

**Estudo de correspondência entre soluções construtivas
e tecnológicas de edifícios mistos e o desempenho
energético em Portugal**

AFAconsult

Bruno Henrique Martins dos Santos

Relatório do Projecto Final / Dissertação do MIEM

Orientador na AFAConsult: Eng.^a Isabel Maria Garcia Sarmento Pereira

Orientador na FEUP: Prof. Vítor Manuel da Silva Leal



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

Fevereiro 2009

A meus pais, irmãos e à Ágata.

Resumo

O presente relatório conclui o projecto em empresa realizado na AFAconsult, no âmbito do Projecto Curricular do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, no ramo de Energia Térmica.

O desenvolvimento deste projecto realizou-se em torno da problemática da classificação energética dos edifícios no âmbito do SCE (Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios), tendo como objectivo identificar os parâmetros com maior impacto e a relação tendencial entre as soluções construtivas e tecnológicas adoptadas e a classificação energética resultante.

Para o efeito foi utilizado como caso de estudo um projecto concreto da empresa: a remodelação de um quarteirão na cidade de Braga, compreendendo tipologias diferenciadas tais como habitação, pequenas lojas e serviços de escritório.

A análise de sensibilidade ao RCCTE¹ foi realizada partindo da selecção de uma fracção residencial que se enquadrasse num cenário central de uma matriz de parâmetros, de forma a tornar os resultados os mais representativos possíveis. Sobre este caso-base (cenário central), foi então efectuado o estudo de sensibilidade a 15 parâmetros, por variações para cima e para baixo, de modo a obter o seu potencial impacto na classificação energética.

A análise revelou que os factores mais preponderantes na classificação energética à luz do RCCTE são os sistemas de produção de águas quentes sanitárias, nomeadamente a existência e tipo de sistema solar utilizado assim como o seu sistema de apoio. Contudo, se o regulamento considerasse a satisfação total das necessidades de climatização, o principal factor de impacto no consumo de energia numa habitação seria o sistema de aquecimento utilizado.

A análise de sensibilidade ao RSECE² revelou-se mais abrangente, devido ao estudo de três zonas climáticas em simultâneo, Aveiro (I1 - V1), Braga (I2 - V2) e Lamego (I3 - V3). A metodologia utilizada neste caso foi em tudo semelhante à análise anterior, tendo sido seleccionado um edifício do quarteirão, constituído por pequenas lojas e espaços de serviços associados a escritórios, após o qual foi construído o modelo em TRACE 700³, realizando a simulação dinâmica detalhada e formalizando o cálculo do IEE.

A análise revelou um forte peso de factores como a iluminação interior e o consumo dos ventiladores, sendo decisivos na classificação energética destes edifícios. Relativamente aos parâmetros associados aos sistemas de produção de energia, à própria arquitectura do edifício e à sua constituição, estes permaneceram com um peso menor face aos anteriores, notando-se ainda uma diferenciação no peso entre zonas climáticas, sendo o seu efeito muito atenuado para as zonas I2 e I3.

¹ Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (D.L. nº 80/2006)

² Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios (D.L. nº 79/2006)

³ *Trane Air Conditioning Economics* - Software de simulação de edifícios

Study of correspondence between constructive and technological solutions of assorted buildings and the energetic performance in Portugal

Abstract

This report concerns a course project accomplished at AFAconsult, on the scope of the Mechanical Engineering Master course, on the department of Thermal Energy of the Faculty of Engineering of the University of Porto.

The development of this project took place around a case-study, a key-project of the company: The remodeling of a quarter in the city of Braga, including differentiated spaces, such as small shops and offices.

The sensitivity analysis of the RCCTE was carried out departing from the selection of a residential fraction that was fitted in a central scenario of a matrix of parameters, in order to make the results as representative as possible. The application of the Portuguese legislation on Energy Labelling (SCE) to the case study and the subsequent sensitivity analysis, considering “better” and “worse” parameters of the model allowed getting the results.

The analysis revealed that the most predominant factors in the energetic classification in the scope of the RCCTE is the domestic hot water production systems, namely in the type of used solar systems as well as his system of support. However, if the regulation recognized the full satisfaction of the heating and cooling needs, then we can verify that the principal factor of impact in the consumption of energy in a residence would be the heating system.

The sensibility analysis of the RSECE revealed to be more wide, due to the study of three climatic zones simultaneously, Aveiro (I1 - V1), Braga (I2 - V2) and Lamego (I3 - V3). The methodology used in this case followed a similar methodology to the previous analysis, having selected a building of the block, constituted by small shops and spaces of services associated to offices, built and calibrated the model in TRACE 700, carrying out the dynamic detailed simulation and formalizing the calculation of the IEE.

The analysis revealed a strong weight of factors like the inner lighting and the consumption of electricity at the ventilators, being decisive in the energetic classification of these buildings. Relatively to the parameters associated to the systems of production of energy, to the architecture itself of and to the building envelope these had a weight clearly inferior to the previous ones. A differentiation is still noticed in the weight between climatic zones, being his effect very much reduced for the zones I2 and I3.

Agradecimentos

Agradeço profundamente à minha orientadora na AFAconsult, Eng.^a Isabel Sarmento, por todo o apoio prestado, pelo voto de confiança e vasto conhecimento transmitido assim como pela orientação e motivação sempre presentes.

Ao Prof. Eduardo Oliveira Fernandes pela oportunidade concedida e pelo voto de confiança inicial que permitiu estabelecer a ponte para o desenvolvimento deste projecto.

A todos os colaboradores da AFAconsult que com a sua disponibilidade, amizade e partilha de conhecimentos permitiram desenvolver este trabalho e promoveram a minha integração no grupo de trabalho, em especial ao António Soberano, Carlos Almeida, Marco Quaresma, João Sousa e Luísa Vale.

Por último, mas não menos importante, fundamental ao desenvolvimento do projecto, manifesto os meus fortes agradecimentos ao Professor Vítor Leal, orientador académico da FEUP, por todo o apoio prestado ao longo deste trabalho, pela inteira disponibilidade, pelo conhecimento transmitido, pelo estímulo e motivação com que abraçou este projecto.

Índice

1. Introdução	1
1.1. Apresentação da Empresa	1
1.1.1. AFAconsult	1
1.1.2. Organização	2
1.1.3. Instalações Mecânicas, Sistema de Certificação Energética, <i>Commissioning</i>	2
1.2. Objectivos/O Projecto	3
1.3. Organização e Temas Abordados no Presente Relatório	5
2. Revisão Bibliográfica	7
3. Caso de Estudo	11
3.1 Introdução	11
3.2 Enquadramento no RCCTE	13
4. Análise RCCTE	15
4.1 Introdução	15
4.2 Definição do caso de estudo e verificação do RCCTE	16
4.3 RCCTE: Descrição do caso base real	19
4.2.1 Características construtivas	19
4.2.2 Pontes térmicas	21
4.2.3 Vãos envidraçados	21
4.2.4 Inércia térmica	22
4.2.5 Ventilação	22
4.2.6 Sistema de produção de Água Quente Sanitária	23
4.2.7 Sistemas de conversão local de energia	24
4.4 Constituição do caso central	25
4.5 Resultados do estudo de sensibilidade	26
5. Análise RSECE	33
5.1 Introdução	33
5.2 Geometria/ Fisionomia/ Estereotomia	34
5.3 Condição ambiente de referência	34
5.4 Caracterização térmica	35
5.5 Características construtivas do edifício (caso real)	35
5.5.1 Envidraçados	35
5.5.2 Pontes térmicas	35
5.5.3 Perfil horário	37

5.6	Modelação em Trace 700.....	37
5.6.1	Definição de zonas térmicas.....	39
5.6.2	Condições de fronteira.....	39
5.6.3	Obstruções solares.....	39
5.6.4	Outros inputs ao modelo.....	39
5.6.4.1	<i>Zonamento climático</i>	40
5.6.4.2	<i>Taxas de ventilação</i>	41
5.6.4.3	<i>Ganhos internos</i>	41
5.6.4.4	<i>Equipamentos de AVAC e controlo</i>	42
5.7	Caracterização do caso de estudo/cenário central.....	42
5.7.1	Matriz de sensibilidade.....	43
5.7.2	Alterações ao caso de estudo.....	43
5.7.3	Classificação energética.....	44
5.7.4	Cálculo do Indicador de eficiência energética.....	44
5.8	Resultados da simulação do cenário central.....	46
5.8.1	Caso Base – Aveiro (zona I1 – V1).....	46
5.8.2	Caso Base – Braga (zona I2 – V2).....	47
5.8.3	Caso Base – Lamego (zona I3 – V3).....	48
5.9	Classificação energética.....	49
5.10	Análise de sensibilidade.....	50
5.10.1	Classe de exposição.....	50
5.10.2	Recuperação de calor.....	51
5.10.3	Sistema de aquecimento.....	51
5.10.4	Sistema de arrefecimento.....	52
5.10.5	Iluminação.....	53
5.10.6	Consumo dos ventiladores.....	53
5.11	Resultados da análise do RSECE.....	54
5.11.1	Aveiro (zona I1 - V1).....	54
5.11.2	Braga (zona I2 - V2).....	56
5.11.3	Lamego (zona I3 - V3).....	58
6.	Análise de resultados.....	61
6.1	Análise de resultados do RCCTE.....	61
6.1.1	Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética (SCE).....	61

6.1.2	Análise do impacto de cada um dos parâmetros num cenário de climatização permanente	62
6.1.3	Determinação da classificação energética com um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas	64
6.2	Análise de resultados do RSECE	65
6.2.1	Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética	65
6.2.2	Análise comparativa dos factores de impacto em função da zona climática	68
6.2.3	Determinação da classificação energética do edifício para um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas	70
6.2.4	Impacto das medidas estudadas nos custos energéticos de operação	72
7.	Estudo de sistema de absorção	77
7.1	<i>Chiller</i> de absorção - queima directa de gás natural	79
7.1.1	Classificação energética	79
7.2	<i>Chiller</i> de absorção – alimentação a água quente	80
7.2.1.	Classificação energética	81
8.	Conclusões	83
9.	Referências e Bibliografia	85
	Anexo A – Relatórios do Solterm	87
	Anexo B – Desenhos da fracção RCCTE	93
	Anexo C – Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica	99
	Anexo D – Cálculo da inércia térmica	100
	Anexo E – Relatório do caso base do sistema solar	101
	Anexo F – Taxas de ventilação	104
	Anexo G – Desenhos do artigo matricial 280	105

1. Introdução

No âmbito da disciplina de “Projecto” do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), na opção de Energia Térmica, foi realizado um projecto em empresa na AFAconsult durante um período de 5 meses.

O projecto foi intitulado de *“Estudo de correspondência entre soluções construtivas e tecnológicas de edifícios mistos e desempenho energético em Portugal”*. Este projecto teve orientação da Eng.^a Isabel Sarmento por parte da empresa, e pelo Prof. Vítor Leal por parte da Faculdade.

1.1. Apresentação da Empresa

1.1.1. AFAconsult

A AFAconsult faz parte de um grupo de empresas de engenharia com mais de 20 anos de experiência na área de projectos, englobando a AFAplan (orientada para o planeamento e gestão de projectos) e a AFAconsult (vocacionada para a concepção de projectos). Esta empresa, fundada em 1985 como Afaassociados e sediada na marginal de Vila Nova de Gaia, face ao rio Douro, é actualmente constituída por cerca de 160 colaboradores distribuídos pelas diferentes especialidades (Mecânica, Civil e Electrotecnia), desenhadores e secretariado de apoio à produção, possuindo também uma delegação em Lisboa, em plena zona histórica.

Assentando o valor dos seus serviços na busca da excelência técnica das soluções e numa abordagem pluridisciplinar e integrada, em total compromisso com os objectivos dos clientes, procura através da inovação dar uma contribuição positiva para o ambiente construído.

Assente na multidisciplinaridade e interdisciplinaridade, a AFAconsult baseia o seu trabalho num contributo para a concepção integrada do Projecto, demonstrado na figura 1.1, representando algumas das vertentes dos projectos AFAconsult.



Figura 1.1 – Interdisciplinaridade afecta aos projectos da empresa

1.1.2. Organização

Actualmente a empresa organiza-se em grupos, constituídos pelas diferentes especialidades intervenientes, assegurando a flexibilidade e a interligação durante a concepção de um projecto, conjugando a independência na gestão e funcionamento de cada equipa com a observância por critérios de qualidade rigorosos e de alinhamento com a missão e valores da empresa.

A missão da empresa passa por estabelecer relações de parceria com os seus clientes, concebendo e gerindo soluções de engenharia que superem expectativas, facilitem ou concretizem os mais modernos conceitos técnicos na área da engenharia da construção.

Na situação de projecto, os gestores de projecto, responsáveis perante os clientes pelo sucesso de cada empreendimento, acompanham os trabalhos desde a adjudicação até ao final da construção e asseguram os meios mais adequados ao seu desenvolvimento, cabendo-lhes, com base em objectivos internos pré-estabelecidos, tomar em cada momento todas as medidas necessárias à prestação de um serviço de excelência.

1.1.3. Instalações Mecânicas, Sistema de Certificação Energética, *Commissioning*

A filosofia desta especialidade é projectar soluções eficientes, das quais resultem sistemas sustentáveis, exemplos visíveis na figura 1.2. A AFAconsult procura o correcto equilíbrio entre as exigências técnicas e económicas do projecto e os requisitos energéticos do ambiente. A implementação de soluções que respondam aos cada vez mais exigentes requisitos da arquitectura é um dos pontos fundamentais desta especialidade, pois dessa atitude depende o conforto dos espaços.

A AFAconsult desenvolveu competências que lhe permitem oferecer ao cliente os serviços que decorrem da aplicação do SCE⁴, nomeadamente: avaliação do desempenho energético e da qualidade do ar interior nos edifícios em fase de projecto com vista à emissão da respectiva Declaração de Conformidade Regulamentar e em obra com vista à emissão do respectivo Certificado Energético aquando da sua conclusão.

O serviço de *commissioning* prestado pela empresa aos seus clientes traduz-se basicamente no enfoque na sustentabilidade dos empreendimentos projectados, assegurando que conceitos como iluminação e ventilação naturais, eficiência energética ou materiais ambientalmente adequados são tidos em conta, desde a concepção inicial dos projectos. Durante a construção e mesmo após a sua conclusão, no início da exploração dos empreendimentos, há um acompanhamento próximo da AFAconsult junto do construtor, que garante ao dono de obra o cumprimento de todas as especificações de Projecto. Todas as informações relevantes são partilhadas com as equipas projectistas, contribuindo para uma melhoria contínua da qualidade do serviço prestado pela AFAconsult.



Figura 1.2 – Exemplos de instalações mecânicas resultado de projectos da AFAconsult

1.2. Objectivos/O Projecto

O panorama energético global é caracterizado por uma forte dependência de fontes primárias de origem fóssil, o que aliado aos recentes desenvolvimentos sobre o efeito do CO₂ na atmosfera e limitação dos recursos reclama um novo paradigma mundial, assente na implementação de medidas de eficiência energética, uso de fontes renováveis de energia e no conceito de descentralização, segundo o conceito “Think Globally, Act Locally”.

Portugal não é excepção, contribuindo com aproximadamente 6 toneladas de CO₂ *per capita* de emissões em 2005, resultado de um consumo total de energia primária de 19099 (ktep) distribuídos pelos principais sectores económicos conforme se pode verificar na figura 1.3.

⁴ Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (D.L. n° 78/2006)

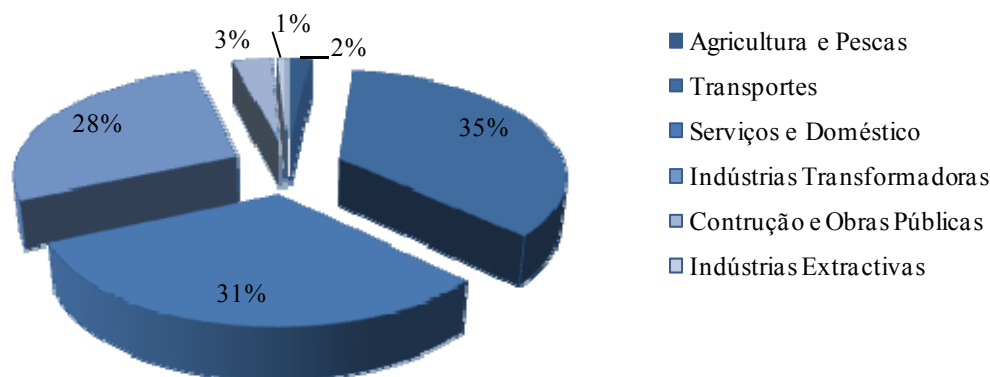


Figura 1.3 – Consumo de energia primária em Portugal no ano de 2007, por sector económico⁵

As autoridades governamentais têm cada vez mais apostado na implementação de medidas que visem a eficiência energética, particularmente em edifícios, visto que originam um consumo aproximado de 30% energia final e 40% de energia primária. Em Portugal estas medidas materializaram-se na implementação do RCCTE e do RSECE, complementando o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE – D.L. nº 78/2006).

Este projecto que aqui se apresenta propôs-se a efectuar uma análise de sensibilidade detalhada a parâmetros construtivos e tecnológicos que são intrínsecos a esta regulamentação, com vista à caracterização das relações essenciais entre as opções de projecto e as respectivas consequências energéticas nos edifícios em Portugal. Esta caracterização assentará no estudo de um quarteirão a edificar na cidade de Braga, composto por um grupo de edifícios que reúne tipologias mistas: Residencial, Escritórios e Comércio.

A análise do RCCTE tem por base uma fracção residencial enquadrada num cenário central, que encerra factores construtivos e tecnológicos que a localizam na região central da matriz de parâmetros, sendo perturbado um parâmetro de forma sucessiva e em sequência, analisado o seu factor de impacto no rácio de necessidades nominais de energia útil e no rácio de energia primária.

A análise do RSECE, por sua vez, é baseada na mesma metodologia adoptada para o RCCTE, no entanto abrangendo mais parâmetros e focando o estudo nas soluções para os sistemas de climatização do edifício e as várias potencialidades existentes de implementação de medidas de eficiência energética em edifícios não-residenciais.

⁵ in Direcção-Geral de Energia e Geologia – Balanços energéticos 2007

1.3. Organização e Temas Abordados no Presente Relatório

O processo associado à metodologia utilizada neste trabalho é representado esquematicamente no diagrama 1.1. Este relatório é constituído por 9 capítulos e respectivos anexos. No primeiro capítulo é apresentada a AFAconsult, assim como uma breve apresentação e explicação do projecto em questão, no segundo capítulo é realizada uma pequena revisão bibliográfica, seguida da apresentação do caso de estudo proposto pela empresa no terceiro capítulo. No quarto e quinto capítulos são apresentadas as análises de sensibilidade aos regulamentos em Portugal, seguidos da análise de resultados correspondente no sexto capítulo. O relatório termina com a exposição de um estudo prévio com dimensionamento de um *chiller* de absorção no sétimo capítulo, seguido das conclusões, referências bibliográficas e anexos.

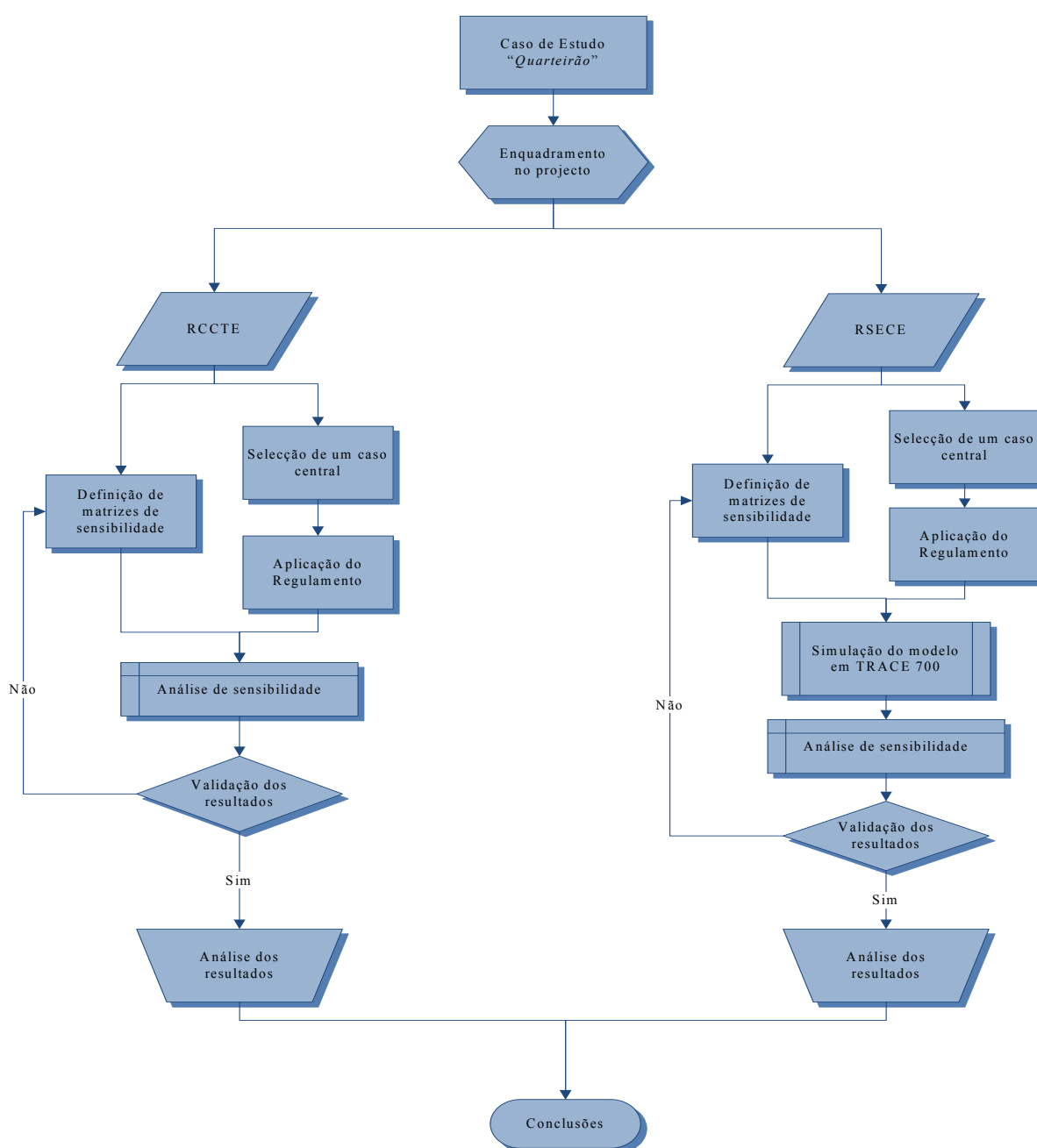


Diagrama 1.1 – Processo de planeamento do trabalho

2. Revisão Bibliográfica

“As far as the design and construction of the built environment are concerned, we can master almost everything technically. We are capable of erecting buildings that produce just as much energy as they use. [...] And even so we often look into the future nervously and wonder if we are doing everything right.”

Chris Luebke in *“Global Change”* [1]

O novo paradigma energético global comporta consigo uma importância crescente para conceitos como sustentabilidade, eficiência e política energética. O aumento dos consumos de energia, a escassez dos combustíveis fósseis, aliado à libertação excessiva de CO₂ para a atmosfera, denunciam uma sociedade em desenvolvimento não sustentável, que necessita ser corrigido e assistido por medidas de gestão de energia.

Nos relatórios anuais da *International Energy Agency* (IEA) verifica-se que a evolução do fornecimento global de energia praticamente duplicou em 30 anos, como resposta à evolução natural das necessidades energéticas, como se pode verificar na figura 2.1.

O crescimento económico, o desenvolvimento tecnológico e o incremento do nível médio de vida são factores que contribuem para este cenário, no entanto, os processos de transformação de energia permanecem, de acordo com a mesma agência, sendo que as principais fontes de produção subsistiram ao longo destes 30 anos, confirmando a nossa dependência dos combustíveis fósseis, agravando as consequências no plano climático global.

World

Evolution from 1971 to 2006 of world total primary energy supply*
by fuel (Mtoe)

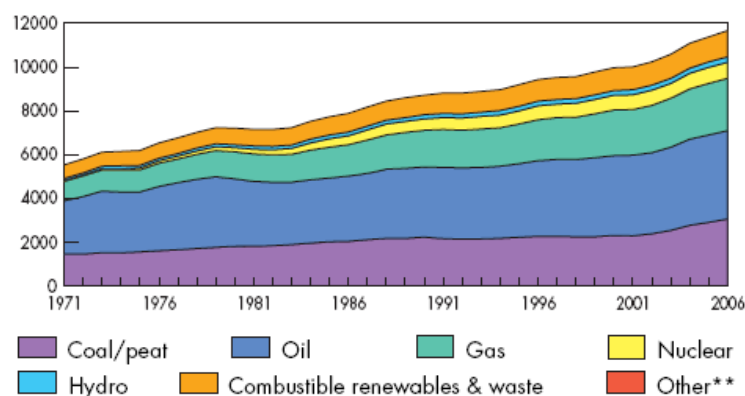


Figura 2.1 – Evolução mundial da produção de energia primária desde 1971 até 2006

As autoridades mundiais têm agido no sentido de promover medidas de contenção, fomentando a independência de combustíveis fósseis, instituindo padrões de eficiência energética e estabelecendo planos de sustentabilidade a longo prazo.

A União Europeia estabeleceu em 2007 um plano de acção que propõe-se a reduzir o consumo de energia primária em 20% até 2020 (PAEE⁶), esperando actuar principalmente no sector dos edifícios, transportes e indústria transformadora, obtendo reduções previstas de 390 milhões de toneladas equivalentes de petróleo por ano, correspondendo a 100 mil milhões de euros anuais de poupança.

Em Portugal o Governo aprovou em 2005 através da resolução do Conselho de Ministros n.º 169 de 2005 uma Estratégia Nacional para a Energia, definindo as grandes linhas de orientação política, vectores energéticos e medidas de maior relevância para a área da energia no nosso país, tendo como principais objectivos:

- Garantir a segurança do abastecimento de energia, diversificando os recursos primários e os serviços energéticos assim como promovendo a eficiência energética;
- Estimular e favorecer o mercado concorrencial, de forma a promover a defesa dos consumidores, a competitividade e a eficiência das empresas;
- Salvaguardar a adequação ambiental de todo o processo energético, reduzindo os impactos ambientais à escala local, regional e global.

No caso dos edifícios, estima-se que consomem 40% do total de energia primária, devido em grande parte à ineficiência da sua concepção e dos seus sistemas. Neste contexto surgiu a Directiva nº 2002/91/CE “*Energy Performance of Buildings*”, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios (Parlamento Europeu, 2002).

Os objectivos desta Directiva concretizam a implementação de medidas de eficiência energética para os edifícios através de metodologias de cálculo do desempenho energético,

⁶ PAEE – Plano Acção sobre Eficiência Energética

aplicação de requisitos mínimos para o seu desempenho energético assim como a sua certificação, impondo inspecções regulares a instalações e equipamentos. A implementação de um sistema de certificação energética permite por um lado criar um sistema de avaliação de desempenho em momentos cruciais do edifício (construção, venda ou arrendamento), e por outro informar os cidadãos de uma forma simplificada a qualidade térmica, o desempenho energético e a previsão dos consumos anuais associados ao edifício.

O actual RSECE substitui o DL 118/98 de 7 de Maio, procurando definir as condições de conforto térmico e higiene nos edifícios em função da sua ocupação; melhorar a eficiência energética promovendo a limitação efectiva dos consumos de energia para padrões aceitáveis, quer nos edifícios existentes (sujeitos a reabilitação), quer nos edifícios a construir; impor regras de eficiência aos sistemas de climatização, melhorando o seu desempenho energético, garantindo uma boa qualidade do ar interior e assegurando a sua correcta manutenção na vida útil do edifício; monitorizar de forma regular as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e da qualidade do ar interior.

O novo RCCTE veio substituir o DL n.º 40/90 de 6 de Fevereiro, estabelecendo requisitos de qualidade para os novos edifícios de serviços e residenciais sem sistemas de climatização ou com potências inferiores a 25 (kW), ao nível da envolvente, limitando as perdas térmicas pela envolvente e estabelecendo limites para os ganhos solares, ao nível dos sistemas enfatiza os consumos associados à produção de águas quentes sanitárias, assegurando a sua proveniência de fontes renováveis de energia (sempre que possível), diminuindo o impacto nos consumos anuais de energia primária.

Actualmente incorporando a legislação aplicável e no sentido de promover a eficiência energética, os projectistas de edifícios encaram a sustentabilidade do ambiente construído de forma mais abrangente, não só através da conservação e utilização racional de energia mas também pela forma como o projecto de um edifício se propõe a minimizar os impactos da construção no meio ambiente, em todos os seus recursos, naturais ou artificiais.

3. Caso de Estudo

3.1 Introdução

O complexo que serve de caso de estudo, actualmente em fase pós-licenciamento, desenvolve-se numa área de implantação de aproximadamente 7790 m², localizada no gaveto da Rua do Raio com a Avenida da Liberdade, freguesia de S. Lázaro, concelho e distrito de Braga. É composto na totalidade por 8 artigos matriciais a que correspondem 8 edifícios, cujas Declarações de Conformidade Regulamentar (DCR) a acompanhar no projecto de licenciamento foram emitidas por artigo matricial, à excepção dos edifícios registados nos artigos 537 e 992, que por se tratar de fracções residenciais e fracções de serviços sem climatização as respectivas DCR foram emitidas por fracção.

Esta construção faz parte de um complexo de oito edifícios, resultantes da requalificação e ampliação do Quarteirão dos Antigos CTT⁷ de Braga, tal como ilustrado na figura 3.1.

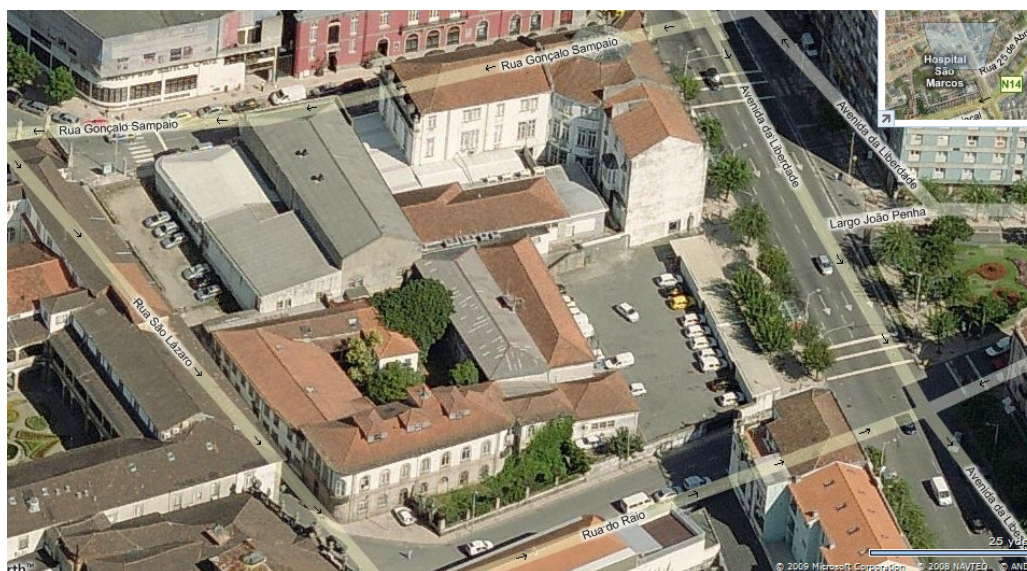


Figura 3.1 – Vista aérea do quarteirão a edificar, na cidade de Braga

⁷ CTT (Correios, Telégrafos e Telefones) – Correios de Portugal S.A.



Figura 3.2 – Representação esquemática da divisão em artigos matriciais do quarteirão

As construções a edificar sobre os artigos matriciais 2949, 880, 913 e 280, representados esquematicamente na figura 3.2, devido à sua semelhança no que respeita à utilização dos espaços (tipologias: comércio, escritórios e armazém) e à proximidade, irão partilhar dos mesmos sistemas energéticos.

As restantes edificações, à excepção do edifício existente sobre o artigo matricial 878, por se tratarem maioritariamente de fracções de habitação dotadas de sistemas individuais de aquecimento e arrefecimento com potências inferiores a 25 (kW), não estão sujeitos ao RSECE, possuindo sistemas de climatização individuais.

De um modo geral, o complexo é constituído por 5 pisos enterrados em cave e, no máximo, por 5 pisos que se desenvolvem acima do solo, nomeadamente, 5 pisos nos artigos 992 e 537, 4 pisos nos artigos em estudo, nomeadamente, nos artigos 280, 913, 880 e 2949 e apenas 2 pisos no artigo 259. Ao artigo matricial 878 corresponde um edifício existente. O quarteirão, em geral, integrará áreas de estacionamento, habitação, comércio e serviços, sendo que:

- As 5 caves inferiores (pisos -5 a -1) são, essencialmente, destinadas a estacionamento (serviços/público e habitação) e arrecadações;
- O piso térreo (piso 0) integra áreas técnicas de instalações mecânicas e eléctricas, átrios de distribuição e os acessos aos pisos de habitação, escritórios e caves, áreas de comércio nos artigos 280, 992, 537 e 259 e arrecadações nos artigos 913, 880 e 2949;
- Nos pisos -1, 0 e 1, nos espaços do lado Nascente do artigo 259, prevê-se que constituam um “pequeno edifício” destinado a comércio ou restaurante, com a cozinha localizada no piso -1;
- Os pisos 1 a 3, dos artigos 280, 913, 880 e 2949, integram circulações horizontais, instalações sanitárias e lojas de comércio num total de 20 fracções;

- Os pisos 1 a 5, no lado Poente dos artigos 992 e 537, integram habitações de tipologias T2, T3 e T3 duplex, num total de 16 fracções;
- Os pisos 1 a 2, no lado Poente do artigo 259, integram habitações de tipologia T3 duplex, num total de 3 fracções;
- O piso 4, dos artigos 280, 913, 880 e 2949, integram circulações horizontais, instalações sanitárias e espaços de serviços num total de 9 fracções.

3.2 Enquadramento no RCCTE

Nos artigos n.º 992 e 537, como se pode constatar nas tabelas 3.1 e 3.2, existem fracções residenciais, com uma loja de comércio no piso térreo (com menos de 100 m²). Ambas as tipologias têm uma potência instalada inferior a 25 (kW), logo sujeitas à aplicação do RCCTE.

Tabela 3.1 – Levantamento das fracções correspondentes ao Artigo matricial n.º 992

Designação	Tipo de espaço	Área de pav.	Pé direito
		[m ²]	[m]
Artº 992 – P0 - Loja	Lojas de comércio	67	2.56
Artª 992 – P1 A	Habitações	120	2.56
Artª 992 – P1 B	Habitações	102	2.56
Artª 992 – P2 A	Habitações	120	2.56
Artª 992 – P2 B	Habitações	102	2.56
Artº 992 – P3 A	Habitações	120	2.56
Artº 992 – P3 B	Habitações	102	2.56
Artª 992 – P4 - Duplex A	Habitações	182	2.56
Artº 992 – P4 - Duplex B	Habitações	155	2.56

Tabela 3.2 - Levantamento das fracções correspondentes ao Artigo matricial n° 537

Designação	Tipo de espaço	Área de pav.	Pé direito
		[m ²]	[m]
Artº 537 – P0 - Loja	Lojas de comércio	98	2.56
Artº 537 – P1 A	Habitações	157	2.56
Artº 537 – P1 B	Habitações	155	2.56
Artº 537 – P2 A	Habitações	157	2.56
Artº 537 – P2 B	Habitações	155	2.56
Artº 537 – P3 A	Habitações	157	2.56
Artº 537 – P3 B	Habitações	155	2.56
Artº 537 – P4 A	Habitações	128	2.56
Artº 537 – P4 - Duplex	Habitações	170	2.56
Artº 537 – P5 A	Habitações	120	2.56

4. Análise RCCTE

4.1 Introdução

A abordagem à análise de sensibilidade realizada ao RCCTE consistiu na definição de uma matriz de parâmetros que englobasse um cenário definido como central assim como dois valores limite, um superior e outro inferior. Os resultados foram obtidos através da perturbação de forma sucessiva de cada parâmetro a partir do caso central, obtendo um resultado fidedigno do impacto que cada um destes origina na classificação energética segundo o SCE, assim como a sua influência nas necessidades globais de energia primária pura para posterior apreciação. A matriz de sensibilidade é apresentada na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Matriz de sensibilidade para a análise do RCCTE

Parâmetro/Cenário	Baixo	Central	Alto
Factor de Forma (FF)	0.2	0.5	1
Área envidraçada / Área pavimento	0.05	0.15	0.3
Orientação principal dos env.	N	E-W	S
Envolvente opaca (U - [W/m ² .°C])	0.3	0.6	0.9
Envidraçados (U - [W/m ² .°C])	1.0	2.0	3.0
Protecção solar	Estore Exterior	Protecção entre vidros	Estores int. lâminas
Taxa de renovação [rph]	0.6	0.9	1.2
Pontes térmicas	+25%	+50%	+75%
Inércia térmica	Forte	Média	Fraca
Colectores solares (Eficiência)	E _{solar} = 2093 kWh/ano	E_{solar} = 1599 kWh/ano	E _{solar} = 1195 kWh/ano
Sistema Aquecimento	Bomba de Calor ⁸	Caldeira⁹ (Gás Natural)	Resistência Eléct.
Sistema de apoio AQS	Caldeira (η = 109.8%)	Caldeira (η = 82%)	Caldeira (η = 65%)
Zona climática Inverno	I1	I2	I3
Sistema Arrefecimento	COP = 3.3	COP = 3.0	COP = 2.7
Existência de sistema solar	Sim	Sim	Não

⁸ COP (Coefficient of Performance) com valor de 3.0

⁹ Caldeira a gás natural com um rendimento de 82%

A razão de áreas entre os vãos envidraçados e o pavimento foi alterada, tendo em conta que as variações das áreas de envidraçados seriam compensadas com variações similares na envolvente opaca. No caso da variação do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca este foi conseguido com a variação da espessura de isolamento utilizada.

O aumento para 75% do rácio das pontes térmicas foi obtido alterando os valores de Ψ para 0.5 (W/m.°C) em duas situações de ponte térmica linear: no caso da ligação da fachada com pavimentos intermédios e no caso da ligação da fachada com padieira/ombreira/peitoril, ao considerar que ambas as situações não se enquadravam nas tabelas do regulamento, apesar de existentes, logo adoptou-se o valor de 0.5 (W/m.°C) como referido na Tabela IV.3 do RCCTE.

Paralelamente, a diminuição desse valor para 25% foi obtida com a alteração dos valores de Ψ em três situações de ponte térmica linear: No caso da ligação da fachada com varanda considerou-se o valor de 0.3 (W/m.°C), no caso da ligação da fachada com padieira/ombreira/peitoril ponderou-se o valor nulo, ao considerar que o isolamento térmico estava em contacto com a caixilharia e no caso da ligação entre duas paredes verticais considerou-se o valor de Ψ de 0.1 (W/m.°C).

No caso dos colectores solares e do seu sistema realizou-se um estudo comparativo para os três cenários da matriz. Tomando como origem o caso médio definiu-se que os colectores utilizados para o parâmetro baixo seriam do tipo tubos de vácuo, em contraponto, na análise de uma situação menos vantajosa os colectores utilizados no caso alto teriam um rendimento óptico inferior a 60% assim como uma fracção solar na ordem dos 50%.

Logo, os colectores utilizados neste estudo encontram-se resumidos na tabela 4.2 e os respectivos relatórios do software Solterm¹⁰ encontram-se no anexo A.

Tabela 4.2 – Características principais dos colectores solares utilizados na análise do RCCTE

Parâmetro	Área [m ²]	a_1 [W/m ² /°K]	a_2 [W/m ² /°K]	$\eta_{\text{óptico}}$	Fracção solar	E_{solar} [kWh]
Baixo	4.3	1.740	0.004	77.5%	88.8%	2093
Alto	3.8	6.2	0.015	58.8%	50.7%	1195

4.2 Definição do caso de estudo e verificação do RCCTE

Na selecção da fracção autónoma que serve de “caso representativo” central pretendeu-se que o enquadramento nesse cenário fosse obtido com o mínimo de alterações à arquitectura e soluções tecnológicas do espaço, conjugando as particularidades do caso real com as alterações necessárias para este estudo.

O levantamento inicial de todas as fracções residenciais, apresentado na tabela 4.3, foi realizado utilizando alguns critérios preferenciais como o factor de forma, o rácio de áreas

¹⁰ SOLTERM – Software de análise de desempenho de sistemas solares térmicos e fotovoltaicos, INETI.

entre os vãos envidraçados e o pavimento e a orientação principal dos envidraçados, recaindo a selecção para uma fracção de tipologia T3 localizada no terceiro piso do Artigo n.º 537, dadas as suas características construtivas assemelharem-se ao caso central, necessitando de apenas algumas alterações que serão apresentadas posteriormente.

Tabela 4.3 - Levantamento das fracções correspondentes aos artigos matriciais abrangidos pelo RSECE

Artigo n.º	Referência	FF	Orientação principal	A_{env}/A_{pav}
537	P0 Loja	0.42	Sudoeste	0.62
	P1 T3A	0.28	Nordeste	0.18
	P1 T3B	0.32	Nordeste	0.21
	P2 T3A	0.20	Nordeste	0.18
	P2 T3B	0.25	Nordeste	0.21
	P3 T3A	0.28	Nordeste	0.18
	P3 T3B	0.44	Nordeste	0.21
	P4/5 T3	0.61	Sudeste	0.72
	P4 T2	0.28	Nordeste/Sudoeste	0.50
	P5 T2	0.64	Nordeste/Sudoeste	0.36
	P0/1 Loja	0.60	Sudeste	0.79
	P0 Loja CT	0.25	Sudeste	0.18
	P0 Loja NE	0.35	Sudeste	0.11
	P0 Loja SW	0.37	Sudeste	0.17
	P1/2 T3A	0.57	Sudoeste	0.25
	P1/2 T3B	0.48	Sudeste	0.12
259	P1/2 T3C	0.56	Sudeste	0.18
	P0 Loja	0.36	Sudoeste	0.48
	P1 T2A	0.30	Nordeste	0.17
	P1 T2B	0.31	Nordeste	0.18
992	P2 T2A	0.22	Nordeste	0.17
	P2 T2B	0.23	Nordeste	0.18
	P3 T2A	0.35	Nordeste	0.17
	P3 T2B	0.36	Nordeste	0.18
	P4/5 T4C	0.52	Nordeste	0.24
	P4/5 T4D	0.55	Nordeste	0.33

O acesso a esta fracção é realizado por uma circulação comum ao piso onde se insere, sendo constituída por três quartos, sala, cozinha, quatro instalações sanitárias, três espaços de circulação e um local de arrumos.

Esta habitação encontra-se entre dois pisos do edifício, possui uma área de cobertura exterior, correspondente a uma zona de terraço do piso imediatamente superior. No entanto é contígua a dois espaços não úteis¹¹: a circulação comum ao piso daquele edifício e uma caixa de escadas, como se pode evidenciar pelos desenhos apresentados no presente relatório no anexo B, e pormenorizado na figura 4.1.

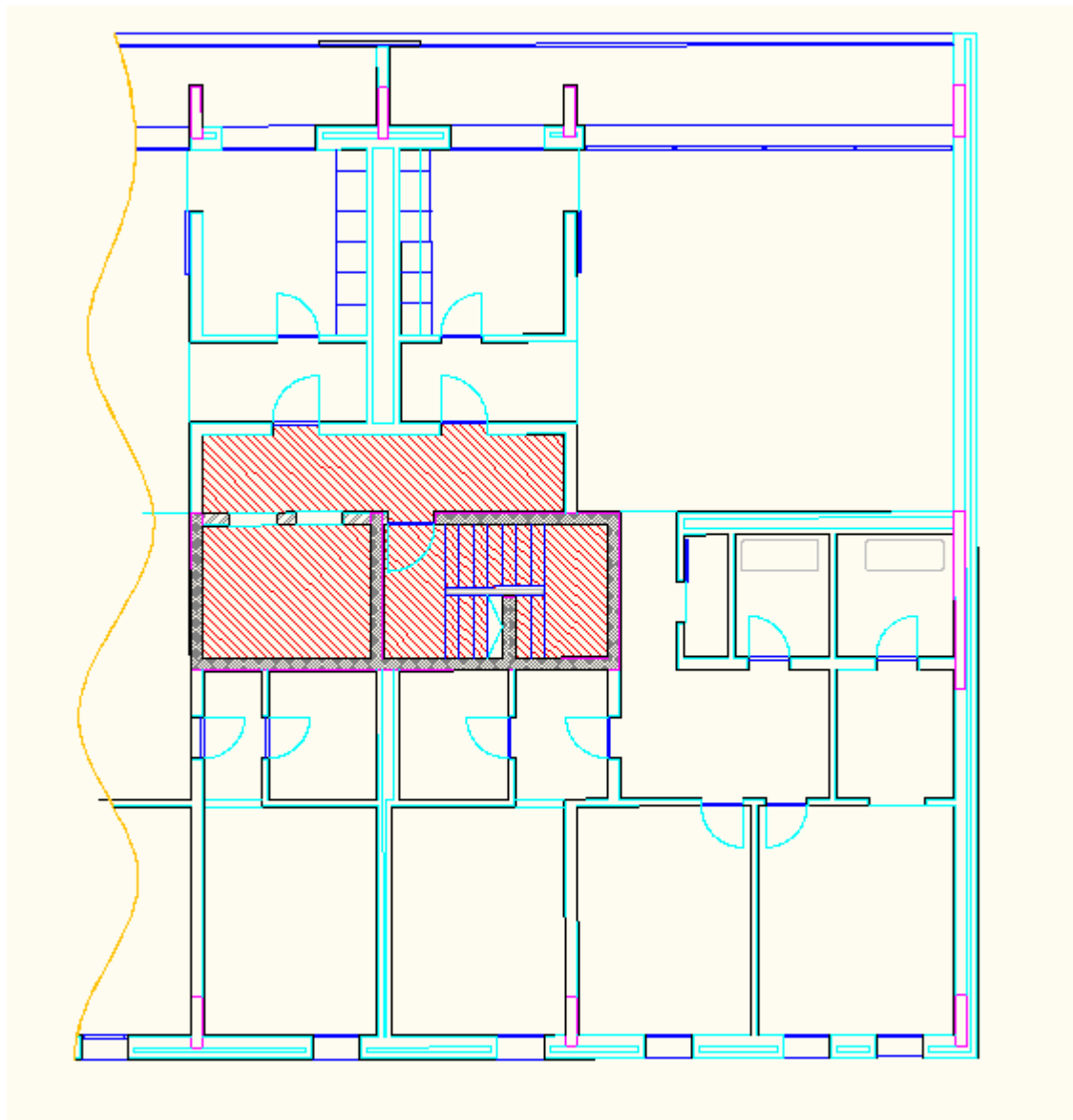


Figura 4.1 – Planta da fracção autónoma seleccionada como caso de estudo

¹¹ Os espaços não úteis são consagrados no cálculo do das perdas de calor por condução através da envolvente e são definidos de acordo com o Anexo II do RCCTE.

As instalações sanitárias são consideradas espaços úteis, de acordo com o Anexo I do RCCTE, assim como a contabilização de área útil de pavimento está de acordo com a definição que consta do Anexo II.

4.3 RCCTE: Descrição do caso base real

O comportamento térmico dos espaços, à luz do RCCTE, é quantificado através dos valores das necessidades nominais de energia útil para o aquecimento, arrefecimento e preparação de águas quentes sanitárias mas, também das necessidades globais de energia primária em função da área útil de pavimento da fracção. Esta regulamentação impõe:

- Requisitos mínimos de qualidade térmica da envolvente – Artigo 16º;
- Valores máximos das necessidades energéticas do edifício quer para o aquecimento quer para o arrefecimento – pontos n.º 1 e 2 do Artigo 15º;
- Valores limite de necessidades nominais de energia útil para produção de água quente sanitária – ponto n.º 3 do Artigo 15º;
- Os valores limite de necessidades globais de energia primária da fracção autónoma - ponto n.º 5 do Artigo 15º.

A exemplo dos restantes valores, o valor das necessidades globais anuais específicas de energia primária para cada fracção autónoma (N_{tc}) nunca poderá exceder o seu valor de referência (N_t). Ao cálculo deste parâmetro, estão afectos factores de ponderação diferenciados, dado que estatisticamente 50% do consumo é tipicamente para preparação de águas quentes sanitárias, 25% para tratamento ambiente e o restante para outros fins [2].

$$N_t = 0.9 \times (0.01 \times N_i + 0.01 \times N_v + 0.15 \times N_a) \text{ (kgep/m}^2\text{.ano)} \quad (1)$$

A equação 1 indica que na realidade as fracções não possuem tratamento ambiente permanente nas estações de aquecimento e arrefecimento, impondo também uma melhoria de 10% face aos valores mínimos exigidos regulamentarmente no RCCTE. Posteriormente será apresentada uma análise realizada numa base de cálculo distinta da regulamentação, assumindo a situação de suprimento das necessidades de climatização num período superior a 10% do ano.

4.2.1 Características construtivas

No cálculo dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca foi possível verificar que o tipo de construção preconizada para este edifício de acordo com a tabela 4.4 referente à de qualidade térmica da envolvente encontra-se no nível N_2 , no caso da envolvente opaca vertical exterior e N_1 no caso da cobertura em terraço, nitidamente abaixo dos valores máximos previstos no RCCTE.

Tabela 4.4 – Níveis de qualidade dos coeficientes de transmissão térmica da envolvente dos edifícios¹²

Nível de qualidade	Limites de U
N ₁	$U = U_{Ref}$
N ₂	$U \approx 0.75 \cdot U_{Ref}$
N ₃	$U \approx 0.6 \cdot U_{Ref}$
N ₄	$U \approx 0.5 \cdot U_{Ref}$

O cálculo dos coeficientes foi realizado através do levantamento dimensional dos projectos de arquitectura e utilizando as tabelas de materiais de construção corrente existentes na publicação do LNEC: *Coefficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios – versão actualizada 2006 (ITE 50)* [5], sendo apresentado de seguida a tabela 4.5, resumindo as soluções construtivas utilizadas e os respectivos coeficientes de transmissão térmica, sendo o cálculo detalhado apresentado no anexo C.

Tabela 4.5 – Caracterização da envolvente opaca do caso de estudo

Envolvente	Descrição	U [W/m ² .°C]
Exterior		
Parede exterior	Parede em betão normal com 0.2 (m) de espessura, rebocada pelo interior, isolada pelo exterior com placas tipo <i>Wallmate</i> com 0.06 (m) de espessura, caixa-de-ar com 0.04 (m), revestido com painéis de contraplacado e chapa de alumínio.	0.49
Cobertura em terraço	Laje de betão normal com 0.15 (m) de espessura rebocada pelo interior, isolada pelo exterior com placas tipo <i>Roofmate</i> de 0.08 (m), argamassa de regularização entre camadas exteriores e pedra bujardada.	0.42
Interior		
Parede interior	Alvenaria de tijolo furado simples de 0.07 (m) de espessura, rebocada em ambas as faces.	2.17
Pavimento interior	Laje de betão normal com 0.15 (m) de espessura, rebocada pelo interior, revestido com argamassa de regularização e tijoleira pelo exterior.	1.76
Parede separação espaços não úteis	Parede de betão normal com 0.2 (m) de espessura, rebocada em ambas as faces e isolada pelo exterior com placas tipo <i>Wallmate</i> de 0.02 (m) de espessura.	1.15

¹² Vasco Peixoto de Freitas, 2007, *Reabilitação de edifícios e o novo RCCTE*, L.F.C., FEUP Porto,

4.2.2 Pontes térmicas

As pontes térmicas planas correspondem a heterogeneidades inseridas na envolvente corrente exterior ou na envolvente interior em contacto com espaços não úteis que normalmente se identificam como pilares, caixas de estore, talões de viga, onde a quantificação da perda térmica é obtida através da consideração de um fluxo unidimensional por unidade de área de superfície.

Em contraponto, as pontes térmicas lineares correspondem a singularidades da envolvente exterior, nomeadamente de ligações entre elementos construtivos, onde a quantificação da perda assenta no pressuposto de que existe um fluxo bi- ou tridimensional incorporado como uma perda térmica por unidade de comprimento.

Nesta fracção as pontes térmicas existentes estão resumidas na tabela 4.6, exprimindo, face à tabela IV.3 do Anexo IV do RCCTE, o levantamento das perdas térmicas incluídas na envolvente do edifício.

Tabela 4.6 – Caracterização das pontes térmicas lineares

<i>Ligações entre:</i>	Comp. [m]	Ψ [W/m.°C]	Ψ.B [W/°C]
<i>Fachada com Pavimentos intermédios</i>	27.5	0.10	2.75
<i>Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço</i>	27.5	0.55	15.13
<i>Fachada com Varanda</i>	22.0	0.45	9.90
<i>Duas Paredes verticais</i>	5.2	0.50	2.60
<i>Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril</i>	55.6	0.20	11.12

4.2.3 Vãos envidraçados

Os factores solares dos envidraçados e das protecções solares são estabelecidos com base nas soluções consideradas no projecto de Arquitectura, descritas no Anexo IV (aquecimento) e Anexo V (arrefecimento) e nos valores de referência do quadro V.4 do Anexo V do RCCTE.

A regulamentação impõe factores solares máximos admissíveis em função da classe de inércia térmica e da zona climática em questão. No caso vertente, a cidade de Braga é considerada uma zona climática I2 - V2, sendo que esta fracção possui uma inércia térmica média a que corresponde a um factor solar máximo de 0.56 (Quadro IX.2 do Anexo IX).

Os vãos envidraçados utilizados nesta fracção autónoma utilizam caixilharia de alumínio, com vidro duplo incolor de baixa emissividade [8 + 10 + 8 (mm)], com protecção solar interior tipo cortina muito transparente de cor clara, o que lhe confere as características expressas na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Caracterização dos vãos envidraçados

U (W/m².°C)	1.8
Factor solar (g_v)	0.56
<i>Transf. luminosa</i>	74%
<i>Transmissão</i>	47%
<i>Reflexão exterior</i>	20%
<i>Reflexão interior</i>	19%

Sendo que a protecção utilizada é uma cortina interior muito transparente de cor clara e o tipo de vidro não é corrente, foi necessário calcular o factor solar corrigido considerando existência deste dispositivo, utilizando com o método de cálculo explicitado no ponto 2.3 do Anexo V, onde figura a equação 2. O factor solar correspondente a este tipo de protecção equivale, para um vidro duplo, a 0.63.

$$g_{\perp} = \frac{g_{\perp} \times g_{\perp V}}{0.75} \Leftrightarrow g_{\perp} = 0.47 \quad (2)$$

Este valor permitiu calcular através da equação 3 o factor solar do vão envidraçado assumindo que os dispositivos de sombreamento móveis estariam activos a 70%, acrescentando 30% do factor solar do vidro:

$$g_{\perp} = 0.7 \times 0.47 + 0.3 \times 0.56 \approx 0.5 \quad (3)$$

4.2.4 Inércia térmica

Com a caracterização das características construtivas da envolvente exterior e interior, de acordo com as características de referência apontadas no Anexo VII do RCCTE e segundo o quadro VII.6 do mesmo anexo, face aos materiais e soluções construtivas utilizadas, a classe de inércia da fracção autónoma em estudo é Média, cujo cálculo detalhado é apresentado no anexo D do presente relatório.

4.2.5 Ventilação

O sistema de ventilação preconizado para esta fracção é híbrido, possuindo extracção mecânica, servindo-se da infiltração natural do ar no edifício para garantir a renovação necessária para garantir o conforto, qualidade do ar e higiene dos ocupantes.

À luz do RCCTE e de acordo com o previsto no Quadro IV.2 do Anexo IV, a fracção em estudo é classificada de acordo como Região A, com uma classe de rugosidade I e com uma altura ao solo inferior a 18 metros de altura, obtendo a classe de exposição 1.

O sistema de ventilação desta fracção é comum a todas as fracções do edifício, consistindo num sistema de ventilação mecânica que garante uma taxa de renovação horária igual ou superior à mínima exigida regulamentarmente, isto é, de 0.6 (rph). O caudal de extracção utilizado é de 315 (m³/h), garantindo uma taxa de renovação de 0.78 (rph), associada a uma potência de ventilação de 75 (W), ponderada em função da potência do ventilador e da área de pavimento a que está associado o ventilador de extracção em todo o edifício.

4.2.6 Sistema de produção de Água Quente Sanitária

No cálculo das necessidades de energia para preparação de água quente sanitária, foram tomados em linha de conta os seguintes pressupostos, de acordo com o estabelecido no anexo VI e no artigo 7.º do RCCTE:

- Consumo médio diário de referência de AQS¹³: 40 (l) por ocupante;
- Número anual de dias de consumo de AQS: 365 dias;
- Aumento da temperatura necessária para a preparação das AQS: 45 (°C);
- Número de ocupantes: 4 ocupantes;
- Contribuição dos sistemas de colectores solares: 1 (m²) de colector padrão por ocupante

A contribuição dos colectores solares na preparação de AQS foi contabilizada através da utilização do software Solterm, utilizando para o efeito colectores solares certificados.

As características dos colectores solares utilizados no cálculo da contribuição de energia solar para a preparação de águas quentes sanitárias estão expressas na tabela 4.8, encontrando-se no anexo E o relatório que resume o seu contributo solar, tendo sido utilizados 4.7 (m²) [2 colectores x 2.3 (m²)] associados a um depósito com permutador de calor interno. A energia fornecida por este sistema equivale a 2143 (kWh/ano), obtendo uma fracção solar de 70.1%.

Tabela 4.8 – Características principais dos colectores solares preconizados no caso de estudo

Área (m ²)	Inclinação	Azimute	a ₁ (W/m ² /K)	a ₂ (W/m ² /K)	η _{óptico}	Fracção solar	E _{Solar} (kWh)
4.7	45°	Sul	3.94	0.012	79.1%	70.1%	2143

¹³ Águas Quentes Sanitárias

4.2.7 Sistemas de conversão local de energia

No cálculo das necessidades de energia primária das habitações estava previsto o aquecimento ambiente e apoio ao AQS (esquema de princípio na figura 4.2) com o recurso a uma caldeira a gás natural e como sistema de arrefecimento ambiente um *chiller* ar-água. Assim sendo, a eficiência nominal dos equipamentos e os respectivos factores de conversão de energia útil em energia primária, de acordo com o previsto no regulamento, são dados pela tabela 4.9.

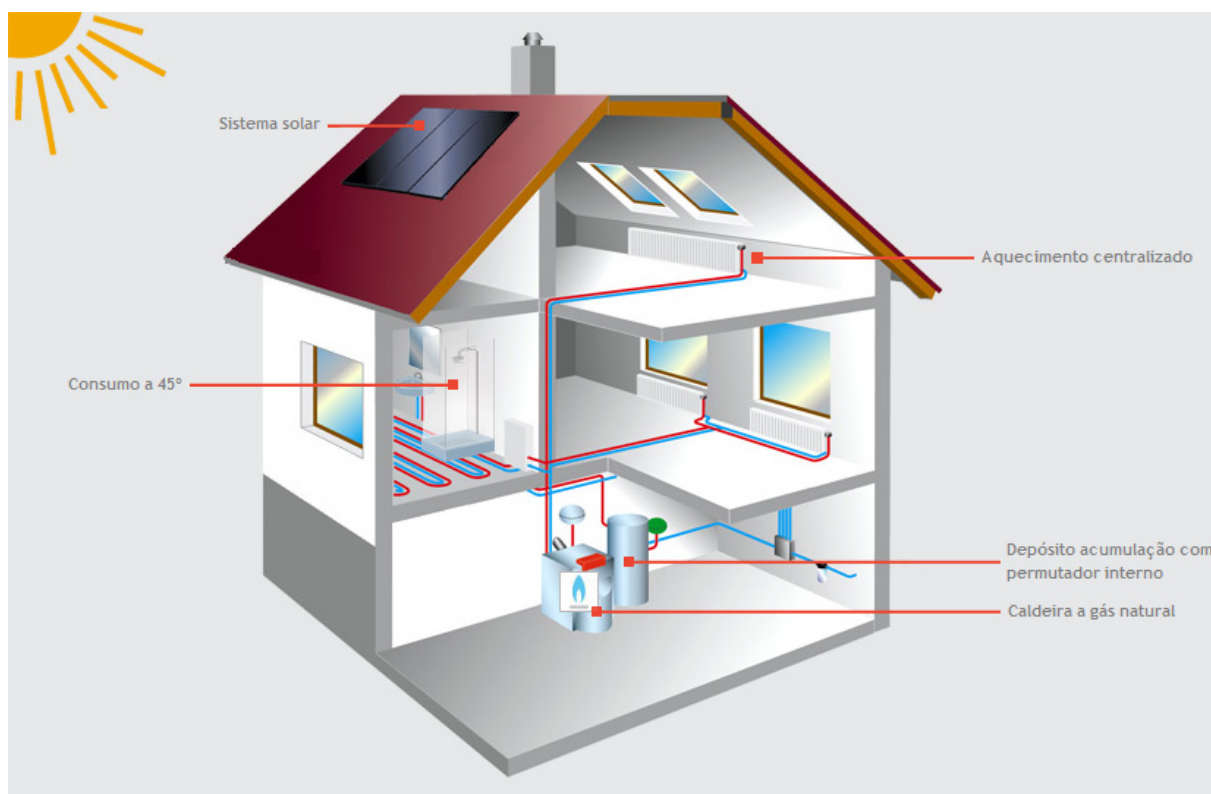


Figura 4.2 – Esquema-tipo do princípio da instalação de aquecimento sem integração de arrefecimento¹⁴

Tabela 4.9 – Definição dos sistemas locais de conversão de energia previstos no caso de estudo

Sistema	Ref. ^a RCCTE	Equipamento	Eficiência	F _{pu} [kgep/kWh]
Aquecimento ambiente	Art.º 18	Caldeira a gás natural	0.87	0.086
Arrefecimento ambiente	Art.º 18	<i>Chiller</i> ar-água	3.00	0.290
Apoio à produção de AQS	Anexo VI	Caldeira a gás natural	0.87	0.086

¹⁴ ESOP Viessmann

4.4 Constituição do caso central

No sentido de enquadrar o caso seleccionado no cenário central foi necessário proceder a algumas modificações, introduzindo em alguns parâmetros valores mais próximos dos representativos de um desempenho mediano.

A modificação mais arrojada, possibilitada dado o âmbito deste estudo, passou pela rotação em planta da habitação de forma a alinhar a normal da fachada com maior área de envidraçados (Nordeste) com a orientação Este. A tabela 4.10 resume as alterações realizadas para enquadramento no cenário central.

Tabela 4.10 – Principais alterações ao caso de estudo no enquadramento do caso central

Parâmetro	Caso real	Cenário central
Envolvente opaca exterior	0.33 a 0.49 (W/m ² °C)	0.6 (W/m²°C)
Taxa de renovação de ar	0.78 (rph)	0.9 (rph)
Factor solar	0.63	0.40
Contribuição solar	2153 (kWh)	1599 (kWh)
Orientação principal	Nordeste	Este

O novo coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca resultou da variação das espessuras de isolamento da envolvente exterior (vertical e horizontal) de forma a ajustar os valores do coeficiente de transmissão térmica global da envolvente opaca ao valor pré-determinado de 0.6 (W/m²°C).

A protecção solar utilizada na habitação foi alterada para protecção entre vidros, beneficiando do facto de que os envidraçados utilizados seriam duplos, obtendo o valor de 0.4 para o factor solar do vão envidraçado de acordo com o Anexo V, Quadro V.4 – Protecção entre vidros (tipo estore veneziano, lâminas delgadas) para vidro duplo e cor escura.

A nova taxa de renovação resultou do ajuste do caudal de extracção mecânica definido em projecto de 315 para 362 (m³/h).

O caso particular da contribuição de sistemas solares para aquecimento da água quente sanitária levou a que fossem realizadas algumas simulações energéticas através do software Solterm para optimização do sistema, obtendo para o caso central um sistema solar com as características expressas na tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Características principais dos colectores solares utilizados no cenário central

Área (m ²)	Inclinação	Azimute	a ₁ (W/m ² /K)	a ₂ (W/m ² /K)	η _{óptico}	Fracção solar	E _{Solar} (kWh)
4.7	45°	Sul	3.94	0.012	79.1%	70.1%	2143

Reunindo todas as modificações ao caso de estudo, obtemos os seguintes resultados para os valores de necessidades nominais de energia útil e primária, apresentadas na tabela 4.12, onde é possível verificar que se atinge a classificação “A”.

Tabela 4.12 – Classificação energética do caso central face às alterações introduzidas

Nv	Nvc	Ni	Nic	Na	Nac	Nt	Ntc	Classificação SCE
[kWh/m ² .ano]						[kgep/m ² .ano]		
18.00	10.11	75.60	60.04	30.52	13.73	4.96	1.87	A

4.5 Resultados do estudo de sensibilidade

Nas tabelas 4.13 e 4.14 apresentam-se os resultados obtidos nesta análise de sensibilidade ao RCCTE, na utilização e perturbação sucessiva dos coeficientes da matriz de sensibilidade, representando-se a variação final no rácio de necessidades globais de energia primária, assim como o desvio percentual relativamente ao cenário central.

No caso da perturbação com os parâmetros do cenário Alto representados na tabela 4.13, pode-se verificar um agravamento no rácio das necessidades nominais globais anuais de energia útil no caso do sistema de aquecimento e no sistema de apoio ao AQS, onde é possível verificar também o impacto da inexistência de colector solar, agravando em 48% o valor do rácio Ntc/Nt.

Tabela 4.13 – Resumo dos valores obtidos na análise de sensibilidade ao RCCTE – Modificação do cenário central para o cenário alto

Parâmetro alto	Nic/Ni		Nvc/Nv		Nac/Na		Ntc/Nt	
Taxa de renovação nominal	0.94	+18.4%	0.48	-14.9%	0.45	0%	0.40	+5.3%
Inércia Térmica	0.82	+3.2%	0.70	+24.4%	0.45	0%	0.39	+2.1%
Sistema de aquecimento	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.61	+61.5%
Protecção solar	0.79	0%	0.75	+33.9%	0.45	0%	0.39	+2.1%
Pontes térmicas	0.89	+12.5%	0.56	0%	0.45	0%	0.39	+4.3%
Envidraçados (coeficiente transm.)	0.91	+14.4%	0.49	-12.0%	0.45	0%	0.39	+4.3%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	0.95	+19.7%	0.59	+4.5%	0.45	0%	0.40	+6.4%
Orientação principal dos envidraçados	0.80	+0.9%	0.41	-27.4%	0.45	0%	0.37	-1.1%
Área envidraçada/Área pavimento	0.80	+1.3%	0.79	+40.7%	0.45	0%	0.39	+2.7%
Zona climática	0.80	+0.5%	0.56	0%	0.45	0%	0.38	+0.5%
Colectores solares (eficiência)	0.79	0%	0.56	0%	0.54	+19.0%	0.42	+12.3%
Factor de Forma	0.93	+16.8%	0.56	0%	0.45	0%	0.43	+13.3%
Sistema de apoio AQS	0.79	0%	0.56	0%	0.84	+86.0%	0.58	+54.5%
Sistema de arrefecimento	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.38	+0.5%
Existência do sistema solar	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.56	+47.6%

No caso dos resultados associados ao parâmetro baixo, representados na tabela 4.14, estes evidenciam um impacto significativo dos sistemas associados à preparação de águas quentes sanitárias com relevo para a existência dos colectores solares, à eficiência do sistema de apoio ao sistema solar, assim como à eficiência dos colectores solares utilizados.

Os resultados obtidos permitem também comparar a diferença entre variações obtidas e as necessidades diferentes para o mesmo parâmetro, nomeadamente na razão entre a área de envidraçado e a área de pavimento, obtendo no cenário baixo uma variação de 38.5% no rácio associado às necessidades nominais de energia útil para arrefecimento, obtendo apenas uma variação percentual de 2.7 no rácio Ntc/Nt.

Tabela 4.14 – Resumo dos valores obtidos na análise de sensibilidade ao RCCTE – Modificação do cenário central para o cenário baixo

Parâmetro baixo	Nic/Ni		Nvc/Nv		Nac/Na		Ntc/Nt	
Taxa de renovação nominal	0.65	-18.2%	0.67	+18.7%	0.45	0%	0.36	-4.8%
Inércia Térmica	0.78	-1.8%	0.41	-26.3%	0.45	0%	0.37	-1.6%
Sistema de aquecimento	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.34	-8.6%
Protecção solar	0.79	0%	0.39	-31.4%	0.45	0%	0.37	-1.6%
Pontes térmicas	0.74	-7.4%	0.56	0%	0.45	0%	0.37	-2.1%
Envidraçados (coeficiente transm.)	0.68	-14.3%	0.64	+14.2%	0.45	0%	0.36	-3.7%
Envoltente opaca (coeficiente transm.)	0.64	-19.3%	0.54	-4.3%	0.45	0%	0.35	-6.4%
Orientação principal dos envidraçados	0.78	-2.0%	0.39	-30.4%	0.45	0%	0.37	-2.1%
Área envidraçada/Área pavimento	0.77	-2.7%	0.35	-38.5%	0.45	0%	0.37	-2.7%
Zona climática	0.77	-2.6%	0.56	0%	0.45	0%	0.38	-0.5%
Colectores solares (eficiência)	0.79	0%	0.56	0%	0.35	-23.2%	0.32	-14.4%
Factor de Forma	0.63	-20.5%	0.50	-11.0%	0.45	0%	0.35	-7.0%
Sistema de apoio AQS	0.79	0%	0.56	0%	0.25	-44.4%	0.27	-27.8%
Sistema de arrefecimento	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.38	-0.5%
Existência do sistema solar	0.79	0%	0.56	0%	0.45	0%	0.38	0%

Nos gráficos 4.1 a 4.4 é possível verificar os resultados obtidos na análise de sensibilidade ao RCCTE sob a forma gráfica.

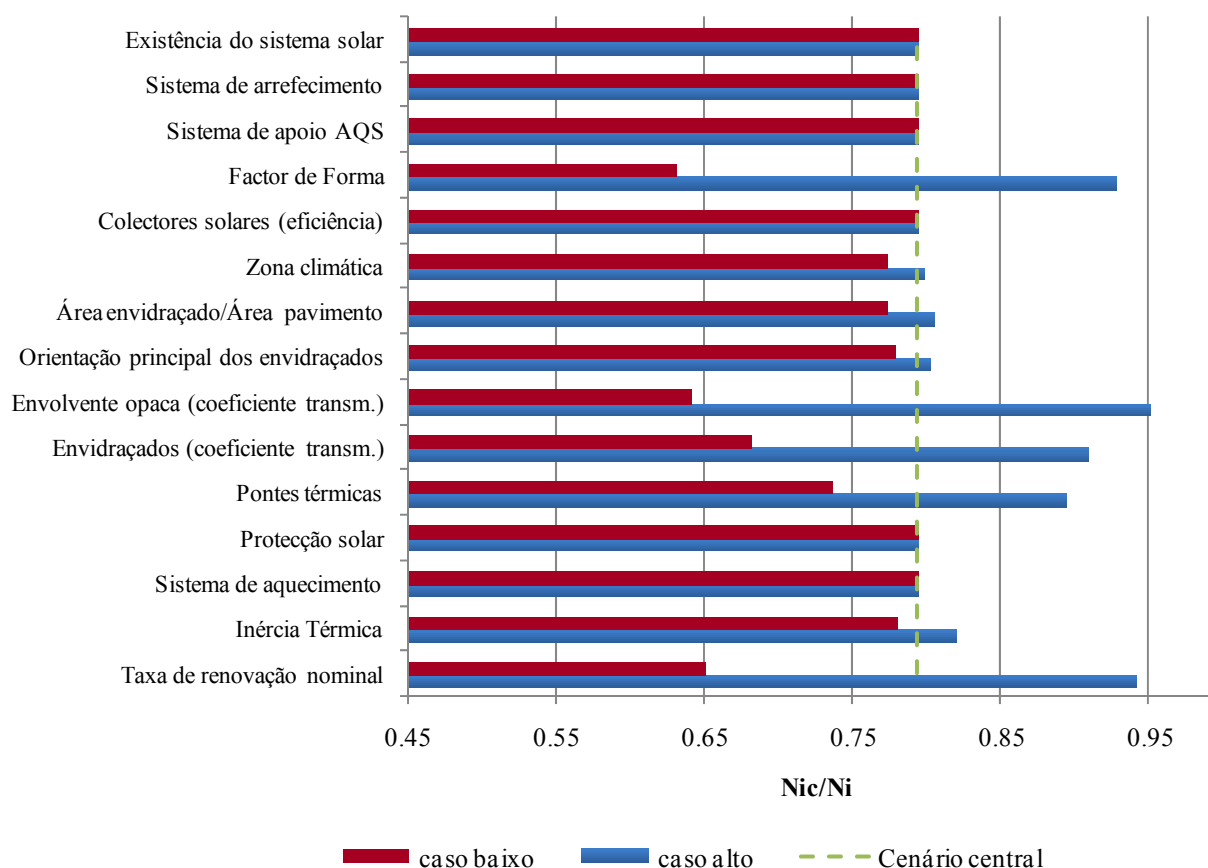


Gráfico 4.1 - Variabilidade do rácio das necessidades nominais de energia útil para aquecimento

A variabilidade das necessidades nominais de energia útil para aquecimento é significativamente superior na taxa de renovação, como se pode verificar no gráfico 4.1. No entanto, os parâmetros associados às perdas térmicas globais da fracção autónoma adquirem expressividade, nomeadamente os coeficientes de transmissão térmica da envolvente opaca e não opaca, as pontes térmicas lineares e o factor de forma, elementos chave no cálculo das necessidades nominais de energia para aquecimento.

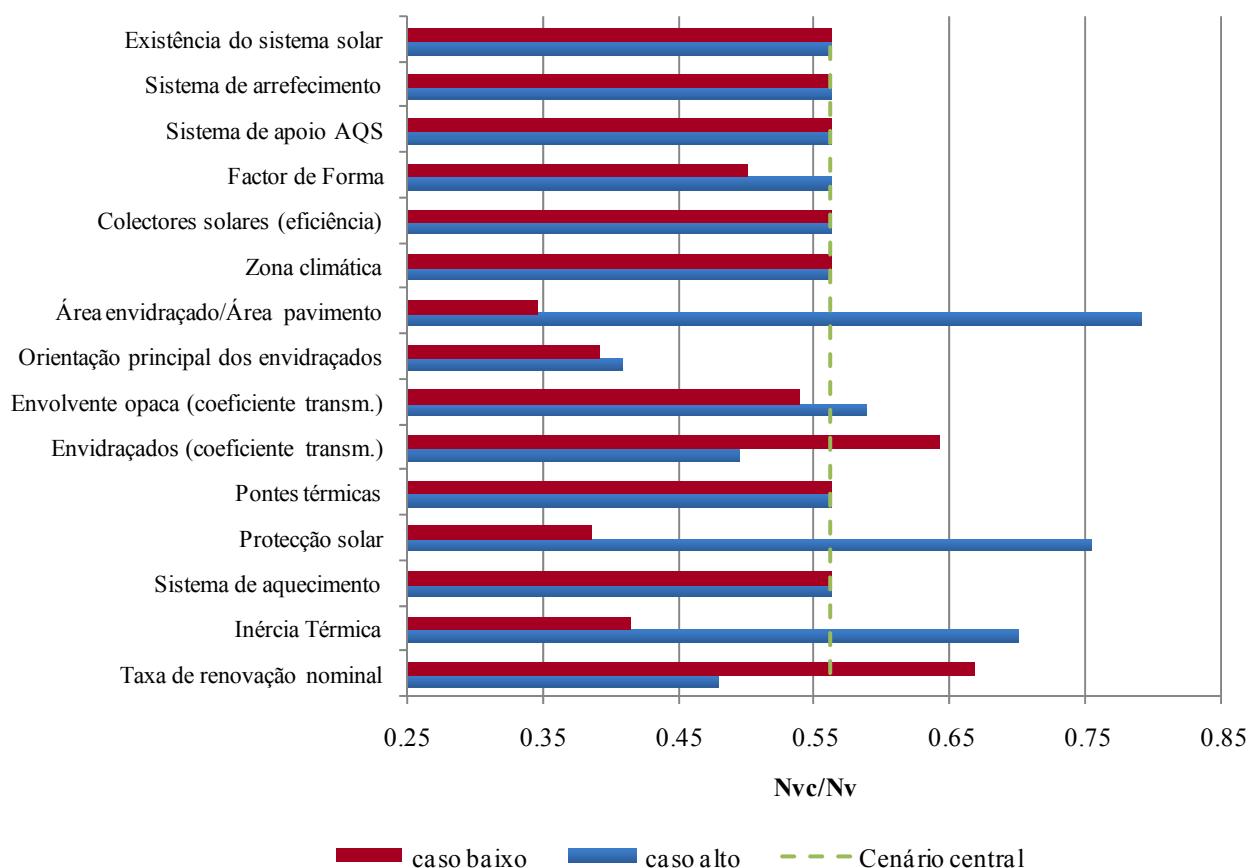


Gráfico 4.2 - Variabilidade do rácio das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento

A variabilidade das necessidades nominais de energia útil para arrefecimento, expressa no gráfico 4.2, é claramente influenciada pelos parâmetros associados às características dos vãos envidraçados, tal como a protecção solar e a variação da razão entre a área envidraçada e a área de pavimento. A variação da razão de áreas exprime a grande influência das perdas térmicas associadas aos vãos envidraçados na situação de arrefecimento, enquanto a variação da protecção solar utilizada manifesta a elevada influência dos ganhos solares pelos vãos envidraçados na situação de arrefecimento.

A taxa de renovação mínima regulamentar [0.6 (rph)] promove um agravamento na situação de arrefecimento, ao invés da situação de aquecimento onde provoca uma melhoria substancial.

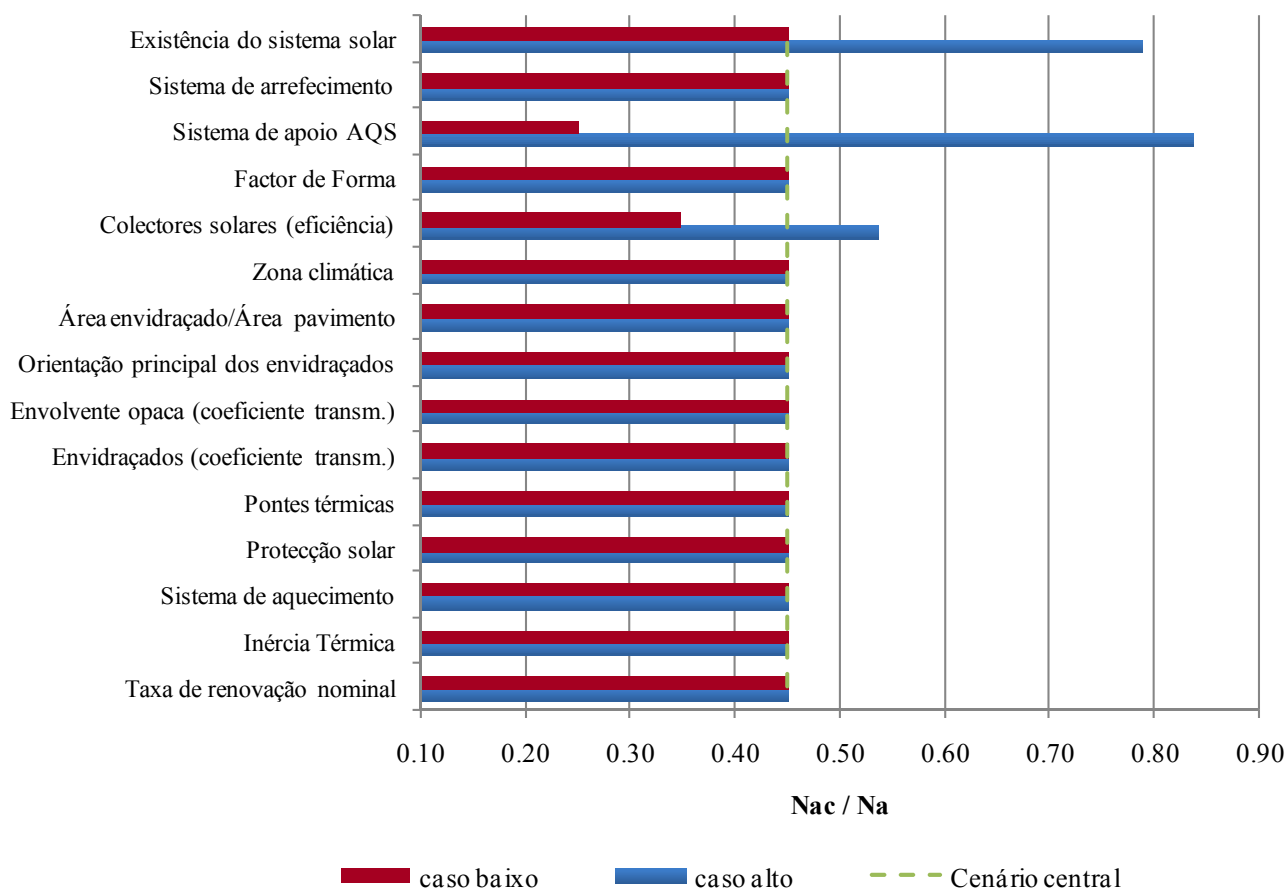


Gráfico 4.3 - Variabilidade do rácio das necessidades globais anuais de energia útil para AQS

No caso das necessidades nominais de energia útil para preparação de águas quentes sanitárias apenas a existência de sistema solar, a sua eficiência e a do seu apoio é valorizada, sendo os únicos parâmetros que possibilitaram a variação do rácio N_{ac}/N_a , como se pode verificar no gráfico 4.3.

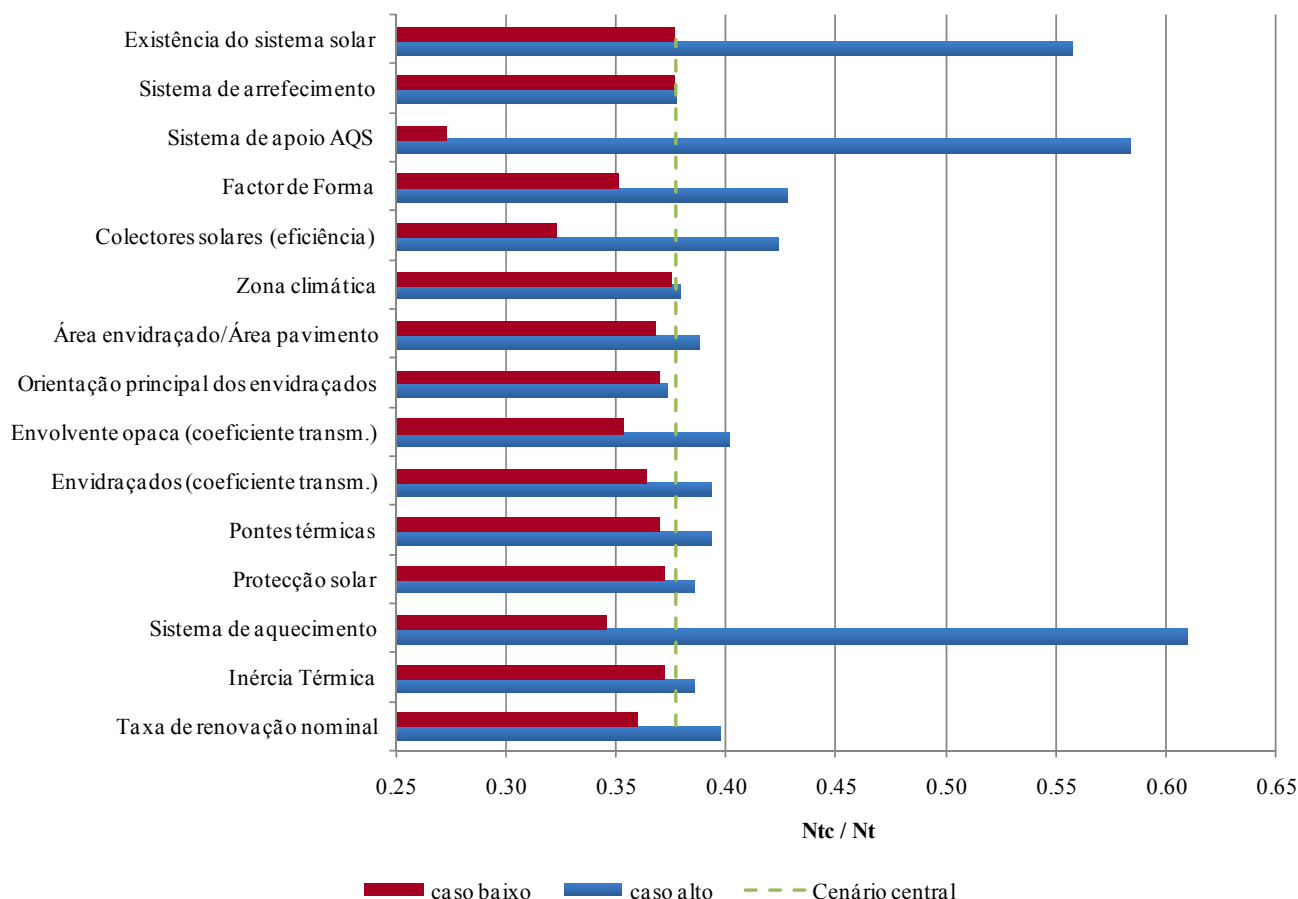


Gráfico 4.4 – Variabilidade do rácio das necessidades globais anuais de energia útil

A variabilidade das necessidades nominais globais anuais de energia útil é mais evidente no gráfico 4.1. É possível verificar um impacto superior nos sistemas principais de consumo de energia primária, nomeadamente na eficiência do sistema de aquecimento e da sua fonte de energia, agravando o cenário central na utilização da solução de resistência eléctrica para aquecimento, correspondendo a uma fonte de energia mais penalizante, no entanto, a melhoria da eficiência da solução caldeira a gás natural não imprime uma melhoria considerável.

Nos equipamentos associados à preparação de águas quentes sanitárias, a alteração do seu sistema de apoio, apesar de o equipamento ser igualmente uma caldeira a gás natural, apresenta uma influência mais expressiva, estando directamente associado à fórmula de cálculo do rácio N_{ac}/N_a . É relevante também a variação obtida pela inexistência de sistema solar no rácio das necessidades globais, consequentemente na classificação energética.

5. Análise RSECE

5.1 Introdução

O caso de estudo, como referido no capítulo anterior, corresponde aos artigos matriciais do quarteirão abrangidos pelo RSECE, perfazendo 7274 m² de área útil de pavimento, distribuídos por zonas comerciais e de escritórios. Apesar de se tratar de uma reabilitação de um edifício existente, apenas o artigo n.º 913 conserva a fachada original em pedra de origem granítica, tendo as restantes fachadas sido substituídas em grande maioria por uma envolvente do tipo fachada-cortina de vidro, como se pode verificar no pormenor ilustrado na figura 5.1.

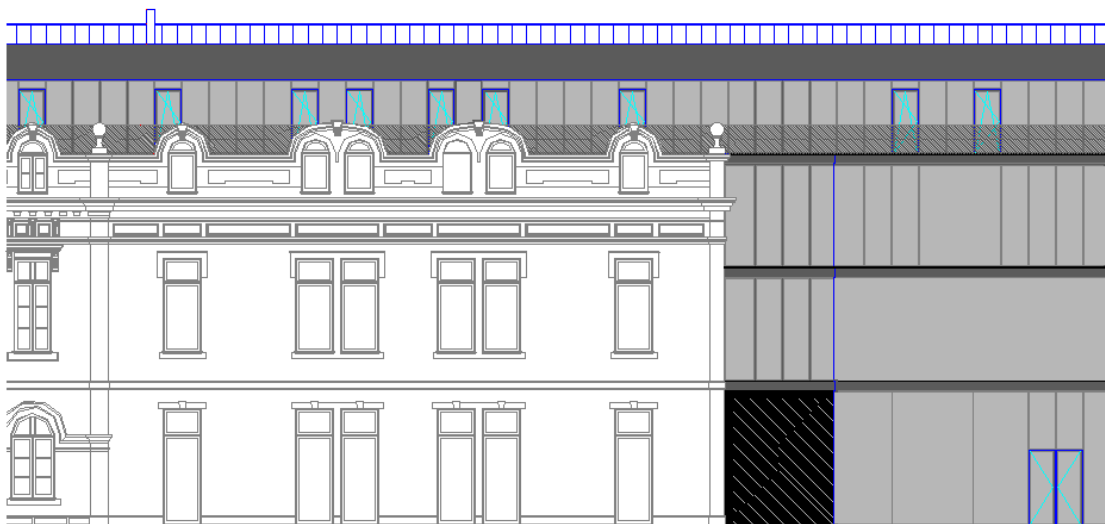


Figura 5.1 – Pormenor em alçado da reabilitação e incorporação da fachada no artigo 913

5.2 Geometria/ Fisionomia/ Estereotomia

O levantamento realizado ao projecto de arquitectura revelou que os diferentes espaços do complexo possuíam um pé-direito diferenciado consoante o artigo e a tipologia. Tal foi considerado na definição do modelo, no intuito de aproximar o modelo de simulação à realidade do edifício. No anexo G são apresentados os desenhos correspondentes a este artigo matricial.

No que toca à caracterização da globalidade do complexo, foi possível verificar que, entre os edifícios abrangidos pelos RSECE, apenas dois não possuíam uma envolvente do tipo fachada-cortina de vidro, constituída por uma envolvente típica de granito, fruto da reabilitação em curso no complexo. Os artigos matriciais possuem uma distribuição de áreas particulares que se pode verificar na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Caracterização geométrica dos artigos matriciais abrangidos pelo RSECE

Artigo	Tipologia	Área útil [m ²]	Área fachada [m ²]	Área _{env} /Área _{fachada}
280	Serviços	447	772	100%
	Pequenas lojas	1649		
880	Serviços	430	904	40 %
	Pequenas lojas	1055		
913	Serviços	400	634	49%
	Pequenas lojas	2061		
2949	Serviços	253	563	100%
	Pequenas lojas	1044		

5.3 Condição ambiente de referência

As condições de conforto térmico consideradas para a modelação do edifício foram as definidas no RSECE, em harmonia com as normas internacionais sobre conforto térmico de ocupantes em edifícios não residenciais, tomando como condições de referência a serem garantidas pelos sistemas de climatização em ambas as estações as seguintes temperaturas:

Arrefecimento: 25 (°C)

Aquecimento: 20 (°C)

Quer no projecto inicial do edifício, quer no presente trabalho não foi previsto o controlo efectivo da humidade relativa interior, apenas o resultante do tratamento térmico a que o ar é sujeito, suficiente para garantir valores de humidade relativa dentro dos limites aceitáveis para o conforto térmico dos seus ocupantes, de acordo com a regulamentação energética portuguesa em conformidade com as recomendações da ASHRAE¹⁵.

5.4 Caracterização térmica

A caracterização térmica da envolvente dos edifícios, nomeadamente dos parâmetros construtivos (coeficientes de transmissão térmica da envolvente, factores solares dos envidraçados) foi realizada com base na publicação *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos de Envolvente dos Edifícios do LNEC* [5] e o RCCTE.

5.5 Características construtivas do edifício (caso real)

5.5.1 Envidraçados

Os envidraçados utilizados neste complexo são todos semelhantes à excepção do seu sistema de abertura, ora fixos ora de correr. As características intrínsecas aos vãos envidraçados são apresentadas na tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Características principais dos envidraçados utilizados

U (W/m².°C)	1.8
Factor solar (g_v)	0.56
<i>Transf. luminosa</i>	74%
<i>Transmissão</i>	47%
<i>Reflexão exterior</i>	20%
<i>Reflexão interior</i>	19%

5.5.2 Pontes térmicas

Uma ponte térmica é definida como qualquer zona na envolvente dos edifícios em que a resistência térmica é significativamente alterada em relação à zona corrente, devido à

¹⁵ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

existência de materiais com uma condutibilidade térmica diferente e/ou a uma modificação da geometria aparente.

Estes elementos carecem de correcção na fase de projecto do edifício pois deles decorrem algumas patologias comuns aos edifícios existentes: acréscimo de perdas térmicas para o exterior (como exemplificado no corte construtivo de caixilharia na figura 5.2), heterogeneidade de temperaturas na superfície interior da envolvente devido à diminuição da temperatura na zona de ponte térmica e o agravamento do risco de condensações superficiais. Estas patologias podem revelar-se de maior importância quando provocam fissurações e um agravamento da instabilidade estrutural de elementos da envolvente.

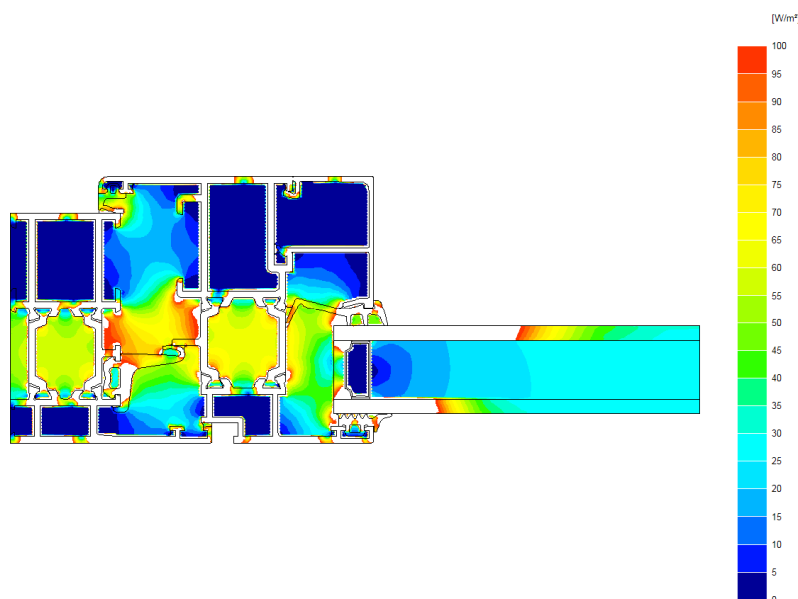


Figura 5.2 – Pormenor de transferência de calor numa caixilharia corrente – Software TRISCO¹⁶

No caso da térmica de edifícios as pontes térmicas são relevantes na previsão das necessidades de aquecimento e arrefecimento dos espaços, reduzindo-as, é possível minimizar as perdas térmicas globais, reduzindo os consumos de equipamentos.

A inclusão das pontes térmicas no modelo de simulação não é directa, sendo necessário associar uma ponderação ao coeficiente global de transmissão térmica da envolvente através da equação 4. O novo coeficiente de transmissão térmica obtido, corresponde a 2.1 (W/m.°C), considerando a caracterização das pontes térmicas lineares do edifício apresentada na tabela 5.3.

$$A_p \times U_{eq} = A_p \times U_{real} + \sum_{i=0}^n B_i \times \psi_i \quad (4)$$

¹⁶ TRISCO – Building Physics Software

Tabela 5.3 – Caracterização das pontes térmicas lineares

<i>Ligações entre:</i>	Comp. [m]	Ψ [W/m.°C]	$\Psi.B$ [W/°C]
<i>Fachada com Pavimentos intermédios</i>	59.6	0.10	5.96
<i>Fachada com Cobertura inclinada ou Terraço</i>	62.3	0.50	31.5
<i>Fachada com Padieira, Ombreira ou Peitoril</i>	327.7	0.20	65.54

5.5.3 Perfil horário

Num edifício vocacionado para a vertente de serviços os ganhos internos representam na maior parte dos casos uma porção significativa nas cargas térmicas dos diferentes espaços, nomeadamente na estação de arrefecimento.

No caso vertente, nas tipologias que encerram o edifício foram considerados os perfis horários de utilização de acordo com o previsto no RSECE, utilizando os perfis de escritórios e de pequenas lojas para os perfis de ocupação, iluminação e equipamentos deste edifício o que corresponde à utilização real média para estas tipologias. No caso da densidade de iluminação foi considerado uma carga média de 20 (W/m²) para ambas as tipologias.

5.6 Modelação em Trace 700

O TRACE 700 foi a ferramenta utilizada para as simulações térmicas e energéticas do presente trabalho, sendo certificado em Portugal nas simulações detalhadas de edifícios de acordo com o RSECE sendo reconhecido pela *ASHRAE Standard 90.1-2004*¹⁷.

O software permite a modelação do edifício na sua íntegra, numa perspectiva multi-zona possibilitando a definição de parâmetros dos sistemas de climatização e ventilação, perfis horários de utilização, a definição do aproveitamento da iluminação natural, a importação de ficheiros climáticos, entre outros, facultando ao utilizador a possibilidade de aproximar o seu modelo simplificado o mais próximo possível do caso real, diminuindo a probabilidade de erro de dimensionamento do seu projecto. É também possível a criação de *templates* nas definições globais do edifício, auxiliando a definição de diferenciadas tipologias em edifícios complexos.

A simulação neste programa efectua-se em quatro etapas distintas, evidenciadas pelo diagrama 5.1. Iniciando-se pelo cálculo de cargas térmicas, projecto e definição de sistemas (distribuição de ar e centrais de produção de energia térmica), seguido da determinação e cálculo de índices energéticos, assim como uma análise económica completa, onde é possível afectar aos custos de equipamentos taxas de inflação e outros custos fixos afectos ao tipo de energia utilizado.

¹⁷ Standard Method of Test for the Evaluation of Building Energy Analysis Computer Programs

Na definição deste edifício foi necessário pré-estabelecer alguns pressupostos, estabelecendo uma concordância entre as soluções preconizadas originalmente para o edifício e a definição do caso de estudo base para esta análise.

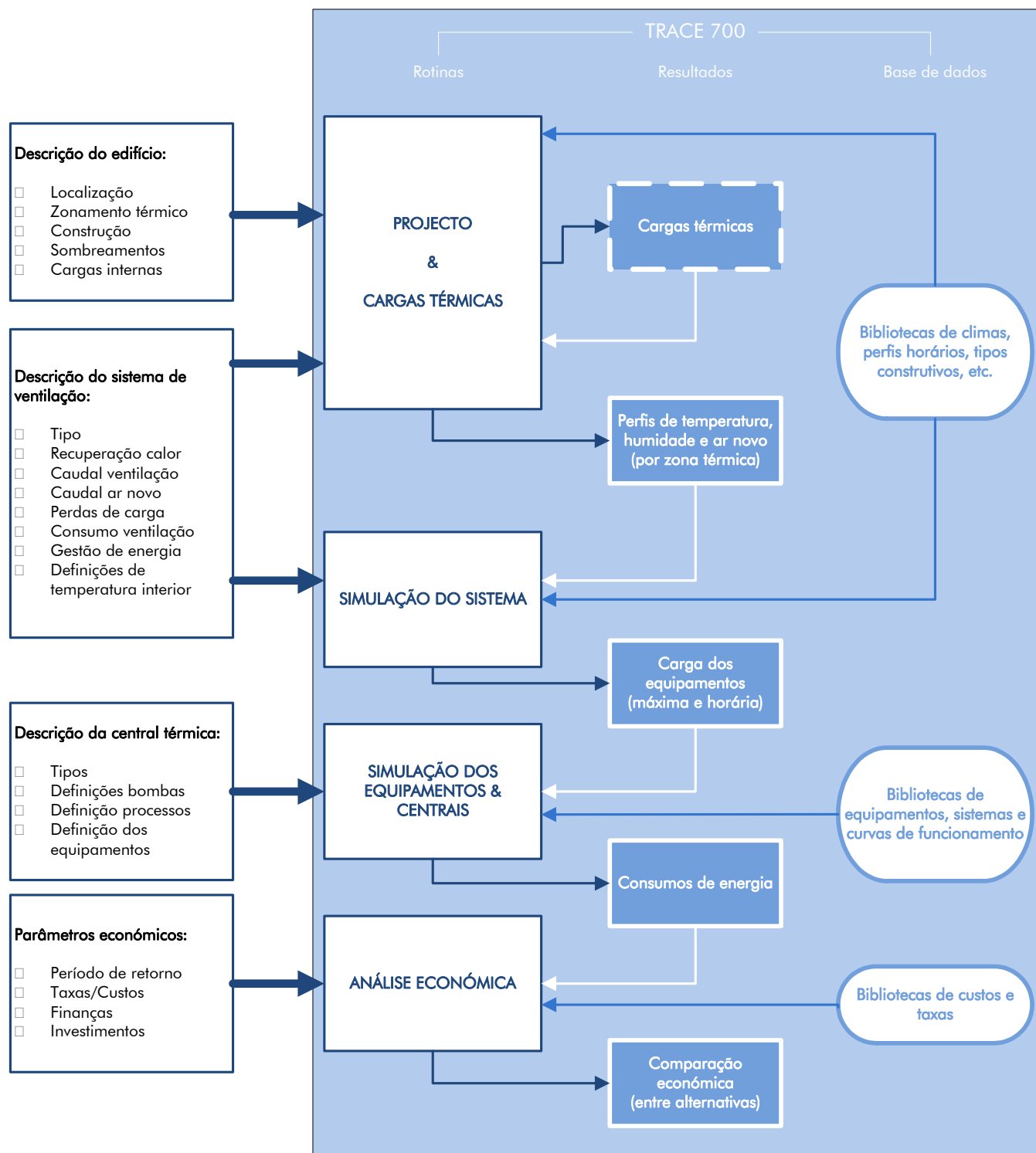


Diagrama 5.1 – Processo de modelação no software TRACE 700

5.6.1 Definição de zonas térmicas

A definição das diferentes zonas térmicas em estudo e a sua distinção é vital para a criação de um modelo do edifício adequado ao caso real. Neste caso, por subsistir uma geometria aparentemente diferente entre os pisos que compõe o caso de estudo, nomeadamente entre as relações de área e pé-direito, não foi possível associar fracções numa única zona térmica, considerando para esta simulação que cada fracção autónoma (neste caso lojas e escritórios) constituía uma zona térmica distinta.

5.6.2 Condições de fronteira

No modelo do edifício foi utilizado o ficheiro climático correspondente a Braga (proveniente do INETI¹⁸), utilizando o método de simulação dinâmica detalhada considerando a temperatura exterior nas 8760 horas do ano. Considerou-se também que todos os espaços do edifício eram climatizados às condições de referência do regulamento, no entanto, o piso térreo estaria em contacto com um espaço não útil (parque de estacionamento subterrâneo), que apesar de não se encontrar permanentemente aberto para o exterior, verificavam-se oscilações térmicas suficientes para se considerar as perdas térmicas do piso térreo para o espaço.

As temperaturas médias nas estações de aquecimento e arrefecimento do parque de estacionamento foram determinadas através do parâmetro τ , considerando um valor de 0.7, tomando como referência os valores que constam da Tabela IV.1 do Anexo IV do RCCTE.

5.6.3 Obstruções solares

O edifício em estudo por ser constituído na sua maioria de uma construção típica de fachada-cortina de vidro não possuía dispositivos exteriores que provocassem obstruções solares significativas a não ser o próprio contorno do vão. Em planta também se pode verificar que o edifício não é obstruído por obstáculos exteriores de relevância para a simulação, logo não foram considerados quaisquer obstáculos no seu horizonte.

5.6.4 Outros inputs ao modelo

A correcta alimentação do modelo no software é de extrema importância de modo a aproximar o modelo de simulação ao edifício real. Neste sentido foram introduzidos, na biblioteca do programa, os diferentes perfis de utilização dos espaços, associados às respectivas cargas térmicas, o tipo de balastros de iluminação preconizados no projecto original, assim como os caudais de ventilação de projecto afectos da respectiva eficiência de ventilação, tipicamente de 80% de acordo com a ASHRAE 62.1 - 2004.

¹⁸ INETI - Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação

5.6.4.1 Zonamento climático

A análise de sensibilidade do RSECE foi mais abrangente que a anterior realizada ao RCCTE, não só pelo volume de trabalho envolvido, mas também por abranger três zonas climáticas diferenciadas, nomeadamente adicionando Aveiro (I1 - V1) e Lamego (I3 - V3) à zona original de Braga (I2 - V2), promovendo o estudo em zonas climáticas diferenciadas de Portugal, representadas pela figura 5.3 na situação de Inverno e Verão.

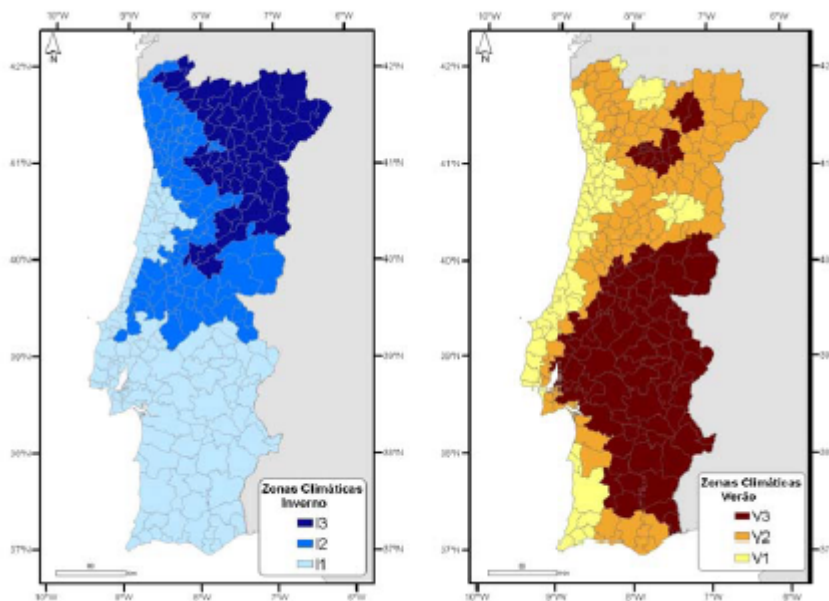


Figura 5.3 – Zonas climáticas de Inverno e Verão em Portugal [2]

Devido às diferentes situações climáticas e dado o âmbito do estudo foram consideradas as zonas climáticas extremas em Portugal, de forma a viabilizar uma análise da influência de cada parâmetro num dado clima. O edifício real, situado na cidade de Braga é caracterizado pelos seguintes parâmetros climáticos:

- Altitude: 180 (m)
- Zona climática de Inverno: I2
- Número de graus-dia (GD): 1800 (°C.dias);
- Duração da estação de aquecimento: 7 meses.
- Zona climática de Verão: V2 - N
- Temperatura exterior de projecto: 32 (°C);
- Amplitude térmica: 13 (°C).

No caso da simulação na cidade de Aveiro, caracterizada pelos seguintes parâmetros:

- Altitude média: 100 (m)
- Zona climática de Inverno: I1
- Número de graus-dia (GD): 1390 (°C.dias);
- Duração da estação de aquecimento: 6 meses.
- Zona climática de Verão: V1 - N

- Temperatura exterior de projecto: 29 (°C);
- Amplitude térmica: 9 (°C).

No caso da simulação na cidade de Lamego, caracterizada pelos seguintes parâmetros:

- Altitude média: 500 m
- Zona climática de Inverno: I3
- Número de graus-dia (GD): 2360 (°C.dias);
- Duração da estação de aquecimento: 6.3 meses.
- Zona climática de Verão: V3 - N
- Temperatura exterior de projecto: 35 (°C);
- Amplitude térmica: 15 (°C).

5.6.4.2 Taxas de ventilação

A solução preconizada para a ventilação neste edifício consistia na insuflação de ar novo pré-tratado em unidades de tratamento de ar exterior e extracção dedicada em cada espaço, com caudais de ar novo, previstos pelo Artº 29 do RSECE. Estes foram projectados de forma a garantir a qualidade do ar interior e o conforto térmico dos seus ocupantes, existindo um equilíbrio de caudais de insuflação e extracção durante o período de funcionamento do sistema, considerando que o edifício encontrava-se em *free-float* durante o período nocturno:

- Comércio: 5 (m³/h.m²)
- Escritórios: 5 (m³/h.m²)

No anexo F é apresentado um quadro-resumo referente às taxas de ventilação utilizadas para o modelo deste edifício.

5.6.4.3 Ganhos internos

No que toca aos ganhos internos, o perfil considerado na simulação destas zonas tomou como base os padrões nominais definidos no Artigo XV do RSECE, no entanto, no caso particular da iluminação a densidade utilizada para a tipologia “escritórios” foi de 10 (W/m²) e para a tipologia “comércio” de 15 (W/m²).

No que respeita aos tipos diferenciados de actividade que existem no complexo consideraram-se as recomendações da ASHRAE¹⁹ para as actividades metabólicas:

- Actividade em escritórios: 75 (W) sensível e 55 (W) latente;
- Actividade em comércio: 75 (W) sensível e 55 (W) latente.

¹⁹ in ASHRAE *Fundamentals Handbook* 2005, 30.4 – Table 1

5.6.4.4 Equipamentos de AVAC e controlo

Os sistemas de produção de energia térmica, associados a este edifício, no aquecimento era uma caldeira a gás natural, com uma eficiência de 97%, e no caso do arrefecimento um *chiller* com rejeição de calor remota numa torre de refrigeração.

As definições de controlo dos equipamentos de AVAC²⁰ são de extrema relevância na optimização da eficiência energética dos edifícios, sendo muitas vezes negligenciados ao serem subestimados os verdadeiros consumos associados às deficientes definições de controlo existentes.

Neste caso particular, como o edifício era caracterizado por duas tipologias dominantes e em tudo semelhantes durante o período diurno de ocupação, optou-se por manter as centrais de produção de energia térmica desligadas durante o período nocturno, assim como a ventilação dos espaços, como é possível verificar no gráfico 5.1.

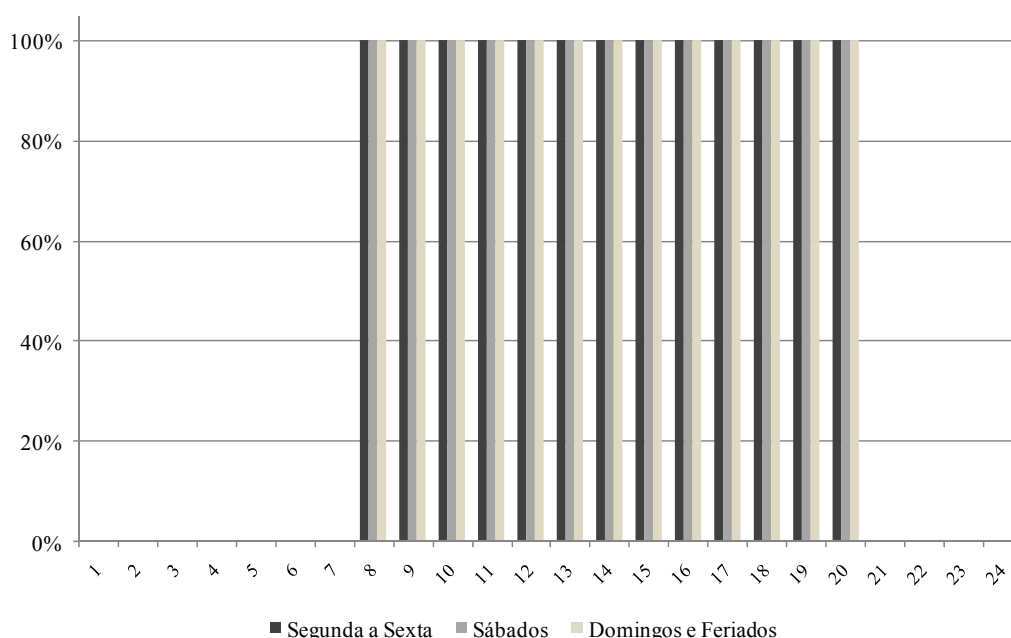


Gráfico 5.1 – Perfil de funcionamento dos sistemas de climatização

5.7 Caracterização do caso de estudo/cenário central

A definição do cenário central da matriz a partir do edifício base apresentado na secção anterior inclui uma série de alterações ao caso de estudo deste trabalho, parte significativa deste projecto, dado que os dados fornecidos correspondiam ao projecto de licenciamento e execução, encontrando-se o edifício e os seus sistemas de certa forma optimizados pelos projectistas. Estas alterações visam pois tornar o cenário central mais representativo das características médias nos novos edifícios.

²⁰ Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado

5.7.1 Matriz de sensibilidade

A abordagem à análise de sensibilidade realizada ao Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios consistiu na pré-definição de uma matriz de parâmetros que englobasse um cenário definido como central, tal como o previsto na análise ao RCCTE. Os resultados foram obtidos através da perturbação sucessiva de cada parâmetro a partir do cenário central, obtendo um resultado fidedigno do impacto que cada um destes origina na classificação energética segundo o SCE, assim como a sua influência nas necessidades globais de energia primária para posterior apreciação. A matriz de sensibilidade acima referida é apresentada na tabela 5.4.

Tabela 5.4 - Matriz de sensibilidade utilizada para a análise de sensibilidade ao RSECE

Parâmetro/Cenário	Baixo	Central	Médio
Factor de Forma (FF)	0.15	0.25	0.35
Área envidraçada / Área pavimento	0.05	0.15	0.3
Orientação principal dos envidraçados	N	E-W	S
Envolvente opaca (U - [W/m ² .°C])	0.3	0.6	0.9
Envidraçados (U - [W/m ² .°C])	1.0	2.0	3.0
Protecção solar	Estore Exterior	Protecção entre vidros	Estores int. lâminas
Classe de exposição	3	2	1
Pontes térmicas	-25%	0%	+25%
Inércia térmica	Forte	Média	Fraca
Recuperação de calor	S	N	N
Sistema Aquecimento	Caldeira Condensação	Caldeira gás natural	Caldeira gás natural
Sistema Arrefecimento	Chiller + Geotermia	Chiller água-água	Chiller ar-água
Potência Iluminação [W/m ²]	10	20	30
Controlo iluminação	S	N	N
Consumo dos ventiladores [W/(m ³ /h)]	0.1	0.4	0.8

5.7.2 Alterações ao caso de estudo

No sentido de enquadrar o caso seleccionado no cenário central foi necessário proceder a algumas modificações de âmbito arquitectónico e alterações de algumas soluções previamente preconizadas no projecto, obtendo novos valores para as necessidades nominais de energia.

A modificação mais abstracta, possibilitada dado o âmbito deste estudo, considerou a rotação em planta de todo o edifício, para que a fachada principal original coincidissem precisamente com a orientação Este. No entanto, na tabela 5.5 são apresentadas algumas alterações realizadas ao edifício para que fosse possível a análise de sensibilidade detalhada de acordo com o cenário preconizado como central.

Tabela 5.5 – Alterações principais ao caso de estudo para enquadramento no cenário central

Parâmetro	Caso de estudo	Cenário central
Envolvente opaca exterior [W/m ² .°C]	0.40	0.64
Coeficiente transm. térmica do vidro [W/m ² .°C]	1.80	2.13
Orientação principal	NE	E

5.7.3 Classificação energética

A classificação energética dos edifícios, sob a forma de Declaração de Conformidade Regulamentar (na fase de licenciamento) ou sob a forma de Certificado Energético (na fase pós-construção) é o culminar do processo de certificação energética previsto no decreto-lei nº 78 de 2006, garantindo a aplicabilidade do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios em Portugal. Este sistema, garantido por uma bolsa de peritos qualificados articulados à ADENE²¹, permite a extensibilidade no nosso país das directivas comunitárias de certificação energética.

No caso vertente, obtemos o valor da classificação de acordo com a legislação em vigor e de acordo com as simulações dinâmicas detalhadas realizadas no âmbito deste trabalho, obtendo o valor dos consumos energéticos anuais globais do edifício.

5.7.4 Cálculo do Indicador de eficiência energética

O cálculo do IEE²² nominal e a determinação do parâmetro S²³ para este tipo de edifício é realizado de acordo com o método de cálculo previsto na regulamentação (Anexo IX do RSECE) e em concordância com as tipologias previamente definidas. O cálculo é apresentado na tabela 5.6.

²¹ Agência para a Energia

²² Índice de Eficiência Energética

²³ Consumos específicos da tipologia para aquecimento, arrefecimento e iluminação

Tabela 5.6 – Caracterização dos parâmetros S e IEE relativos à classificação energética

Tipo de espaço	Área [m ²]	IEE	IEE	S referência	S ponderado
		referência [kgep/m ² .ano]	ponderado [kgep/m ² .ano]		
Pequenas Lojas	1873	35	35	26	17.3
Escritórios	503	35	35	15	2.6

O valor de S e o valor do IEE ponderado para este edifício é obtido através da fórmula de cálculo presente no documento da “ADENE, Perguntas e Respostas RSECE – Vertente energia” [12], explicitada na equação 5.

$$IEE_{pond} = \frac{\sum A_i \times IEE_{nom,i}}{\sum A_i} \quad (5)$$

Obtendo os seguintes valores para o IEE e para o parâmetro S:

- IEE_{ponderado, ref} = 35 (kgep/m².ano) - aquecimento e arrefecimento
- S_{ponderado} = 24 (kgep/m².ano)

O cálculo do IEE do edifício é obtido em função dos consumos de energia associados à climatização dos espaços, equações 6 a 8, assim como outros consumos, como a iluminação, ventilação e consumos de bombas.

$$IEE = IEE_I + IEE_V + \frac{Q_{out}}{A_p} \quad (6)$$

$$IEE_I = \frac{Q_{aq}}{A} \times Fci \quad (7)$$

$$IEE_V = \frac{Q_{arr}}{A} \times Fcv \quad (8)$$

- **IEE** – Indicador de Eficiência Energética (kgep/m².ano);
- **IEE_I** – Indicador de Eficiência Energética de aquecimento (kgep/m².ano);
- **IEE_V** – Indicador de Eficiência Energética de arrefecimento (kgep/m².ano);
- **Q_{out}** – Consumo de energia não associado aos processos de aquecimento e arrefecimento (kgep/ano);
- **Q_{aq}** – Consumo de energia de aquecimento (kgep/ano);
- **Q_{arr}** – Consumo de energia de arrefecimento (kgep/ano);
- **Fci** – Factor de correcção do consumo de energia de aquecimento;
- **Fcv** – Factor de correcção do consumo de energia de arrefecimento;
- **A_p** – Área útil de pavimento (m²)

5.8 Resultados da simulação do cenário central

A simulação dinâmica detalhada realizada no TRACE 700 permitiu obter os valores para os consumos globais anuais do edifício, em cada zona climática, expressos na forma de energia final e afectos dos respectivos coeficientes de correcção para o cálculo do IEE para as três zonas climáticas em questão, representados nas tabelas 5.6 a 5.8 e figuras 5.4 a 5.6.

5.8.1 Caso Base – Aveiro (zona I1 – V1)

Tabela 5.7 – Resumo dos resultados da simulação para o caso base e cálculo do IEE em Aveiro

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	79700	6854	0.74	2.1
	Aquecimento (Elec.)	2300	667	0.74	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento	25400	7366	1	3.1
	Ventilação	29400	8526	1	3.6
Q_{out}	Bombas	4800	1392	1	0.6
	Iluminação	143600	41644	1	17.5
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		333200	80369	-	33.0

Os resultados obtidos para a cidade Aveiro, expressos na tabela 5.7 e gráfico 5.2 permitem observar a importância relativa de cada uma das componentes de consumo sob a forma de energia final e energia primária. Em destaque obtemos os consumos associados à iluminação do edifício, representam praticamente 42% do valor da energia final e 53% da energia primária constante do IEE.

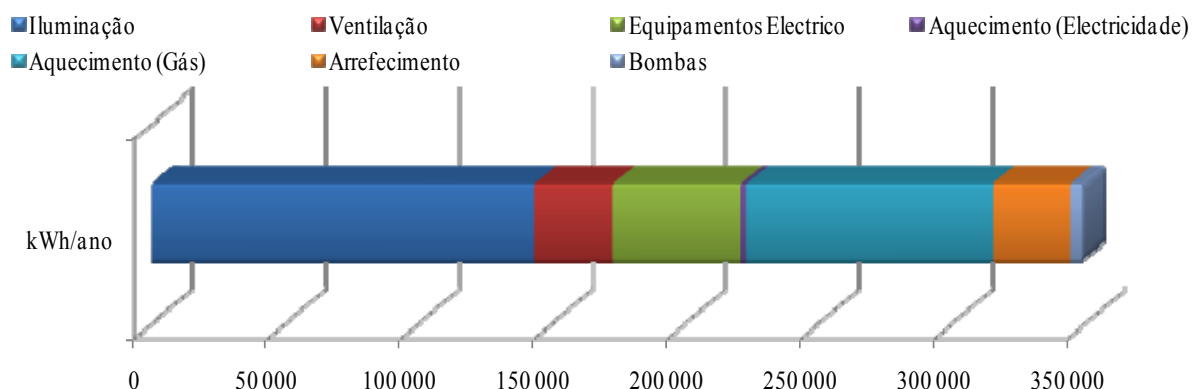


Gráfico 5.2 – Estratificação dos consumos anuais de energia do caso base em Aveiro

5.8.2 Caso Base – Braga (zona I2 – V2)

Tabela 5.8 - Resumo dos resultados da simulação para o caso base e cálculo do IEE em Braga

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	87200	7499	0.58	1.8
	Aquecimento (Elec.)	2200	638	0.58	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento	28100	8149	0.89	3.0
	Ventilação	29500	8555	1	3.6
Q_{out}	Bombas	5000	1450	1	0.6
	Iluminação	143600	41644	1	17.5
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		343600	81855	-	32.6

A tabela 5.8 e o gráfico 5.3 expressam os resultados obtidos para a cidade de Braga, permitindo constatar um aumento dos consumos anuais nas estações de aquecimento e arrefecimento, associados a uma redução do IEE face à cidade de Aveiro, devido à sua situação climática agravada, associados a factores de correcção menores.

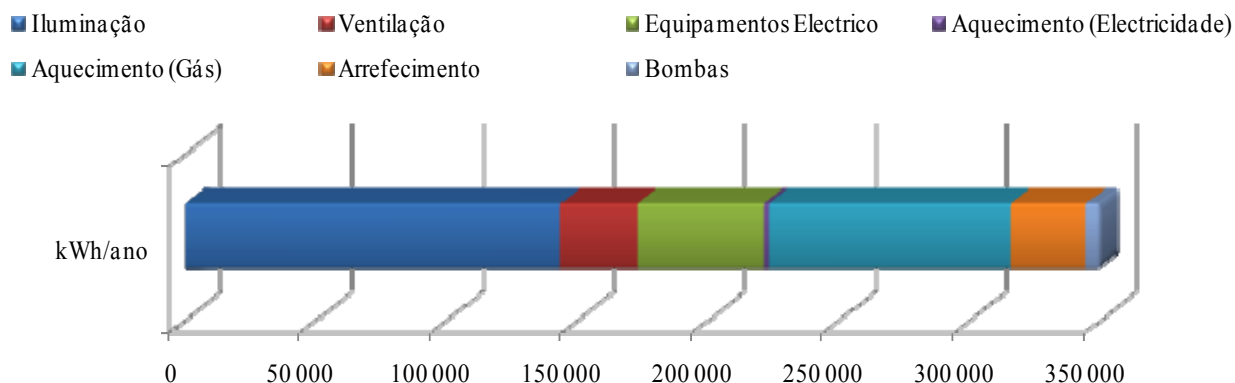


Gráfico 5.3 - Estratificação dos consumos anuais de energia do caso base em Braga

5.8.3 Caso Base – Lamego (zona I3 – V3)

Tabela 5.9 - Resumo dos resultados da simulação para o caso base e cálculo do IEE em Lamego

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	92400	7946	0.45	1.5
	Aquecimento (Elec.)	2100	609	0.45	0.1
Q_{arr}	Arrefecimento	28900	8381	0.62	2.2
	Ventilação	29500	8555	1	3.6
Q_{out}	Bombas	5000	1450	1	0.6
	Iluminação	143600	41644	1	17.5
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		349500	82505	-	31.4

No caso da simulação do caso base na cidade de Lamego é possível constatar um aumento dos consumos directamente associados às estações de aquecimento e arrefecimento como é possível verificar na tabela 5.9 o gráfico 5.4.

Estes resultados foram expectáveis dada a austeridade climática que se faz sentir na região, sendo necessária mais energia para obter as mesmas condições ambiente interiores de referência. No entanto, existe novamente uma redução no IEE face às simulações anteriores, devido aos factores de correcção climática mais baixos dos três climas.

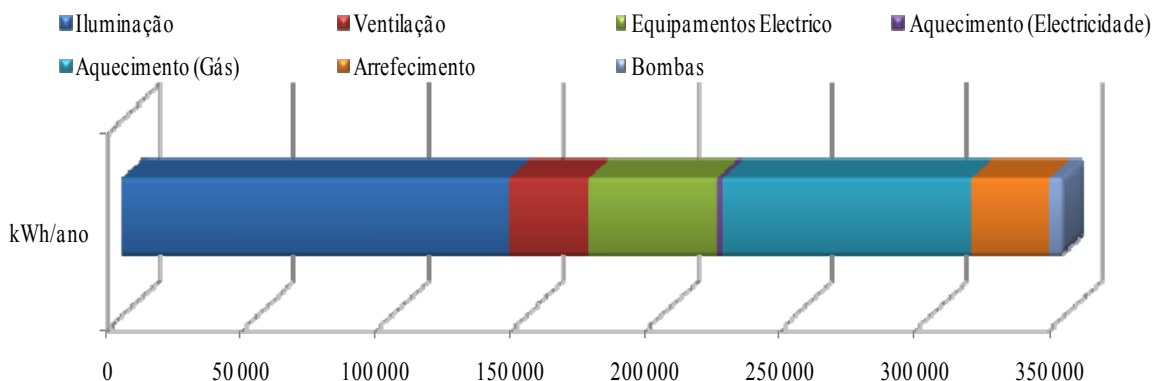


Gráfico 5.4 - Estratificação dos consumos anuais de energia do caso base em Lamego

5.9 Classificação energética

A determinação da classificação energética deste edifício foi obtida através das relações pré-estabelecidas pela ADENE, sumariadas na tabela seguinte, onde foi possível obter a classificação “B” para as três zonas climáticas em estudo, na situação do cenário central, sumariadas na tabela 5.10.

Tabela 5.10 – Determinação e enquadramento da classificação energética do cenário central nos três climas

Classe Energética	IEE _{nom} [k _{gep} /m ² .ano]	IEE _{nom} [k _{gep} /m ² .ano]
A ⁺	IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} − 0.75S	IEE _{nom} ≤ 17
A	IEE _{ref} − 0.75S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} − 0.5S	17 < IEE _{nom} ≤ 23
B	IEE _{ref} − 0.5S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} − 0.25S	23 < IEE _{nom} ≤ 29
B [−]	IEE _{ref} − 0.25S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref}	29 < IEE _{nom} ≤ 35
C	IEE _{ref} < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 0.5S	35 < IEE _{nom} ≤ 47
D	IEE _{ref} + 0.5S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + S	47 < IEE _{nom} ≤ 59
E	IEE _{ref} + S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 1.5S	59 < IEE _{nom} ≤ 71
F	IEE _{ref} + 1.5S < IEE _{nom} ≤ IEE _{ref} + 2S	71 < IEE _{nom} ≤ 83
G	IEE _{ref} + 2S < IEE _{nom}	83 < IEE _{nom}

5.10 Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade realizada ao RSECE teve como base a simulação dinâmica detalhada do edifício para cada parâmetro da matriz nos três climas diferenciados. Com isto seria possível obter o verdadeiro impacto das alterações introduzidas na energia consumida pelo edifício, assim como o seu impacto na classificação energética.

Neste sentido a selecção de alguns valores da matriz de sensibilidade teve como base não só o conhecimento associado à realidade do país, mas também a aplicabilidade em situação de projecto. O facto de alguns dos factores serem essencialmente geométricos ou construtivos faz com que facilmente sejam implementados na simulação do edifício, enquanto outros requerem alguma análise.

5.10.1 Classe de exposição

A classe de exposição de um edifício é um bom indicador para aferição das taxas de infiltração que poderemos obter. O escoamento natural do vento na fachada do edifício cria diferenciais de pressão, promovendo a infiltração de ar no edifício, como se pode verificar na figura 5.7. De forma a analisar a influência da classe de exposição do edifício na globalidade dos seus consumos, tomou-se como referência o método de cálculo para a classe de exposição enunciado no RCCTE, classificando o edifício na Classe de Exposição 2 de acordo com o Quadro IV.1 do Anexo IV.

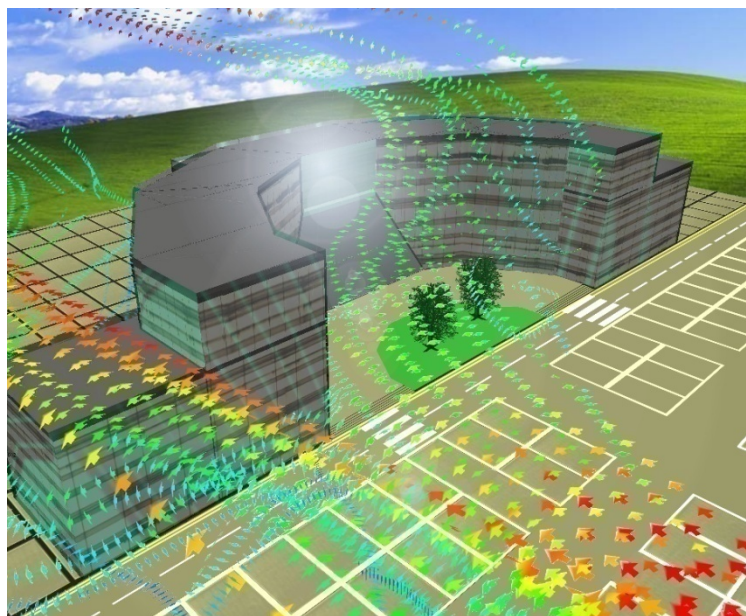


Figura 5.4 – Perfil do vento na fachada de um edifício²⁴

²⁴ www.watcfd.com

O edifício correspondente ao cenário central não sofreria a influência das infiltrações do ar exterior, no entanto, no cenário alto foram consideradas as infiltrações naturais, utilizando o caudal correspondente ao presente no RCCTE para a classe de exposição imediatamente seguinte.

5.10.2 Recuperação de calor

A recuperação de calor do ar de extracção apenas foi considerada para o cenário baixo, utilizando uma unidade de recuperação do tipo fluxos cruzados com uma eficiência típica média de aproximadamente 65%.

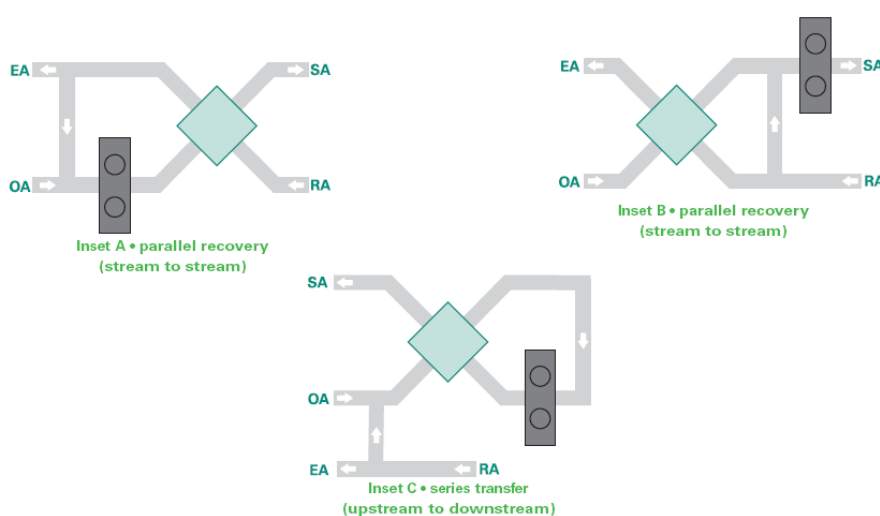


Figura 5.5 – Sistemas de recuperação de calor mais comuns²⁵

Para estas unidades, apesar de não apresentarem uma eficiência constante, foi possível modelar no software de simulação a curva característica em função da razão de caudais e das temperaturas nominais de funcionamento. A recuperação de calor apenas é vantajosa na situação de Inverno (ou quando a temperatura exterior é inferior à temperatura dos espaços interiores), pois o calor libertado pelo ar de extracção é utilizado para aumentar a temperatura do ar de insuflação, minimizando os consumos de equipamentos associados ao aquecimento. Em contrapartida estas unidades, esquematicamente representadas na figura 5.8, aumentam os consumos de ventilação, devido ao aumento da perda de carga nos circuitos de aeráulica.

5.10.3 Sistema de aquecimento

O sistema de produção de água quente para aquecimento utilizado no caso base foi uma caldeira a gás natural com uma eficiência de 97%, satisfazendo as necessidades de energia

²⁵ Trane Fundamentals

para aquecimento do edifício base, tendo sido considerado um sistema composto por uma caldeira de condensação a gás natural para o cenário baixo, com um rendimento de 108%, e no caso do cenário alto foi considerada uma caldeira a gás natural com uma eficiência inferior, na ordem dos 80%.

5.10.4 Sistema de arrefecimento

O sistema de produção de água refrigerada para arrefecimento utilizado no caso base foi um *chiller* do tipo água-água com um sistema de rejeição de calor remoto, do tipo torre de refrigeração, em contraponto, no cenário baixo o sistema de rejeição visou a rejeição de calor para o solo, eliminando a potência dos equipamentos necessários à rejeição de calor, à excepção dos grupos de bombas.

O princípio inerente a esta solução consiste no diferencial de temperaturas existente na estação de arrefecimento entre o solo e a temperatura ambiente. A diferença de temperaturas permite a diminuição da temperatura do fluido de trabalho do sistema de arrefecimento através de redes de tubagem enterrada no solo, esquematicamente representada na figura 5.9.

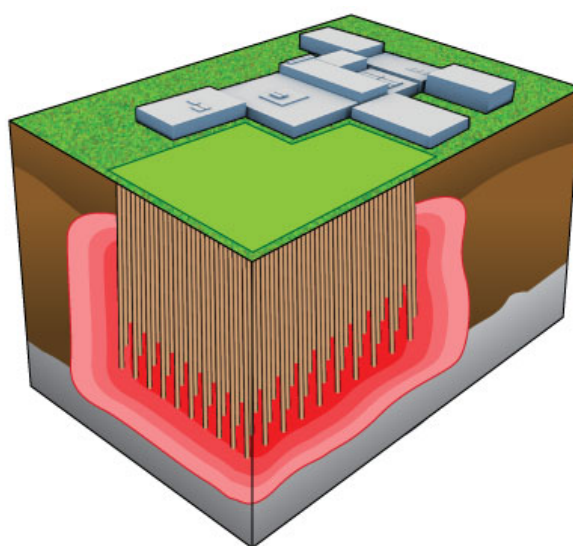


Figura 5.6 – Esquema tipo de aproveitamento geotérmico para arrefecimento²⁶

²⁶ in www.geoenergy-solutions.com

5.10.5 Iluminação

A densidade da iluminação considerada no caso base foi considerada com base no levantamento de alguns projectos realizados na empresa. No entanto o factor mais interessante no estudo da influência da iluminação foi o controlo da iluminação artificial considerando a existência do aproveitamento da iluminação natural.

A iluminação artificial, além de se tratar de um dos maiores consumidores de energia num edifício, contribui com uma porção importante na carga térmica de arrefecimento dos espaços, aumentando os consumos associados ao arrefecimento. Apesar de ser cada vez mais objecto de optimização por parte dos projectistas de edifícios, a implementação destes sistemas num edifício é cada vez mais importante, contribuindo de uma forma decisiva para a eficiência energética, actuando nas reduções de CO₂.

O controlo da iluminação artificial num edifício, com a finalidade de maximizar o aproveitamento da iluminação natural é possibilitado por sistemas de gestão técnica centralizada, associados a sensores de iluminação e presença nos espaços. Estes detectam a presença da potência de iluminação do espaço, comparando-a com a pré-definição [no caso vertente do edifício base: 20 (W/m²)], caso não esteja satisfeita pela iluminação natural é accionada a iluminação artificial.

O TRACE 700 possui um algoritmo comum a vários *softwares* de simulação (*Energy Plus*²⁷, DOE2²⁸) que permite a inclusão do conceito de iluminação natural no edifício criando univocamente em cada espaço uma variável denominada *daylight factor* definida pela razão entre a luminância interior e a luminância exterior horizontal.

Esta variável permite ao *software* atribuir a cada espaço um rácio de necessidades de luminância num perfil horário, atribuindo sempre que necessário a potência eléctrica da iluminação artificial, contabilizando essa energia eléctrica para os consumos do edifício e da respectiva carga térmica do espaço.

5.10.6 Consumo dos ventiladores

O consumo dos ventiladores utilizado neste trabalho para a definição do caso base teve em linha de conta o projecto inicial do edifício, associando a este parâmetro uma variável denominada como *specific fan power*, que tomava o valor de 0.4 (W/m³.h⁻¹). No projecto, apesar de já ter sido optimizado, foi possível atingir o valor de 0.2 (W/m³.h⁻¹) ao utilizar ventiladores helicocentrífugos e motorizações mais eficientes com controlo em variação de frequência.

²⁷ Software de simulação de edifícios desenvolvido pelo Departamento da Energia dos Estados Unidos da América

²⁸ Software de simulação de edifícios desenvolvido por J. J. Hirsh & Associates e Lawrence Berkeley National Laboratory

5.11 Resultados da análise do RSECE

A simulação dinâmica detalhada realizada no TRACE 700 permitiu obter os seguintes valores para os consumos globais anuais do edifício, em cada zona climática, expressos sob forma de variação em torno do IEE do caso base e afectos dos respectivos coeficientes de correcção para o cálculo do IEE para as três zonas climáticas em questão.

5.11.1 Aveiro (zona I1 - V1)

Os resultados para a cidade de Aveiro, expressos sob a forma de IEE e classificação energética, para ambos os cenários são expressos na tabela 5.11, tomando como referência o IEE do caso base de 33 (kgep/m².ano).

Tabela 5.11 – Resultados obtidos com a variação dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Aveiro

Aveiro - I1V1 [kgep/m ² .ano]	Cenário Alto			Cenário Baixo		
	IEE _{pond}	IEE	SCE	IEE _{pond}	IEE	SCE
Factor de Forma	35	31.86	B-	35	33.98	B-
Área envidraçada/Área pavimento	35	32.89	B-	35	33.03	B-
Orientação principal dos envidraçados	35	32.72	B-	35	32.31	B-
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	35	32.90	B-	35	33.21	B-
Envidraçados (coeficiente transm.)	35	32.19	B-	35	34.40	B-
Protecção solar	35	34.71	B-	35	31.75	B-
Classe de exposição	35	32.12	B-	35	33.00	B-
Pontes térmicas	35	32.56	B-	35	33.61	B-
Inércia térmica	35	33.00	B-	35	33.47	B-
Recuperação de calor	35	33.00	B-	35	32.83	B-
Sistema Aquecimento	35	33.36	B-	35	32.82	B-
Sistema Arrefecimento	35	34.69	B-	35	32.06	B-
Potência Iluminação	35	43.32	-	35	23.02	A
Controlo iluminação	35	33.00	B-	35	25.96	B
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	35	34.75	B-	35	31.26	B-

Os resultados demonstram o impacto mais significativo nos parâmetros associados à iluminação do edifício, resultados esperados face à preponderância dos consumos associados à iluminação na generalidade dos consumos de energia do edifício.

É evidente também a redução do IEE face ao factor solar dos vãos envidraçados utilizado no cenário baixo, devido à inferior carga térmica associada aos ganhos solares, reduzindo os consumos de energia na estação de arrefecimento.

A representação do gráfico 5.2 permite uma análise comparativa da variação do IEE do caso base face à perturbação dos parâmetros da matriz de sensibilidade.

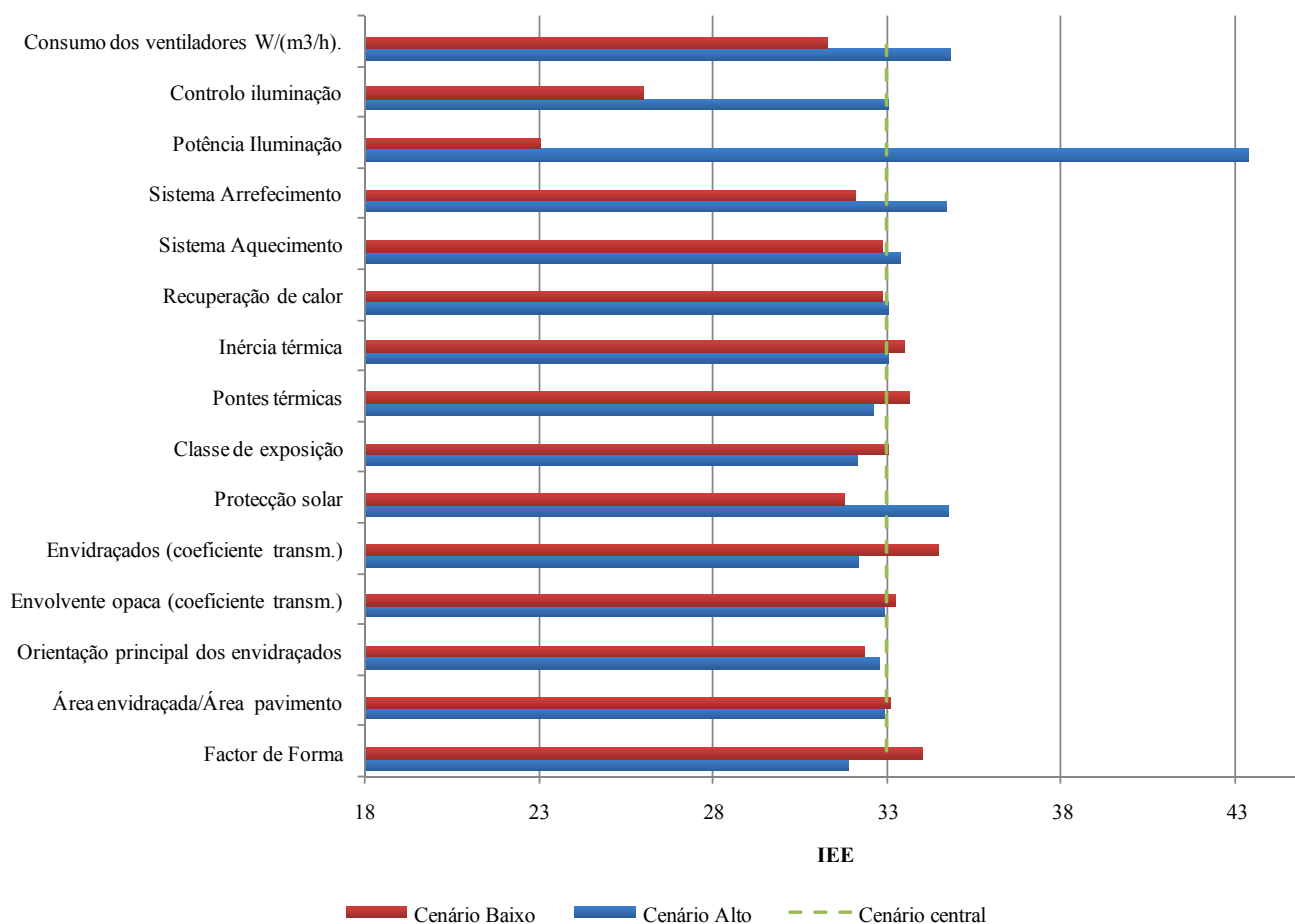


Gráfico 5.5 – Variabilidade do IEE em função dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Aveiro

5.11.2 Braga (zona I2 - V2)

Os resultados para a cidade de Braga estão expressos na tabela 5.12 e no gráfico 5.3 sob a forma de IEE, para ambos os cenários, tomando como referência o IEE do caso base de 32.6 (kgep/m².ano).

Tabela 5.12 - Resultados obtidos com a variação dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Braga

Braga – I2V2 [kgep/m ² .ano]	Cenário Alto			Cenário Baixo		
	IEE _{pond}	IEE	SCE	IEE _{pond}	IEE	SCE
Factor de Forma	35	31.81	B-	35	33.49	B-
Área envidraçada/Área pavimento	35	32.57	B-	35	32.61	B-
Orientação principal dos envidraçados	35	32.41	B-	35	32.04	B-
Envolvente opaca (coeficiente U)	35	32.58	B-	35	32.97	B-
Envidraçados (coeficiente U)	35	32.04	B-	35	33.74	B-
Protecção solar	35	34.08	B-	35	31.57	B-
Classe de exposição	35	31.77	B-	35	32.64	B-
Pontes térmicas	35	32.29	B-	35	31.71	B-
Inércia térmica	35	32.64	B-	35	32.70	B-
Recuperação de calor	35	32.64	B-	35	32.49	B-
Sistema Aquecimento	35	32.94	B-	35	32.48	B-
Sistema Arrefecimento	35	34.27	B-	35	31.70	B-
Potência Iluminação	35	42.70	-	35	22.86	A
Controlo iluminação	35	32.64	B-	35	25.83	B
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	35	33.15	B-	35	30.88	B-

Os resultados obtidos nas simulações realizadas para a cidade Braga demonstram novamente o impacto mais significativo nos parâmetros associados à iluminação do edifício, com destaque para a variação do IEE inferior nas medidas directamente associadas às estações de aquecimento e arrefecimento.

A representação do gráfico 5.3 permite uma análise comparativa da variação do IEE do caso base face à perturbação dos parâmetros da matriz de sensibilidade no caso da cidade de Braga.

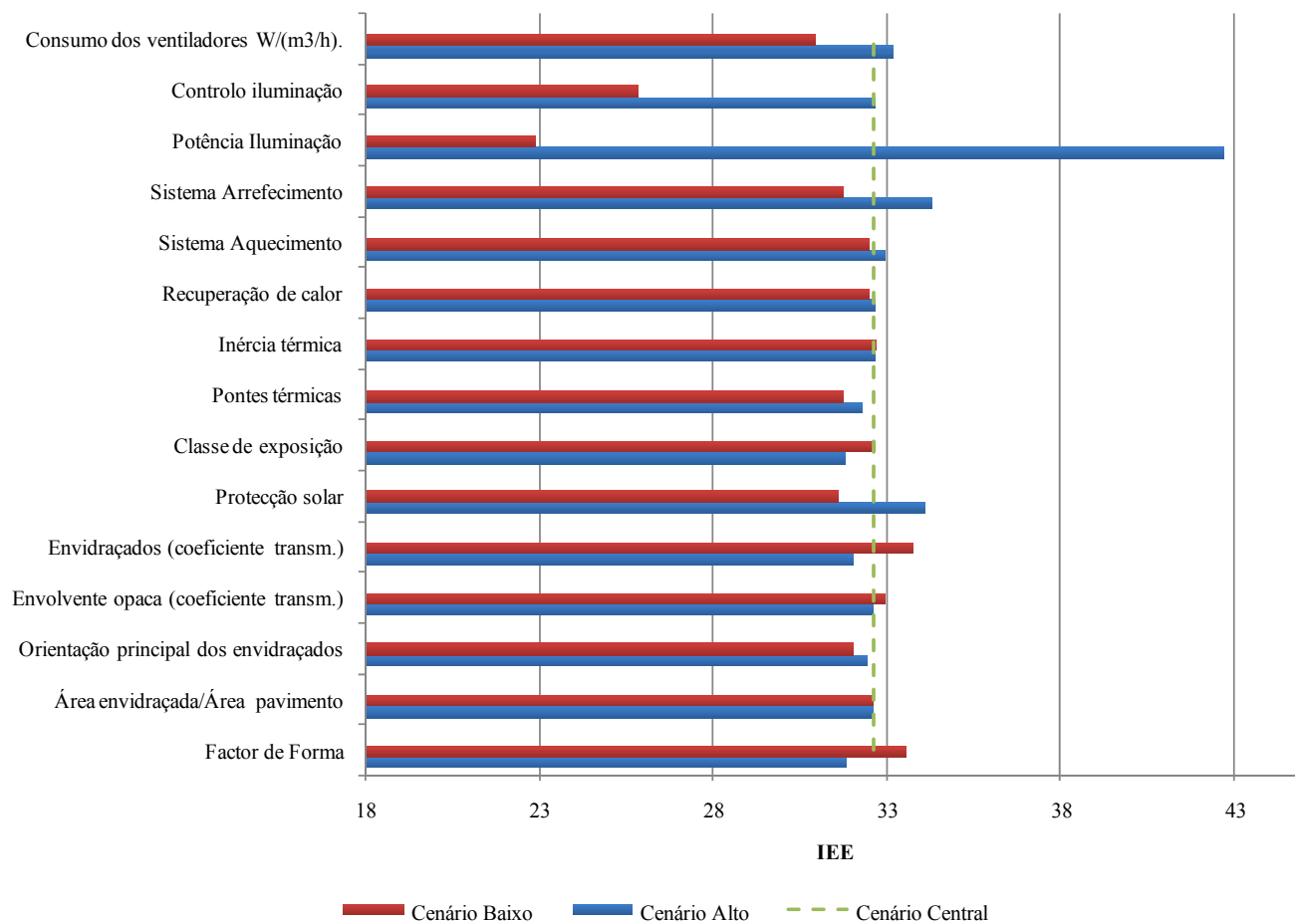


Gráfico 5.3 - Variabilidade do IEE em função dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Braga

5.11.3 Lamego (zona I3 - V3)

Os resultados para a cidade de Lamego, expressos sob a forma de IEE na figura 5.4 e na tabela 5.13, para ambos os cenários são expressos na seguinte tabela, tomando como referência o IEE do caso base de 31.4 (kgep/m².ano).

Tabela 5.13 - Resultados obtidos com a variação dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Lamego

Lamego – I3V3 [kgep/m ² .ano]	Cenário Alto			Cenário Baixo		
	IEE _{pond}	IEE	SCE	IEE _{pond}	IEE	SCE
Factor de Forma	35	30.96	B-	35	31.95	B-
Área envidraçada/Área pavimento	35	31.35	B-	35	31.30	B-
Orientação principal dos envidraçados	35	31.21	B-	35	30.95	B-
Envolvente opaca (coeficiente U)	35	31.36	B-	35	31.46	B-
Envidraçados (coeficiente U)	35	31.02	B-	35	32.12	B-
Protecção solar	35	32.43	B-	35	30.60	B-
Classe de exposição	35	30.93	B-	35	31.39	B-
Pontes térmicas	35	31.16	B-	35	31.39	B-
Inércia térmica	35	31.38	B-	35	31.44	B-
Recuperação de calor	35	31.39	B-	35	31.22	B-
Sistema Aquecimento	35	31.63	B-	35	31.27	B-
Sistema Arrefecimento	35	32.61	B-	35	30.73	B-
Potência Iluminação	35	41.00	-	35	21.96	A
Controlo iluminação	35	31.39	B-	35	24.79	B
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	35	34.38	B-	35	29.63	B-

No caso de Lamego, os resultados obtidos nas simulações evidenciam novamente além do impacto relacionado com os parâmetros de iluminação, uma variação do IEE inferior face às outras zonas climáticas nas medidas directamente associadas às estações de aquecimento e arrefecimento.

O gráfico 5.4 permite uma análise comparativa da variação do IEE do caso base face à perturbação dos parâmetros da matriz de sensibilidade no caso da cidade de Lamego.

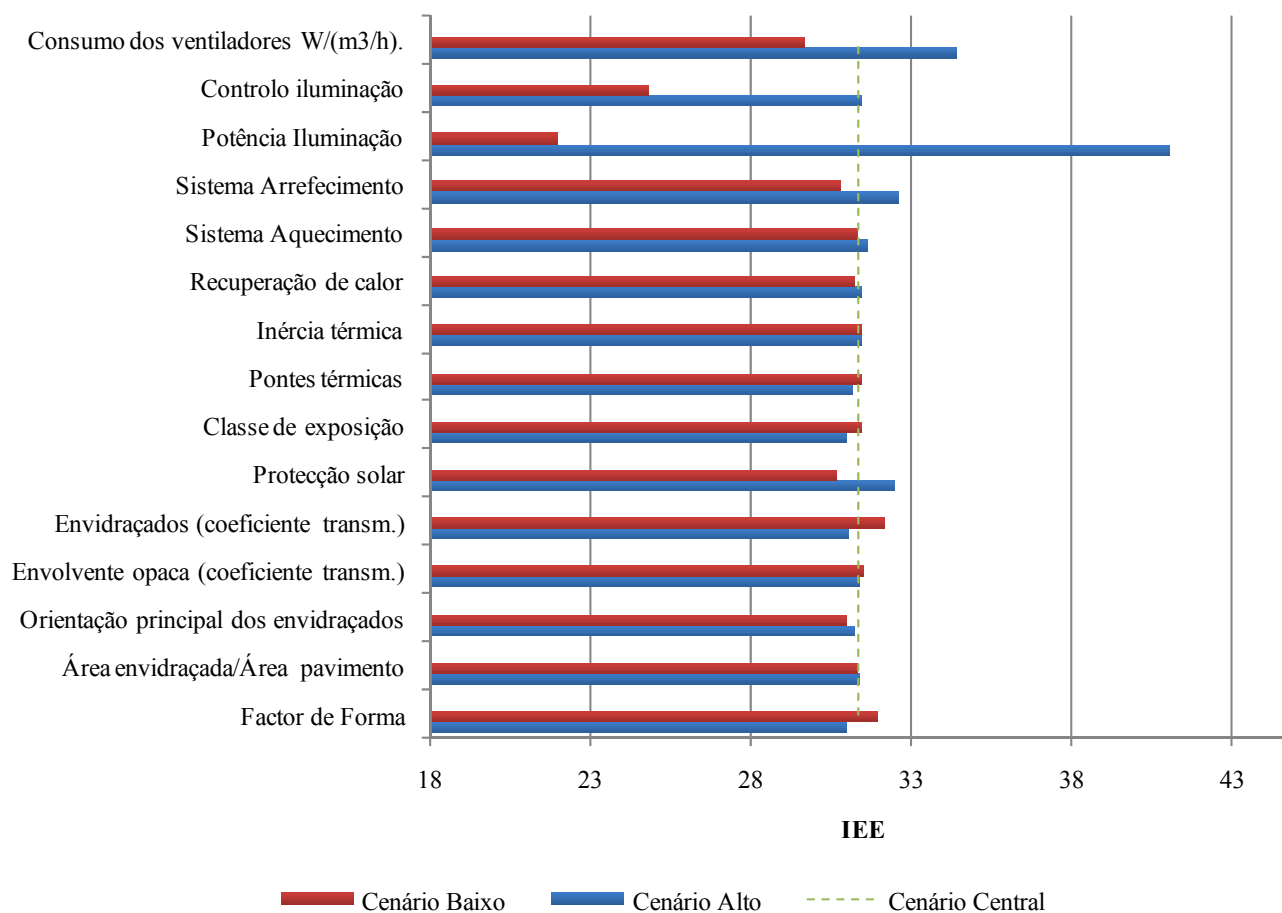


Gráfico 5.4 - Variabilidade do IEE em função dos parâmetros da matriz de sensibilidade em Lamego

6. Análise de resultados

Neste capítulo são apresentadas as análises dos resultados obtidos no decurso deste projecto, na vertente da sua análise de sensibilidade ao RCCTE e ao RSECE.

No caso do RCCTE a análise de resultados segue as seguintes fases:

1. Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética (SCE);
2. Análise do impacto de cada um dos parâmetros num cenário de climatização permanente;
3. Determinação da classificação energética com um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas.

No caso do RSECE a análise de resultados segue as seguintes etapas:

1. Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética, em cada zona climática;
2. Análise do factor de impacto relativo e global de cada parâmetro em cada zona climática;
3. Análise comparativa dos factores de impacto em função da zona climática.
4. Determinação da classificação energética do edifício de para um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas;
5. Impacto das medidas estudadas nos custos energéticos de operação.

6.1 Análise de resultados do RCCTE

6.1.1 Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética (SCE)

A análise do impacto de cada parâmetro preconizado na matriz de sensibilidade na classificação energética da fracção foi realizada através da variável factor de impacto ξ que exprime a influência de cada parâmetro na análise energética final, expresso na equação 9.

$$\xi = 0.5 \times (|\xi^+| + |\xi^-|) \wedge \xi^+ = 0.5 \times \left| x_{alto} - \bar{x} \right| / \bar{x} \wedge \xi^- = 0.5 \times \left| x_{baixo} - \bar{x} \right| / \bar{x} \quad (9)$$

Onde x_{alto} e x_{baixo} representam os desvios absolutos dos valores obtidos no caso superior e inferior relativamente ao cenário central.

Tabela 6.1 – Resultados do factor de impacto na análise do RCCTE

Parâmetros	Alto	ξ	Baixo	ξ	ξ_{total}
Sistema de apoio AQS	0.58	54.5%	0.27	27.8%	41.2%
Sistema de aquecimento	0.61	61.5%	0.34	8.6%	35.0%
Existência do sistema solar	0.56	47.6%	0.38	0%	23.8%
Coletores solares (eficiência)	0.42	12.3%	0.32	14.4%	13.4%
Factor de Forma	0.43	13.3%	0.35	7.0%	10.1%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	0.40	6.4%	0.35	6.4%	6.4%
Taxa de renovação nominal	0.40	5.3%	0.36	4.8%	5.1%
Envidraçados (coeficiente transm.)	0.39	4.3%	0.36	3.7%	4.0%
Pontes térmicas	0.39	4.3%	0.37	2.1%	3.2%
Área envidraçada/Área pavimento	0.39	2.7%	0.37	2.7%	2.7%
Inércia Térmica	0.39	2.1%	0.37	1.6%	1.9%
Protecção solar	0.39	2.1%	0.37	1.6%	1.9%
Orientação principal dos envidraçados	0.37	1.1%	0.37	2.1%	1.6%
Zona climática	0.38	0.5%	0.38	0.5%	0.5%
Sistema de arrefecimento	0.38	0.5%	0.38	0.5%	0.5%

Como é possível verificar na tabela 6.1, o sistema de apoio à produção de AQS é claramente o parâmetro com maior impacto na classificação energética da fracção residencial, seguindo-se o sistema de aquecimento, a existência e a eficiência dos colectores solares. Estes resultados seriam previsíveis dado que no cálculo das necessidades nominais anuais globais a componente de AQS não é diminuída por nenhum coeficiente de correcção em oposição aos valores das necessidades nominais de energia útil para aquecimento e arrefecimento aos quais se aplica um factor de 10%.

6.1.2 Análise do impacto de cada um dos parâmetros num cenário de climatização permanente

O impacto dos coeficientes de correcção no cálculo do valor N_t foi analisado, numa base energética distinta da definida no RCCTE, formulada nas equações 10 a 13, considerando um cenário onde a fracção autónoma era climatizada durante todo o ano para manter as condições

de conforto. Isto significa pois retirar o pressuposto regulamentar que assume a climatização de uma fracção autónoma apenas supre 10% das necessidades anuais nominais [2].

$$\curvearrowright N_{tc} = 0.1 \times (N_{ic} / \eta_i) \times F_{pui} + 0.1 \times (N_{vc} / \eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (10)$$

$$N_{tc}^* = (N_{ic} / \eta_i) \times F_{pui} + (N_{vc} / \eta_v) \times F_{puv} + N_{ac} \times F_{pua} \quad (11)$$

$$\curvearrowright N_t = 0.9 \times (0.01 \times N_i + 0.01 \times N_v + 0.15 \times N_{ac}) \quad (12)$$

$$N_t^* = 0.9 \times (0.1 \times N_i + 0.1 \times N_v + 0.15 \times N_{ac}) \quad (13)$$

Com estes rácios novos, obtiveram-se novos valores para o caso base e resultados novos para a tabela, representada na tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Resultados associados à base de cálculo alterada face à regulamentar

Nv	Nvc	Ni	Nic	Na	Nac	Nt*	Ntc*
[kWh/m ² .ano]						[kgep/m ² .ano]	
18.00	10.11	75.60	60.04	30.52	13.73	12.54	8.09

Com a base de cálculo alterada, obteve-se os seguintes valores para o factor de impacto, representados na tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Resultados associados ao factor de impacto na base de cálculo regulamentar alterada

Parâmetros	Alto	ξ	Baixo	ξ	ξ_{total}
Sistema de aquecimento	1.56	141.8%	0.63	1.6%	71.7%
Factor de Forma	0.77	19.9%	0.54	16.4%	18.2%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	0.74	15.0%	0.55	14.7%	14.8%
Taxa de renovação nominal	0.72	11.7%	0.57	11.1%	11.4%
Sistema de apoio AQS	0.73	12.5%	0.60	6.5%	9.5%
Envidraçados (coeficiente transm.)	0.70	9.1%	0.59	8.8%	9.0%
Pontes térmicas	0.70	9.2%	0.61	5.4%	7.3%
Área envidraçada/Área pavimento	0.68	5.8%	0.60	6.6%	6.2%
Inércia Térmica	0.68	5.3%	0.62	4.5%	4.9%
Protecção solar	0.67	4.1%	0.62	3.8%	3.9%
Orientação principal dos envidraçados	0.63	2.6%	0.61	5.1%	3.9%
Colectores solares (eficiência)	0.66	2.8%	0.62	3.4%	3.1%
Zona climática	0.65	0.4%	0.63	1.9%	1.2%
Sistema de arrefecimento	0.65	0%	0.65	0%	0%

Os resultados nesta base alterada evidenciam a importância do sistema de aquecimento, assim como do factor de forma e do coeficiente de transmissão térmica da envolvente.

No caso do sistema de aquecimento o valor do factor de impacto médio é algo amplificado pelo resultado obtido no cenário alto da matriz, correspondente à utilização de uma resistência eléctrica para suprir as necessidades de aquecimento.

No entanto é evidente que o factor de forma e o coeficiente de transmissão térmica da envolvente são factores decisivos nos consumos energéticos das habitações, resultados previstos dado que um factor de forma elevado traduz-se numa maior parcela global de perdas térmicas de um espaço, assim como um coeficiente de transmissão térmica elevado aumenta as perdas térmicas globais pela envolvente opaca da habitação.

6.1.3 Determinação da classificação energética com um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas

No seguimento do estudo realizado com a matriz de sensibilidade, reuniram-se alguns dos factores com maior impacto no valor final de N_{tc}/N_t , sendo eles a alteração do sistema de aquecimento, alteração do coeficiente de transmissão térmica da envolvente opaca, a melhoria do sistema de colectores solares e do seu sistema de apoio, no sentido de obter a melhor

classificação energética possível. Este conjunto de medidas obteve os seguintes resultados finais à luz do RCCTE, representados na tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Classificação energética do caso base com o conjunto de medidas seleccionadas

Nv	Nvc	Ni	Nic	Na	Nac	Nt	Ntc	Classificação SCE
[kWh/m ² .ano]						[kgep/m ² .ano]		
18.00	9.68	75.60	48.45	30.52	4.46	4.96	0.83	A+

6.2 Análise de resultados do RSECE

6.2.1 Análise do impacto relativo de cada um dos parâmetros na classificação energética

A análise do impacto relativo destes parâmetros na classificação energética foi realizada com a mesma metodologia referenciada anteriormente, nomeadamente através do factor de impacto médio, expresso na equação 9, onde os intervalos correspondentes à classe energética estão representados no gráfico 5.1. Os resultados para cada zona climática são apresentados nas tabelas 6.5 a 6.7.

Os factores associados à parcela “outros consumos” foram claramente os parâmetros com maior impacto na classificação energética neste trabalho. O software de simulação dinâmica detalhada utilizado não permitiu a desagregação dos consumos de bombas e ventiladores afectos aos sistemas de climatização nas respectivas estações de aquecimento e arrefecimento, tendo sido contabilizados na parcela associada a “outros consumos”. Este facto, apesar de elevar o IEE em todos os resultados obtidos, encontra-se devidamente fundamentado²⁹ ao abrigo do documento da ADENE [12], não tendo sido possível a afectação destes consumos através de uma ponderação em função do número de horas de funcionamento destes sistemas em cada estação.

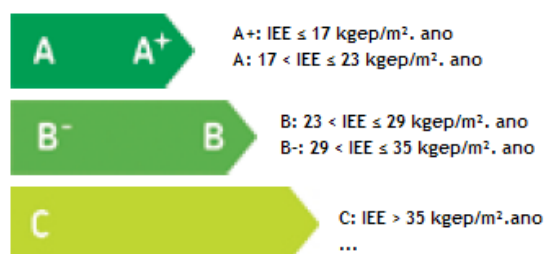


Gráfico 6.1 – Gama de valores do IEE para a classificação energética do edifício truncada à classe “C”

²⁹ P&R E26

Tabela 6.5 – Resultados do factor de impacto na análise de sensibilidade do RSECE na cidade de Aveiro (zona I1 – V1)

Parâmetros	Alto	ξ	Baixo	ξ	ξ_{total}
Potência Iluminação	43.32	31.27%	23.02	30.24%	30.76%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	33.00	0%	25.96	21.33%	10.67%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	34.75	5.30%	31.26	5.27%	5.29%
Protecção solar	34.71	5.18%	31.75	3.79%	4.48%
Sistema Arrefecimento	34.69	5.12%	32.06	2.85%	3.98%
Envidraçados (coeficiente transm.)	32.19	2.45%	34.40	4.24%	3.35%
Factor de Forma (FF)	31.86	3.45%	33.98	2.97%	3.21%
Pontes térmicas	32.56	1.33%	33.61	1.85%	1.59%
Orientação principal dos envidraçados	32.72	0.85%	32.31	2.09%	1.47%
Classe de exposição	32.12	2.67%	33.00	0%	1.33%
Sistema Aquecimento	33.36	1.09%	32.82	0.55%	0.82%
Inércia térmica	33.00	0.00%	33.47	1.42%	0.71%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	32.90	0.30%	33.21	0.64%	0.47%
Recuperação de calor	33.00	0%	32.83	0.52%	0.26%
Área envidraçado/Área pavimento	32.89	0.33%	33.03	0.09%	0.21%

No caso de Aveiro, como nos restantes, é possível verificar que os parâmetros relativos à iluminação do edifício constituem os factores mais significativos com impacto na classificação energética. No entanto, os três factores com o maior impacto revelam-se associados a “outros consumos” não directamente relacionados com os sistemas de climatização, como o caso da iluminação interior que não é afectada de coeficientes de correcção à luz do RSECE, acumulando de forma directa a sua influência no IEE.

Tabela 6.6 - Resultados do factor de impacto na análise de sensibilidade do RSECE na cidade de Braga (zona I2 – V2)

Parâmetros	Alto	ξ	Baixo	ξ	ξ_{total}
Potência Iluminação	42.70	30.82%	22.86	29.96%	30.39%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	32.64	0%	25.83	20.86%	10.43%
Sistema Arrefecimento	34.27	4.99%	31.70	2.88%	3.94%
Protecção solar	34.08	4.41%	31.57	3.28%	3.84%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	33.15	1.56%	30.88	5.39%	3.48%
Envidraçados (coeficiente transm.)	32.04	1.84%	33.74	3.37%	2.60%
Factor de Forma	31.81	2.54%	33.49	2.60%	2.57%
Pontes térmicas	32.29	1.07%	31.71	2.85%	1.96%
Classe de exposição	31.77	2.67%	32.64	0%	1.33%
Orientação principal dos envidraçados	32.41	0.70%	32.04	1.84%	1.27%
Sistema Aquecimento	32.94	0.92%	32.48	0.49%	0.70%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	32.58	0.18%	32.97	1.01%	0.60%
Recuperação de calor	32.64	0%	32.49	0.46%	0.23%
Área envidraçado/Área pavimento	32.57	0.21%	32.61	0.09%	0.15%
Inércia térmica	32.64	0%	32.70	0.18%	0.09%

No caso de Braga (I2 – V2), os parâmetros associados à iluminação continuam a ter maior relevância, pese embora os parâmetros associados à estação de arrefecimento acrescerem de importância, nomeadamente pela zona climática em questão e por se tratar da eficiência global do sistema de arrefecimento, revelando importância no valor dos consumos globais associados a períodos de arrefecimento e da protecção solar utilizada, factor preponderante nestas necessidades. É de salientar a diminuição do impacto do consumo dos ventiladores face ao clima de Aveiro (I1 – V1).

Tabela 6.7 - Resultados do factor de impacto na análise de sensibilidade do RSECE na cidade de Lamego (zona I3 – V3)

Parâmetros	Alto	ξ	Baixo	ξ	ξ_{total}
Potência Iluminação	41.00	30.61%	21.96	30.04%	30.33%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	31.39	0%	24.79	21.03%	10.51%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	34.38	9.53%	29.63	5.61%	7.57%
Sistema Arrefecimento	32.61	3.89%	30.73	2.10%	2.99%
Protecção solar	32.43	3.31%	30.60	2.52%	2.91%
Envidraçados (coeficiente transm.)	31.02	1.18%	32.12	2.33%	1.75%
Factor de Forma	30.96	1.37%	31.95	1.78%	1.58%
Orientação principal dos envidraçados	31.21	0.57%	30.95	1.40%	0.99%
Classe de exposição	30.93	1.47%	31.39	0%	0.73%
Sistema Aquecimento	31.63	0.76%	31.27	0.38%	0.57%
Pontes térmicas	31.16	0.73%	31.39	0%	0.37%
Recuperação de calor	31.39	0%	31.22	0.54%	0.27%
Área envidraçado/Área pavimento	31.35	0.13%	31.30	0.29%	0.21%
Envoltente opaca (coeficiente transm.)	31.36	0.10%	31.46	0.22%	0.16%
Inércia térmica	31.38	0.03%	31.44	0.16%	0.10%

No caso de Lamego, mais uma vez, os parâmetros associados à iluminação assumem o maior grau de impacto. Face ao clima mais adverso, os parâmetros associados à estação de arrefecimento revelam também a sua importância, apesar de apresentarem um valor final menor, quando comparado com o caso de Braga. No entanto, os parâmetros associados às perdas globais da envoltente assumem agora um papel de maior relevo, designadamente o coeficiente de transmissão térmica dos envidraçados, dado que se trata um edifício com uma área envidraçada considerável, e o factor de forma, associado às perdas térmicas globais do edifício.

6.2.2 Análise comparativa dos factores de impacto em função da zona climática

A análise comparativa dos factores de impacto em função da zona climática é expressa no gráfico apresentado de seguida, onde é possível verificar a importância relativa aos parâmetros associados ao aquecimento e arrefecimento. Como foi possível verificar anteriormente, o edifício real e o edifício base do caso de estudo era dominado por consumos associados à iluminação, pelo que a relevância dos consumos associados aos sistemas de climatização eram dissimulados. No entanto é possível verificar que em função da zona climática, o grau de importância é diferenciado, devendo-se ao facto de que os factores de

correção climática são menores em função do agravamento do clima. Mediante o gráfico 6.2, onde é representado a título de exemplo o valor de FCI em função do valor de graus-dias do local, que no caso português é possível uma variação aproximada entre 900 e 3000 (GD), é possível constatar a variação dos factores de correção climática entre 1 e 0.35, evidenciando o enunciado anterior.

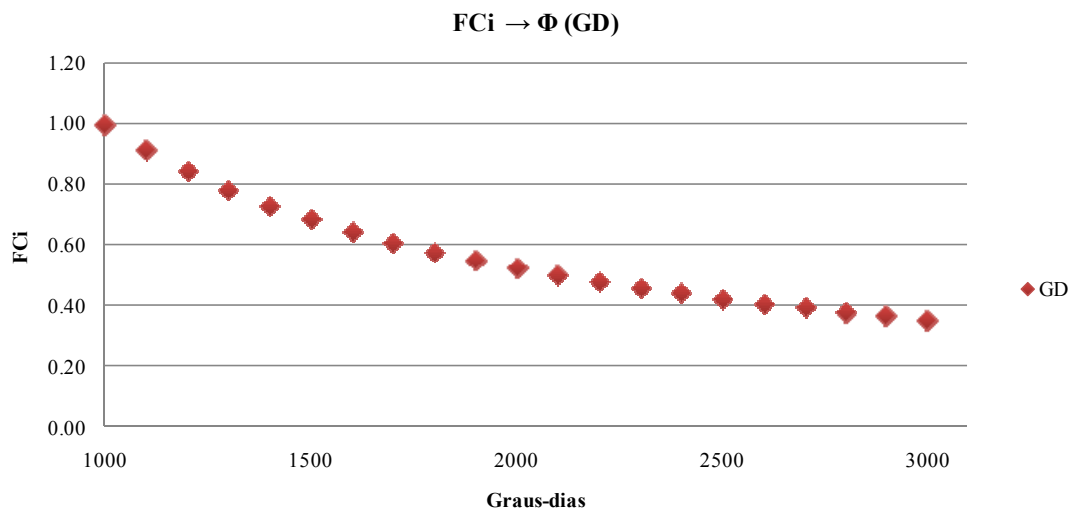


Gráfico 6.2 – Variação do factor de correção climática de inverno em função do número de graus-dias

No gráfico 6.3 é possível verificar a variação entre o impacto de cada um dos parâmetros em função da zona climática, constatando o incremento do impacto de uma forma inversamente proporcional ao aumento do número de graus dias.

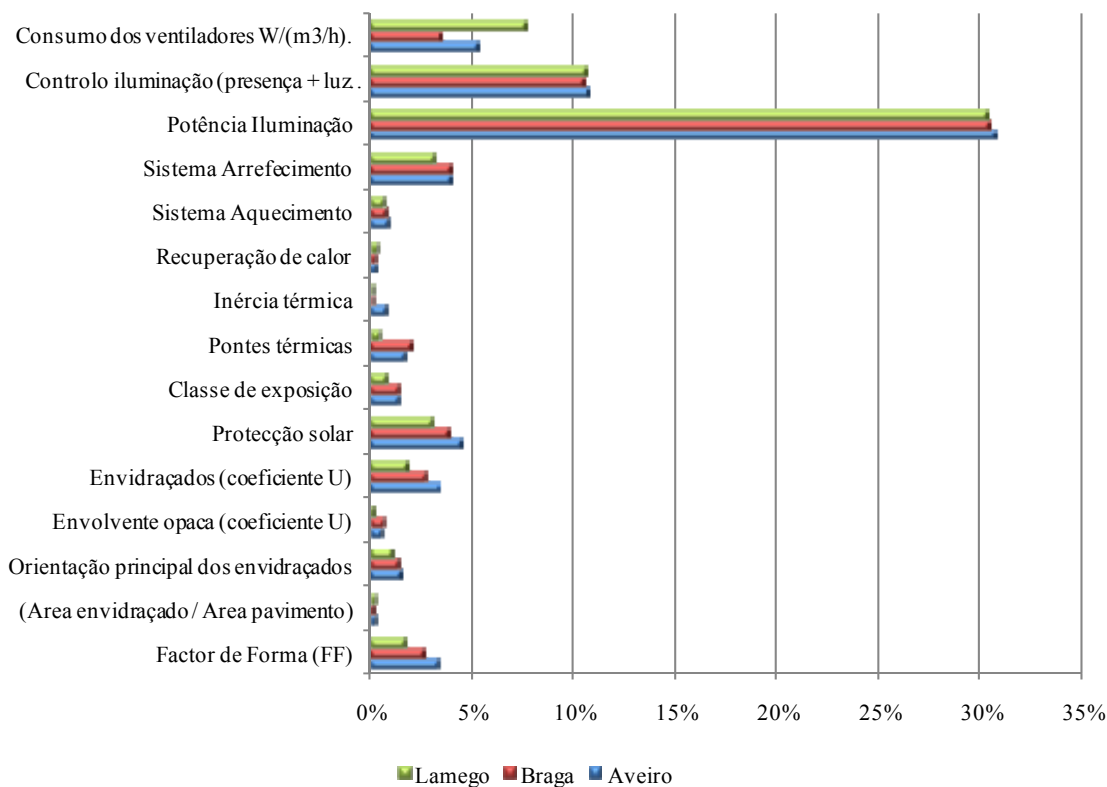


Gráfico 6.3 – Comparação do valor do factor de impacto em função da zona climática

6.2.3 Determinação da classificação energética do edifício para um conjunto simultâneo de medidas seleccionadas

No sentido de otimizar a eficiência energética dos edifícios e no seguimento dos resultados obtidos, foram seleccionadas as três medidas com maior impacto na classificação energética e reunidos numa simulação, com vista a obter a melhor classificação, sendo o objectivo mais ambicioso o de atingir a classificação “A+”.

No caso de Aveiro e de Lamego, as medidas consideradas foram a “redução da potência de iluminação instalada”, o “controlo da iluminação artificial com o aproveitamento da iluminação natural”, e o consumo associado à “ventilação” reduzido através da utilização do rácio *specific fan power* de 0.2 (W/m³.h⁻¹). No caso de Braga, as medidas consideradas foram idênticas, apenas se diferenciando o último parâmetro “ sistema de arrefecimento” por substituição do parâmetro “ventilação”.

No caso de Aveiro, a classificação obtida após a implementação do conjunto das medidas seleccionadas foi a classe “A”, cujos resultados se evidenciam na tabela 6.8.

Tabela 6.8 – Resultados da simulação do caso base em Aveiro (zona I1 – V1) com o conjunto de medidas seleccionadas

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	82000	7052	0.74	2.2
	Aquecimento (Elec.)	2300	667	0.74	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento	11800	3422	1	1.4
	Ventilação	14500	4205	1	1.8
Q_{out}	Bombas	3700	1073	1	0.5
	Iluminação	48300	14007	1	5.9
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		210600	44346	-	17.8

No caso de Braga a classificação obtida, após a implementação das medidas seleccionadas, foi a classe “A”, obtendo um valor do IEE bastante próximo da melhor classe, sumariado na tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Resultados da simulação do caso base em Braga (zona I2 – V2) com o conjunto de medidas seleccionadas

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	90000	7740	0.58	1.9
	Aquecimento (Elec.)	2200	638	0.58	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento	10800	3132	0.89	1.2
	Ventilação	29000	8410	1	3.5
Q_{out}	Bombas	3600	1044	1	0.4
	Iluminação	48500	14123	1	5.9
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		232300	49007	-	19.01

No caso de Lamego a classificação obtida foi a classe “A+”, com a reunião das medidas associadas ao controlo de iluminação e ao desempenho dos ventiladores utilizados, como se pode verificar na tabela 6.10.

Tabela 6.10 - Resultados da simulação do caso base em Lamego (zona I3 – V3) com o conjunto de medidas seleccionadas

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	96100	8265	0.45	1.6
	Aquecimento (Elec.)	2100	609	0.45	0.1
Q_{arr}	Arrefecimento	16400	4756	0.62	1.2
	Ventilação	14500	4205	1	1.8
Q_{out}	Bombas	3900	1131	1	0.5
	Iluminação	48500	14065	1	5.9
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		229500	46951	-	16.9

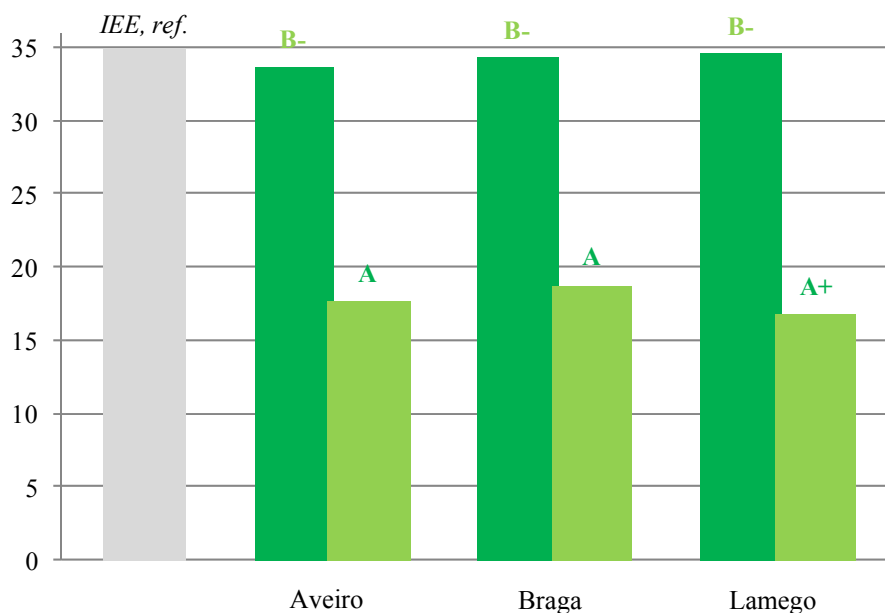


Gráfico 6.4 – Redução do IEE induzida no cenário central pelas medidas seleccionadas [kgep/m².ano]

No gráfico 6.4 é possível verificar a redução do IEE face à implementação das medidas no cenário central, obtendo reduções consideráveis na classificação energética, optimizando o desempenho energético do edifício.

6.2.4 Impacto das medidas estudadas nos custos energéticos de operação

Com base nos resultados dos consumos de energia anuais do edifício foi, ainda, possível realizar uma análise diferencial de custos associados à exploração do edifício.

Este diferencial é essencial ao estudo da sustentabilidade financeira das medidas propostas, mediante uma análise de simples *payback*, isto é, face à redução anual do custo de exploração do edifício devidos aos seus consumos energéticos determinar o período de retorno do investimento associado à aplicação de cada um dos parâmetros identificados neste estudo.

Os preços³⁰ da energia considerados à análise de redução dos custos de exploração foram os seguintes:

- kWh de energia eléctrica: 0.11 (€/kWh);
- kWh de gás natural: 0.06 (€/kWh).

³⁰ Custos baseados no tarifário de Fevereiro de 2009 do grupo EDP - Energias de Portugal

Tabela 6.11 – Análise de custos diferencial para a cidade de Aveiro

Custo de exploração base: 32667€	Alto	%	Baixo	%
Factor de Forma	32265 €	-1.2%	33387 €	+2.2%
Área envidraçada/Área pavimento	32728 €	+0.2%	32650 €	-0.1%
Orientação principal dos envidraçados	32479 €	-0.6%	31951 €	-2.2%
Envoltente opaca (coeficiente transm.)	32650 €	-0.1%	32777 €	+0.3%
Envidraçados (coeficiente transm.)	32102 €	-1.7%	33844 €	+3.6%
Protecção solar	33809 €	+3.5%	31617 €	-3.2%
Classe de exposição	32029 €	-2.0%	-	-
Pontes térmicas	32336 €	-1.0%	33166 €	+1.5%
Inércia térmica	32648 €	-0.1%	32774 €	+0.3%
Recuperação de calor	32667 €	+0%	31836 €	-2.5%
Sistema Aquecimento	33426 €	+2.3%	32239 €	-1.3%
Sistema Arrefecimento	34185 €	+4.6%	31820 €	-2.6%
Potência Iluminação	41942 €	+28.4%	23726 €	-27.4%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	32667 €	+0%	26346 €	-19.3%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	34240 €	+4.8%	31094 €	-4.8%

No caso de Aveiro, o diferencial de custos causado pelas três medidas de maior impacto seleccionadas é considerável no caso da potência de iluminação, reduzindo em 27.4% os custos anuais em energia. O controlo de iluminação é igualmente um factor de redução, com 19.3% de diminuição face ao cenário central, onde a alteração do “SFP” obtém uma redução de 4.8%

Tabela 6.12 – Análise de custos diferencial para a cidade de Braga

Custo de exploração base: 33346€	Alto	%	Baixo	%
Factor de Forma	33363 €	-0.2%	34062 €	+1.9%
Área envidraçada/Área pavimento	33566 €	+0.4%	33357 €	-0.2%
Orientação principal dos envidraçados	33287 €	-0.4%	32735 €	-2.1%
Envolvente opaca (coeficiente transm.)	33476 €	+0.1%	33478 €	+0.1%
Envidraçados (coeficiente transm.)	33051 €	-1.2%	34440 €	+3.0%
Protecção solar	34808 €	+4.1%	32470 €	-2.9%
Classe de exposição	33060 €	-1.1%	-	-
Pontes térmicas	33184 €	-0.8%	33862 €	+1.3%
Inércia térmica	33405 €	-0.1%	33521 €	+0.3%
Recuperação de calor	33436 €	+0%	32535 €	-2.7%
Sistema Aquecimento	34267 €	+2.5%	32966 €	-1.4%
Sistema Arrefecimento	35097 €	+5.0%	32490 €	-2.8%
Potência Iluminação	42611 €	+27.4%	24579 €	-26.5%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	33436 €	+0%	27253 €	-18.5%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	35009 €	+4.7%	31852 €	-4.7%

No caso de Braga o custo anual de exploração correspondia a 33346 €, a redução induzida por algumas das medidas também é mais significativa nos parâmetros associados à iluminação, como se pode verificar na tabela 6.12. No caso da potência de iluminação e do seu controlo é possível verificar uma redução de 26.5% e 18.5% respectivamente nos custos de exploração do edifício, em contraponto aos 2.8% de diminuição associado à alteração do sistema de arrefecimento.

Tabela 6.13 - Análise de custos diferencial para a cidade de Lamego

Custo de exploração base: 33825€	Alto	%	Baixo	%
Factor de Forma	34085 €	+0.8%	34337 €	+1.5%
Área envidraçada/Área pavimento	34013 €	+0.6%	33649 €	-0.5%
Orientação principal dos envidraçados	33632 €	-0.6%	33129 €	-2.1%
Envoltente opaca (coeficiente transm.)	33895 €	+0.2%	33798 €	-0.1%
Envidraçados (coeficiente transm.)	33568 €	-0.8%	34698 €	+2.6%
Protecção solar	35145 €	+3.9%	32867 €	-2.8%
Classe de exposição	33763 €	-0.2%	-	-
Pontes térmicas	33620 €	-0.6%	34182 €	+1.1%
Inércia térmica	33776 €	-0.1%	33921 €	+0.3%
Recuperação de calor	33825 €	+0%	33082 €	-2.2%
Sistema Aquecimento	34704 €	+2.6%	33336 €	-1.4%
Sistema Arrefecimento	35651 €	+5.4%	32901 €	-2.7%
Potência Iluminação	42899 €	+26.8%	25043 €	-26.0%
Controlo iluminação (presença + luz natural)	33825 €	+0%	27638 €	-18.3%
Consumo dos ventiladores W/(m ³ /h).	35409 €	+4.7%	32241 €	-4.7%

No caso de Lamego também podemos verificar na tabela 6.13 uma redução significativa nos parâmetros associados à iluminação, com um custo de exploração anual de 33825 €. Em Lamego (I3 – V3), tal como em Aveiro, a redução induzida pelos parâmetros associados à iluminação (potência e controlo) é de 26% e de 18.3% respectivamente, face aos 4.7% de diminuição relativamente ao cenário central no caso da melhoria do “SFP”.

Estes resultados permitem analisar de forma bastante expedita o impacto económico nos custos de exploração associados à energia devido à variação dos parâmetros abordados neste estudo.

Por não fazer parte integrante deste trabalho, não são associados a custos de instalação ou custos de aquisição de eventuais equipamentos e materiais necessários à implementação das medidas resultantes da variação daqueles parâmetros, que, como é natural, não dispensa um estudo mais aprofundado fora do âmbito do presente trabalho.

No gráfico 6.5 é possível analisar o diferencial de custos entre as medidas propostas no cenário central e no baixo, nas três zonas climáticas deste estudo, sendo possível constatar a diferença nos custos de exploração em função da zona climática.

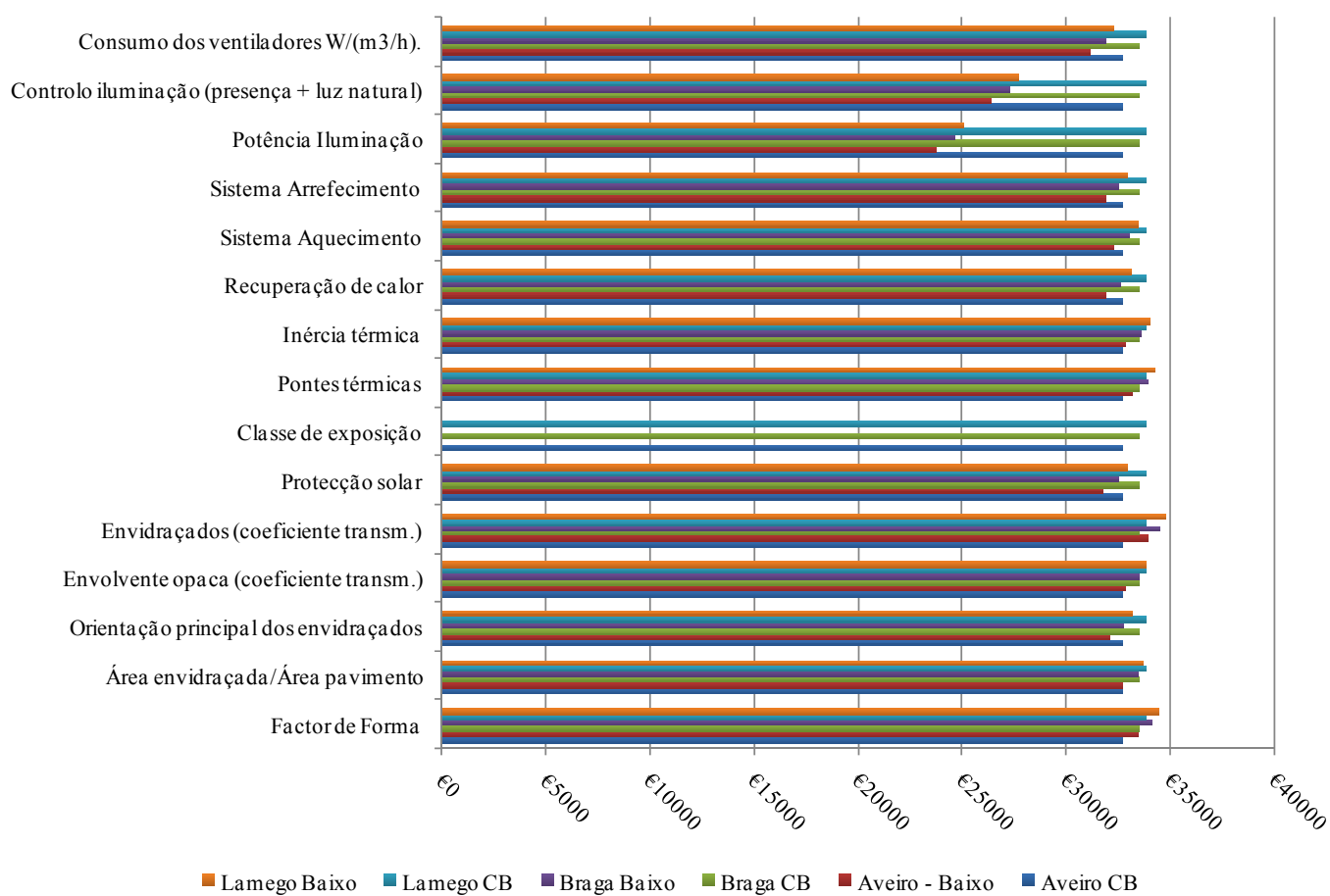


Gráfico 6.5 – Variabilidade dos custos de exploração do edifício em função da zona climática

7. Estudo de sistema de absorção

Face aos resultados obtidos com a análise de sensibilidade ao RSECE e como complemento a esta análise, optou-se por realizar um estudo de viabilidade de instalação de um *chiller* com ciclo de absorção, realizando um pré-dimensionamento de um equipamento com queima directa de gás e posteriormente com alimentação de água quente proveniente de fontes renováveis de energia, como por exemplo um sistema de colectores solares.

O *chiller* de absorção é um equipamento que se baseia no princípio da absorção, esquematizado na figura 7.1, utilizando uma fonte de calor para fornecer a energia necessária para a produção de água refrigerada, podendo ser de simples efeito (com COP de aproximadamente 0.6) ou de duplo efeito (com COP de aproximadamente 1.1).

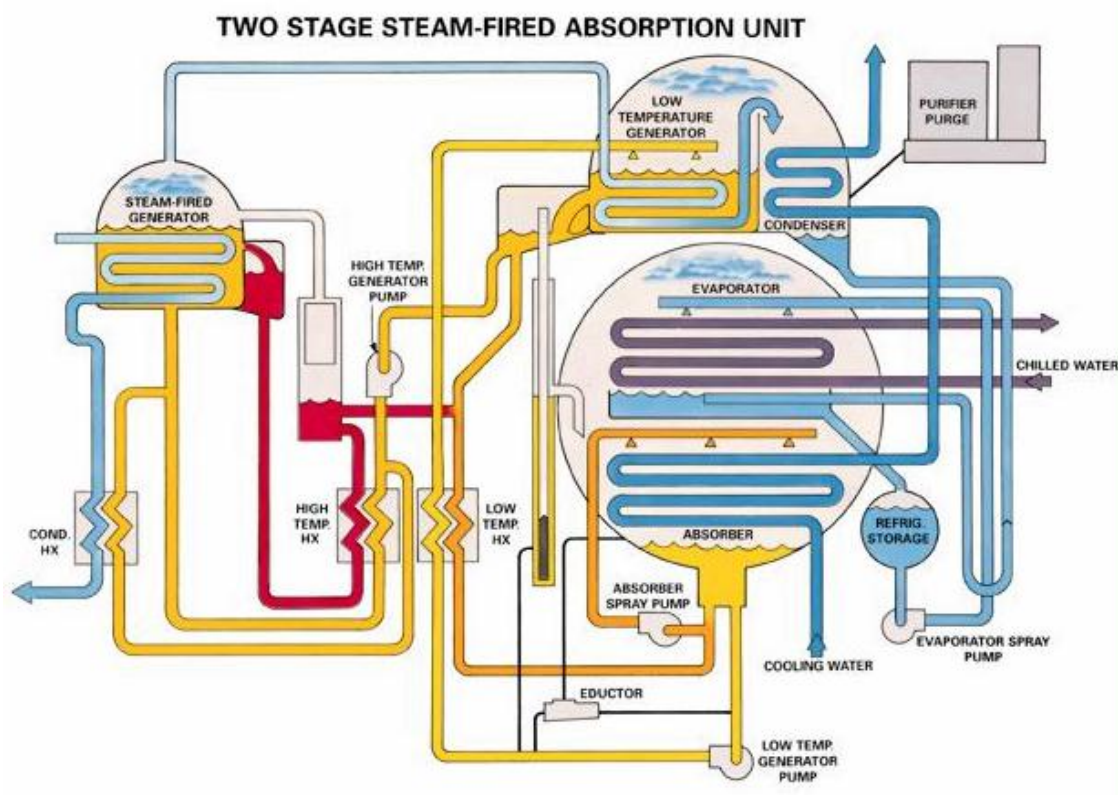


Figura 7.1 – Esquema tipo de uma instalação com *chiller* de absorção³¹

³¹ in Trane Fundamentals

Os *chiller's* de absorção são uma alternativa vantajosa relativamente a outros equipamentos em locais onde exista intermitência da alimentação eléctrica, energia eléctrica dispendiosa, onde o ruído dos compressores é problemático, ou onde exista rejeição de calor de processos industriais [17]. No entanto possui desvantagens, como o facto de trabalhar em pressões inferiores à atmosférica, agravando o risco de avaria por fugas, impossibilitando a sua manutenção no local, e o custo bastante superior relativamente a opções de *chiller's* de compressão de vapor.

O princípio de funcionamento para um *chiller* utilizado em climatização (composto por soluções de LiBr-H₂O) é o seguinte: no absorvedor, o gás proveniente do evaporador mistura-se com a solução do gerador, resultando libertação de calor e contracção de volume. De forma a manter o processo é necessário retirar o calor, mantendo-se assim a temperatura no absorvedor, logo o líquido formado no absorvedor é bombeado para o gerador pelo que a sua pressão aumenta; no trajecto para o gerador, o fluido troca calor com a solução que vem do gerador, evaporando-se à chegada. Sendo o brometo de lítio um sal dissolvido na água, o vapor é exclusivamente composto por água e a solução que sai do gerador é uma solução rica em brometo de lítio (LiBr). Esta solução é designada por solução rica, sendo que a solução que vem do absorvedor para o gerador é designada por solução pobre.

O fluido que circula no condensador e no evaporador é a água, pelo que a temperatura do fluido no evaporador não pode ser inferior a 0 (°C). Caso se pretendam temperaturas inferiores, é necessário utilizar a mistura H₂O – NH₃, e neste caso o sistema é mais complexo, dado que é necessário utilizar uma coluna de rectificação.

No caso vertente, foi simulado o cenário central na cidade de Aveiro a título de exemplo, a fim de obter o impacto na classificação energética da utilização deste tipo de sistema. Como se pode verificar pelo gráfico 7.1, o sistema de produção de água refrigerada é solicitado durante todo o ano, sendo necessária cerca de 100 (MWh/ano) de energia fornecida no arrefecimento para garantir as condições ambientes.

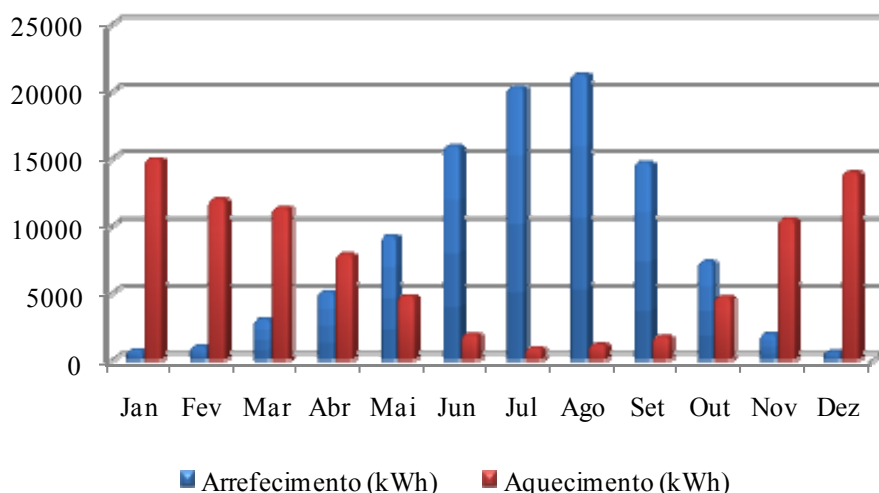


Gráfico 7.1 – Consumos de energia final associados aos sistemas de produção de energia térmica

7.1 Chiller de absorção - queima directa de gás natural

No caso do sistema de absorção possuir um sistema de queima directa de gás natural para produção de água quente, o COP típico destas instalações é de cerca de 1, onde o consumo energético é sob a forma de gás natural.

Associando o perfil de consumo expresso no gráfico 7.1, é possível prever o consumo de gás natural obtido por este *chiller*, de forma a poder contabilizá-lo para o cálculo do IEE e a determinação da classe energética. O perfil de consumo do *chiller* é representado no gráfico 7.2, apenas referente ao consumo do gás natural para a situação de arrefecimento.

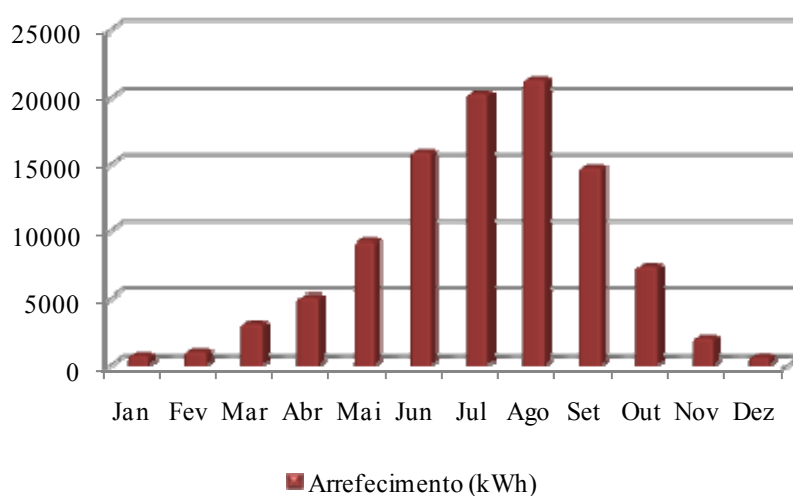


Gráfico 7.2 – Perfil de consumo de gás natural inerente ao *chiller* de absorção

Face ao gráfico 7.2, é possível verificar a grande desvantagem destes equipamentos face a um *chiller* convencional, devido ao seu COP inferior, sendo necessária mais energia útil para suprimir as necessidades de arrefecimento.

7.1.1 Classificação energética

A alteração da classificação energética resulta, por um lado, da alteração da quantidade de energia para suprir as necessidades em arrefecimento ambiente e, por outro, no tipo de energia utilizada, logo da alteração do respectivo factor de conversão em energia primária.

Tabela 7.1 - Resultados da simulação do caso base em Aveiro com o *chiller* de absorção

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	77100	6631	0.74	2.1
	Aquecimento (Elec.)	2300	667	0.74	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento (Elec.)	4100	1189	1	0.5
	Arrefecimento (Gás)	101143	8698	1	3.7
	Ventilação	29400	8526	1	3.6
Q_{out}	Bombas	4300	1247	1	0.5
	Iluminação	143600	41644	1	17.5
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		409943	85522	-	33.9

Como é possível verificar na tabela 7.2 a classificação energética face a esta alteração mantém-se em “B-“, resultando, ainda, no agravamento do IEE face ao caso base. Isto deve-se ao aumento dos consumos do sistema face a um *chiller* convencional, apesar da redução significativa do factor de conversão em energia primária.

7.2 Chiller de absorção – alimentação a água quente

No caso do *chiller* de simples efeito com alimentação a água quente entre os 80 (°C) e os 98 (°C), o perfil de carga do sistema obtido durante um ano típico de funcionamento está representado no gráfico 7.3.

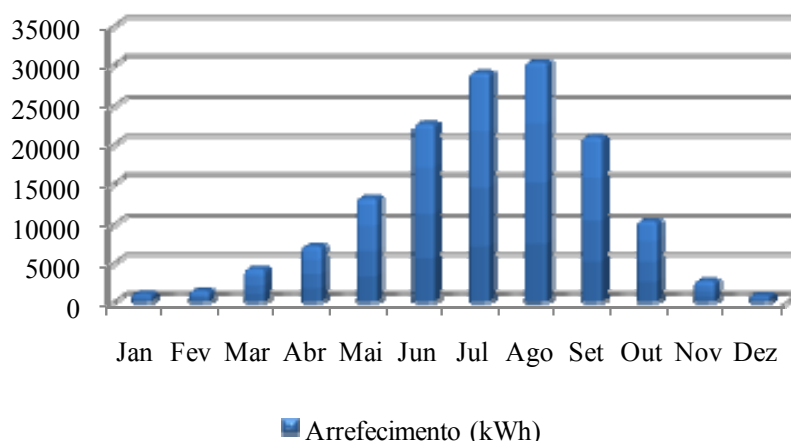


Gráfico 7.3 – Energia térmica necessária de fornecimento ao *chiller* de absorção

O sistema de produção de água quente para aquecimento é assegurado pela caldeira a gás natural definida no cenário central, onde as necessidades de água refrigerada são asseguradas pelo *chiller* de absorção. Como se pode constatar pelo gráfico 7.3, o perfil de consumo de água quente do *chiller* é superior ao perfil do gráfico 7.1, devido ao COP inferior a 1 deste tipo de sistemas, sendo necessário quase 150 (MWh/ano) de energia fornecida através de alimentação de água quente para funcionamento do sistema.

7.2.1. Classificação energética

Os pressupostos assumidos neste pré-dimensionamento permitem dissociar a alimentação de água quente dos consumos afectos ao cálculo do IEE, considerando exclusivamente que a energia fornecida provém de fontes renováveis. Na tabela 7.2 é apresentado o cálculo do IEE associado a este sistema.

Tabela 7.2 - Resultados da simulação do caso base em Lamego com o *chiller* de absorção

Tipo de consumos		Consumos energéticos		Factor de correcção	IEE
		[kWh/ano]	[kgep/ano]	[-]	[kgep/(m ² .ano)]
Q_{aq}	Aquecimento (Gás)	77100	6631	0.74	2.1
	Aquecimento (Elec.)	2300	667	0.74	0.2
Q_{arr}	Arrefecimento	6300	1827	1	0.8
	Ventilação	29400	8526	1	3.6
Q_{out}	Bombas	4300	1247	1	0.5
	Iluminação	143600	41644	1	17.5
	Equipamento	48000	13920	1	5.9
TOTAL		311000	74462	-	30.5

Como é possível verificar na tabela 7.2 a classificação energética face a esta alteração mantém-se em “B-“, embora existindo uma melhoria no IEE face ao caso base. Esta melhoria baseia-se na associação dos consumos principais do *chiller* a fontes renováveis de energia apesar de existir um incremento dos consumos do sistema face a um *chiller* convencional, subsistindo apenas o consumo eléctrico inerente ao controlo do sistema.

8. Conclusões

O estudo realizado neste trabalho permitiu a análise da influência de vários parâmetros tecnológicos e construtivos, no desempenho aferido pela regulamentação energética em Portugal, quer para edifícios de habitação quer para edifícios de serviços.

Numa fase preliminar, incidindo o estudo sobre o sector residencial, o cenário central utilizado atingia a classe energética “B-“. A análise revelou que os factores mais preponderantes na classificação energética à luz do RCCTE estavam associados aos sistemas de produção de águas quentes sanitárias, nomeadamente a existência de colectores solares, a energia anual fornecida pelo sistema solar assim como a eficiência do seu sistema de apoio.

Este resultado deve ser lido à luz da fórmula de cálculo regulamentar para o factor Ntc, a qual enfatiza as necessidades de energia para preparação de águas quentes sanitárias face ao aquecimento ou ao arrefecimento. Contudo, alterando a base de cálculo do regulamento para a hipótese de satisfação total das necessidades de climatização, é possível verificar que, caso uma residência se encontre climatizada em permanência, o factor com mais impacto nas necessidades globais seria a eficiência do sistema de aquecimento.

Esta análise revelou também que parâmetros como o factor de forma e o sistema de aquecimento, particularmente a sua eficiência e o vector energético adoptado, possuem um impacto considerável na classificação energética. No caso do factor de forma, verificou-se a existência de um agravamento na classificação energética para valores elevados, devido ao aumento do coeficiente global de perdas térmicas do espaço, aumentando as necessidades de energia para a estação de aquecimento. No caso do sistema de aquecimento a sua eficiência afecta directamente o índice Nic, o que associado ao diferencial no factor de conversão de energia útil em energia primária, entre a energia eléctrica e o gás natural, provoca um impacto significativo na classificação energética destas fracções em Portugal.

Numa fase posterior o estudo avançou para uma segunda vertente de edifícios, nomeadamente os abrangidos pelo RSECE, dominados por cargas internas e consumos fortemente associados não directamente aos sistemas de climatização ambiente, mas a sistemas inerentes ao funcionamento do edifício, condicionando as suas cargas térmicas. O caso de estudo situado em Braga (zona I2 – V2), foi complementado com duas outras zonas climáticas, Aveiro (zona I1 – V1) e Lamego (zona I3 – V3). A análise revelou um forte peso associado aos factores “Outros consumos” tais como a ventilação, grupos de bombas e iluminação interior, sendo decisivos na classificação energética deste tipo de edifícios.

O controlo da iluminação artificial, associado ao aproveitamento da iluminação natural, além da redução da carga interna dos espaços, possibilita a diminuição dos consumos anuais de energia associados a este factor. Esta medida implica projectos luminotécnicos que prevejam

não só a integração de elementos de controlo automático da iluminação do edifício, como a disposição correcta de sensores de luminosidade e possibilidade de desarme sucessivo de armaduras, mas também um estudo prévio adequado do aproveitamento efectivo da luz natural, de forma a minimizar de forma conveniente os principais consumos de energia mas maximizando a utilização da energia solar.

A utilização do coeficiente *specific fan power* revelou-se igualmente um parâmetro com impacto na classificação energética, naturalmente associado à eficiência dos ventiladores e da rede de condutas utilizadas no projecto do edifício. A implementação deste parâmetro obriga a um projecto de aeráulica do edifício que promova a baixa perda de carga, associando ventiladores com *specific fan power* relativamente baixos com variadores de frequência.

No caso do sistema de arrefecimento, o cenário baixo promoveu uma redução do IEE considerável face ao caso base devido à redução da energia associada à rejeição de calor do equipamento, eliminando a condensação remota por torre de refrigeração, rejeitando o calor associado ao processo para o solo. O principal inconveniente desta medida passa pela complexidade da sua implementação no processo de construção, assim como o custo associado à perfuração do local.

No entanto, apesar dos parâmetros associados aos sistemas de produção de energia, à própria arquitectura do edifício e à sua constituição permanecerem com um peso menor face aos anteriores, notou-se uma diferenciação no peso entre zonas climáticas, mais devida ao facto de estas possuírem factores de correcção climática distintos, do que propriamente ao facto de os valores das necessidades de energia para garantir as condições nominais de conforto serem superiores.

Face aos resultados obtidos pode-se concluir também que o factor solar dos vãos envidraçados possui um impacto considerável na classificação energética, reduzindo as cargas internas dos espaços, associando consumos menores nas estações de arrefecimento para as três zonas climáticas, sendo amplificado o impacto em zonas mais críticas nesta estação.

No caso da utilização de sistemas de absorção para arrefecimento é possível concluir que no caso de equipamentos que utilizem fontes renováveis de energia a sua utilização beneficia a classificação energética apesar de o impacto ser inferior face a outros parâmetros estudados neste trabalho, não dispensando uma análise técnico-económica devido aos custos de investimento. No caso de o sistema utilizar gás natural para aquecimento da água para o sistema de absorção, existe um agravamento do IEE face ao cenário central, devido à eficiência inferior destes sistemas, penalizando o consumo global do edifício.

9. Referências e Bibliografia

- [1] Luebckeman, 2008, *Energy Manual – Sustainable Architecture*, Munich, Edition Detail.
- [2] Camelo, Susana, Pina dos Santos, Carlos, 2006, *Manual de apoio à aplicação do RCCTE*; INETI, Lisboa.
- [3] Mendes, J. Casimiro, Guerreiro, M. Rita, Pina dos Santos, Carlos, Paiva, J. A., 1989, *Temperaturas exteriores de projecto e números de graus-dias*, LNEC, Lisboa.
- [4] Hélder Perdigão Gonçalves, Susana Camelo, 2006, *Manual de apoio à aplicação do RSECE – Energia*; INETI, Lisboa.
- [5] Pina dos Santos, Carlos, Matias, Luís, 2006, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- [6] Decreto-Lei nº 80/2006 de 4 de Abril, *RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios*.
- [7] Decreto-Lei nº 79/2006 de 4 de Abril, *RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios*.
- [8] Decreto-Lei nº 78/2006 de 4 de Abril, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios*.
- [9] EU, 2007, *Plano de acção sobre eficiência energética 2007 – 2012*.
- [10] Pedersen, Curtis O., Fisher, Daniel E., Spitler, Jeffrey D., Liesen, Richard J., 1998, *Cooling and heating: Load calculation principles*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [11] ADENE, 2008, *ADENE – Perguntas e Respostas sobre o RCCTE*.
- [12] ADENE, 2008, *ADENE – Perguntas e Respostas sobre o RSECE – Energia*.
- [13] ADENE, 2008, *ADENE – Perguntas e Respostas sobre o SCE*.
- [14] WBCSD, Suíça, *Eficiência energética em Edifícios – Relatório Síntese*, 2007.
- [15] ANSI/ASHRAE – Nonresidential cooling and heating load calculations. Standard 30 – 2005.
- [16] Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002 relativa ao desempenho energético dos edifícios.
- [17] Roriz, Luís, 2006, *Climatização – Conceção, instalação e condução de sistemas*, Edições Orion, Amadora.

[18] Gonçalves, Hélder; Graça, João, 2004, *Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal*, INETI, Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação.

Anexo A – Relatórios do Solterm

```

-----
Caso Alto.txt
-----
SolTerm 5.0

Caso Alto

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico
-----
Campo de colectores
-----
Modelo de colector: Norquente N1
Tipo: Plano
2 módulos (3.8 m²)
Inclinação 36° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a1= 6.200 W/m²/K    a2= 0.015 W/m²/K²
Rendimento óptico: 58.8%

Modificador de ângulo: a
  0°   5°   10°  15°  20°  25°  30°  35°  40°
    1.00 1.00 1.00 0.99 0.98 0.98 0.96 0.95 0.93
a  45°  50°  55°  60°  65°  70°  75°  80°  85°  90°
    0.90 0.87 0.83 0.77 0.68 0.55 0.33 0.00 0.00 0.00
-----
Permutador
-----
Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 67.1 l/m² por hora (=0.07 l/s)

-----
Depósito
-----
Modelo: típico 300 l
Volume: 300 l
Área externa: 3.60 m²
Material: médio condutor de calor
Posição vertical
Deflectores interiores
Coeficiente de perdas térmicas: 2.74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

-----
Tubagens
-----
Comprimento total: 5.0 m
Percurso no exterior: 0.5 m com protecção mecânica
Diâmetro interno: 25.7 mm
Espessura do tubo metálico: 1.5 mm
Espessura do isolamento: 30.0 mm
Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
Condutividade térmica do isolamento: 0.030 W/m/K

-----
Carga térmica: segunda a sexta
-----

RCCTE 4 ocupantes_v1

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):
  Jan  Feb  Mar  Abr  Mai  Jun  Jul  Ago  Set  Out  Nov  Dez

```

	15	15	15	15	Caso 15	Alto.txt 15	15	15	15	15	15	15
Perfis de consumo (1)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
hora												
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09												
10												
11												
12												
13	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22												
23												
24												
diário	160	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Carga térmica: fim-de-semana

RCCTE 4 ocupantes_v1

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Perfis de consumo (1)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
hora												
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09												
10												
11												
12												
13	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22												
23												

Caso Alto.txt

24
diário 160 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Braga
Coordenadas nominais: 41.5°N, 8.4°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (fonte: INETI - versão 2004)
Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)
Orientação do painel: inclinação 36° - azimuth 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kwh/m²	Rad.Inclin. kwh/m²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	50	82	.	68	260	191
Fevereiro	67	99	.	67	176	109
Março	108	133	.	85	195	109
Abril	142	154	.	103	188	85
Maio	172	169	.	113	195	81
Junho	189	177	.	126	188	62
Julho	206	197	.	147	195	48
Agosto	184	193	.	146	195	49
Setembro	128	151	.	119	188	69
Outubro	93	129	.	98	195	97
Novembro	59	95	.	67	188	121
Dezembro	47	81	.	54	195	140
Anual	1445	1659	.	1195	2357	1162

Fracção solar: 50.7%
Rendimento global anual do sistema: 19% Produtividade: 313 kwh/[m²
colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs
78,79,80/06)

Caso Baixo | 17-10-2008 12:53:18 |

Caso Baixo.txt

SolTerm 5.0

Caso Baixo

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colectores: Vitosol 200 SD2 20 Tubos Vácuos

Tipo: Tubos de vácuo

2 módulos (4.3 m²)

Inclinação 50° - Azimute Sul

Coefficientes de perdas térmicas: a1= 1.740 W/m²/K a2= 0.004 W/m²/K²

Rendimento óptico: 77.5%

Modificador de ângulo: a 0° 5° 10° 15° 20° 25° 30° 35° 40°
1.00 1.01 1.01 1.02 1.02 1.02 1.03 1.03 1.03

a 45° 50° 55° 60° 65° 70° 75° 80° 85° 90°
1.00 0.96 0.93 0.89 0.77 0.72 0.64 0.47 0.00 0.00

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 18.6 l/m² por hora (=0.02 l/s)

Depósito

Modelo: típico 300 l

Volume: 300 l

Área externa: 3.60 m²

Material: médio condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coefficiente de perdas térmicas: 2.74 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 5.0 m

Percurso no exterior: 0.5 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 25.7 mm

Espessura do tubo metálico: 1.5 mm

Espessura do isolamento: 30.0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0.030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

RCCTE 4 ocupantes_v1

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

	Caso Baixo.txt											
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Perfis de consumo (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
hora												
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09												
10												
11												
12												
13	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22												
23												
24												
diário	160	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120

Carga térmica: fim-de-semana

RCCTE 4 ocupantes_v1

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Perfis de consumo (l)	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
hora												
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09												
10												
11												
12												
13	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	50	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	30	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22												
23												

Caso Baixo.txt

24
diário 160 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Braga
Coordenadas nominais: 41.5°N, 8.4°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (fonte: INETI - versão 2004)
Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)
Orientação do painel: inclinação 50° - azimute 0°

Balanço energético mensal e anual

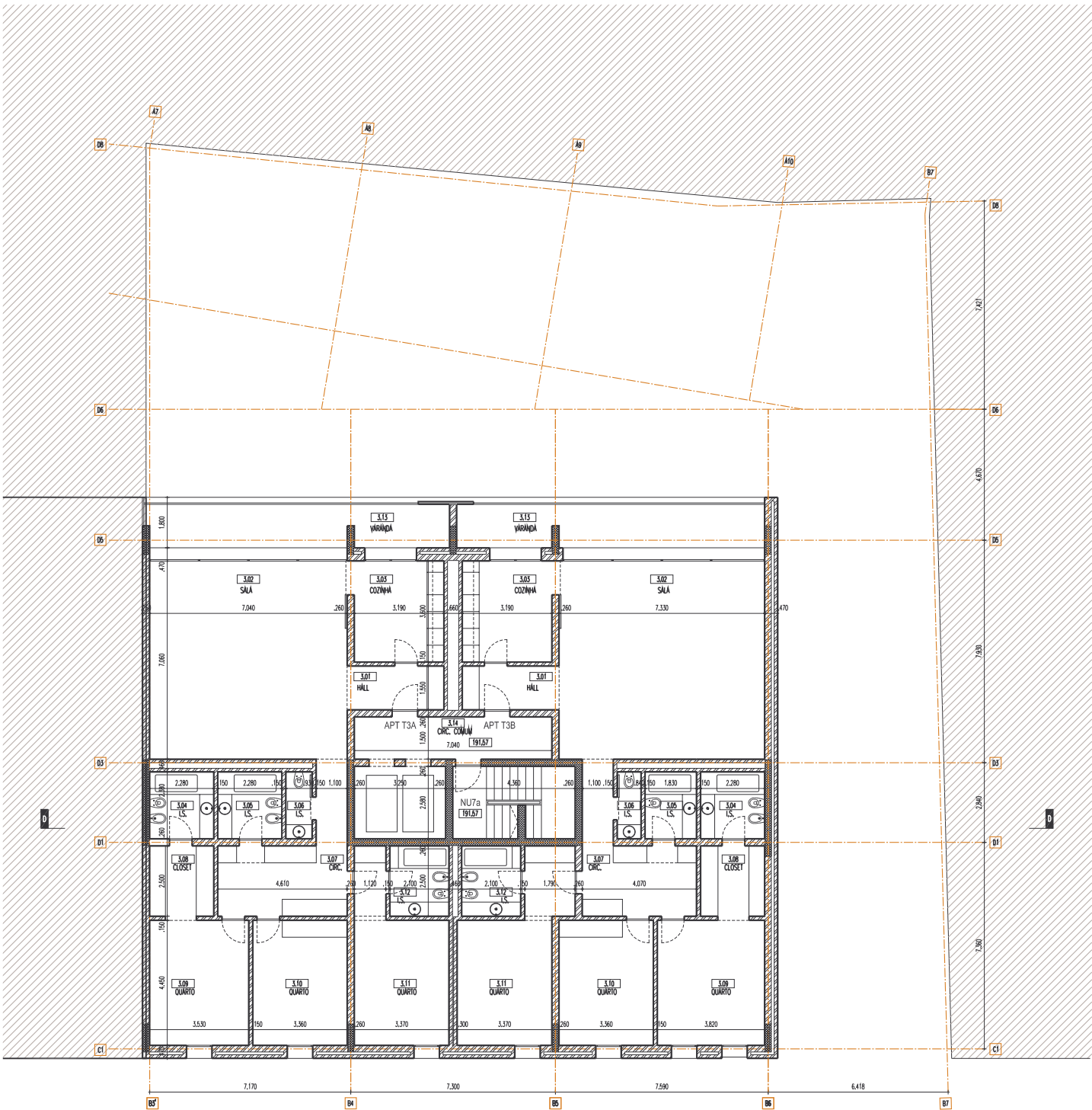
	Rad.Horiz. kwh/m²	Rad.Inclin. kwh/m²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	50	88	.	161	260	98
Fevereiro	67	104	3.	156	176	20
Março	108	132	8.	170	195	24
Abril	142	147	17.	186	188	2
Maio	172	156	19.	187	195	7
Junho	189	159	22.	184	188	4
Julho	206	179	53.	192	195	3
Agosto	184	181	64.	193	195	1
Setembro	128	148	35.	183	188	5
Outubro	93	134	23.	178	195	17
Novembro	59	101	1.	157	188	31
Dezembro	47	88	.	145	195	50
Anual	1445	1617	245.	2093	2357	263

Fracção solar: 88.8%
Rendimento global anual do sistema: 30% Produtividade: 486 kwh/[m²
colector]

N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs
78,79,80/06)

Caso Baixo | 17-10-2008 13:00:07 |

Anexo B – Desenhos da fracção RCCTE



ESPAÇOS			
	REF.	FUNÇÃO	ÁREA
T3A	3.01	HALL	5.35 m2
	3.02	SALA	49.70 m2
	3.03	COZINHA	11.48 m2
	3.04	I.S.	5.43 m2
	3.05	I.S.	5.43 m2
	3.06	I.S.	2.21 m2
	3.07	CIRCULAÇÃO	14.93 m2
	3.08	CLOSET	5.70 m2
	3.09	QUARTO	15.71 m2
	3.10	QUARTO	14.95 m2
	3.11	QUARTO	17.96 m2
	3.12	I.S.	5.25 m2
	3.13	VARANDA	19.24 m2
T3B	3.01	HALL	5.35 m2
	3.02	SALA	51.75 m2
	3.03	COZINHA	11.48 m2
	3.04	I.S.	5.43 m2
	3.05	I.S.	4.36 m2
	3.06	I.S.	2.00 m2
	3.07	CIRCULAÇÃO	13.59 m2
	3.08	CLOSET	5.70 m2
	3.09	QUARTO	17.00 m2
	3.10	QUARTO	14.95 m2
	3.11	QUARTO	19.62 m2
	3.12	I.S.	5.25 m2
	3.13	VARANDA	19.44 m2
	3.14	CIRCULAÇÃO COMUM	10.56 m2
	NU7a	ESCALA	11.25 m2

ARTIGO 537
Alb= 922,81 m2

PISO	ESPAÇO	A.B.
0	ARRECADADAÇÃO LOJA	527.07 m2
1	HABITAÇÃO	453.19 m2
2	HABITAÇÃO	453.19 m2
3	HABITAÇÃO	453.19 m2
4	HABITAÇÃO	334.23 m2
5	HABITAÇÃO	334.23 m2
TOTAL		2555.10 m2

CONFRONTAÇÕES
Este: Rua de S. Lázaro
Norte: Javere S.A.
Sul: Javere S.A.
Oeste: Javere S.A.



TÉCNICO RESPONSÁVEL
afaconsult

PROJECTO
Remodelação do Quarteirão na Avenida da Liberdade
em Braga - Art.º537

LOCALIZAÇÃO
Braga

PROMOTOR

ESPECIALIDADE

FASE
Projecto de Licenciamento - Art.º537

SÉRIE
A-02

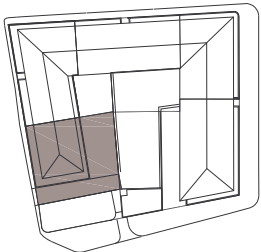
DESENHO
Planta do Piso 3

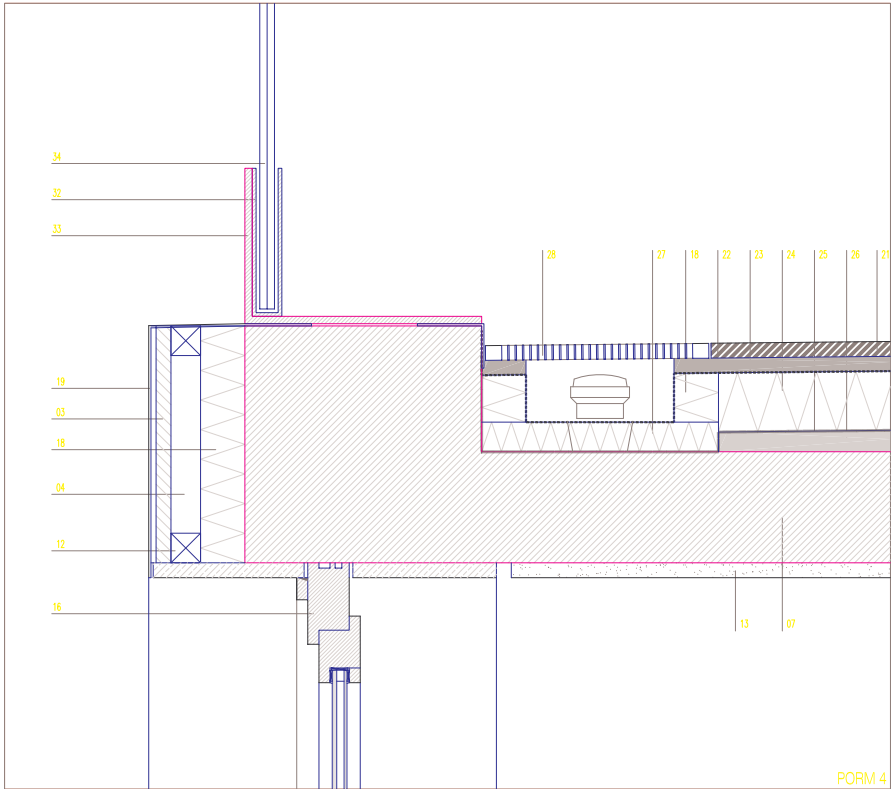
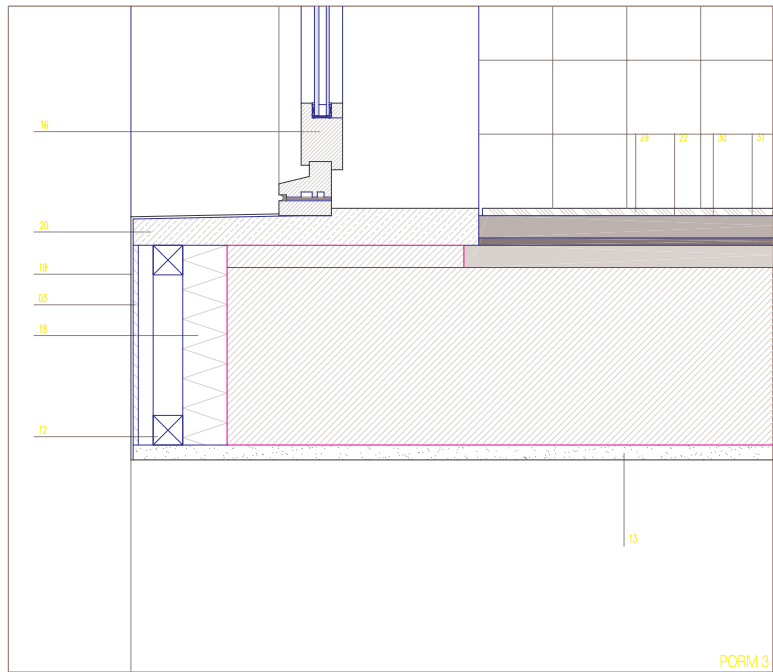
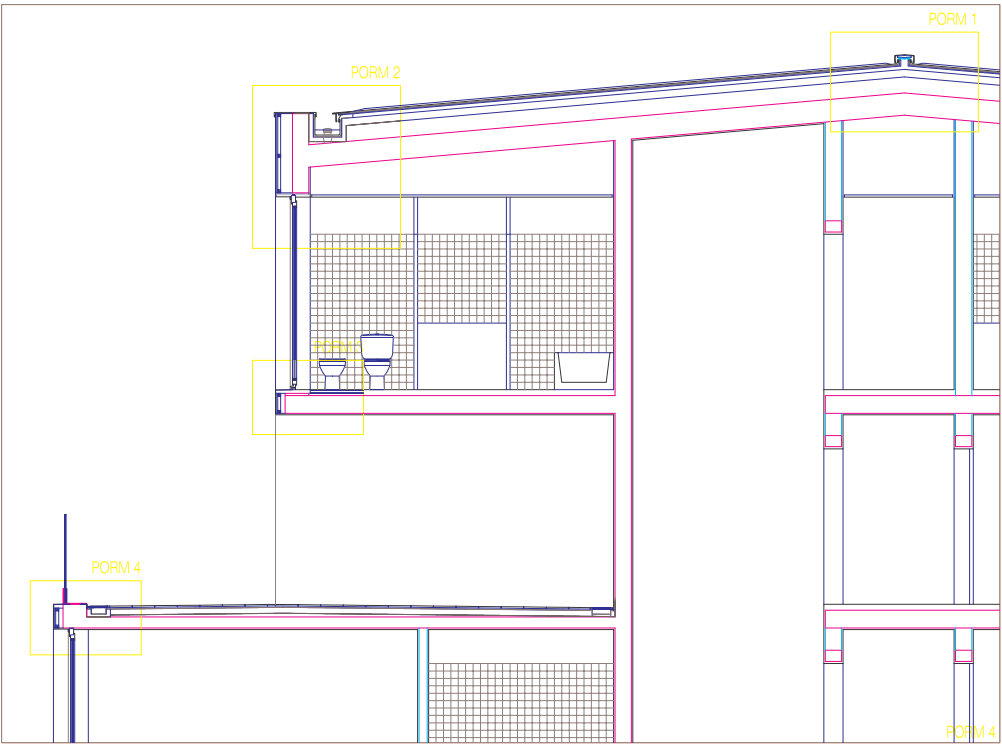
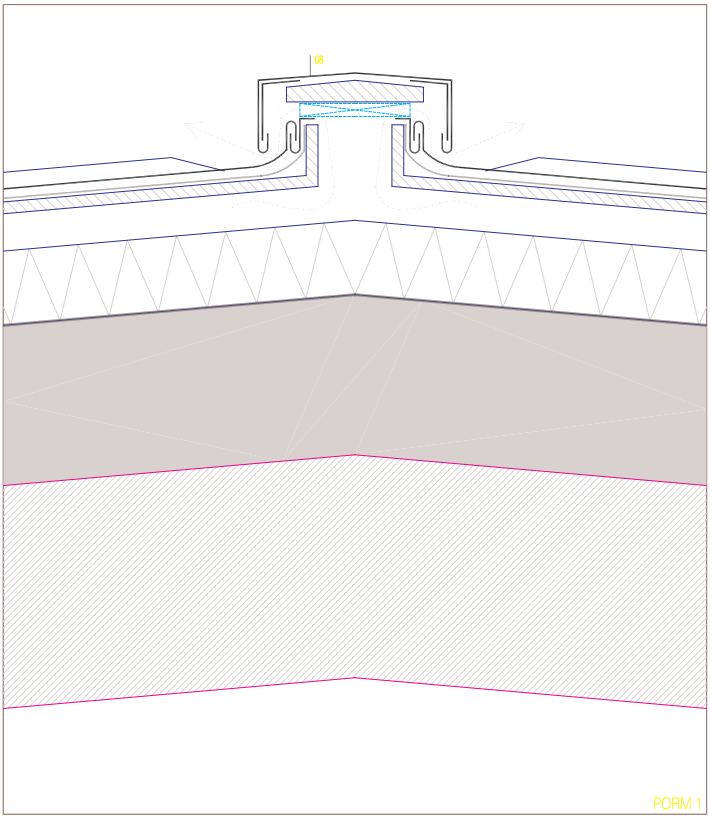
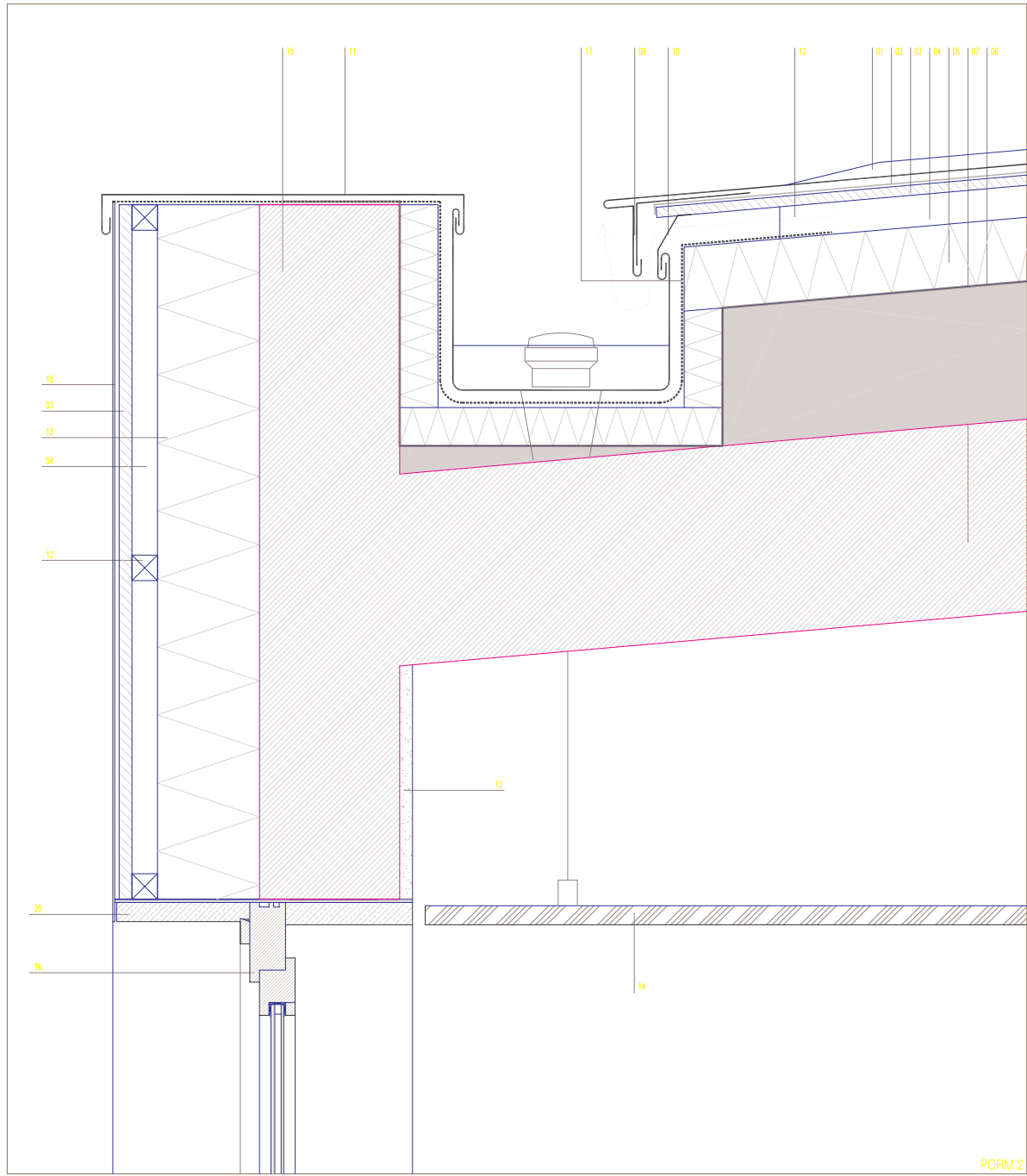
ESCALAS
1:200

CÓDIGO DO DESENHO
A-02-10

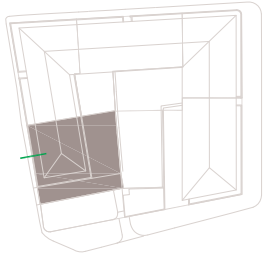
SUBSTITUI

FICHEIRO
AutoCad 2009





- 01 – COBERTURA EM CHAPA DE ZINCO, JUNTA ACRIFADA 40mm
02 – FELTRO DE SEPARAÇÃO
03 – PANEL DE CONTRAPLACADO 16mm EM MADEIRA DE PINHO SECA E TRATADA CONTRA FUNGOS E INSETOS
04 – CAVA DE AR
05 – ISOLAMENTO TÉRMICO EM ROOFMATE “SL” 100mm
06 – CAMADA DE FORMA EM BETÃO LEVE – PENDENTE MÍNIMA 1%
07 – ESTRUTURA EM BETÃO ARMADO
08 – RUFO EM CHAPA DE ZINCO TITÂNIO N°14
09 – PRESILHAS EM CHAPA DE AÇO INOX
10 – CHAPA DE ZINCO PERFURADA P/ VENTILAÇÃO
11 – CAPEAMENTO DO MURETE EM ZINCO
12 – BARROTES DE MADEIRA DE PINHO SECA E TRATADA PARA SUPORTE
13 – REBOCO PINTADO
14 – TECTO FALSO EM GESSO CARTONADO
15 – VIGA EM BETÃO ARMADO
16 – CAXILHARA
17 – MANTA GEOTÊXIL
18 – ISOLAMENTO TÉRMICO 60mm
19 – CHAPA DE ALUMÍNIO e=3mm
20 – VERGA E SOLERA EM PEDRA
21 – TUILEIRA e=20mm
22 – ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO
23 – MANTA GEOTÊXIL
24 – ISOLAMENTO TÉRMICO 80mm
25 – SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO
26 – ENCHIMENTO E REGULARIZAÇÃO
27 – ISOLAMENTO TÉRMICO 40mm
28 – GRELHA DE PAVIMENTO
29 – AZULEJO 10x10cm
30 – MEMBRANA ANTI-RUÍDO
31 – ENCHIMENTO E REGULARIZAÇÃO
32 – CHAPA DE AÇO QUINADA 5mm
33 – CHAPA DE AÇO QUINADA 10mm
34 – VEDRO LAMINADO 10x10mm



TÉCNICO RESPONSÁVEL	CÓDIGO DE PROCESSO
PROJETO	Remodelação do Quarteirão na Avenida da Liberdade em Braga - Artº 537
LOCALIZAÇÃO	Braga
PROMOTOR	
ESPECIALIDADE	
FASE	CÓDIGO DE FASE
Projecto de Licenciamento - Artº 537	04
SÉRIE	
A-02	
DESENHO	
Corte Construtivo	
ESCALAS	DATA
1:10	Fevereiro 2009
CÓDIGO DO DESENHO	DIMENSÕES
A-02-17	420x297mm
SUBSTITUI	
FICHEIRO	PROGRAMA
	AutoCad 2009

Anexo C – Cálculo dos coeficientes de transmissão térmica

Envolventes Exteriores	Material	ρ (kg/m³)	esp. (m)	λ (W/m.°C)	R (m².°C/W)				U (W/m².°C)
					Ri	Rit	Rsi	Rse	
Pavimentos Exteriores	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
	Betão normal	2450	0.15	2	0.08				
	Argamassa de regularização	1900	0.03	1.3	0.02	2.24	0.13	0.04	0.42
	Isolamento FLOORMATE	35	0.08	0.04	2.00				
	Argamassa de regularização	1900	0.03	1.3	0.02				
Parede Exterior	Tijoleira	900	0.02	0.18	0.11				
	Painel em contraplacado	870	0.016	0.23	0.07				
	Caixa de ar	0	0.04		0.18	1.86	0.13	0.04	0.49
	Isolamento WALLMATE	35	0.06	0.04	1.50				
	Betão normal	2450	0.2	2	0.10				
Parede Exterior em pedra Art259	Reboco	900	0.01	1.8	0.01				
	Granito	2600	0.55	2.8	0.20				
	Isolamento WALLMATE	35	0.06	0.04	1.50	1.70	0.13	0.04	0.53
	Reboco	900	0.01	1.8	0.01				
	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
Parede Exterior Art259	Isolamento WALLMATE	35	0.06	0.04	1.50	1.90	0.13	0.04	0.48
	Tijolo 22 cm	950	0.22	0.56	0.39				
	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
	Tijolo 22 cm	950	0.22	0.56	0.39	1.55	0.13	0.04	0.58
Parede Exterior de separação de edifícios	Isolamento WALLMATE	35	0.03	0.04	0.75				
	Tijolo 22 cm	950	0.22	0.56	0.39				
	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
	Painel em contraplacado	870	0.016	0.23	0.07				
	Caixa de ar	0	0.04		0.00	2.87	0.10	0.04	0.33
Cobertura inclinada	Isolamento ROOFMATE	35	0.10	0.04	2.50				
	Argamassa de regularização	1900	0.2	1.3	0.15				
	Betão normal	2450	0.3	2	0.150				
	Reboco	1900	0.01	1.8	0.01				
	Betão normal	2450	0.15	2	0.08				
Cobertura em terraço	Argamassa de regularização	1900	0.03	1.3	0.02	2.24	0.10	0.04	0.42
	Isolamento ROOFMATE	35	0.08	0.04	2.00				
	Argamassa de regularização	1900	0.03	1.3	0.02				
	Tijoleira	900	0.02	0.18	0.11				
	Tijoleira	900	0.02	0.18	0.11				

Anexo D – Cálculo da inércia térmica

	Mt	Msi	Si	r	Msi*r*Si
	[kg]	[kg/m ²]	[m ²]	-	[kg]
Parede exterior	513.4	150	360	0.5	27000
Parede interior	1403.0	300	1403	1	420900
Pavimento entre pisos	623.2	300	2147	0.5	322050
Cobertura	1406.2	150	503	1	75450
Pavimento	598.9	150	229	0.5	17175
Parede interior (espaços não úteis)	924.4	150	432	1	64800
Total					927375

Área útil	2376	(m²)
It	390.31	(kg/m²)
Inércia	Média	

Anexo E – Relatório do caso base do sistema solar

SolTerm 5.0

Caso real

Estimativa de desempenho de sistema solar térmico

Campo de colectores

Modelo de colector: Vitosol 100 2.3 Tipo SV1 SH1

Tipo: Plano

2 módulos (4.7 m²)

Inclinação 45° - Azimute Sul

Coeficientes de perdas térmicas: a1= 3.940 W/m²/K a2= 0.012 W/m²/K²

Rendimento óptico: 79.1%

Modificador de ângulo: a

0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°		
1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96		
a	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
	0.94	0.92	0.89	0.86	0.80	0.72	0.59	0.32	0.00	0.00

Permutador

Interno ao depósito, tipo serpentina, com eficácia 55%

Caudal no grupo painel/permutador: 43.9 l/m² por hora (=0.06 l/s)

Depósito

Modelo: Vulcano - SK 300-1 S

Volume: 286 l

Área externa: 3.94 m²

Material: bom condutor de calor

Posição vertical

Deflectores interiores

Coeficiente de perdas térmicas: 3.94 W/K

Um conjunto depósito/permutador

Tubagens

Comprimento total: 70.0 m

Percurso no exterior: 17.0 m com protecção mecânica

Diâmetro interno: 26.0 mm

Espessura do tubo metálico: 1.5 mm

Espessura do isolamento: 30.0 mm

Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K

Condutividade térmica do isolamento: 0.030 W/m/K

Carga térmica: segunda a sexta

RCCTE 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan 15	Fev 15	Mar 15	Abr 15	Mai 15	Jun 15	Jul 15	Ago 15	Set 15	Out 15	Nov 15	Dez 15
Perfis de consumo (1)												
hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10												
11												
12												
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
22												
23												
24												
diário	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160

Carga térmica: fim-de-semana

RCCTE 4 ocupantes

Temperatura nominal de consumo: 60°C (N.B. existem válvulas misturadoras)

Temperaturas de abastecimento ao depósito (°C):

	Jan 15	Fev 15	Mar 15	Abr 15	Mai 15	Jun 15	Jul 15	Ago 15	Set 15	Out 15	Nov 15	Dez 15
Perfis de consumo (1)												
hora	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
09	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
10												
11												
12												
13	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

22
23
24
diário 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160 160

Localização, posição e envolvente do sistema

Concelho de Braga
Coordenadas nominais: 41.5°N, 8.4°W
TRY para RCCTE/STE e SOLTERM (fonte: INETI - versão 2004)

Obstruções do horizonte: 3°(por defeito)

Orientação do painel: inclinação 45° - azimuth 0°

Balanco energético mensal e anual

	Rad.Horiz. kwh/m²	Rad.Inclin. kwh/m²	Desperdiçado kwh	Fornecido kwh	Carga kwh	Apoio kwh
Janeiro	50	87	.	121	260	139
Fevereiro	67	103	.	141	234	93
Março	108	133	.	167	260	92
Abril	142	150	.	192	251	59
Maio	172	161	.	198	260	62
Junho	189	166	.	211	251	40
Julho	206	186	.	231	260	28
Agosto	184	186	.	234	260	25
Setembro	128	149	.	204	251	47
Outubro	93	133	.	183	260	76
Novembro	59	100	.	140	251	111
Dezembro	47	86	.	120	260	140
Anual	1445	1640	.	2143	3056	913

Fracção solar: 70.1%

Rendimento global anual do sistema: 28%

Produtividade: 460 kwh/[m² colector]

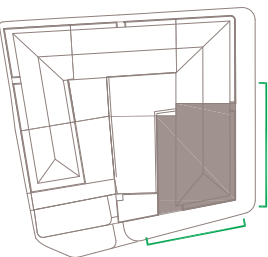
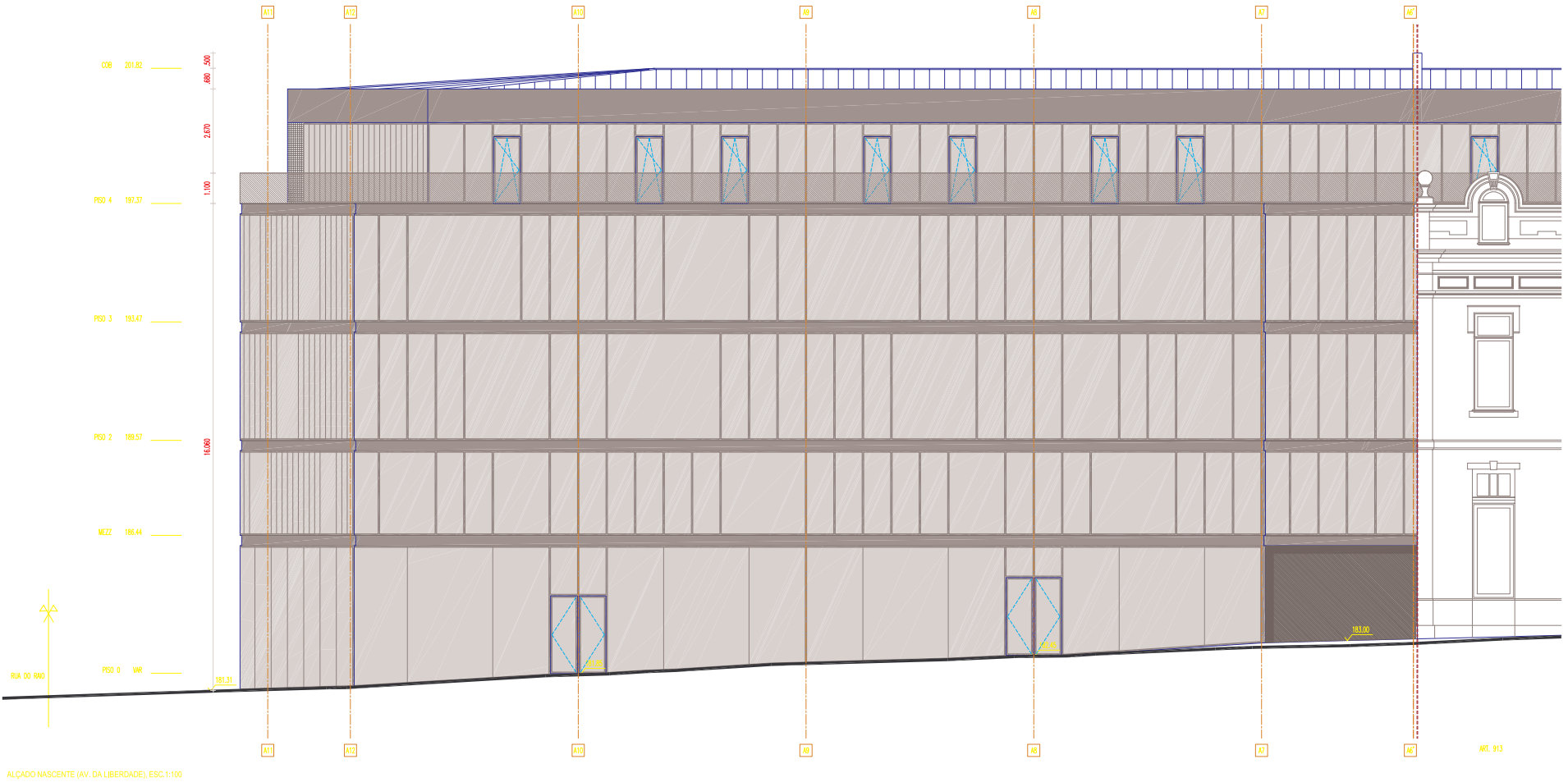
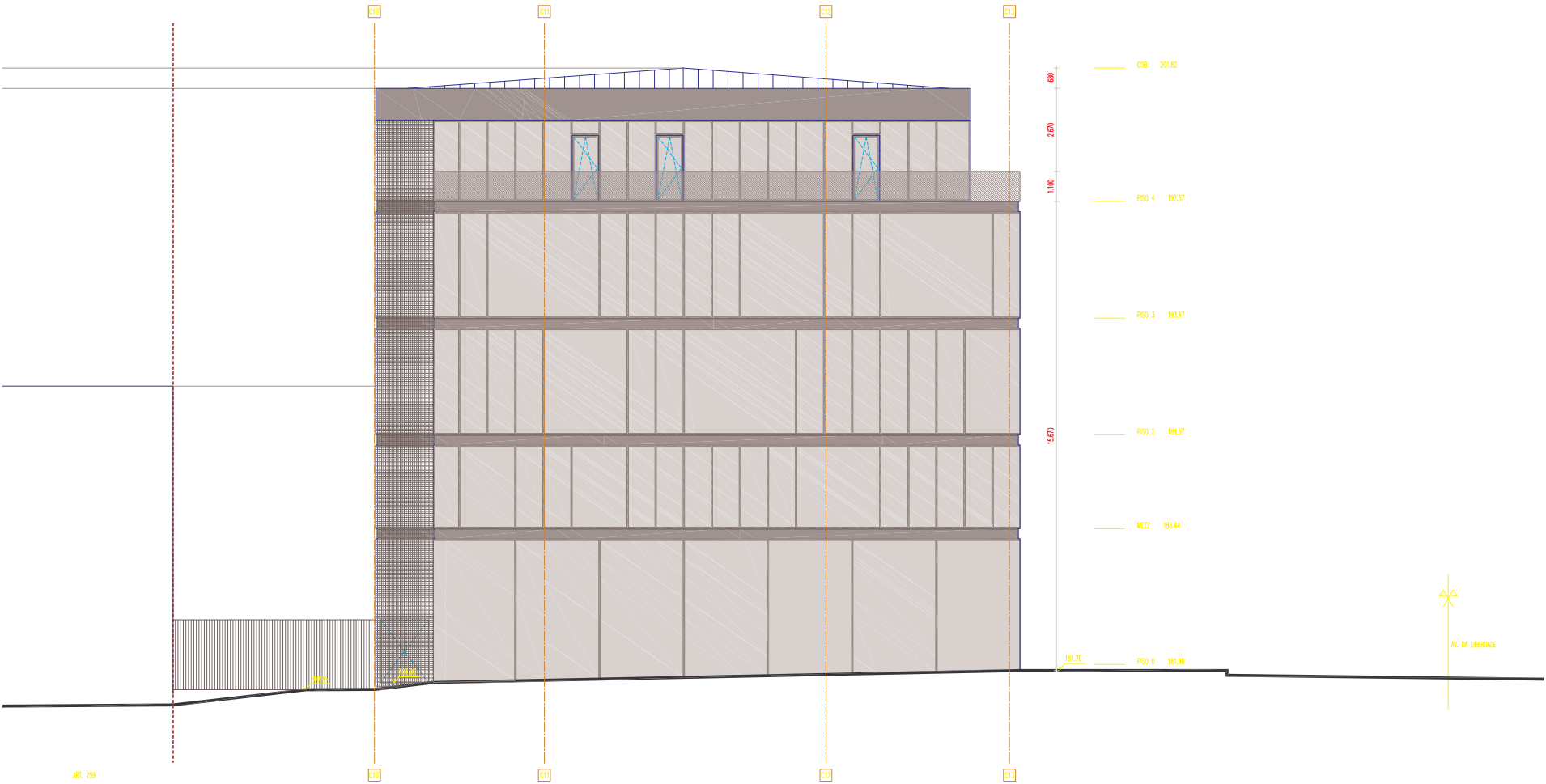
N.B. 'Fornecido' é designado 'E solar' nos Regulamentos Energéticos (DLs 78,79,80/06)

Tipologia T3 | 04-08-2008 14:45:23 |

Anexo F – Taxas de ventilação

Designação	Espaço	Área de pav. [m ²]	Pé direito [m]	Ar Novo insuflação				Caudal extração			Infiltrações rph	Ocupação (n.º pessoas)
				Condição	[m ³ /h]	[l/s]	rph	[m ³ /h]	[l/s]	rph		
Atº 280 - P0 - Loja 05	Lojas de comércio	132	4.1	5	m3/h.m2	183.33	1.22	524.70	145.75	0.970	0.00	26
Atº 280 - P0 - Loja 04	Lojas de comércio	132	4.1	5	m3/h.m2	183.33	1.22	524.70	145.75	0.970	0.00	26
Atº 280 - P0 - Loja 03	Lojas de comércio	110	4.1	5	m3/h.m2	152.78	1.22	437.25	121.46	0.970	0.00	22
Atº 280 - P0 - Loja 02	Lojas de comércio	91	4.1	5	m3/h.m2	126.39	1.22	361.73	100.48	0.970	0.00	18
Atº 280 - P0 - Circulação	Circulações	32	4.1	5	m3/h.m2	44.44	1.22	127.20	35.33	0.970	0.00	1
Atº 280 - P1 - Loja 01	Lojas de comércio	90	2.7	5	m3/h.m2	125.00	1.85	389.25	108.13	1.602	0.00	18
Atº 280 - P1 - Loja 02	Lojas de comércio	97	2.7	5	m3/h.m2	134.72	1.85	419.53	116.53	1.602	0.00	19
Atº 280 - P1 - Loja 03	Lojas de comércio	73	2.7	5	m3/h.m2	101.39	1.85	315.73	87.70	1.602	0.00	15
Atº 280 - P1 - Loja 04	Lojas de comércio	54	2.7	5	m3/h.m2	75.00	1.85	233.55	64.88	1.602	0.00	11
Atº 280 - P1 - Circulação	Circulações	32	2.7	5	m3/h.m2	44.44	1.85	138.40	38.44	1.602	0.00	1
Atº 280 - P2 - Loja 01	Lojas de comércio	435	3.5	5	m3/h.m2	604.17	1.43	1794.38	498.44	1.179	0.00	87
Atº 280 - P2 - Circulação	Circulações	32	3.5	5	m3/h.m2	44.44	1.43	132.00	36.67	1.179	0.00	1
Atº 280 - P3 - Loja 01	Lojas de comércio	435	3.5	5	m3/h.m2	604.17	1.43	1794.38	498.44	1.179	0.00	87
Atº 280 - P3 - Circulação	Circulações	57	3.5	5	m3/h.m2	79.17	1.43	235.13	65.31	1.179	0.00	1
Atº 280 - P4 - Esc 01	Escritórios	90	3.3	5	m3/h.m2	125.00	1.52	375.75	104.38	1.265	0.00	6
Atº 280 - P4 - Esc 02	Escritórios	195	3.3	5	m3/h.m2	270.83	1.52	814.13	226.15	1.265	0.00	13
Atº 280 - P4 - Esc 03	Escritórios	162	3.3	5	m3/h.m2	225.00	1.52	676.35	187.88	1.265	0.00	11
Atº 280 - P4 - Circulação	Circulações	57	3.3	5	m3/h.m2	79.17	1.52	237.98	66.10	1.265	0.00	1

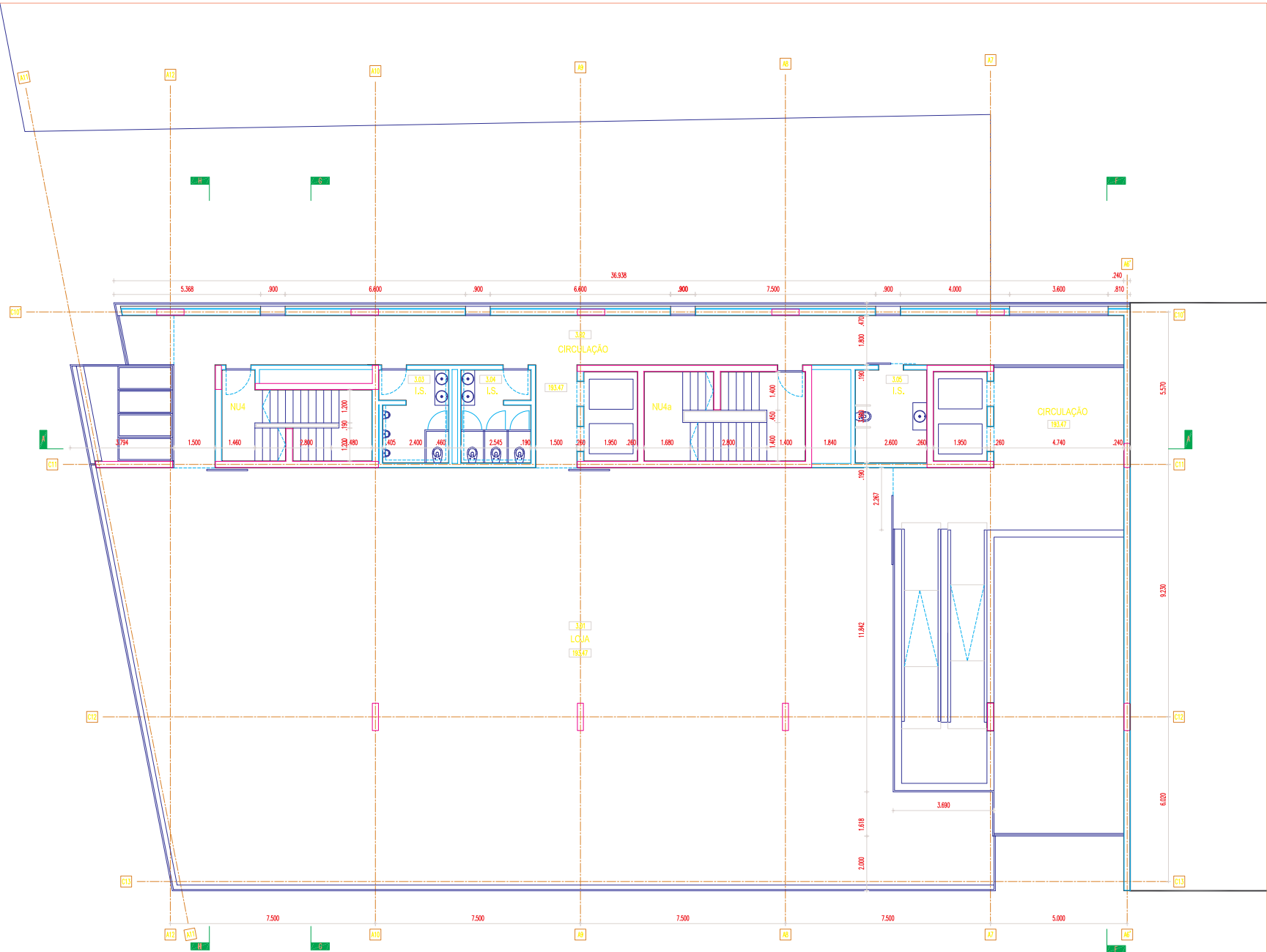
Anexo G – Desenhos do artigo matricial 280



----- - LIMITE CADASTRAL

TÉCNICO RESPONSÁVEL	
PROJECTO	CÓDIGO DE PROCESSO
Remodelação do Quarteirão na Avenida da Liberdade em Braga - Art.º 280	
LOCALIZAÇÃO	
Braga	
PROMOTOR	
ESPECIALIDADE	
Arquitectura	
FASE	CÓDIGO DE FASE
Projecto de Licenciamento - Art.º 280	04
SÉRIE	
A-02	
DESENHO	
Alçados Sul, Nascente	
ESCALAS	DATA
1:200	Fevereiro 2009
CÓDIGO DO DESENHO	DIMENSÕES
	420x297mm
SUBSTITUI	
FICHEIRO	PROGRAMA
	AutoCad 2009

ESPAÇOS		
REF.	FUNÇÃO	A.U.
3.01	LOJA	434,46 m2
3.02	CIRCULAÇÃO	148,00 m2
3.03	I.S.	8,10 m2
3.04	I.S.	8,80 m2
3.05	I.S.	8,80 m2
NU4	ESCADA	15,00 m2
NU4a	ESCADA	19,10 m2



ARTIGO 280 A= 1036,74 m2		
PISO	ESPAÇO	A.b.
- 1	ARRECAÇÃO LOJA	564,00 m2
0	LOJAS	721,82 m2
1	LOJAS	616,76 m2
2	LOJA	721,82 m2
3	LOJA	721,82 m2
4	ESCRITÓRIOS	676,11 m2
TOTAL:		4037,33 m2

CONFRONTAÇÕES
Norte: Jovens S.A.
Este: Avenida da Liberdade
Sul: Rua do Raio
Oeste: Jovens S.A.



TÉCNICO RESPONSÁVEL

PROJECTO
Remodelação do Quartelão na Avenida da Liberdade
em Braga - Artº280

LOCALIZAÇÃO

Braga

PROMOTOR

ESPECIALIDADE

Arquitectura

FASE
Projecto de Licenciamento - Artº280

SERIE

A-02

DESENHO

Planta do Piso 3

ESCALAS

1:200

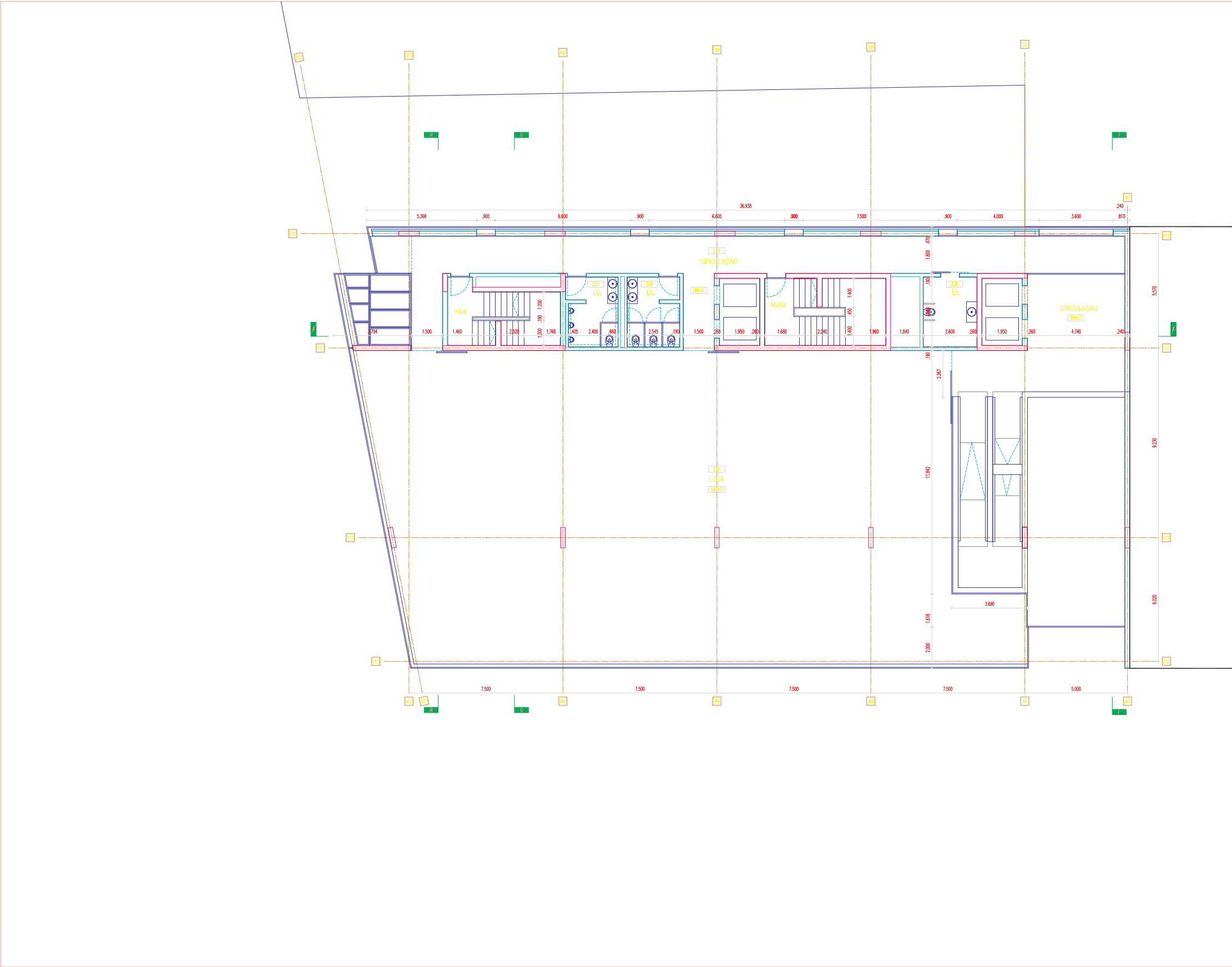
CÓDIGO DO DESENHO
A-02-10

SUBSTITUI

FICHEIRO

PROGRAMA
AutoCad 2009

ESPAÇOS		
REF.	FUNÇÃO	A.U.
2.01	LOJA	434.46 m²
2.02	CIRCULAÇÃO	149.00 m²
2.03	I.S.	8.10 m²
2.04	I.S.	8.60 m²
2.05	I.S.	8.80 m²
NU4	ESCADA	15.00 m²
NU4a	ESCADA	19.10 m²



ARTIGO 280
A= 1036,74 m²

PISO	ESPAÇO	A.b.
-1	ARRECADACÃO LOJA	564.80 m²
0	LOJAS	721.82 m²
1	LOJAS	618.76 m²
2	LOJA	721.82 m²
3	LOJA	721.82 m²
4	ESCRITÓRIOS	678.11 m²
TOTAL		4087.33 m²

CONFRONTAÇÕES
Norte: Javere S.A.
Este: Avenida da Liberdade
Sul: Rua do Rolo
Oeste: Javere S.A.



TÉCNICO RESPONSÁVEL

PROJECTO CÓDIGO DE PROCESSO

Remodelação do Quarteirão na Avenida da Liberdade
em Braga - Artº280

LOCALIZAÇÃO
Braga

PROMOTOR

ESPECIALIDADE
Arquitectura

FASE CÓDIGO DE FASE
Projecto de Licenciamento - Artº280 04

SÉRIE
A-02

DESENHO
Planta do Piso 2

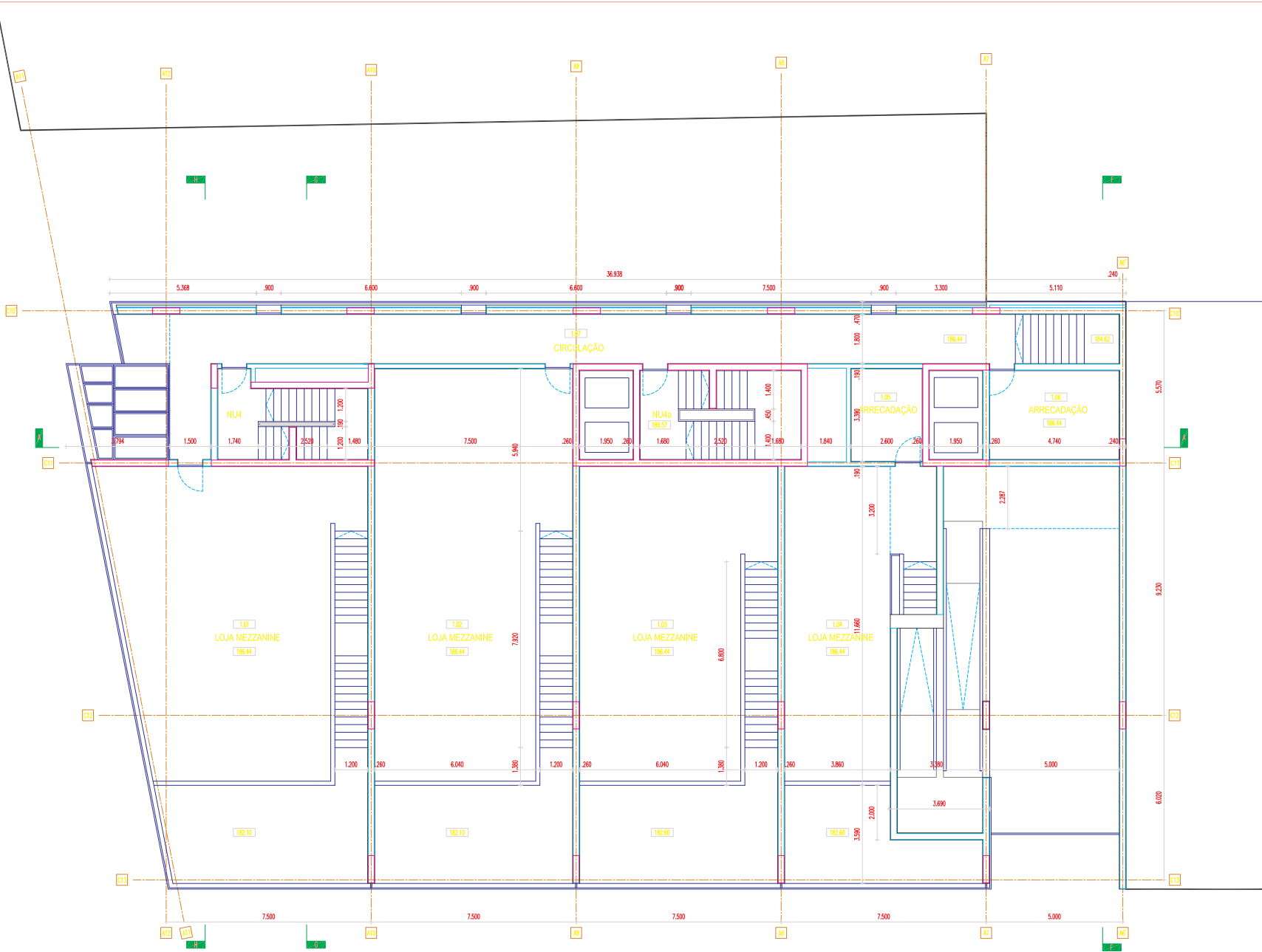
ESCALAS DATA
1:200 Fevereiro 2009

CÓDIGO DO DESENHO DIMENSÕES
A-02-09 420x297mm

SUBSTITUI

FICHEIRO PROGRAMA
AutoCad 2009

ESPAÇOS		
REF.	FUNÇÃO	A.U.
1.01	LOJA MEZZANINE	102.75 m²
1.02	LOJA MEZZANINE	108.68 m²
1.03	LOJA MEZZANINE	62.76 m²
1.04	LOJA MEZZANINE	62.38 m²
1.05	ARRECADADÇÃO	6.81 m²
1.06	ARRECADADÇÃO	15.40 m²
1.07	CIRCULAÇÃO	71.10 m²
NU4	ESCADA	15.00 m²
NU4a	ESCADA	19.10 m²



ARTIGO 280
A= 1036,74 m²

PISO	ESPAÇO	A.b.
-1	ARRECADADÇÃO LOJA	564.80 m²
0	LOJAS	721.82 m²
1	LOJAS	616.76 m²
2	LOJA	721.82 m²
3	LOJA	721.82 m²
4	ESCRITÓRIOS	678.11 m²
TOTAL		4037.33 m²

CONFRONTAÇÕES
Norte: Javere S.A.
Este: Avenida da Liberdade
Sul: Rua do Rolo
Oeste: Javere S.A.



TÉCNICO RESPONSÁVEL

PROJECTO
Remodelação do Quarteirão na Avenida da Liberdade
em Braga - Artº280

LOCALIZAÇÃO
Braga

PROMOTOR

ESPECIALIDADE
Arquitectura

FASE
Projecto de Licenciamento - Artº280

SÉRIE

A-02

DESENHO
Planta do Piso 1

ESCALAS
1:200

CÓDIGO DO DESENHO

A-02-08

SUBSTITUI

FICHEIRO
AutoCad 2009

FEUP Universidade do Porto
Faculdade de Engenharia

afaconsult

ARTIGO 280		
A= 1036,74 m2		
PISO	ESPAÇO	A.b.
-1	ARRECADACÃO LOJA	565,89 m2
	LOJAS	721,62 m2
1	LOJAS	618,76 m2
2	LOJA	721,62 m2
3	LOJA	721,62 m2
	ESCRITÓRIOS	678,11 m2
TOTAL		4037,33 m2

