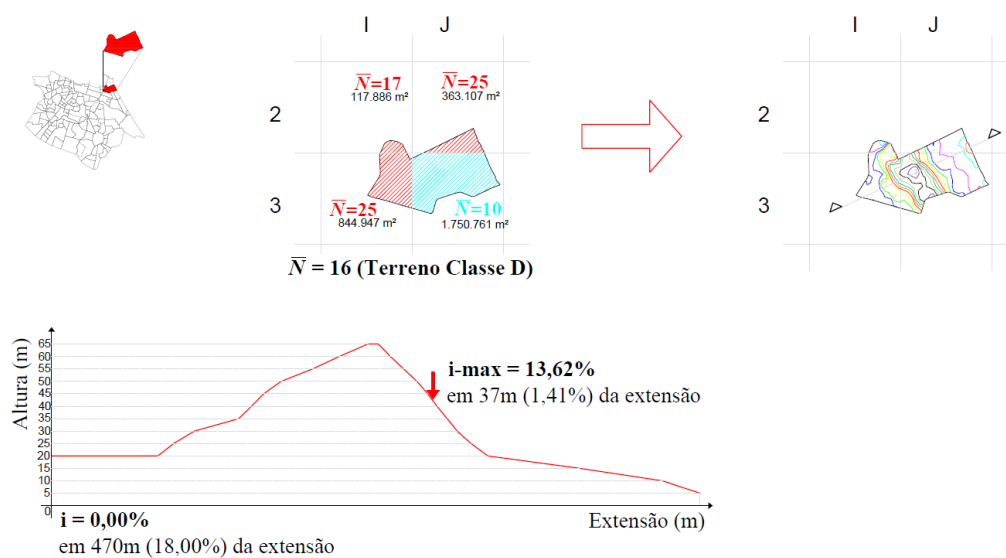


Figura AP.236. Topografia e geologia do bairro Vicente Pinzon

Vila Ellery

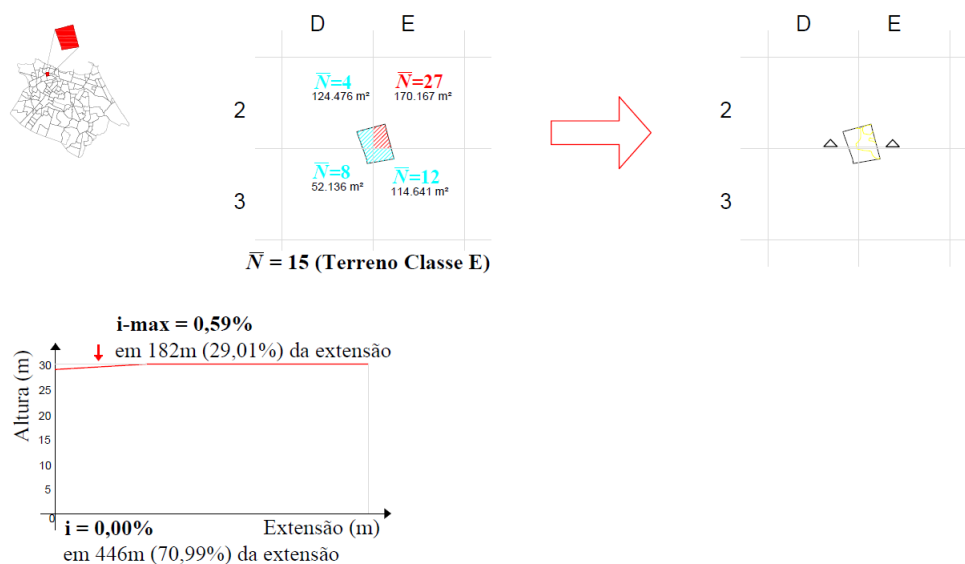


Figura AP.237. Topografia e geologia do bairro Vila Ellery

Vila Pery

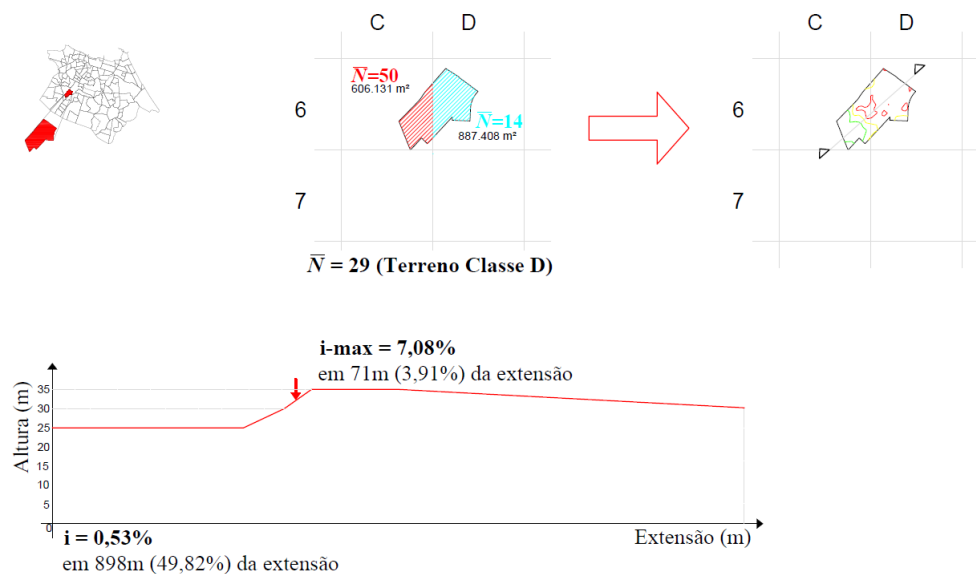


Figura AP.238. Topografia e geologia do bairro Vila Pery

Vila União

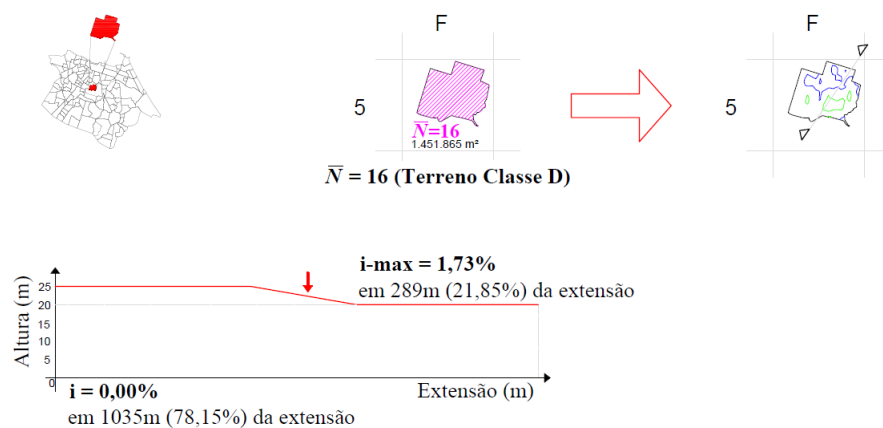


Figura AP.239. Topografia e geologia do bairro Vila União

Vila Velha

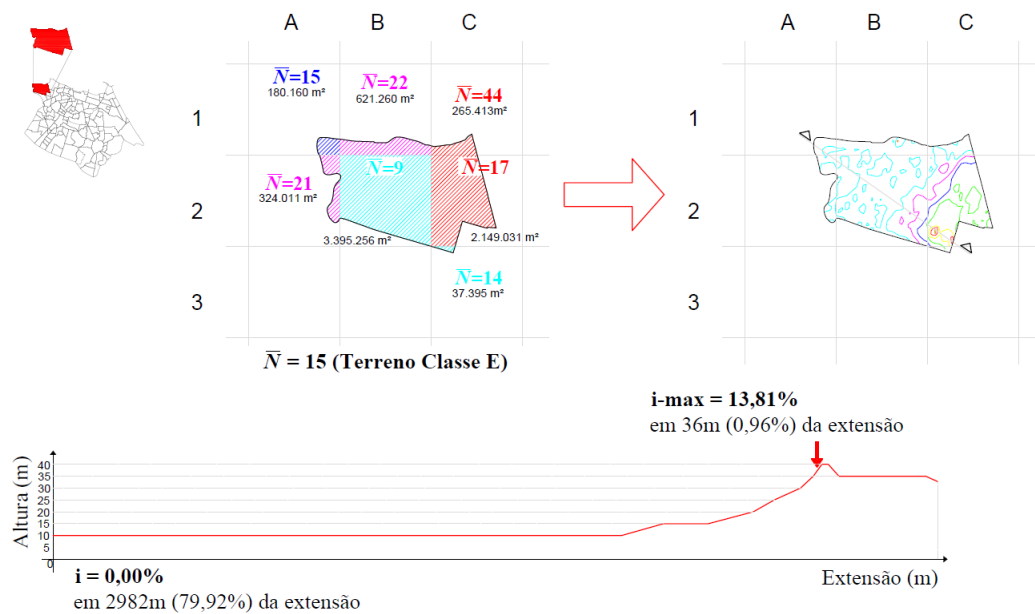


Figura AP.240. Topografia e geologia do bairro Vila Velha

Anexos

Anexo A - Mapas de gabaritos máximos da cidade de Fortaleza

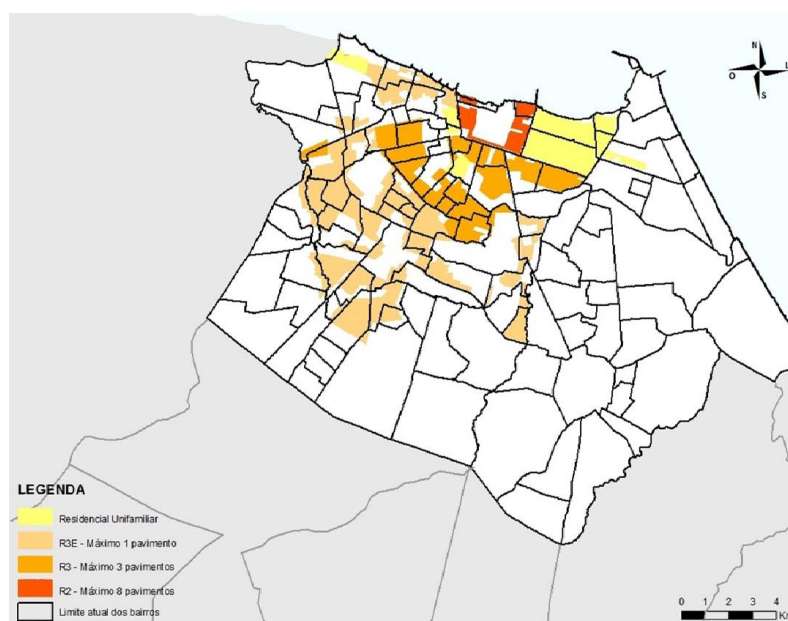


Figura AN.1. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 2128 de 1963 [92]

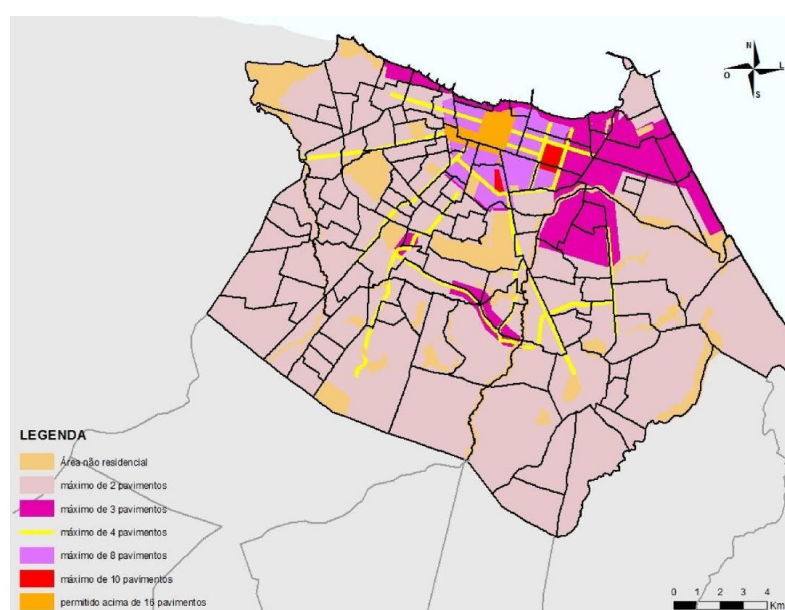


Figura AN.2. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 4486 de 1975 [92]

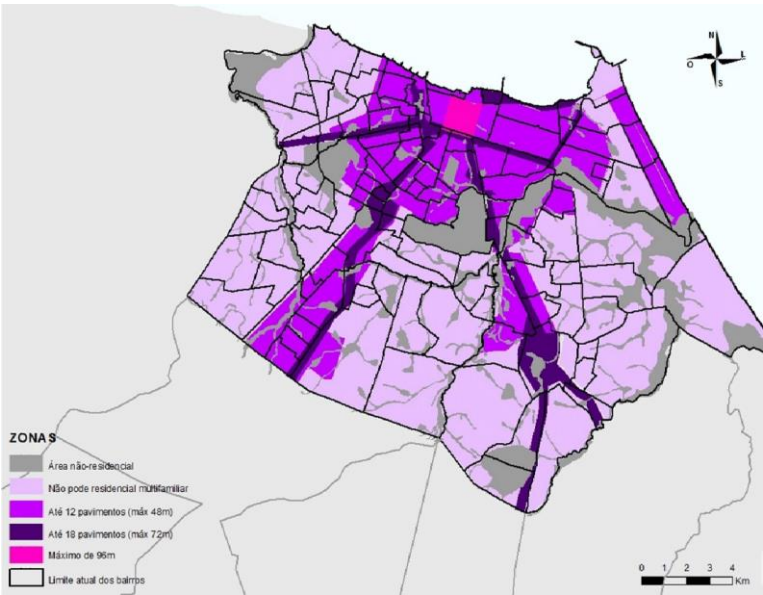


Figura AN.3. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 5122-A de 1979 [92]

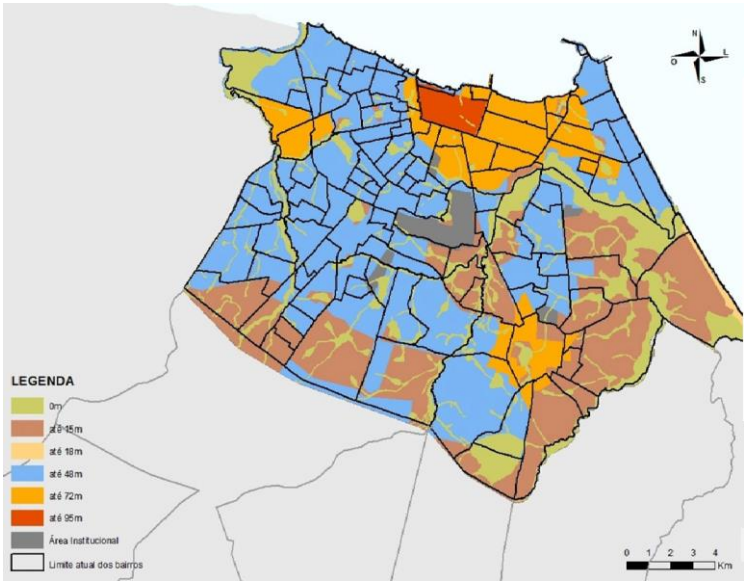


Figura AN.4. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 7987 de 1996 [92]

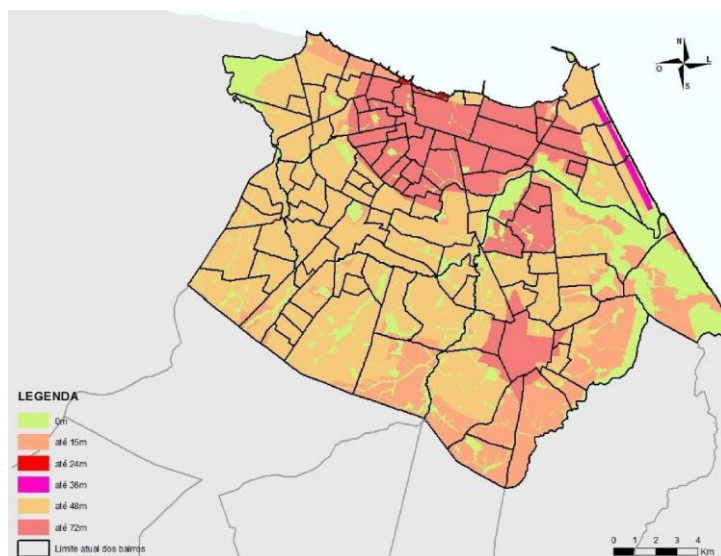


Figura AN.5. Mapa de gabaritos máximos – Lei Nº 062 de 2009 [92]