

VERIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE EVACUAÇÃO DA IGREJA DA SANTÍSSIMA TRINDADE, EM FÁTIMA

TIAGO NUNO AMÂNDIO DE ALMEIDA CAMPOS

Relatório de Projecto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS

Orientador: Professor Doutor João Lopes Porto

JULHO DE 2008

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2007/2008

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2007/2008 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2008.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

A meus Pais, Irmãos e Patrícia

O Futuro do homem está oculto no seu saber

Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Expresso o meu agradecimento a todos os que directa ou indirectamente tiveram interferência na realização deste trabalho.

Destaco especialmente o papel do meu orientador, professor João Lopes Porto, pela sua disponibilidade, aconselhamento e acompanhamento durante a realização de todo o trabalho.

Um muito obrigado a toda a minha família nomeadamente pais, irmãos e avós por todo o apoio demonstrado. O agradecimento especial vai para a Patrícia por ter sido o grande suporte nesta minha caminhada. Não posso deixar de referir a importância de todos os meus amigos destacando o João, o Jaime e o Pedro. Com a companhia deles tudo ficou mais fácil.

RESUMO

Em caso de incêndio, a coabitação de centenas e até milhares de pessoas num mesmo edifício e a utilização de novos materiais na construção de edifícios são uma grande preocupação nos dias de hoje. Assim, há que criar condições para que a evacuação das pessoas seja feita de forma rápida e segura.

Este trabalho pretende analisar em que estado se encontra a problemática da evacuação, observando a regulamentação portuguesa actual assim como o projecto do novo RG/SCIE. Os trabalhos desenvolvidos fora do país também são alvo de análise.

O estudo da evacuação é a questão central deste trabalho, onde se analisam os factores a ter em conta numa evacuação e as estratégias a seguir. Dá-se especial atenção à evacuação de edifícios recebendo público, e os factores que procuram conduzir a uma evacuação eficaz, tais como as saídas bem dimensionadas, adequada sinalização e boa iluminação.

Neste trabalho a Igreja da Santíssima Trindade, em Fátima, constitui o objecto de estudo. Nesta perspectiva são aplicados o critério das unidades de passagem, critério presente no RG/SCIE, para o dimensionamento das saídas de evacuação, e ainda o método de Nelson MacLennam, para previsão dos tempos de evacuação. Faz-se uma comparação dos resultados obtidos pelo critério das unidades de passagem com os obtidos pelo método de Nelson MacLennam.

Pela sua importância no âmbito da evacuação, é abordada a questão da sinalização e da iluminação. No contexto da sinalização, propõe-se uma possível distribuição da sinalética de emergência no projecto da Igreja da Santíssima Trindade.

PALAVRAS-CHAVE: incêndio, evacuação, sinalização, dimensionamento, tempo de evacuação.

ABSTRACT

In case of fire, the cohabitation of hundreds and even thousands of people in the same building as well as the use of new materials in the construction of buildings are a major concern today. We must therefore create conditions so the evacuation of people can be made quickly and safely.

This paper aims to examine the evacuation problem regarding the actual Portuguese regulation as well as the new RG/SCIE project. The studies developed outside Portugal are also analysed.

The evacuation analysis is the main force of this work where are analysed the major factors in case of evacuation as well as strategies to follow. Buildings evacuation in which people are into and the factors that enable an effective evacuation as well as exits well dimensioned, signalized, and illuminated have special importance.

In this work the Church of the Holy Trinity, in Fatima, is the subject of study. In this perspective it is made the application of the criterion of units of pass, present on RG/SCIE, for scaling the output of evacuation, and also the method of Nelson MacLennan, to predict the time of evacuation. The obtained results using the criterion of units of pass were compared with the ones obtained by Nelson MacLennan method.

Due to its importance in the context of the evacuation, it is analyzed the signalling and lighting issues. In the context of signalling, it is proposed a possible distribution of emergency signs in the project of the Church of the Holy Trinity.

KEYWORDS: fire, evacuation, signalling, scaling, time of evacuation.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO	1
1.1.OBJECTIVOS DO TRABALHO	1
1.2.ESTRUTURA DO TRABALHO	1
1.3.ENQUADRAMENTO HISTÓRICO	2
1.4.O FOGO	7
1.5.PROTECÇÃO PASSIVA E PROTECÇÃO ACTIVA	14

2. A EVACUAÇÃO DE PESSOAS EM EDIFÍCIOS	17
2.1.A PROBLEMÁTICA DA EVACUAÇÃO	17
2.2. DEFINIÇÕES	19
2.2.1. GRANDEZAS QUE DEFINEM A OCUPAÇÃO DE RECINTOS E O MOVIMENTO DE PESSOAS.....	19
2.2.2. DEFINIÇÕES DE CONSTRUÇÃO	20
2.3. VIAS DE EVACUAÇÃO	22
2.4. TEMPOS DE EVACUAÇÃO	23
2.5. DEFINIÇÕES DE COMPORTAMENTO	24
2.6. INFLUÊNCIA DO FUMO NO MOVIMENTO DAS PESSOAS.....	25
2.7. INFLUÊNCIA DE INCAPACITADOS E IDOSOS	25
2.8. A EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE SCIE EM PORTUGAL	26
2.9. ANÁLISE DOS ANTECEDENTES E CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS.....	30
2.10. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS BÁSICOS	31
2.10.1. ESTUDO DE CASOS	31
2.10.2. ANÁLISE DESCRITIVA DO PROBLEMA.....	33

3. SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO	35
3.1. INTRODUÇÃO	35

3.2. SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA	38
3.3. SINALIZAÇÃO DE INCÊNDIO	40
3.4. A ESCOLHA DOS SINAIS	42
3.5. VÁRIAS ALTERNATIVAS DE FIXAÇÃO.....	43
3.6. MEDIDAS E DISTÂNCIAS DE OBSERVAÇÃO	45
3.7. ALTURAS DE INSTALAÇÃO	46
3.8. SINALIZAÇÃO FOTOLUMINESCENTE AO NÍVEL DO SOLO.....	49
3.9. SIMBOLOGIA TÉCNICA PARA ESTUDOS E PROJECTOS.....	49
3.10. SINALIZAÇÃO NA IGREJA DA SANTÍSSIMA TRINDADE, EM FÁTIMA.....	50
3.11. ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA	51
3.11.1. ILUMINAÇÃO DE AMBIENTE	52
3.11.2. ILUMINAÇÃO DE EVACUAÇÃO	53
3.11.3. BLOCOS AUTÓNOMOS DE EMERGÊNCIA.....	54
3.11.4. ILUMINAÇÃO DA IGREJA DA SANTÍSSIMA TRINDADE, EM FÁTIMA.....	54
 4. MÉTODOS	 57
4.1. APRESENTAÇÃO DOS MÉTODOS.....	57
4.2. CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM.....	58
4.3. MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM.....	60
4.3.1. HIPÓTESES DO MÉTODO.....	60
4.3.2. CONSIDERAÇÕES DO MÉTODO.....	60
4.3.3. CÁLCULO DA LARGURA EFECTIVA DOS CAMINHOS DE EVACUAÇÃO.....	61
4.3.4. DENSIDADE	62
4.3.5. VELOCIDADE DO MOVIMENTO DE EVACUAÇÃO	62
4.3.6. FLUXO ESPECÍFICO	64
4.3.7. FLUXO TOTAL.....	65
4.3.8. FACTORES DE CONVERSÃO DA ALTURA ENTRE PISOS EM DISTÂNCIAS AO LONGO DA ESCADA	66
4.3.9. CÁLCULO DO TEMPO DE EVACUAÇÃO (T).	66
4.3.10. CÁLCULO DO FLUXO ESPECÍFICO DEPOIS DE UMA SECÇÃO DE TRANSIÇÃO.	67
 5. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO.....	 69
 6. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS	 73

6.1. APLICAÇÃO DO CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM.....	73
6.1.1. IGREJA.....	73
6.1.2. CAPELA PARA PORTUGUESES.....	79
6.1.3. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE).	81
6.1.4. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE).	82
6.1.5. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (NOROESTE).	83
6.1.6. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (NOROESTE).	84
6.1.7. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (SUDESTE).	85
6.1.8. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (SUDESTE).	86
6.1.9. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE).	87
6.1.10. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE).	88
6.1.11. ESPAÇO DE ACESSO PARA AS CAPELAS DOS ESTRANGEIROS	89
6.1.12. CORREDOR	90
6.1.13. RESUMO.....	90
6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM.....	92
6.2.1. IGREJA.....	92
6.2.1.1. Assembleia - Hipótese 1	92
6.2.1.2. Assembleia - Hipótese 2	95
6.2.1.3. Presbitério – Hipótese 1 / Hipótese 2.....	96
6.2.1.4. Anfiteatro lateral – Hipótese 1 / Hipótese 2.....	97
6.2.2. CAPELA PARA PORTUGUESES.....	98
6.2.3. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE).	99
6.2.4. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE).	100
6.2.5. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (NOROESTE).	101
6.2.6. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (NOROESTE).	101
6.2.7. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (SUDESTE).	102
6.2.8. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (SUDESTE).	103
6.2.9. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE).	104
6.2.10. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE).	105
6.2.11. ESPAÇO DE ACESSO PARA AS CAPELAS DOS ESTRANGEIROS	105
6.2.12. CORREDOR.....	106
6.2.13. RESUMO.....	108
6.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM E DO MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM	109

7. CONCLUSÕES	115
----------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	117
---------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

1. INTRODUÇÃO

Fig.1.1 – Robert Hubert (1733-1808), O incêndio de Roma, Museu André Malraux, Le Havre, França [2].....	2
Fig.1.2 - Grande Incêndio de Londres (1666) [3]	2
Fig.1.3 - Taxas de mortalidade resultantes de incêndios no mundo – Mortes devidas a incêndios por Milhão de habitantes, 1986-1995 [5].....	4
Fig.1.4 – Igreja da Santíssima Trindade (Inauguração) [7]	6
Fig.1.5 – Incêndio do Chiado	7
Fig.1.6 – Triângulo de fogo	7
Fig.1.7 – Tetraedro de fogo.....	8
Fig.1.8 – Reacção ao fogo dos materiais.....	12
Fig.1.9 – Esquema do funcionamento de extintor de pressão não permanente	15

2. A EVACUAÇÃO DE PESSOAS EM EDIFÍCIOS

Fig.2.1 - Descrição do problema da evacuação de edifícios [14]	18
Fig.2.2 – Ocupação de recintos [14].....	20
Fig.2.3 – Grandezas de circulação das pessoas [14]	20
Fig.2.4 – Tempos parciais e total de evacuação [16]	24

3. SINALIZAÇÃO

Fig.3.1 – Primeiros Socorros [24].....	38
Fig.3.2 – Maca [24]	39
Fig.3.3 – Telefone para salvamento e primeiros socorros [24]	39
Fig.3.4 – Duche de segurança [24]	39
Fig.3.5 – Lavagem dos olhos [24]	39
Fig.3.6 - Indicação da direcção a seguir [24].....	40
Fig.3.7 – Indicação da direcção de uma saída de emergência [24]	40
Fig.3.8 – Agulheta de incêndio [24].....	40
Fig.3.9 – Escada [24]	41
Fig.3.10 – Telefone dos serviços de emergência [24]	41
Fig.3.11 – Extintor [24]	41
Fig.3.12 – Indicação da direcção a seguir [24]	41

Fig.3.13 – Correcta sinalização das vias de evacuação, saídas e saídas de emergência [25].....	42
Fig.3.14 – Correcta sinalização dos equipamentos de luta contra incêndio [25].....	42
Fig.3.15 – Altura de colocação da sinalização dos equipamentos de luta contra incêndio [25].....	43
Fig.3.16 – Sinalização de advertência de perigo [25]	43
Fig.3.17 – Sinalização de obrigação para equipamentos de protecção individual [25]	43
Fig.3.18 – Visualização da sinalização [25]	45
Fig.3.19 – Visualização da sinalização (Sinal de localização de extintor e Sinal de agente extintor) [25]46	
Fig.3.20 – Colocação dos sinais próximo de fontes luminosas [25]	46
Fig.3.21 – Altura da sinalização de emergência [25]	47
Fig.3.22 – Altura da sinalização de equipamentos de combate a incêndio [25]	47
Fig.3.23 – Altura da sinalização dos restantes equipamentos de alarme e combate a incêndio [25] ..	48
Fig.3.24 – Altura da sinalização de perigo e instruções em caso de emergência [25]	48
Fig.3.25 – Altura da sinalização em instalações industriais [25].....	48
Fig.3.26 – Simbologia técnica para estudos e projectos de vias de evacuação [26].....	49
Fig.3.27 - Simbologia técnica para estudos e projectos de sinalização de emergência [26].....	50
Fig.3.28 – Simbologia técnica para estudos e projectos de iluminação técnica [26].....	50
Fig.3.29 – Simbologia de evacuação utilizada no projecto da Igreja da Santíssima Trindade.....	51
Fig.3.30 – Sinalização de segurança da Igreja da Santíssima Trindade	51
Fig.3.31 – Distância máxima de visualização	54
Fig.3.32 – Iluminação da Igreja	55
Fig.3.33 – Iluminação dos corredores de evacuação.....	55
Fig.3.34 – Iluminação da capela para portugueses.	56

4. MÉTODOS

Fig.4.1 – Unidades de Passagem	58
Fig.4.2 - Representação gráfica da largura efectiva de um caminho de evacuação	61
Fig.4.3 – Representação gráfica da velocidade de circulação em função da densidade e condições geométricas	63
Fig.4.4 - Representação gráfica da relação entre a densidade de ocupação e o fluxo específico de evacuação	64

5. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Fig.5.1 – Enquadramento da Igreja	69
---	----

Fig.5.2 – Interior da Igreja.	70
Fig.5.3 – Corredor principal.....	70
Fig.5.4 – Presbitério.	71
Fig.5.5 – Anfiteatro lateral.	71
Fig.5.6 – Maqueta da Igreja da Santíssima Trindade.	72

6. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Fig.6.1 – Marcação das saídas	74
Fig.6.2 – Saída de evacuação principal (Saída 1)	74
Fig.6.3 - Saída de evacuação (Saída 2)	75
Fig.6.4 – Saída de evacuação (Saída 3).....	75
Fig.6.5 - Saídas de evacuação laterais	75
Fig.6.6 – Saída de evacuação do auditório (Saída 10).....	76
Fig.6.7 – Saída de evacuação do presbitério (Saída 12).....	76
Fig.6.8 – Marcação das saídas, áreas de influência de cada saída e quantidade respectiva de pessoas (Hipótese 2)	78
Fig.6.9 - Planta da capela para portugueses e respectivas saídas	80
Fig.6.10 – Planta da capela para estrangeiros (noroeste) e respectivas saídas.....	81
Fig.6.11 - Planta da capela para estrangeiros (sudeste) e representação das saídas	82
Fig.6.12 – Planta dos confessionários portugueses (noroeste) e marcação das saídas de evacuação	83
Fig.6.13 – Planta da sala de espera para confessionários portugueses (noroeste) e marcação da saída de evacuação	84
Fig.6.14 – Planta dos confessionários portugueses (sudeste) e marcação das saídas de evacuação	85
Fig.6.15 – Planta da sala de espera para confessionários portugueses (noroeste) e marcação da saída de evacuação	86
Fig.6.16 – Planta do espaço de confessionários para estrangeiros (noroeste) e marcação das saídas	87
Fig.6.17 – Planta do espaço de confessionários para estrangeiros (sudeste) e marcação da saída de evacuação	88
Fig.6.18 – Planta da área de acesso para as capelas dos estrangeiros e marcação das saídas de evacuação	89
Fig.6.19 – Planta do corredor e marcação das saídas	90

ÍNDICE DE QUADROS

1. INTRODUÇÃO

Quadro 1.1 – Incêndios gravesos	3
Quadro 1.2 - Comparação do incêndio com outros acidentes [6].....	5
Quadro 1.3 - Comparação de diferentes tipos de incêndio [6]	5
Quadro 1.4 - Efeitos fisiológicos de gases tóxicos em ppm [10]	9
Quadro 1.5 - Limite Mínimo e Máximo de Inflamabilidade de alguns gases e vapores combustíveis [9]10	
Quadro 1.6 – Temperaturas características de alguns líquidos [9]	11
Quadro 1.7 - Classes de resistência ao fogo [9].....	13
Quadro 1.8 - Intervalos de tempo para cada escalão [9].....	13

2. A EVACUAÇÃO DE PESSOAS EM EDIFÍCIOS

Quadro 2.1 – Classificação das alturas dos edifícios [15]	22
---	----

3. SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO

Quadro 3.1 – Formas e cores dos pictogramas de sinalização [16].....	37
Quadro 3.2 – Alternativas de fixação [25]	44
Quadro 3.3 – Valores máximos de intensidade luminosa	52

4. MÉTODOS

Quadro 4.1 - Número mínimo de saídas de locais cobertos em função do efectivo [15]	59
Quadro 4.2 - Número mínimo de unidades de passagem em espaços cobertos [15].....	59
Quadro 4.3 – Distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência [15]	60
Quadro 4.4 - Valor da camada limite para diferentes situações [9]	62
Quadro 4.5 – Valores da constante K para diferentes tipos de circulações	63
Quadro 4.6 - Fluxo específico máximo permitido [9].....	65
Quadro 4.7 – Factores de conversão [9].....	66

6. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Quadro 6.1 - Dados da Igreja.....	77
-----------------------------------	----

Quadro 6.2 – Aplicação do critério das unidades de passagem a cada área de influência considerada na Hipótese 2.....	78
Quadro 6.3 – Dados para a capela dos portugueses.....	80
Quadro 6.4 – Dados para a capela dos estrangeiros (noroeste)	81
Quadro 6.5 - Dados para a capela dos estrangeiros (sudeste)	82
Quadro 6.6 – Dados para os confessionários para portugueses (noroeste).	83
Quadro 6.7 – Dados para a sala de espera dos confessionários para portugueses (noroeste).....	84
Quadro 6.8 - Dados para os confessionários para portugueses (sudeste).....	85
Quadro 6.9 – Dados para a sala de espera dos confessionários para portugueses (sudeste).	86
Quadro 6.10 – Dados para os confessionários para estrangeiros (noroeste).	87
Quadro 6.11 - Dados para os confessionários para estrangeiros (sudoeste).....	88
Quadro 6.12 - Dados da área de acesso para as capelas dos estrangeiros	89
Quadro 6.13 - Dados para o corredor	91
Quadro 6.14 – Quadro resumo.....	91
Quadro 6.15 – Tempos de evacuação (Hipótese 2)	96
Quadro 6.16 - Tempos de evacuação	108
Quadro 6.17 - Comparação entre os Resultados do Critério das Unidades de Passagem e do Método de Nelson e Macleannam para o caso da capela para portugueses (A=663m ²)	110

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

L – Distância de observação do sinal [m]

A – Área de um símbolo e respectiva cor de segurança envolvente [m²]

V – Velocidade de evacuação [m/s]

K – Constante dependente do tipo de caminho de evacuação

d – Densidade das pessoas por unidade de área [pessoas/m²]

Fe – Fluxo Específico [pessoas/ms]

Ft – Fluxo Total [pessoas/s]

T – Tempo de Evacuação [s]

RG/SCIE – Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios

Ppm – Partes por milhão

PC – Pára - Chamas

CF – Corta - Fogo

EF – Estanquidade ao Fogo

SADI – Sistema Automático de Detecção de Incêndio

RF – Resistência ao fogo

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

UP – Unidades de Passagem

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

SWGS – Safety Way Guidance System

UT – Utilizações Tipo

NFPA – National Fire Protection Association

Lux - Unidade que mede a quantidade de energia luminosa que atinge uma determinada superfície

Cd – Candela (Sexagésima parte da intensidade luminosa de 1 cm² do corpo negro)

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS DO TRABALHO

Este trabalho surge no âmbito da Segurança contra Incêndios. Ao longo dos anos, a população mundial tem-se deparado com inúmeros incêndios urbanos, cujos resultados foram devastadores. Assim, neste contexto, o estudo sobre a evacuação dos ocupantes em segurança é de vital importância.

Na realização deste trabalho pretende-se então perceber em que estado se encontra a evacuação de edifícios, perceber o que se tem feito em Portugal e no mundo, observar a importância da sinalização e iluminação numa evacuação, verificar, tendo como objecto de estudo a Igreja da Santíssima Trindade, em Fátima, a aplicabilidade do critério das unidades de passagem, para dimensionamento das saídas de evacuação, e do método de Nelson MacLennam, para previsão do tempo de evacuação e perceber se o dimensionamento que está estipulado no regulamento é suficiente para uma evacuação dita eficaz, tendo em conta a imprevisibilidade da mesma.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos. Segue-se, portanto, uma breve descrição de todos os capítulos.

O primeiro capítulo diz respeito à introdução onde se definem as motivações que estiveram na base do trabalho, demonstra-se a importância da segurança contra incêndios através de estatísticas mundiais e nacionais, desenvolve-se uma descrição sobre o fenómeno do fogo e formulam-se estratégias de segurança através da segurança activa e passiva.

No segundo capítulo desenvolve-se o tema da evacuação mostrando os factores envolvidos e as estratégias a seguir. Apresenta-se o ponto da situação desta problemática, mostrando os esforços desenvolvidos para a sua resolução. A Regulamentação existente em Portugal é também um dos aspectos focados.

No terceiro capítulo abordam-se os temas da sinalização e da iluminação enquanto factores preponderantes na eficácia de uma evacuação. Estes conceitos são aplicados ao caso de estudo que é a Igreja da Santíssima Trindade em Fátima. No caso da sinalização de evacuação, é feita uma aplicação ao projecto da Igreja, localizando os sinais em locais estratégicos tendo em conta regras apresentadas ao longo do capítulo.

No quarto capítulo apresenta-se o critério das unidades de passagem e o método de Nelson e MacLennam.

No quinto capítulo é feita uma descrição da Igreja da Santíssima Trindade, fazendo um enquadramento geral assim como uma apresentação das várias partes constituintes do edifício.

O sexto capítulo diz respeito à aplicação do critério das unidades de passagem à Igreja da Santíssima Trindade e às capelas e confessionários existentes no subsolo, para dimensionamento das saídas (número de saídas e respectivas larguras). Aplica-se também o método de Nelson e MacLennan para previsão do tempo de evacuação.

No sétimo capítulo retiram-se as conclusões gerais acerca dos aspectos abordados ao longo do trabalho e apresentam-se propostas de melhoria.

1.3. ENQUADRAMENTO HISTÓRICO

Um Incêndio é uma ocorrência de fogo não controlado, que pode ser extremamente perigosa para os seres vivos e as estruturas. A exposição a um incêndio pode produzir a morte, geralmente pela inalação dos gases ou pelas queimaduras.

O Homem ao longo da História deparou-se com inúmeros incêndios com efeito devastador sobre a população entre os quais, os mais célebres, Incêndio de Roma (64 D.C.) [1,2] e Incêndio de Londres (1666) [3].



Fig.1.1- Robert Hubert (1733-1808), O incêndio de Roma, Museu André Malraux, Le Havre, França [2].



Fig.1.2- Grande Incêndio de Londres (1666) [3].

Ao longo da História vários foram os incêndios que provocaram elevados prejuízos e mortes. Apresenta-se um quadro com alguns dos grandes incêndios urbanos mais gravosos:

Quadro 1.1 – Incêndios gravosos.

Ano	Descrição	Mortos
64 D.C.	Grande incêndio de Roma (reinado de Nero)	-
1212	Reino Unido, Londres: Incêndio na área da London Bridge	cerca de 3000
1571	Rússia, Moscovo	cerca de 200000
1666	Reino Unido, Londres: fogo destruiu grande parte da cidade incluindo igreja de St. Paul's	-
1788	Estados Unidos da América, Nova Orleães: Mais de 200 habitações destruídas	-
1812	Rússia, Moscovo: originado por Napoleão	-
1835	Estados Unidos da América, Nova Iorque: 530 habitações destruídas	-
1871	Estados Unidos da América, Chicago: 17450 habitações destruídas	250
1871	Estados Unidos da América, Wisconsin	1200
1872	Estados Unidos da América, Boston: 800 edifícios destruídos	-
1938	França, Marselha	73
1948	Cinema de Rueil, França	87
1958	Grandes armazéns Vida, em Bogotá, Colômbia	101
1960	Cinema Amouda, Síria	152
1961	Circo, no Brasil	323
1967	Grandes armazéns Innovation, em Bruxelas, Bélgica	300
1970	Dancing Le Cinq-Sept, Saint-Laurent-du-Pont, França	142
1971	Club Cinq St. Laurent du port, France	143
1971	Hotel Tal Yon Kek, em Seul, Coreia	165
1972	Grandes Armazens Sennicki, em Osaka, Japão	118
1973	Grande armazém de Kunamoto, Japão	101
1974	Torre Joelma, em São Paulo, Brasil	179
1974	Hotel Brown, em Seul, Coreia	88
1976	Acampamento de peregrinos Meca, Arábia Saudita	180
1977	Beverly Hills Super Club, Southgate, E.U.A	161

Quadro 1.1 – Incêndios gravesos (continuação).

Ano	Descrição	Mortos
1978	Camping de Los Alfaques, Espanha	156
1978	Cinema Rex, em Abadan, Irão	430
1990	Alcalá 20 Disco, Madrid, Espanha	81
1996	Happy Land Social Club, Bronx, NY	87
1996	Ozone Disco Club, Quezon City, Philippines	160
2000	Disco / dance hall, Luoyang, China	309
2003	The Station Night Club, West Warwick, RI	100
2004	Cromagnon Republic Club, Buenos Aires, Argentina	180

Através do Quadro 1.1 pode-se constatar o elevado número de vítimas mortais resultante de incêndios, facto que alerta para a problemática da segurança contra incêndios.

Na fig. 1.3 apresenta-se uma comparação de dados estatísticos no que diz respeito a mortes resultantes de incêndios, por cada milhão de habitante. Importa realçar que estes dados por terem sido fornecidos por cada país, podem ter sido recolhidos de forma diferente. Só estão presentes neste estudo, os países que têm dados estatísticos de pelo menos sete anos no período de 1986-1995 [4].

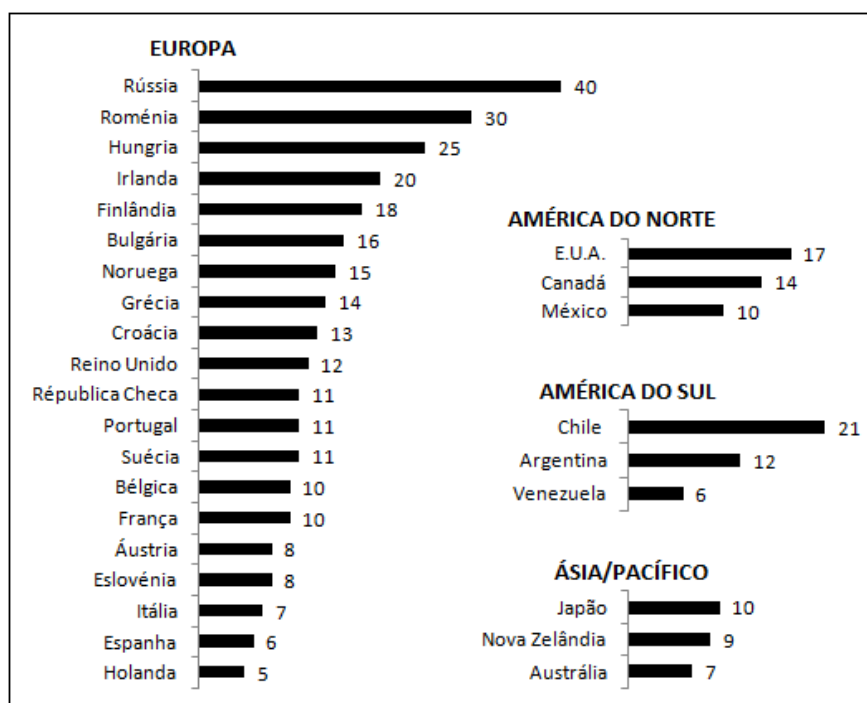


Fig.1.3- Taxas de mortalidade resultantes de incêndios no mundo – Mortes devidas a incêndios por Milhão de habitantes, 1986-1995 [5].

Através do Quadro 1.2 pode-se comparar os dados estatísticos relativos a incêndios com dados de acidentes rodoviários e acidentes de trabalho, em Portugal. Esta estatística foi fornecida pela Autoridade Nacional de Protecção Civil. Verifica-se que apesar de o número de incêndios ser normalmente mais elevado do que o número de acidentes rodoviários e principalmente acidentes de trabalho, estes são os que causam menor número de feridos e vítimas mortais. Na realidade, o facto anteriormente descrito poderá dever-se à contabilização dos incêndios florestais no item Incêndio.

Quadro 1.2 – Comparação do incêndio com outros acidentes [6].

Efeito	Ano	Acidente		
		Rodoviário	Trabalho	Incêndio
Quantidade	2002	54478	21900	55678
	2003	52161	21520	49011
	2004	(*)	(*)	(*)
	2005	54107	21566	64560
Feridos	2002	61469	20344	1174
	2003	58781	19639	1151
	2004	(*)	(*)	(*)
	2005	50474	19774	1885
Mortos	2002	851	166	31
	2003	859	124	49
	2004	(*)	(*)	(*)
	2005	786	157	60

(*) – Dados não disponíveis

É de reter através do Quadro 1.3 que a parcela mais importante dos incêndios no nosso país diz respeito a incêndios rurais. Quando se comparam os feridos e as vítimas mortais resultantes dos incêndios rurais com os resultantes de incêndios urbanos/industriais, verifica-se que o risco de feridos e mortes destes últimos é muito mais elevado.

Quadro 1.3 – Comparação de diferentes tipos de incêndio [6].

Efeito	Ano	Acidente		
		Rural	Urbano + Industrial	Outros
Quantidade	2002	38246	9167	8265
	2003	29690	9243	10078
	2004	(*)	(*)	(*)

Quadro 1.3 – Comparação de diferentes tipos de incêndio [6] (continuação).

Efeito	Ano	Acidente		
		Rural	Urbano + Industrial	Outros
Feridos	2005	43469	10040	11051
	2002	473	618	83
	2003	417	645	89
	2004	(*)	(*)	(*)
	2005	1095	698	92
Mortos	2002	7	23	1
	2003	14	34	1
	2004	(*)	(*)	(*)
	2005	16	43	1

(*) – Dados não disponíveis

Ao longo dos tempos e com o grande desenvolvimento da tecnologia na construção, os materiais utilizados foram-se modificando, proporcionando assim uma maior possibilidade de execução de edifícios mais complexos e de maiores dimensões.

A Segurança contra Incêndios depara-se com uma nova realidade: a coabitação de centenas e até milhares de pessoas num mesmo edifício. A isto, junta-se o facto de serem utilizados novos materiais no revestimento de diversos elementos da construção, na decoração e no mobiliário que aumentam a carga de incêndio dos edifícios.



Fig.1.4- Igreja da Santíssima Trindade (Inauguração) [7].

O progresso tecnológico veio trazer um acréscimo de perigo para os ocupantes, visto que a combustão de alguns desses novos materiais faz com que haja uma grande libertação de gases altamente tóxicos e elevadas quantidades de fumos.

É assim de vital importância implementar medidas de segurança contra incêndio eficazes e fazer uma manutenção dos sistemas existentes nos edifícios.

Em Portugal, existem alguns casos de grandes incêndios em edifícios, sendo o mais conhecido, o incêndio do Chiado (25 de Agosto de 1988) que destruiu vários edifícios e provocou elevados prejuízos materiais, duas mortes e vários feridos. Este incêndio deixou entre 200 a 300 pessoas desalojadas, atirou para o desemprego cerca de dois mil trabalhadores e deixou para sempre marcas no coração da urbe, que permanece com edifícios por recuperar [8].



Fig.1.5- Incêndio do Chiado.

Com isto, há que lidar com estes dois aspectos: acima de tudo a importância das vidas humanas, mas também os aspectos económicos.

1.4. O Fogo

Quando na atmosfera se colocam sob determinadas condições uma fonte de calor e uma substância combustível ocorre uma reacção exotérmica denominada combustão. Para que a combustão tenha lugar é necessária a combinação simultânea de três elementos básicos: Combustível, Comburente (oxigénio) e Energia de activação (calor). Os 3 elementos básicos do fogo são normalmente representados por um triângulo, conhecido por Triângulo do Fogo [9].



Fig.1.6- Triângulo de fogo

Depois de um fogo se iniciar é necessário um quarto factor para que ele se desenvolva, a chamada energia de activação ou reacção em cadeia que transforma o triângulo de fogo num tetraedro de fogo [9].

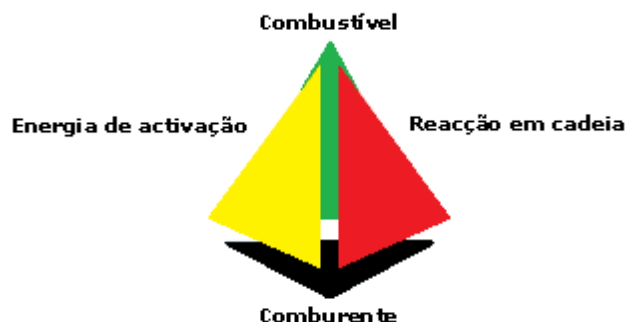


Fig.1.7- Tetraedro de fogo

A extinção de uma combustão pode ser feita:

- Por supressão do combustível - retirando a matéria combustível próxima ou isolando o objecto em chama;
- Por abafamento - impedindo o contacto do oxigénio com a matéria em chama;
- Por arrefecimento - fazendo baixar a temperatura do combustível;
- Por inibição - intervindo na Reacção em Cadeia.

Os diferentes agentes extintores não são indicados para as mesmas classes de fogos nem actuam todos da mesma forma.

O elemento calor é o único elemento do Triângulo do Fogo que pode transmitir-se, provocando a propagação do incêndio. Essa transmissão ocorre de 3 formas [9]:

- **Condução:** é o principal modo de transmissão de calor nos sólidos e nos fluidos em repouso, caracterizando-se por uma transferência de energia através de um meio material (propagação da energia cinética das partículas), processando-se a propagação do calor por contacto ou por aquecimento, das partes quentes para as partes frias, sem que haja um transporte de matéria, sendo o processo regido pela lei de Fourier. Esta transferência de calor é mais notória quanto melhor condutor for o material (ex. metais);
- **Convecção:** este processo é muito importante na propagação de incêndios (transporta a energia libertada pelo movimento dos gases quentes), ocorre quando partes de um sistema estão em movimento e transportam com elas o calor que receberam, seja por contacto com partes fixas mais quentes, seja ainda no seu próprio seio, devido a uma dissipação interna (reacção química);
- **Radiação:** todos os corpos emitem e absorvem radiações electromagnéticas de diversos comprimentos de onda, com uma intensidade que depende da temperatura a que se encontram e do estado da sua superfície. Neste processo de transmissão de calor à superfície de um corpo é transformado segundo as leis da termodinâmica em radiação electromagnética, que se propaga no vazio. Esta radiação, análoga à da luz visível mas de comprimento de onda superior, no domínio dos infravermelhos, quando atinge a superfície de um outro meio é em parte reflectida, em parte transmitida e, finalmente, em parte absorvida, degradando-se em calor. O resultado equivale a uma transferência de calor de um corpo para outro, mas que se propaga através de uma radiação

electromagnética. A radiação tem um papel muito significativo na propagação do incêndio, com a troca de energia entre as superfícies envolvidas e a emissão e absorção por gases e fuligem, podendo em determinadas situações ser o principal responsável por essa propagação, como acontece na propagação de calor devido a chamas com dimensão característica superior a 0,20m.

O Fogo pode propagar-se, para além das 3 formas atrás expostas, através de uma quarta que corresponde a partículas inflamadas que se desprendem do corpo em combustão e são projectadas à distância, atingindo outros corpos. Este processo é conhecido por Projecção.

O desenvolvimento de um incêndio é um fenómeno bastante aleatório dependendo essencialmente dos seguintes factores:

- Tipo de combustível;
- Disposição do combustível;
- Renovação de ar.

Os fumos são um factor muito importante a ter em conta. Expandem-se muito rapidamente, principalmente das zonas baixas para andares superiores, dificultando a visibilidade e irritando o sistema respiratório das pessoas. O fogo, para além de calor e de fumos, produz variados gases tóxicos, podendo provocar a morte antes das chamas se aproximarem.

Os principais gases libertados durante uma combustão são:

- O monóxido de carbono é mais leve que o ar e é tóxico (impede o oxigénio de atingir o cérebro) e combustível;
- O dióxido de carbono é mais pesado que o ar e é asfixiante (provoca aceleração na respiração facilitando a absorção de outros gases tóxicos), apesar de ser um bom agente extintor;
- O ácido sulfídrico afecta o sistema nervoso, provocando tonturas e dores no aparelho respiratório;
- O dióxido de azoto é muito tóxico e provoca paralisação da garganta.

Conforme a composição química do material combustível, há outros gases tóxicos susceptíveis de aparecer. Entre esses gases tóxicos destacam-se pela sua toxidade e probabilidade de surgirem os seguintes: ácido fluorídrico; ácido cianídrico; ácido clorídrico; amoníaco; anidrido sulfuroso; cloro; vapores nitrosos. O quadro que se segue apresenta os efeitos fisiológicos e as respectivas concentrações expressas em ppm (partes por milhão).

Nota: 1% = 10.000 ppm

Quadro 1.4 - Efeitos fisiológicos de gases tóxicos em ppm [10].

Gás	Perigoso dentro de meia a uma hora	Mortal em meia hora	Imediatamente mortal
Ácido cianídrico (HCN)	100	150	180 / 270
Ácido clorídrico (HCL)	1 000 / 2 000	2 000	1 300 / 2 000

Quadro 1.4 - Efeitos fisiológicos de gases tóxicos em ppm [10] (continuação).

Gás	Perigoso dentro de meia a uma hora	Mortal em meia hora	Imediatamente mortal
Ácido fluorídrico (HF)	50 / 250	250	---
Ácido sulfídrico (H ₂ S)	300	600	1 000
Ácido sulfuroso (SO ₂)	150	400	500 / 600
Amoníaco (NH ₃)	500	2 200	2 500 / 5 00
Cloro (CL ₂)	40 / 60	150	1 000
Dióxido de carbono (CO ₂) ^(a)	3 500 / 4 000	---	6 000 / 7 000
Monóxido de carbono (CO)	1 500 / 2 000	4 000	10 000
Vapores nitrosos (NO / NO ₂)	100 / 150	---	200 / 700

^(a) Gás asfíxiante

Os gases e vapores combustíveis mais conhecidos são: o butano, o propano, o acetileno, o hidrogénio, o monóxido de carbono e vapores de gasolina.

Em qualquer combustão e nomeadamente na de um gás combustível, é necessário satisfazer o Triângulo do Fogo (combustível + ar + fonte de ignição), mas é ainda necessário que o gás combustível faça com o oxigénio do ar uma mistura em determinada percentagem. Resumindo, uma mistura de ar e um combustível gasoso só se torna inflamável quanto está dentro de um determinado intervalo. Ao valor mínimo do intervalo dá-se o nome de Limite Mínimo de Inflamabilidade; o valor máximo é o Limite Máximo de Inflamabilidade, sendo que o intervalo se designa como Zona Inflamável. Apresentam-se no Quadro 1.5 alguns valores mínimos e máximos de inflamabilidade para alguns combustíveis [4].

Quadro 1.5 - Limite Mínimo e Máximo de Inflamabilidade de alguns gases e vapores combustíveis [9]

Combustível	Limite Mínimo Inflamabilidade	Limite Máximo Inflamabilidade
Acetileno	2,5 %	80%
Benzeno	1,4%	7,1%
Butano	1,9%	8,5%
Etano	3,0%	12,5%
Etileno	3,1%	32%
Hidrogénio	4%	75,0%
Metano	5,3%	15%
Propano	2,2%	9,5%
Propileno	2,4%	10,3

Assim surgem as seguintes definições:

- Limite Mínimo de Inflamabilidade: é a quantidade mínima de gás combustível (ou vapor) que misturado com o ar forma uma mistura inflamável;
- Limite Máximo de Inflamabilidade: é a quantidade máxima de gás combustível (ou vapor) que misturado com o ar forma uma mistura inflamável;
- Zona inflamável: é o intervalo compreendido entre o Limite Mínimo e Máximo de Inflamabilidade.

De um modo geral pode-se afirmar que para que a combustão de um líquido se dê é necessário que vaporize e arda já no estado gasoso. As propriedades da combustão de gases aplicam-se também aos vapores dos combustíveis líquidos. A quantidade de vapores combustíveis libertados por um determinado líquido é determinada pela sua temperatura: quanto maior for a temperatura do líquido mais vapores são libertados.

Tal como nos gases, a percentagem da mistura vapores e ar (oxigénio) tem que estar dentro da Zona Inflamável. Para os líquidos combustíveis existem três temperaturas que determinam o seu comportamento relativamente à sua combustão, que são as seguintes: Temperatura de Inflamação, Temperatura de Combustão e Temperatura de Ignição [9].

- Temperatura de Inflamação (Flash Point): é a temperatura mínima a que uma substância liberta vapores combustíveis em quantidade suficiente para formar com o ar e na presença de uma fonte de ignição uma mistura inflamável, que se extingue logo que esta seja retirada, por insuficiência de vapores.
- Temperatura de Combustão (Fire Point): é a temperatura mínima a que uma substância liberta vapores combustíveis em quantidade e rapidez suficiente para formar com o ar e na presença de uma fonte de ignição uma mistura inflamável, continuando a sua combustão mesmo depois de retirada a fonte de ignição.
- Temperatura de Ignição (Ignition Point): é a temperatura mínima a que uma substância liberta vapores combustíveis que em mistura com o ar e sem a presença de uma fonte de ignição, se inflamam.

Quadro 1.6 – Temperaturas características de alguns líquidos [9].

Combustível	Temperatura de Inflamação	Temperatura de Combustão	Temperatura de Ignição
Gasolina	- 40 ° C	- 20 ° C	277 ° C
Madeira	204 °C	----	232 ° C
Gasóleo	90 °C	104 ° C	330 ° C
Álcool	13 °C	----	370 ° C
Butano	- 60 °C	----	430 ° C
Benzeno	- 12 °C	----	538 ° C
Éter	- 45 °C	----	170 ° C

Os materiais combustíveis, quando ardem, não dão origem a fogos com as mesmas características.

O estudo dos vários combustíveis, levou à normalização dos combustíveis e dos fogos, tendo sido criadas 4 classes (Classes de fogos segundo a norma NP EN 2: 1993) [11]:

- Classe A - Fogos que resultam da combustão de materiais sólidos, em geral de natureza orgânica, a qual se dá normalmente com formação de brasas. Ex. Madeira, tecidos, borracha;
- Classe B - Fogos que resultam da combustão de materiais líquidos ou de sólidos liquidificáveis, que ardem sem formação de brasas. Ex. Líquidos: gasolina, álcool, óleos, acetona; sólidos liquidificáveis: ceras, parafina, resinas;
- Classe C - Fogos que resultam da combustão de gases. Ex. Butano, propano, acetileno, gás natural, hidrogénio;
- Classe D – Fogos que resultam da combustão de metais. Ex. Sódio, potássio, magnésio, lítio.

Os fogos podem também ser classificados quanto à radiação luminosa:

- Sem chama (simbolizada pelo triângulo de fogo);
- Com chama (simbolizada pelo tetraedro de fogo).

O comportamento face ao fogo dos materiais de construção, considerado em termos do seu contributo para a origem e desenvolvimento de um incêndio, caracteriza-se por um indicador, denominado reacção ao fogo, através de ensaios normalizados.

Segundo a especificação LNEC, E 365 – 1990, entende-se por reacção ao fogo dos materiais de construção a importância desses materiais para a origem e desenvolvimento do incêndio no edifício. A qualificação dos materiais, do ponto de vista da sua reacção ao fogo, compreende 5 classes [11,12]:

- M0 - Materiais não combustíveis
- M1 - Materiais não inflamáveis
- M2 - Materiais dificilmente inflamáveis
- M3 - Materiais moderadamente inflamáveis
- M4 - Materiais facilmente inflamáveis

É de notar que nesta classificação não entram os materiais muito inflamáveis.

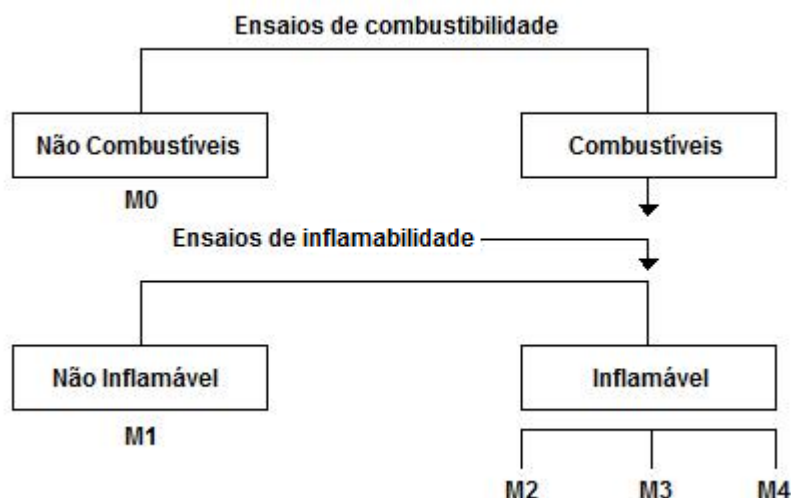


Fig.1.8- Reacção ao fogo dos materiais.

O comportamento dos elementos de construção (vigas, lajes e pilares, paredes) face ao fogo, considerado em termos da manutenção das funções que devem desempenhar em caso de incêndio, caracteriza-se por um indicador denominado resistência ao fogo. A resistência ao fogo dos elementos de construção deve ser enquadrada numa classificação que compreende três classes de resistência, cada uma delas associada a dez escalões de tempo. A resistência ao fogo não é mais do que o intervalo de tempo, expresso em minutos, durante o qual os provetes dos elementos em causa sujeitos a ensaios realizados nas condições indicadas na Especificação LNEC (E 364 – 1990 – Segurança contra Incêndio. Resistência ao Fogo de Elementos da Construção. Métodos de Ensaio e Critérios de Classificação [13]), desempenham funções semelhantes, do ponto de vista da segurança contra incêndio, às quais são exigidas a esses elementos na construção.

Quadro 1.7- Classes de resistência ao fogo [9].

Funções do Elemento	Exigências		
	Capacidade de Carga	Estanquidade	Isolamento Térmico
Suporte	EF		
Compartimentação		PC	
		CF	
Suporte + Compartimentação	PC		
	CF		

Quadro 1.8 – Intervalos de tempo para cada escalão [9].

Escalões de Tempos (em minutos)	Intervalo de Tempo
0	<15
15	15 a 29
30	30 a 44
45	45 a 59
60	60 a 89
90	90 a 119
120	120 a 179
180	180 a 239
240	240 a 359
360	≥359

1.5. SEGURANÇA PASSIVA E SEGURANÇA ACTIVA

A segurança contra incêndios em edifícios passa fundamentalmente pela segurança das pessoas numa situação de incêndio. Sendo assim, é essencial haver uma articulação entre a arquitectura e a engenharia para a elaboração de um projecto de segurança contra incêndio.

As soluções arquitectónicas que o edifício contempla no âmbito da segurança contra incêndios representam a segurança passiva. Todas estas questões têm que ser previamente estudadas aquando da elaboração do projecto de arquitectura. Assim, a arquitectura preocupa-se com os aspectos abaixo mencionados [9]:

- Acesso ao edifício por parte dos bombeiros;
- Rede de águas de modo a ser utilizada pelos bombeiros;
- Compartimentação corta-fogo;
- Concepção de espaços interiores para que os residentes tenham hipótese de fuga segura;
- Dimensionamento dos caminhos de evacuação de acordo com o porte do edifício e o tipo de ocupação;
- Escolha de sistema de ventilação para os caminhos de evacuação;
- Localização das vias de evacuação horizontais e verticais (saídas, corredores, escadas e a ligação entre os elementos).

Por sua vez, a engenharia tem funções nas seguintes áreas [9]:

- Concepção, cálculo e protecção das estruturas ao fogo;
- Dimensionamento da rede de combate a incêndio;
- Iluminação de emergência;
- Sistema automático de detecção de incêndio;
- Dimensionamento do sistema de ventilação e controle de fumos;
- Introdução de registos corta-fogo.

Chama-se segurança activa aos equipamentos, automáticos ou não, instalados no edifício de modo a proteger e limitar um possível incêndio. Em geral, nos edifícios estão instalados vários dispositivos, extintores portáteis e bocas-de-incêndio, para que os funcionários assegurem a 1ª intervenção, ou seja, o ataque inicial a um incêndio.

- Extintores portáteis: Extintor é um equipamento que contém um agente extintor (água, espuma, pó, dióxido de carbono – CO₂) que pode ser projectado e dirigido sobre um fogo, por acção de uma pressão interna, e pode extingui-lo quer química quer fisicamente. O extintor tem no seu interior, normalmente, dois agentes: um agente extintor e outro que funciona como propulsor. No caso do CO₂ este agente tem as duas funções. Existem dois tipos de extintores:
 - Extintores de pressão permanente ou permanentemente pressurizados em que o agente extintor e o gás propulsor estão misturados no recipiente. Quando o extintor é activado o agente extintor é expelido por um tubo de pesca e passa por uma mangueira, caso a tenha. A descarga pode sempre ser controlada através de uma válvula que existe na extremidade da mangueira ou na cabeça do extintor;
 - Extintores de pressão não permanente: de colocação em pressão no momento de utilização (com o cartucho do gás no interior ou no exterior do extintor);



Fig.1.9 - Esquema do funcionamento de extintor de pressão não permanente

- Bocas-de-incêndio: existem as bocas-de-incêndio (e marcos de água) instaladas no exterior dos edifícios que servem exclusivamente para o abastecimento das viaturas de bombeiros, as bocas-de-incêndio instaladas no interior dos edifícios que podem ser de dois tipos, as que são para ser usadas preferencialmente pelos funcionários (1ª intervenção) e as que são instaladas nas colunas secas, para facilitar a intervenção dos bombeiros, em caso de sinistro. As que asseguram a 1ª intervenção deverão ser do tipo carretel, pois este tipo é de maior facilidade de manobra e encontram-se sempre em carga, ou seja, estão sempre prontas a funcionar, o que não sucede com as instaladas nas colunas secas, já que estas para funcionarem têm que em primeiro lugar ser ligadas a uma viatura dos bombeiros;
- Sistema Automático de Detecção de Incêndio (SADI): alguns edifícios estão protegidos por este sistema que, em caso de incêndio, é automaticamente activado, através de fumos, chama ou calor, fazendo disparar um alarme. Muitas das vezes estes sistemas estão ligados directamente ao corpo de bombeiros local. Este sistema permite uma vigilância durante as 24 horas do dia, sem ser necessária a presença humana;
- Sistemas automáticos de extinção de incêndio: estes sistemas podem utilizar água, denominando-se como Sprinklers, podendo utilizar também pó ou dióxido de carbono;
- Sistema de iluminação e sinalização de emergência: para facilitar a evacuação dos edifícios a sinalética é colocada em blocos autónomos de iluminação para que em caso de corte da energia eléctrica permaneça por bastante tempo acesa. Este sistema de iluminação de emergência permite, para além de orientar a saída das pessoas, iluminar os caminhos de evacuação, reduzindo assim o pânico das pessoas. É vulgar, para além dos blocos autónomos, existir sinalização de emergência, sinalização dos meios de detecção e dos meios de 1ª intervenção (extintores e bocas de incêndio armadas).

2

A EVACUAÇÃO DE PESSOAS EM EDIFÍCIOS

2.1 A PROBLEMÁTICA DA EVACUAÇÃO

Antes de mais interessa compreender a evacuação no seu sentido mais lato. Trata-se então de um movimento da totalidade ou parte dos ocupantes de um edifício, aquando da existência de um incêndio, para um lugar considerado seguro ao fogo. Existem dois tipos de evacuação: evacuação total (a evacuação processa-se relativamente a todos os ocupantes do edifício) e evacuação parcial (movimento de pessoas mais limitado, que pode ter diversas razões).

O conhecimento do movimento de pessoas e o seu comportamento numa situação de emergência é de importância fundamental para o dimensionamento de caminhos de evacuação que permitem dotar os edifícios de adequadas condições de segurança.

Segundo Leça Coelho [9], a segurança contra incêndios em edifícios é uma área do conhecimento multidisciplinar englobando domínios muito diversificados que vão desde o comportamento dos materiais a elevadas temperaturas até ao comportamento das pessoas numa situação de emergência, mas que se complementam no objectivo comum de tornar os edifícios seguros.

Para Leça Coelho [9], de entre as situações de emergência a mais complexa é a devida ao incêndio, pois o aumento da temperatura no interior dos espaços e a presença de chamas, fumos e gases tóxicos, dificultam ainda mais o movimento das pessoas e contribuem para a ocorrência de uma maior instabilidade emocional que pode dar origem a comportamentos que alteram o tempo necessário para evacuar um edifício.

Em edifícios ou recintos que recebem um número elevado de pessoas, o problema da evacuação ganha contornos especiais. Nessas condições e em que o problema da evacuação não tenha sido correctamente abordado, qualquer incidente pode ter consequências devastadoras. A questão central no problema da evacuação passa por garantir que a totalidade dos ocupantes de um espaço ou de um edifício possa em qualquer instante evacuar para um local seguro, em tempos razoáveis e com a segurança necessária. A problemática dos edifícios que recebem público, para além da coabitação de centenas de pessoas, passa também pela ausência de conhecimento relativamente à planta do edifício, tornando assim a evacuação mais complicada. Assim, para uma evacuação segura é vital:

- Sinalização adequada;
- Boa iluminação;
- Saídas bem dimensionadas.

O problema da evacuação é tratado nas normas através do efectivo e das características do edifício, onde se estabelecem larguras mínimas de passagem e distâncias máximas nas vias de evacuação.

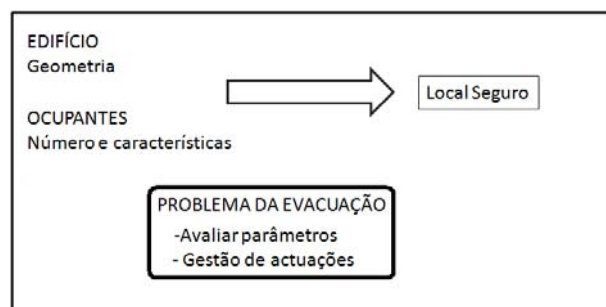


Fig.2.1 - Descrição do problema da evacuação de edifícios [14].

O problema da evacuação é especialmente relevante quando se estudam edifícios de grande altura, centros comerciais, culturais e recreativos, escolas, edifícios de geometria ou distribuição complexa, etc. As características comuns a todos eles são:

- Tamanho das edificações;
- Existência de um elevado número de pessoas no interior dos mesmos;
- Dificuldade em conhecer as soluções do problema.

Os estudos sobre a evacuação de edifícios podem realizar-se em duas fases diferentes:

- Na fase de projecto para contrastar e analisar diferentes hipóteses de projecto;
- Em edifícios construídos com os elementos mobiliários instalados e onde se desenrolam as actividades previstas. Neste caso os estudos servem para conhecer o possível desenvolvimento de uma evacuação de emergência e ter a capacidade para seleccionar as estratégias de evacuação mais apropriadas.

Na realização dos projectos dos edifícios, seguindo as normas em vigor, pensa-se que se atinge uma margem aceitável de segurança. Os tempos de evacuação não são conhecidos pelos usuários nem pelos responsáveis pela segurança.

O principal objectivo dos regulamentos e normas de segurança contra incêndios, é garantir a segurança dos ocupantes de um edifício. Para esta segurança são adoptadas medidas na concepção do edifício que incidem sobre os seguintes aspectos:

- Elementos estruturais do edifício;
- Materiais utilizados;
- Compartimentação do edifício;
- Caminhos de evacuação;
- Ventilação dos caminhos de evacuação;
- Instalações;
- Outros.

Para tornar seguros os caminhos de evacuação, os regulamentos definem também as suas características quanto a:

- Dimensões;
- Distâncias máximas a percorrer até à caixa de escadas;

- Número suficiente de escadas;
- Distância máxima entre escadas;
- Ventilação dos caminhos de evacuação;
- Iluminação de emergência dos caminhos de evacuação;
- Outras.

A determinação do tempo necessário para que se processe a evacuação e a sua consideração ao nível do projecto das vias de evacuação não assegura, por si só, as condições exigidas para a evacuação. É assim necessário utilizar um parâmetro de referência que permita estabelecer a comparação com o tempo de evacuação determinado. É nesta fase que entra a análise de risco de incêndio.

Para se realizar a análise do risco de incêndio é necessário dispor de um modelo global constituído por diversos modelos parciais, referindo-se com carácter de exemplo os seguintes [9]:

- Modelo de desenvolvimento do incêndio no edifício;
- Modelo de desenfumagem;
- Modelo sobre toxicidade de gases;
- Modelo de evacuação de pessoas;
- Outros.

Através do modelo capaz de realizar as análises anteriormente referidas, torna-se então possível verificar se, face aos caminhos de evacuação projectados, o tempo que demora a proceder à evacuação é compatível com o desenvolvimento do fogo no edifício, com a concentração de gases existente, com a visibilidade, etc. [9].

Com base nos resultados obtidos a partir das simulações anteriormente referidas pode-se então introduzir as correcções necessárias ao projecto.

2.2 DEFINIÇÕES

As características do problema da evacuação levam a resolvê-lo no âmbito de modelos matemáticos encontrando-se aspectos do mesmo em outras disciplinas, fundamentalmente construção e segurança contra incêndios. Segue-se assim a apresentação de alguns dos conceitos gerais.

2.2.1 GRANDEZAS QUE DEFINEM A OCUPAÇÃO DOS RECINTOS E O MOVIMENTO DAS PESSOAS

O modo como as pessoas ocupam um espaço, depende das dimensões das mesmas e da separação que se estabelece entre elas (é diferente um recinto ocupado por crianças de um que seja ocupado por pessoas adultas). Para além disto, as pessoas exercem ao seu redor uma zona de influência, movendo-se para obter espaço. Na Fig.2.2 pode observar-se este conceito da ocupação de recintos sendo que os parâmetros normalmente utilizados para a sua quantificação são a densidade e a taxa de ocupação [14].

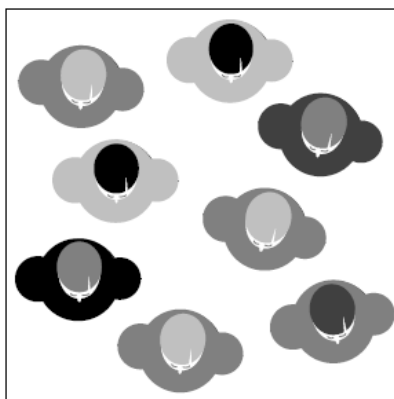


Fig.2.2 - Ocupação de recintos [14].

- Densidade de ocupação (pessoas/m²): traduz o número de pessoas por unidade de área e é influenciada pelo desejo psicológico de espaço e de separação entre elas [9];
- Taxa de ocupação: mostra a relação entre a ocupação existente num recinto e a sua possível ocupação máxima; trata-se de um número adimensional que corresponde à percentagem de ocupação [14].

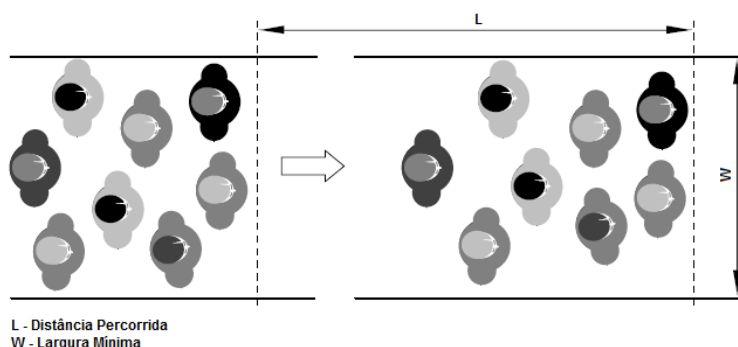


Fig.2.3- Grandezas de circulação das pessoas [14].

As grandezas de circulação, que podem observar-se na Fig.2.3, definem a capacidade de circulação dos indivíduos. Definem-se três grandezas [4]:

- Velocidade de circulação (m/s): espaço percorrido por unidade de tempo;
- Fluxo específico (pessoas/sm): representa o número de pessoas que passam numa determinada secção por unidade de tempo e por unidade de largura;
- Fluxo total (pessoas/s): traduz o número de pessoas que passam numa determinada secção por unidade de tempo.

2.2.2 DEFINIÇÕES DE CONSTRUÇÃO

Como no ponto anterior, existe um conjunto de termos do léxico próprio do sector da construção utilizados habitualmente no problema da evacuação de edifícios, alguns deles com uma referência precisa na própria legislação que definem aspectos gerais, evacuação e comportamento ao fogo, entre

outros. De seguida apresentam-se alguns dos conceitos mais relevantes, estando alguns deles presentes no Projecto do novo Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

- Via de evacuação - comunicação horizontal ou vertical de um edifício que, nos termos do projecto do Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (este Regulamento ainda não está em vigor apesar de ter sido divulgado), apresenta condições de segurança para a evacuação dos seus ocupantes [15];
- Caminho de evacuação – percurso entre qualquer ponto, susceptível de ocupação, num recinto ou edifício até uma zona de segurança exterior, compreendendo, em geral, um percurso inicial no local de permanência e outro nas vias de evacuação [15];
- Vias de evacuação interiores enclausuradas, isto é, delimitadas por elementos resistentes ao fogo e com adequado controlo de fumo [9].
- Vias de evacuação ao ar livre, que estão compartimentadas relativamente ao edifício por elementos resistentes ao fogo e que devem possuir, pelo menos numa das suas paredes, uma ou várias aberturas permanentes em contacto directo com o exterior cuja área total não seja inferior a metade da área dessa parede [9].
- Meio de evacuação – disposição construtiva, que pode incluir um ou mais caminhos de evacuação protegidos, possibilitando que os ocupantes atinjam, pelos seus próprios meios e a partir de qualquer ponto de um edifício, uma zona de segurança [9].
- Saída - qualquer vão disposto ao longo dos caminhos de evacuação de um edifício que os ocupantes devam transpor para se dirigirem do local onde se encontram até uma zona de segurança [9].
- Saída de emergência: é uma saída para um caminho de evacuação protegido ou para uma zona de segurança, que não está normalmente disponível para outra utilização pelo público [9];
- Simulacros de evacuação - são um exercício no qual os ocupantes de um edifício se movimentam da posição que ocupam no interior do mesmo até uma posição segura reproduzindo a forma como realizariam numa situação de emergência, podendo estar ou não avisados e desconhecendo se se trata de uma situação real ou de um simulacro [14];
- Ensaio de evacuação – são aqueles exercícios nos quais um grupo de pessoas se movimenta desde o interior de um edifício ou recinto até outra dependência ou espaço exterior, observando-se as suas atitudes e medindo-se certas magnitudes como o tempo de evacuação, os fluxos e as retenções, entre outras. Estas medições podem realizar-se directamente ou procedendo-se à gravação do ensaio para posterior análise [14];
- Altura de um edifício - diferença de cota entre o piso mais desfavorável susceptível de ocupação e o plano de referência. Quando o último piso coberto for exclusivamente destinado a instalações e equipamentos que apenas impliquem a presença de pessoas para fins de manutenção e reparação, tal piso não entra no cômputo da altura do edifício. O mesmo sucede se o piso for destinado a arrecadações cuja utilização implique apenas visitas episódicas de pessoas. Se os dois últimos pisos forem ocupados por habitações duplex, poderá considerar-se o seu piso inferior como o mais desfavorável, desde que o percurso máximo de evacuação nessas habitações seja inferior a 10 metros. Aos edifícios constituídos por corpos de alturas diferentes são aplicáveis as disposições correspondentes ao corpo de maior altura, exceptuando-se os casos em que os corpos de menor altura forem independentes dos restantes. Os edifícios classificam-se consoante a sua altura conforme o quadro seguinte [15]:

Quadro 2.1 – Classificação das alturas dos edifícios [15].

Classificação	Pequena	Média	Grande	Muito Grande
Altura (H)	$H \leq 9 \text{ m}$	$9 \text{ m} < H \leq 28 \text{ m}$	$28 \text{ m} < H \leq 50 \text{ m}$	$H > 50 \text{ m}$

- Estabilidade ao fogo - é a propriedade de um elemento de construção, com funções de suporte de cargas, capaz de resistir ao colapso durante um período de tempo determinado, quando sujeito à acção de incêndio [15], para um fogo padrão/normalizado;
- Resistência ao fogo (RF) - é a propriedade de um elemento de construção, ou de outros componentes de um edifício, de conservar, durante um período de tempo determinada, a estabilidade e/ou a estanquidade e/ou o isolamento térmico e/ou a resistência mecânica e/ou qualquer outra função específica, quando sujeito ao processo de aquecimento resultante de um incêndio [15], para um fogo padrão/normalizado;
- Estanquidade ao fogo - é a propriedade de um elemento de construção com função de compartimentação de não deixar passar, durante um período de tempo determinado, qualquer chama ou gases quentes [15], para um fogo padrão/normalizado.

2.3 VIAS DE EVACUAÇÃO

Quanto às vias de evacuação, estas têm por objectivo a protecção da vida dos ocupantes de um dado edifício ou estabelecimento e devem ser um meio de encaminhamento fácil, rápido e seguro, para uma zona de segurança, isto é, para locais no exterior que não venham a estar sujeitos aos efeitos do incêndio [9].

Devem ser concebidas, dimensionadas, construídas e mantidas durante a exploração do edifício, possuindo as características e meios de protecção, de modo a garantir o cumprimento desse objectivo. Basicamente, são constituídas pelas circulações horizontais (corredores, átrios, etc.) e verticais (escadas, rampas, etc.), incluindo portas, saídas, etc. [9].

Quanto à caracterização das vias de evacuação, o dimensionamento e as características das vias de evacuação de um edifício incidem sobre vários aspectos, entre os quais se destacam [9]:

- O seu número e largura;
- A sua localização e distribuição;
- O tipo de portas de que dispõem;
- Outras características construtivas, nomeadamente, o seu tipo e os materiais e elementos de construção que as compõe;
- Os equipamentos e sistemas de segurança com que são dotadas.

Os edifícios e recintos devem obedecer a critérios de segurança que passam pela organização dos espaços interiores de forma a permitir que, em caso de incêndio, os ocupantes possam alcançar um local seguro no exterior pelos seus próprios meios, de modo fácil, rápido e seguro. Para isto, os locais de permanência, os edifícios e os recintos devem dispor de saídas, em número e largura suficientes, convenientemente sinalizadas; as vias de evacuação devem ter largura adequada e, quando necessário, ser protegidas contra o fogo, o fumo e os gases de combustão; as distâncias a percorrer devem ser limitadas. Em situações particulares, a evacuação pode processar-se para espaços de edifícios temporariamente seguros, designados por “zonas de refúgio”.

Os tipos de caminhos (ou vias) podem ser classificados quanto à função e quanto à protecção contra chamas e fumos. Quanto à função, subdividem-se em vias de utilização corrente e em vias de socorro, as últimas podem ser principais ou secundárias. Quanto à protecção contra chamas e fumos as vias podem ser protegidas (enclausuradas ou ao ar livre) ou não protegidas.

Os caminhos de saída devem conduzir ou por caminhos de evacuação ou directamente ao exterior e nunca a “culs-de-sac”; as portas devem abrir para o exterior; a largura deve ser sensivelmente uniforme (para cada corrente de pessoas), evitando estreitamentos; os caminhos devem ser protegidos contra o fogo e contra fumos, sobretudo as escadas, e devem ser sinalizados de forma bastante visível em todos os locais que o justifiquem.

O dimensionamento dos caminhos de evacuação e das saídas deve ser feito de forma a obter, sempre que possível, uma densidade de fluxo constante de pessoas em qualquer secção das vias de evacuação no seu movimento em direcção às saídas, tendo em conta as distâncias a percorrer e as velocidades das pessoas de acordo com a sua condição física, de modo a conseguir tempos de evacuação convenientes. O dimensionamento pode ser feito de forma expedita, utilizando o conceito das unidades de passagem (UP) ou com recurso a métodos ou modelos de cálculo, desde que os mesmos estejam aprovados pela ANPC.

2.4. TEMPOS DE EVACUAÇÃO

Um factor preponderante numa evacuação é o tempo de evacuação. Este deve ser o menor possível, para que a evacuação dos ocupantes seja feita em segurança e sem danos físicos para os ocupantes. Numa situação normal, os tempos de percurso são de fácil cálculo. Contudo, numa situação de emergência surgem outras variáveis que tornam a sua determinação extremamente complexa. Um dos factores que torna o problema complexo é o comportamento dos indivíduos (aspecto abordado no subcapítulo seguinte). Uma situação de emergência pode ter várias origens. Pensa-se, contudo, que uma situação de incêndio é a situação mais complexa, visto que há muitas variáveis envolvidas, tais como o aumento da temperatura interior, a presença de chamas, fumos e gases tóxicos. Estes factores para além de poderem originar danos físicos influenciam as pessoas, contribuindo para a sua instabilidade emocional, o que conduz a um aumento do tempo de evacuação [4,14].

Neste momento, na fase de projecto, o tempo de evacuação não contribui para o dimensionamento dos caminhos de evacuação, apesar de que a evacuação em tempos aceitáveis é de vital importância para a obtenção de condições de segurança ao fogo. Existem vários métodos para cálculo do tempo de evacuação, tais como o Método de BRE, o Método de Pauls e o Método de Nelson e Macleannan, este último explorado ao longo do trabalho [14].

Numa evacuação por incêndio ou emergência de um local ou edifício o tempo total de evacuação subdivide-se em quatro tempos: detecção, alarme, atraso e evacuação. Assim, o tempo total de evacuação é o tempo que decorre entre a detecção até que seja finalizado o processo de evacuação. Para a optimização do tempo total de evacuação deve-se minimizar todos e cada um dos tempos, o que depende do número de saídas do edifício ou recinto a evacuar e do trajecto que seja preciso efectuar [14].

- Tempo de detecção: a diminuição do tempo de detecção pode conseguir-se com um reforço do pessoal de vigilância e/ou com a instalação de detectores do tipo iónico que detectam fogos na fase em que ainda só produzem fumos invisíveis dando mais tempo para actuação;

- Tempo de alarme: o tempo de alarme é o próprio tempo da emissão do sinal de alarme, sons codificados (sirene de alarme), sistemas de megafonia ou sistemas ópticos. Este sistema depende das características técnicas e da capacidade de comunicação colectiva das citadas mensagens;
- Tempo de atraso: é o intervalo de tempo que decorre desde que o colectivo de pessoas percebe e assimila a mensagem de alarme até que inicia o movimento pelos itinerários correspondentes de saída, influi nele de uma forma importante, a eficácia de comunicação das mensagens e a boa organização do pessoal de ajuda para a evacuação. A diminuição do tempo de atraso consegue-se com treino do pessoal, com a sinalização dos acessos e com o aumento da fiabilidade dos alarmes;
- Tempo de evacuação: é o intervalo de tempo entre o início de movimento dos ocupantes até que ocupem um local seguro ao fogo. A diminuição do tempo de evacuação, depende do treino do pessoal, da existência de sinalização correcta, da iluminação de segurança e da existência de acessos e vias de evacuação em número e com dimensões (larguras) adequadas à população do edifício a evacuar.

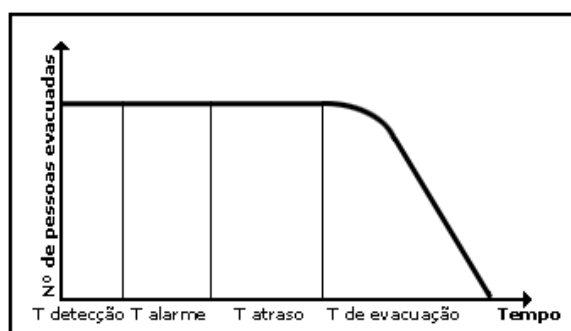


Fig.2.4 – Tempos parciais e total de evacuação [16]

Como se observa na Fig.2.4, a evacuação das pessoas só se inicia após os tempos de detecção, alarme e atraso.

2.5. DEFINIÇÕES DE COMPORTAMENTO

O comportamento das pessoas tem uma grande influência sobre a evacuação. Perante uma situação de emergência o comportamento das pessoas enquadra-se num dos seguintes tipos [9]:

- Comportamento adaptado;
- Comportamento desadaptado.

De um modo geral as pessoas têm um comportamento adaptado, podendo, todavia, verificar-se situações concretas em que isso não acontece, surgindo os denominados comportamentos desadaptados [9]. No que respeita ao comportamento das pessoas definem-se os conceitos de pânico e pânico negativo. O pânico é uma forma extrema de comportamento desadaptado à situação de emergência, pouco comum, constituindo uma conduta completamente irracional e autodestrutiva. Este comportamento dos indivíduos caracteriza-se pela tomada de decisões irracionais que incrementam perigo para as próprias e para os outros. O pânico negativo consiste numa atitude completamente insensível ao sinistro, levada de tal forma que, devido à passividade total, pode levar à autodestruição [14].

Apesar de o pânico ser pouco comum numa situação de emergência, a probabilidade da sua ocorrência aumenta se não forem consideradas determinadas medidas de segurança contra incêndio, das quais se destacam as seguintes [9]:

- Concepção correcta dos caminhos de evacuação (visibilidade das saídas, larguras suficientes, adequada relação entre largura e altura dos degraus das escadas, existência de corrimão nas escadas, etc.);
- Ausência de passagens estreitas ou estrangulamentos nos caminhos de evacuação;
- Existência de sinalização de segurança;
- Existência de iluminação de emergência;
- Detecção atempada do incêndio e adequados sistemas de alarme;
- Existência de lugares de refúgio e sistema de intercomunicação com os ocupantes (edifícios muito altos);
- Sistemas adequados de controlo de fumos.

Existem comportamentos desadaptados que ocorrem com maior frequência, como por exemplo, a prática de uma ou várias acções que contribuem para dificultar a evacuação do edifício e o próprio combate ao incêndio [9].

2.6. INFLUÊNCIA DO FUMO NO MOVIMENTO DAS PESSOAS

Com uma combustão surgem fumos, quer se dê com ou sem chama (mais grave esta última). Com o aparecimento de fumos e a inerente diminuição de visibilidade, o movimento e o comportamento das pessoas numa situação de emergência são afectados. Como principais consequências surgem [9]:

- Diminuição da velocidade de deslocação;
- Aumento da instabilidade emocional;
- Interrupção do movimento;
- Pânico.

Os factores importantes para a tomada da decisão, por parte de um ocupante, de iniciar ou não o movimento em relação à saída, atravessando um espaço enfumado, são [9]:

- Capacidade de conseguir identificar a saída;
- Possibilidade de estimar a distância a percorrer;
- Percepção da severidade do fumo, traduzida por exemplo, pela sua densidade óptica.

2.7. INFLUÊNCIA DE INCAPACITADOS E IDOSOS

As pessoas incapacitadas têm uma variedade de limitações que aumentam o risco na sua evacuação, como por exemplo [4]:

- Problemas sensoriais, tais como: surdez e cegueira;
- Problemas na mobilidade que implicam o uso de cadeira de rodas;
- Problemas mentais.

A existência de incapacitados e de idosos em determinados tipos de ocupações, pode ter implicações significativas na forma como se vai desenvolver a evacuação, tornando-se necessário estabelecer uma distinção entre, por um lado, casas de saúde, hospitais, lares de idosos e, por outro, os restantes edifícios.

Relativamente aos hospitais, estabelecimentos similares e lares de idosos, a regulamentação deve ter em consideração o facto de a mobilidade das pessoas estar fortemente condicionada. Em alguns destes tipos de estabelecimentos, em que a percentagem de incapacitados pode ser extremamente elevada, a questão da evacuação é colocada de uma forma diferente da habitual. O que se torna necessário fazer relativamente a certos sectores, tais como estabelecimentos de saúde e lares de terceira idade, é limitar as distâncias a percorrer pelos ocupantes até às saídas para o exterior e dotar os caminhos de evacuação de dimensões mais generosas. Quanto aos outros edifícios a existência de incapacitados e de pessoas idosas não é normalmente um aspecto preocupante [9].

No que diz respeito aos edifícios de habitação verifica-se que a actual percentagem de acamados e pessoas idosas que neles residem não é ainda significativa, salvo situações pontuais, não existindo portanto uma situação de acamados permanentes com a proporção que se encontra nos estabelecimentos hospitalares [9].

Em função da esperança média de vida estar a aumentar, aumentando o número de incapacitados, permanentes ou temporários, é de esperar que esta situação venha a conhecer alterações, reflectindo-se no projecto dos edifícios de habitação [9].

2.8. EVOLUÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO DE SCIE EM PORTUGAL

A Regulamentação nesta área surgiu no final da década de 80, princípio da década de 90, fixando um conjunto de níveis mínimos relativos às capacidades de desempenho do edifício e das suas componentes e tendo como principais critérios de segurança genéricos:

- Os elementos estruturais dos edifícios devem ter uma resistência mínima à acção do fogo;
- Deve ser limitada a possibilidade de propagação do fogo, dos fumos e dos gases no interior do edifício;
- O edifício deve ser dotado de meios que permitam aos seus ocupantes uma evacuação segura;
- Os bombeiros devem dispor de facilidades para poderem intervir.

A Regulamentação, apesar de conseguir um nível de segurança aceitável para os ocupantes, não garante uma resposta viável para todos os edifícios, principalmente para os mais complexos. Sendo assim, a natureza prescritiva da Regulamentação existente em Portugal tem um poder de resposta limitado, com isto, o futuro passará por uma regulamentação exigencial. A Regulamentação exigencial poderá ser aplicada em paralelo ou em substituição dos Regulamentos prescritivos. Esta Regulamentação estabelece objectivos de segurança que devem ser satisfeitos, em vez de prescrições, recorrendo-se para tal a ferramentas computacionais capazes de simular as diversas situações de interesse e que deverão ter aceitação por parte do projectista e da entidade licenciadora.

Enquanto o Regulamento Geral não entrar em vigor, a legislação sobre Segurança contra Incêndios encontra-se dispersa em vários documentos tais como resoluções do Conselho de Ministros, decretos-lei, decretos regulamentares e portarias, uns com um conteúdo excessivamente minucioso e outros muito genéricos. A falta de um documento único gera então conflitos evidentes entre os vários diplomas, pondo em causa a eficácia jurídica e o valor pedagógico das normas.

Para além de toda esta heterogeneidade de documentos, verificam-se certas lacunas e omissões, tais como, a não existência de regulamentos específicos de segurança contra incêndios, para instalações industriais, dos armazéns, dos lares de idosos, dos museus, das bibliotecas, dos arquivos e dos locais de culto. Para estes casos, aplica-se o Regulamento Geral das Edificações Urbanas, de 1951, que para

além de estar desactualizado é claramente insuficiente para a salvaguarda da segurança contra incêndio [15].

Assim, o actual quadro regulamentar é:

- Incompleto;
- Heterogéneo;
- Parcialmente incoerente;
- De interpretação difícil / problemática;
- Repetitivo / volumoso / de manuseamento complicado.

Com a futura entrada em vigor do Regulamento Geral, tenta-se resolver todos estes problemas.

O Regulamento Geral surge no seguimento da criação do Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil e posteriormente da Autoridade Nacional de Protecção Civil, autoridade nacional com competências na área da segurança contra incêndios em edifícios, que propõe medidas legislativas e regulamentares necessárias neste domínio.

O projecto do Regulamento Geral, incorpora as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo. Em seguida apresentam-se as utilizações-tipo de edifícios ou recintos da sua totalidade ou parcialmente presentes no Regulamento:

- I – Habitacionais
- II – Estacionamentos
- III – Administrativos
- IV – Escolares
- V – Hospitalares e lares de idosos
- VI – Espectáculos e reuniões públicas
- VII – Hoteleiros e restauração
- VIII – Comerciais e gares de transportes
- IX – Desportivos e de lazer
- X – Museus e galerias de arte
- XI – Bibliotecas e arquivos
- XII – Industriais, oficinas e armazéns.

Quando um edifício ou recinto possui uma única utilização-tipo considera-se de utilização exclusiva, quando possui diversas utilizações, diz-se de ocupação mista.

Os locais de risco presentes no Regulamento são:

- Local de risco A – Presença dominante de pessoal afecto ao estabelecimento, em pequena quantidade;
- Local de risco B – Presença dominante de pessoas (pessoal e público), em grande quantidade;
- Local de risco C – Risco agravado de incêndio, devido a actividades, equipamentos, ou materiais (carga de incêndio);
- Local de risco D – Presença de pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas (idosos, acamados, crianças);
- Local de risco E – Locais de dormida, em estabelecimentos, que não caibam na definição de local de risco D;
- Local de risco F – Com meios essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes.

De notar que os locais de risco E e F surgem pela primeira vez no projecto do novo Regulamento.

Neste documento, adopta-se também o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias 2000/147/CE e 2003/632/CE, relativas à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e 2000/376/CE e 2003/629/CE, respeitantes ao sistema de classificação da resistência ao fogo [15].

As soluções presentes no RG/SCIE vão de encontro às mais avançadas técnicas de segurança contra incêndios em edifícios. Apesar disto, muitas dessas soluções são já adoptadas na execução dos projectos e na construção dos edifícios que não dispõe de regulamentos específicos na segurança contra incêndios, quer pelo recurso à regulamentação estrangeira quer à regulamentação nacional anterior, por exigências das companhias de seguros ou por decisão do dono da obra e dos projectistas.

O regulamento geral é o resultado de um trabalho entre especialistas designados pelo Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil e pelo conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, através da sua Subcomissão de Regulamentos de Segurança Contra Incêndios em Edifícios [15].

Vantagens de um “Regulamento Geral”:

- Toda a regulamentação num só diploma;
- Muito menos volumoso que a regulamentação actual (até porque se eliminam as repetições hoje existentes);
- De manuseamento mais fácil;
- Homogéneo e coerente;
- Cobrindo praticamente a totalidade dos edifícios (só não se aplica a casos especiais, particularmente delicados, justificando regime próprio).

Estrutura Geral do Regulamento geral de segurança contra incêndio em edifícios:

- Título I – Disposições gerais e fiscalização
- Título II – Caracterização do risco de incêndio
- Título III – Condições exteriores comuns
- Título IV – Condições gerais de comportamento ao fogo, isolamento e protecção
- Título V – Condições gerais de evacuação
- Título VI – Condições gerais das instalações técnicas
- Título VII – Condições gerais dos equipamentos e sistemas de segurança
- Título VIII – Condições gerais de organização e gestão da segurança
- Título IX – Condições específicas das utilizações – tipo
- Título X – Disposições finais e transitórias

Anexos:

- I – Definições
- II – Classes de reacção ao fogo para produtos de construção
- III – Classes de resistência ao fogo padrão para produtos de construção
- IV – Fichas de segurança para a 1ª e 2ª categorias de risco
- V – Guião de memória descritiva e justificativa para a 3ª e 4ª categorias de risco
- VI – Critérios de cálculo de densidade de carga de incêndio modificada
- VII – Quadros referidos no articulado
- VIII – Equivalência entre especificações do LNEC e as constantes das decisões comunitárias

O Regulamento Geral tem por objecto todos os edifícios em geral, recintos itinerantes e recintos ao ar livre. Deste Regulamento estão excluídos: as instalações prisionais; espaços classificados, de acesso restrito, das instalações de Forças Armadas ou de Segurança (centros de comunicação, comando e controlo; paióis de munições ou de explosivos; carreiras de tiro); estabelecimentos industriais e de armazenamento, com substâncias perigosas; postos de abastecimento de combustíveis. Em suma, estão excluídos os edifícios pertencentes ao estado e os edifícios que envolvem riscos especiais. É da responsabilidade das entidades promotoras da construção e das exploradoras dos edifícios ou recintos que não são objecto do Regulamento Geral, o estabelecimento das medidas de segurança específicas mais adequadas a cada caso (podendo consultar a ANPC para o efeito) [15].

Na prática, o RG/SCIE é aplicável:

- A novos edifícios, partes de edifícios e a recintos itinerantes e ao ar livre, a construir, montar ou implantar;
- A obras de alteração ou ampliação de edifícios ou partes de edifícios, bem como a recintos itinerantes e ao ar livre, sempre que delas resulte o aumento da categoria de risco (ou cujo valor estimado para o custo da intervenção ultrapasse 50% do custo total de construção de um edifício novo com a mesma área bruta);
- Nos casos de mudanças de uso permanente de edifícios e recintos ou suas partes já existentes, que impliquem alteração, total ou parcial, das respectivas utilizações-tipo ou o aumento das respectivas categorias de risco;
- À exploração dos edifícios e recintos (incluindo os já existentes), no que se refere às medidas de auto-protecção e de organização de segurança. Exceptuam-se os edifícios de pequenas dimensões onde não há exigências, sendo a exploração dos recintos uma novidade do novo Regulamento.

No 2º e 3º pontos, ou em imóveis classificados, pode ser dispensada a aplicação de algumas disposições do RG/SCIE, se estas se revelarem de concretização manifestamente difícil ou lesiva do património, devendo ser previstos meios de segurança compensatórios, determinados para cada situação, a propor fundamentadamente para aprovação pela ANPC.

O RG/SCIE visa, face ao risco de incêndio, a preservação [15]:

- Da vida humana;
- Do ambiente;
- Do património cultural;
- Dos meios essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes.

Neste sentido, inclui disposições que cobrem todo o ciclo de vida dos edifícios ou dos recintos, destinando-se a:

- Reduzir a probabilidade de ocorrência de incêndios;
- Limitar o desenvolvimento de eventuais incêndios, circunscrevendo e minimizando os seus efeitos, nomeadamente a propagação do fumo e gases de combustão;
- Facilitar a evacuação e o salvamento dos ocupantes em risco;
- Permitir a intervenção eficaz e segura dos meios de socorro;
- Proteger bens do património cultural e meios essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes.

Outro aspecto importante a ter em conta no Regulamento é o efectivo. Assim, o efectivo dos edifícios e recintos é o somatório dos efectivos de todos os seus espaços susceptíveis de ocupação. O cálculo do efectivo de cada espaço pode ser feito de três formas diferentes: com base na capacidade instalada dos

diferentes espaços – salas com lugares fixos (conferências, ensino, espectáculos, etc.), locais de dormida (segundo o número de camas), etc.; com base nos índices de ocupação dos diferentes espaços, medidos em pessoas por metro quadrado, em função da sua finalidade e reportados à área útil (índices tabelados no RG/SCIE); com base nos índices de ocupação dos diferentes espaços, medidos em pessoas por metro linear (de banco, bancada, frente), em função da sua finalidade (índices tabelados no RG/SCIE). O efectivo de crianças com idade não superior a três anos ou de pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme deve ser corrigido pelo factor 1,3. Para o cálculo do efectivo de espaços polivalentes, a densidade de ocupação a considerar deve ser a mais elevada das utilizações susceptíveis de classificação. Sempre que seja previsível, para um dado local ou zona de um edifício ou de um recinto, um índice de ocupação superior aos tabelados, o seu efectivo deve ser o correspondente a esse índice. Nas situações em que, numa mesmas utilização-tipo, existam locais distintos que sejam ocupados pelas mesmas pessoas em horários diferentes, o efectivo total a considerar para a globalidade dessa utilização-tipo pode ter em conta que esses efectivos parciais não coexistem em simultâneo.

2.9. ANÁLISE DOS ANTECEDENTES E CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS

A problemática da evacuação de edifícios começou a ser debatida há algumas décadas. Na realidade, o Homem sempre teve uma preocupação em projectar edifícios que facilitassem a entrada e a saída dos ocupantes. Segundo J.J. Fruins [17], uma das primeiras referências escritas sobre as dimensões das saídas surge no Talmud, livro das leis do hebraísmo. No mundo greco-romano verifica-se também que as construções que tinham eventos importantes tais como, circos, teatros ou coliseus, chegavam a tempos de evacuação relativamente curtos [14].

A partir dos anos cinquenta e sessenta, começam a ser construídos grandes edifícios o que origina uma maior preocupação no que diz respeito à evacuação, preocupação essa que visa essencialmente a segurança das pessoas.

É difícil efectuar uma referência histórica sobre qual é o primeiro documento que estuda realmente o problema da evacuação de edifícios na perspectiva actual. Segundo S. Gwyne [18], um dos trabalhos precursores poderá ter sido um estudo sobre um incêndio no Teatro de Edimburgo ocorrido no ano de 1911.

Segundo Pursals [14], nos Estados Unidos aconteceram uma série de acidentes nos quais perderam a vida um grande número de pessoas originando um grande impacto mediático, concretamente nos incêndios de Iroquois Theatre, no Conocout Grove e no Beverly Hills Super Club, onde se demonstrou que a causa destes trágicos acidentes podia atribuir-se directamente a causas concretas e simples que podiam ter sido evitadas. Resultou um grande esforço de investigação, especialmente orientado a identificar os factores que podiam ter reduzido sensivelmente e inclusivamente evitado a existência de vítimas em acidentes de características similares, na realidade era um esforço decidido para melhorar a segurança das pessoas nos edifícios.

Desde os anos sessenta até à actualidade, tem-se desenvolvido toda uma escola de peritos em segurança contra incêndios dedicada ao estudo de casos nos quais se realiza uma análise detalhada e rigorosa de acidentes. Pioneiro nesta actividade encontra-se J.L.Bryan. Outros estudos mais recentes devem-se a G.Proulx e R.Fahy. Numa linha similar, encontram-se trabalhos de T. Shields e H.Frantzich centrados no estudo rigoroso de simulacros e ensaios. Os primeiros estudos relevantes onde se formaliza o movimento das pessoas implicadas em sinistros realizam-se na década de 70 e devem-se a J.L.Bryan nos Estados Unidos e D.Canter, J.Sime, Breaux, e Wood no Reino Unido. As primeiras estimativas das grandezas que definem o movimento das pessoas foram recolhidas no

London Transport Board [19] do ano de 1953. Estudos mais actuais foram publicados entre os anos 1970 e 1985 e devem-se a trabalhos independentes, realizados em diferentes países por diversos autores, nomeadamente Predtechenskii e Milinski, J.Fruins e J.Pauls, neles se baseando a maioria dos modelos utilizados nos estudos de evacuação actuais [14].

De forma imediata e paralela à aparição dos modelos de circulação, apresentam-se propostas de formulações que quantificam diversas grandezas implicadas na evacuação de edifícios: tempos de circulação, tempos de atraso, etc. Uma solução realmente próspera produz-se nos anos 80 ao se tratar do problema como uma rede de fluxo, sendo que a primeira aparição desta definição deve-se a G.N.Berlin. A formulação matemática do problema para se chegar à solução óptima atribui-se a R.L.Francis e L.P.Chalmet, situa-se no âmbito determinístico e desencadeia no início dos anos 80 um importante esforço de investigação que tem o suporte da National Bureau of Standards. Apresentaram-se, entretanto, soluções notáveis, considerando-se no final dos anos 80, que o problema da evacuação estava praticamente resolvido. No entanto, a procura de melhorias na área da evacuação estende esta problemática até à actualidade [14].

As grandezas que definem o movimento das pessoas têm um carácter marcadamente aleatório. Sendo assim, as modelações probabilísticas são muito mais reais do que as determinísticas. A modelação probabilística nasce na primeira metade dos anos 80, destacando-se trabalhos de J.M.Smith e G.G.Lovas. A utilização da simulação realiza-se também no início dos anos 80, sendo uma das primeiras publicações a de R.Fahy, sucedendo-lhe os trabalhos de D.Alvord, B.M.Levin e outros autores. A simulação é a linha que mais tem prosperado nos últimos anos, evoluindo de forma paralela às ferramentas informáticas que lhe dão suporte. Neste tema destacam-se autores como P.Thompson e especialmente E.Galea com um notável e extenso trabalho de investigação. Finalmente outra disciplina que também aborda o problema é a psicologia, estudando o comportamento individual e de grupo em situações críticas, sendo neste caso fundamentais os trabalhos de D.Canter e J.Sime [14].

2.10. ANÁLISE DOS DOCUMENTOS BÁSICOS

Anteriormente, efectuou-se uma análise cronológica das principais investigações. Segue-se agora a análise de estudos de casos, que permitirá uma abordagem mais concreta desta temática.

2.10.1. ESTUDO DE CASOS

As pessoas que enfrentam uma situação de emergência à partida são submetidas a uma situação complexa para a qual não estavam preparadas. A questão que se formula é qual a atitude que se pode esperar das pessoas submetidas a estas circunstâncias. Variadas hipóteses são passíveis de ser colocadas, mas são mais verosímeis as conclusões que apresentam o estudo de casos. O estudo de casos centra-se na análise de acidentes que já sucederam [14].

No Manual de Protecção Contra Incêndios [4] há referência a um estudo realizado na Grã Bretanha sobre 952 incêndios, nos quais se entrevistaram 2193 indivíduos. Concluiu-se que as atitudes mais adoptadas eram a evacuação do edifício incendiado, o combate ao incêndio, o aviso a outros indivíduos e o aviso a outros serviços de extinção de incêndio e salvamento. Num estudo de características similares, realizado nos Estados Unidos, onde se estudam 335 incêndios e no qual foram entrevistadas 584 pessoas chegaram-se a conclusões similares [14].

A evacuação e o comportamento das pessoas foram testados a partir do incêndio no MGM Grand Hotel da cidade de Clark County no estado do Nevada, ocorrido a 21 de Novembro de 1980 [20], e no

incêndio de Las Vegas Hilton Hotel, em 10 de Fevereiro de 1981 [21]. O NFPA realizou um intenso questionário às pessoas que estavam registadas no MGM Grand Hotel na noite de 20 para 21 de Novembro de 1980. O incêndio ocorreu quando o hotel estava ocupado por umas 2000 pessoas, daí resultando 778 clientes e 7 empregados feridos e 85 mortos. O estudo refere que o incêndio começou às 7 horas e 10 minutos da manhã. Seguindo instruções, a telefonista do hotel às 7 horas e 18 minutos avisou os serviços de extinção do condado de Clark; imediatamente às 7 horas e 20 minutos as telefonistas viram-se obrigadas a abandonar o local como consequência do fumo existente na zona. O fogo propagou-se rapidamente em todo o rés-do-chão; o calor e o fumo expandiram-se desde a zona do casino pelas juntas sísmicas, os buracos dos elevadores e escadas até aos 21 pisos do hotel. Devido à rápida evacuação do pessoal encarregado do serviço de telefonia, os clientes não foram avisados nem pelo sistema de alta voz interno nem pelo sistema de alarme. Cerca de 300 ocupantes foram resgatados por helicópteros e 900 por bombeiros [4].

O estudo de J.L.Bryan realizou-se sobre os resultados da sondagem enviada aos 1960 ocupantes registados no hotel na noite em que ocorreu o incêndio, excluindo os familiares de ocupantes falecidos e os estrangeiros. Responderam ao questionário 554 pessoas (28,3% dos ocupantes). Na dita sondagem, estudaram-se as características e o comportamento dos ocupantes em função das suas características sociais e culturais, a forma como conheceram a existência do fogo no hotel e o tempo que tardaram em ter uma informação, as cinco primeiras acções que executaram ao ter conhecimento da existência do incêndio, a forma como se propagou o fumo, a situação de cada ocupante do hotel, a possibilidade de utilização das escadas, as obstruções encontradas nos meios de evacuação, o tipo de assistência recebida para poder abandonar o hotel, o tempo de demora para o início das actuações, se estavam à espera no apartamento, etc. Estes estudos aplicaram-se em análises de diferentes sinistros nos anos 70. Os seus resultados ofereceram então uma perspectiva das atitudes que previsivelmente adoptam as pessoas numa situação de emergência de características similares, dando ainda lugar a um conjunto de prescrições que incorporam as normas de segurança contra incêndios [4].

Numa fase posterior, esta fórmula de investigação de sinistros foi seguida, utilizando o estudo da evacuação do Worl Trade Center de Nova Iorque, em consequência do atentado de 1993, trabalho realizado por R.Fahy e G Proulx [22]. Na linha de investigação de situações menos severas resultam os trabalhos T. Shields e H. Frantzich de Lund na Suécia. Ambos os autores realizaram importantes investigações filmando o desenvolvimento de evacuações e procedendo à sua análise. Pode afirmar-se que na actualidade existem importantes investigações em marcha dedicadas a conhecer as demoras no início da evacuação, a incidência de formação, o impacto de diferentes aspectos da sinalização, as características do sinal de alarme, etc. Uma destacada linha de investigação é o foro multidisciplinar denominado WTC Evacuation Study Iniciative que em consequência dos atentados de 11 de Setembro de 2001 no Worl Trade Center em Nova Iorque trata de conhecer directamente as actuações numa evacuação de edifícios em condições extremas e pode determinar as medidas mais apropriadas que se devem adoptar nestas situações [14].

2.10.2. ANÁLISE DESCRITIVA DO PROBLEMA

As normas sobre a segurança das pessoas em edifícios desenvolvidas na maioria dos países, baseiam-se na aplicação de conceitos profundamente investigados. As normas são redigidas por comités de peritos com um conhecimento especializado do problema, enquanto os técnicos podem em muitos

casos aplicá-las de uma forma relativamente rotineira. Determinados autores, incluindo os próprios peritos que participaram na elaboração das normas, sintetizaram investigações e o conhecimento sobre a evacuação de edifícios oferecendo documentos que transmitem um conhecimento global da matéria. Neste contexto faz-se referência a documentos elaborados por peritos como J. L. Bryan, J. Pauls, J.L. Posada e P. DiCicco. Na actualidade existem documentos que realizam uma análise global do problema da evacuação de edifícios, documentos estes de primeira linha para a pesquisa de informação. Em geral transmitem o conhecimento de determinados aspectos tais como as atitudes esperadas em situações de emergência, os principais factores que se consideram neste problema da evacuação, as grandezas fundamentais relativas aos indivíduos e a sua capacidade de circulação [14].

O primeiro documento que oferece uma visão geral é o Manual de Protecção Contra Incêndios de NFPA. No primeiro capítulo estuda-se a previsível actuação dos ocupantes: o processo de decisão ao ter conhecimento de uma situação de emergência e as decisões que se adoptam. No capítulo 2 realiza-se uma análise concreta para o projecto dos edifícios baseado na norma NFPA 101 denominada Life Safety Code, especificam-se os elementos fundamentais do projecto assim como as dimensões e as características da circulação das pessoas para definir posteriormente os elementos arquitectónicos de um edifício implicados na evacuação do mesmo, estabelecendo finalmente as suas condições de projecto. No capítulo 3 indicam-se as directrizes a seguir para dirigir o movimento das pessoas assim como a planificação dos simulacros de emergência. Por último, no capítulo 4 efectua-se uma análise dos meios de transporte utilizados nos edifícios, elevadores e escadas rolantes [14].

Outro documento com uma visão geral como o citado anteriormente mas com um conteúdo de nível técnico mais elevado, é o The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering editado por NFPA e SFPE, em três capítulos da terceira secção feitos por peritos qualificados, e onde se analisa o problema da evacuação. No capítulo 12 realizado por J. L. Bryan efectua-se um estudo do comportamento das pessoas numa situação de fumo e incêndio: apresentam-se os dados experimentais obtidos em análises de diversos incêndios e analisa-se a possibilidade de atitudes como o pânico, a reentrada no edifício, o movimento através do fumo, a colaboração em operações de resgate e a extinção. No capítulo 13 feito por J. Pauls estuda-se o movimento das pessoas e desenvolvem-se conceitos para planificar evacuações. No capítulo 14 H. Nelson e H. McLennan apresentam elementos quantitativos para estimar os tempos de evacuação e dimensionar as saídas, detalhando no final do capítulo aspectos de atitudes dos ocupantes [14].

Finalmente o livro Evacuation from Fires publicado pela editorial Baywood no ano de 2003, em nove capítulos, efectua uma análise global do problema que vai mais além do que os simples planeamentos normativos. Crandall apresenta seis princípios para planificar a segurança contra incêndios, analisada segundo a perspectiva da norma “National Building Code”. Jennings determina a organização de uma evacuação de emergência em edifícios de escritórios e os meios técnicos necessários. Gwine, Galea, Owen e Lawrence estudam os factores que se consideram num modelo de evacuação. No momento da sua elaboração efectua-se um “estado de arte” do problema e detalha-se a implementação destes conceitos no programa de simulação EXODUS. Gupta analisa a forma de abandonar um edifício quando existe uma limitação de tempo para evacuar o mesmo, determinada pela expansão de fumos, gases tóxicos ou outros fenómenos físicos. Tanaka, Hagiwara e Mimura analisam em função da ocupação, a necessidade da existência de duas ou mais saídas assim como o efeito delas no nível de segurança. Donegan, Taylor, Christie e Livesey desenvolvem um algoritmo para avaliar o que denominam “resistência de uma saída” que, globalmente aplicado a um edifício, permite avaliar a dificuldade da sua evacuação. Shields, Boyce, Silcock e Dunne analisam o efeito de pessoas incapacitadas (deslocando-se em cadeiras de rodas) na evacuação de um edifício. Lo e Deng analisam a forma de abandonar edifícios públicos em caso de incêndio e a necessidade de estabelecer medidas

de segurança complementares. Finalmente, Hodgens analisa os critérios a seguir para estabelecer o número de elevadores de que deve dispor um edifício a partir da legislação da cidade de Nova Iorque, contemplando com grande rigor a problemática que supõe a evacuação de pessoas incapacitadas [14].

3

SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

O objectivo da sinalização e dos indicativos de segurança é chamar a atenção de uma forma eficaz para objectos e situações que podem conter determinados perigos e dar indicações de importância indiscutível para a segurança contra incêndio [9]. Uma correcta sinalização tem uma grande influência na eficácia de uma evacuação. Pode-se considerar a sinalização dos locais quer como factor na prevenção de incêndios, quer como factor muito importante na sua protecção. Por sinalização entende-se genericamente como o conjunto de estímulos ópticos ou visuais, acústicos e tácteis, que podem condicionar e orientar a actuação das pessoas. No caso específico dos incêndios, tal como noutros casos, a sinalização óptica ou visual consiste na colocação nos locais apropriados de sinais gráficos (símbolos ou pictogramas), de formatos, desenhos e cores aprovadas, que dão indicações de:

- Proibição (proíbem um comportamento);
- Obrigação (prescreve um comportamento determinado);
- Aviso (advertem de um perigo ou de um risco);
- Salvamento ou Socorro (indicam saídas de emergência ou meios de socorro ou salvamento).

A sinalização de segurança obedece ao determinado pela legislação nacional, designadamente o Decreto-Lei n.º 141/95, de 14 de Junho e a Portaria n.º 1456-A/95, de 11 de Dezembro.

Existem diversos tipos de sinalização, que pode ser utilizada isoladamente ou em conjunto, destacando-se as seguintes [9]:

- Luminosa e acústica;
- Luminosa e comunicação oral;
- Sinal gestual e comunicação oral.

Os princípios básicos que evitam o comprometimento da eficácia da sinalização são [9]:

- Evitar a colocação de um número excessivo de painéis na proximidade uns dos outros;
- Não utilizar ao mesmo tempo sinais luminosos que podem ser confundidos;
- Não utilizar um sinal luminoso na proximidade de outro;
- Não utilizar um sinal luminoso na proximidade de uma fonte luminosa;
- A luz emitida por um sinal deve provocar um contraste luminoso adequado ao ambiente em função das condições de utilização prévias;

- A superfície luminosa que emite um sinal pode ser de cor uniforme ou comportar um pictograma sobre um fundo determinado;
- Não utilizar ao mesmo tempo dois sinais sonoros;
- Não utilizar um sinal sonoro onde o ruído local é intenso;
- Nível sonoro deve ser nitidamente superior ao ruído ambiente;
- O sinal sonoro deve ser facilmente reconhecível.

Relativamente à comunicação oral devem ser respeitados determinados princípios gerais, entre os quais se destaca o facto de que quem faz a comunicação deve dominar perfeitamente a língua em causa de modo a poder pronunciar correctamente a mensagem e esta ser perfeitamente perceptível pelos destinatários [9].

A sinalização de segurança compreende a sinalização dos caminhos de evacuação e a sinalização dos equipamentos e sistemas de segurança. A sinalização dos caminhos de evacuação é feita por blocos de sinalização autónomos e permanentes com pictogramas adequados, para orientar as pessoas no sentido da evacuação e da sinalização das saídas. A sinalização dos equipamentos e sistemas de segurança indica a localização dos meios de primeira intervenção, botões de alarme, comandos de equipamentos e sistemas de segurança, em pictogramas fotoluminescentes.

De acordo com a legislação em vigor, a sinalização com pictogramas deve ter as seguintes características:

- possibilitar uma interpretação única;
- dar a conhecer o risco com antecipação;
- informar sobre a acção específica;
- chamar a atenção.

A seguir, apresentam-se alguns aspectos a ter em conta na colocação da sinalização:

- Toda a sinalização referente às indicações de evacuação e localização de meios de 1ª intervenção, botões de alarme e comandos de equipamentos e sistemas de segurança, deve ser colocada preferencialmente na perpendicular dos caminhos de evacuação;
- De qualquer ponto dos caminhos de evacuação, deve ser visível pelo menos um sinal indicador de saída ou de sentido de evacuação susceptível de ocupação;
- Nas escadas devem ser montadas placas no patamar de acesso, indicando o número do andar ou a saída, consoante o caso, e um sinal no patamar intermédio, indicando o sentido da evacuação, no mínimo;
- Todos os sinais referidos devem ser colocados o mais próximo possível da aparelhagem de iluminação de emergência, a uma distância inferior a 2 m em projecção horizontal;
- Em todos os patamares de acesso a elevadores deve existir a indicação de que é proibida a sua utilização em caso de incêndio;
- As plantas de emergência devem ser colocadas em locais estratégicos, de acordo com a regulamentação em vigor NP 4386;
- Devem existir blocos de sinalização luminosa autónomos e permanentes com os pictogramas adequados que orientam inequivocamente as pessoas no sentido da evacuação e sinalizam as saídas;

Segundo a definição da Norma ISO 16069 (SWGS – Safety Way Guidance System) um sistema de sinalização completo compreende três níveis de sinalização [23]:

- Sinalização fotoluminescente ao nível superior (acima de 1,80 m): para visualização à distância;

- Sinalização fotoluminescente ao nível intermédio (entre 1,00 m e 1,80 m): sinalização com legendas para leitura;
- Sinalização fotoluminescente ao nível do solo (abaixo de 0,40 m): para sinalização e iluminação dos caminhos de evacuação e localização dos equipamentos de combate a incêndio a baixa altura.

A fotoluminescência é a propriedade que determinados elementos têm para emitir radiação luminosa (fotões) após submetidos a uma fonte de excitação externa. As substâncias fotoluminescentes quando expostas a fontes de luz (natural ou artificial) armazenam energia através de um simples fenómeno de excitação dos átomos. Mais tarde, numa situação de ausência de luz, libertam toda a energia acumulada sob a forma de luz visível, até que os átomos regressem ao seu estado fundamental.

A excitação do sistema de Sinalização Fotoluminescente de Segurança é pois um pré-requisito para a emissão da luminescência. Por outro lado, a intensidade luminosa emitida pela superfície fotoluminescente, depende da quantidade de energia que o produto conseguiu armazenar (função do tempo de excitação, do comprimento de onda e da frequência da radiação luminosa), ou seja, depende do tempo de exposição à luz ambiente e do tipo de luz utilizada na sua estimulação.

Normas aplicáveis à Sinalização de Segurança Fotoluminescente no âmbito da evacuação:

- 16069 (SWGS – Safety Way Guidance System)
- NFPA, Código 101 (Sinalização e caminhos de evacuação)

As formas e as cores de sinalização com pictogramas podem associar-se do seguinte modo:

Quadro 3.1 – Formas e cores dos pictogramas de sinalização [16].

Cor de segurança (fundo)	Cor de contraste	Significado ou finalidade	Indicações e precisões	Forma
Vermelho	Branco	Proibição	Atitudes perigosas	Circular
		Perigo, alarme	Paragem, pausa, dispositivos de corte, de emergência e de evacuação	Circular
		Material e equipamentos de combate a incêndios	Indicação e localização	Rectangular
Amarelo ou amarelo-alaranjado	Preto	Sinal de aviso	Perigo, Atenção, Precaução e Verificação	Triangular

Quadro 3.1 – Formas e cores dos pictogramas de sinalização [16] (continuação).

Cor de segurança (fundo)	Cor de contraste	Significado ou finalidade	Indicações e precisões	Forma
Azul	Branco	Sinal de obrigação	Comportamento ou acção específica. Obrigação de utilização de EPI	Circular
Verde	Branco	Salvamento ou socorro	Portas, saídas, vias, material, postos de socorros	Rectangular

3.2. SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Os sinais incluídos nesta categoria visam indicar, em caso de perigo, as saídas da emergência, o caminho para o posto de socorro ou local onde existem dispositivos de salvamento.

Os sinais de salvamento ou de emergência devem possuir as seguintes características:

- Forma rectangular ou quadrada;
- Pictograma branco sobre fundo verde (a cor verde deve cobrir pelo menos 50% da superfície da placa).

Dispositivo que deve sinalizar os locais onde se encontram as pessoas ou equipamentos para prestação de primeiros socorros:



Fig.3.1 - Primeiros Socorros [24].

Sinal que indica o local onde habitualmente se encontra guardada a maca para transporte de pessoas:



Fig.3.2 – Maca [24].

Dispositivo que sinaliza o local onde se encontra o telefone que deve ser utilizado para salvamento de ocupantes:



Fig.3.3 – Telefone para salvamento e primeiros socorros [24]

Sinal que define o local onde se encontra o chuveiro de emergência:



Fig.3.4 – Duche de segurança [24].

Sempre que exista risco de projecção de líquidos corrosivos para os olhos, deve existir um dispositivo lava-olhos, convenientemente sinalizado com este sinal:



Fig.3.5 – Lavagem dos olhos [24].

Sinais que se encontram associados a sinais de emergência, indicando a direcção e sentido em que se encontram os equipamentos sinalizados:



Fig.3.6 – Indicação da direcção a seguir [24]

Sinais que se encontram colocados ao longo dos caminhos de evacuação e nas saídas de emergência, permitindo indicar a direcção das vias/saídas de emergência, de modo a garantir a evacuação rápida e segura de um determinado local:



Fig.3.7 – Indicação da direcção de uma saída de emergência [24].

3.3. SINALIZAÇÃO DE INCÊNDIO

Os sinais inseridos nesta categoria visam indicar, em caso de incêndio, a localização dos equipamentos de combate a incêndio à disposição do utilizador.

Os sinais relativos ao material de combate a incêndios devem possuir as seguintes características:

- Forma rectangular ou quadrada;
- Pictograma branco sobre fundo vermelho, (a cor vermelha deve cobrir pelo menos 50% da superfície da placa).

Sinal que indica o local onde se encontram as bocas-de-incêndio armadas tipo carretel:



Fig.3.8 – Agulheta de incêndio [24].

Sinal que indica o local onde se encontra a escada para combate a incêndio:



Fig.3.9 – Escada [24].

Dístico que assinala o local onde se encontra o telefone dos serviços de emergência:



Fig.3.10 – Telefone dos serviços de emergência [24]

Sinal que permite identificar a localização dos extintores:



Fig.3.11 – Extintor [24].

Sinais normalmente associados aos sinais relativos a material de combate a incêndio, indicando a direcção e sentido em que se encontram os equipamentos sinalizados:



Fig.3.12 – Indicação da direcção a seguir [24].

3.4. A ESCOLHA DOS SINAIS

A escolha dos sinais é feita de acordo com a situação que se pretende sinalizar.

Para uma evacuação eficaz, é essencial que haja uma correcta sinalização de todas as vias de evacuação, saídas e saídas de emergência. Pretende-se com isto que a evacuação seja o mais rápida possível e sem pânico, sendo assim fundamental que, de qualquer ponto do edifício, seja sempre visível um sinal de emergência, e percorrendo o sentido da saída, ao chegar a um sinal, seja sempre possível visualizar o seguinte.



Fig.3.13 – Correcta sinalização das vias de evacuação, saídas e saídas de emergência [25].

Outro aspecto importante é a sinalização dos meios de extinção de primeira intervenção. Estes devem ser criteriosamente sinalizados, garantindo-se que, de qualquer local, se vejam os sinais que indicam a sua exacta localização. Para esta sinalização, utilizam-se os sinais de equipamentos de luta contra incêndios que se instalam por cima dos equipamentos, a 2 ou a 2,2 metros de altura do solo (ou mais alto em grandes áreas). Caso o equipamento não seja directamente visível, utilizam-se sinais com setas, indicando o sentido a percorrer para se chegar aos equipamentos de luta contra incêndio [25].



Fig.3.14 – Correcta sinalização dos equipamentos de luta contra incêndio [25].

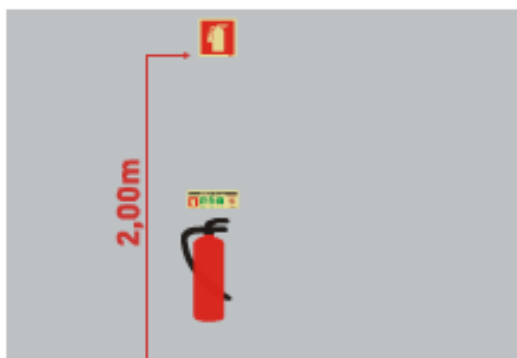


Fig.3.15 – Altura de colocação da sinalização dos equipamentos de luta contra incêndio [25].

Após uma análise de risco, identificam-se os perigos existentes. Estes são sinalizados através de sinais de advertência de perigo. Para além da advertência de perigo, são também instalados sinais de proibição que proíbem todos os comportamentos e acções que possam agravar o risco [25].



Fig.3.16 – Sinalização de advertência de perigo [25].

Quando o objectivo é garantir o uso de todos os equipamentos de protecção individual necessários utiliza-se a sinalização de obrigação [25].

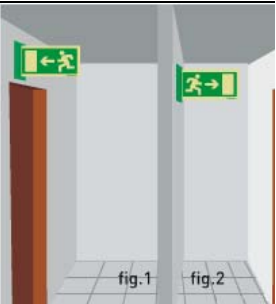


Fig.3.17 – Sinalização de obrigação para equipamentos de protecção individual [25].

3.5. VÁRIAS ALTERNATIVAS DE FIXAÇÃO

Para melhor funcionalidade da sinalização o tipo de fixação deve ser escolhido em função do ângulo de visualização que os sinais deverão garantir.

Quadro 3.2 – Alternativas de fixação [25].

Tipo	Descrição	Zona de visibilidade	Pormenor
Tipo 1 	Sinal de uma única face e de aplicação paralela à parede, ou seja, visível apenas de frente.		
Tipo 2 	Sinal de duas faces opostas em que a aplicação é perpendicular à parede		
Tipo 3 	Sinal de duas faces aplicado por suspensão no tecto.		
Tipo P 	Sinal com melhor visibilidade pois as duas faces do sinal formam, com a parede, um ângulo de 45°, proporcionando uma zona de visibilidade de 180°, sendo visível em qualquer ponto.		

3.6. MEDIDAS E DISTÂNCIAS DE OBSERVAÇÃO

A dimensão dos sinais é definida pela distância máxima de observação e compreensão do sinal. Os sinais deverão ter as medidas adequadas e estar em conformidade com as características das instalações onde irão ser instalados. A seguir, apresenta-se a fórmula mencionada na Norma ISO 3864-1984 [25]:

$$A \geq \frac{L^2}{2000} \quad (1)$$

L – distância de observação do sinal (m)

A – área de um símbolo e respectiva cor de segurança envolvente (m²)

Nota: Fórmula válida para distâncias inferiores a 50 metros.

É fundamental ter a dimensão dos sinais adequada às características dos edifícios para se conseguir uma correcta sinalização de segurança, como a figura seguinte procura demonstrar.



Fig.3.18 – Visualização da sinalização [25].

Por outro lado, o sinal de localização de extintor terá que ser bem visível à distância de observação adequada e o sinal de agente extintor terá que ser instalado imediatamente acima do extintor, que corresponde a uma altura aproximada de 1,5 m, em zona de fácil leitura.

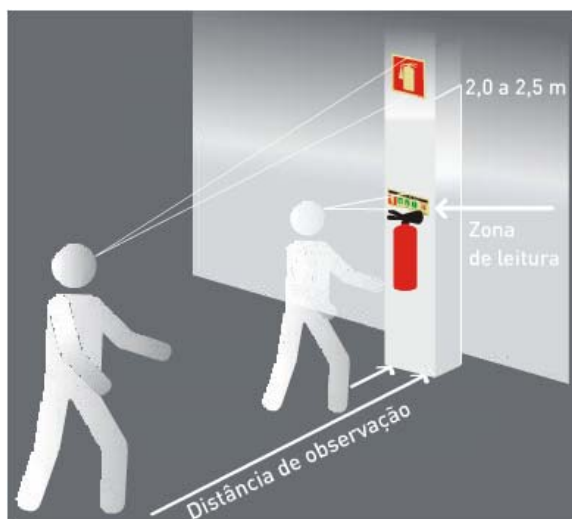


Fig.3.19 – Visualização da sinalização (Sinal de localização de extintor e Sinal de agente extintor) [25].

3.7. ALTURAS DE INSTALAÇÃO

No caso de os sinais serem fotoluminescentes, obtém-se melhor optimização da intensidade luminosa, colocando-se os sinais próximos das fontes luminosas existentes (lâmpadas, focos, etc.) de preferência recebendo directamente a luz [25].

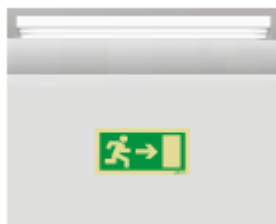


Fig.3.20 – Colocação dos sinais próximo de fontes luminosas [25].

A altura de instalação dos sinais varia em conformidade com as características construtivas dos edifícios, bem como com o seu tipo de utilização, tendo em conta que toda a sinalização tem que estar suficientemente visível, de qualquer ponto da área envolvente.

Posto isto, apresentam-se as alturas consoante o tipo de sinalização [25]:

- Sinalização de emergência – Sobre as portas: de 2,0 m a 2,5 m do chão à base do sinal;
Vias de evacuação: 1,7 m a 2,0 m do chão à base do sinal.

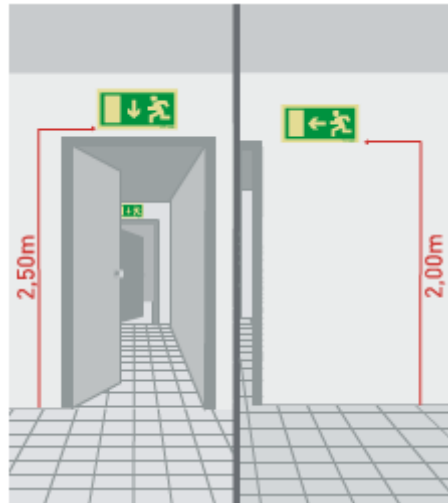


Fig.3.21 – Altura da sinalização de emergência [25].

- Sinalização de equipamentos de combate a incêndio – o sinal de extintor deverá estar a uma altura de 2,0 m a 2,2 m do chão à base do sinal de modo a ser visível em toda a área envolvente. O sinal com as instruções de segurança sobre o agente extintor coloca-se imediatamente acima da parte superior do extintor, a aproximadamente 1,5 m do chão, de modo a permitir a leitura dos textos do sinal (pois é um sinal com instruções de manuseamento e informação da aplicabilidade do extintor, e não um sinal para a localização do equipamento).

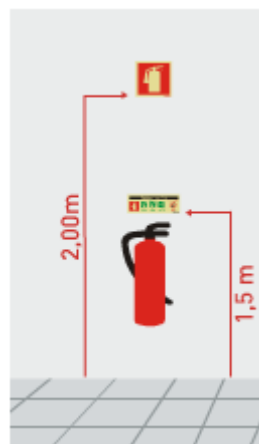


Fig.3.22 – Altura da sinalização de equipamentos de combate a incêndio [25].

- Restantes equipamentos de alarme e combate a incêndio – devem ser sempre sinalizados, respeitando as distâncias de observação e as alturas mínimas de fixação (de 2,0 m a 2,2 m do chão), de modo a se garantir a sua visibilidade. Deverá complementar-se com outros sinais de menor dimensão, a fixar nos próprios equipamentos (porta da boca de incêndio, caixa de manta abafa-fogo, etc.), em zona de leitura (cerca de 1,5 m), com instruções complementares de funcionamento.

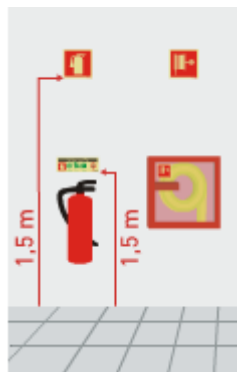


Fig.3.23 – Altura da sinalização dos restantes equipamentos de alarme e combate a incêndio [25].

- Sinalização de perigo e instruções em caso de emergência – estes sinais devem situar-se o mais próximo possível do local de perigo tendo especial atenção à sua permanente visibilidade e ainda junto das entradas e acessos às áreas ou instalações onde resida o risco, com o objectivo de advertir previamente e minimizar o perigo existente.



Fig.3.24 – Altura da sinalização de perigo e instruções em caso de emergência [25].

- Instalações industriais – dada a complexidade e variedade de *lay-out* deste tipo de instalações, para cada sinal, deve ser estudada a distância de observação, o ângulo de visibilidade e eventuais obstruções temporárias de visualização, definindo-se assim a dimensão, bem como a altura e o tipo de aplicação. Deve-se optar por sinais de grandes dimensões.

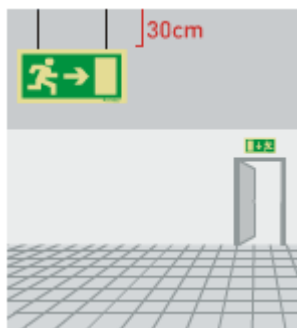


Fig.3.25 – Altura da sinalização em instalações industriais [25].

3.8. SINALIZAÇÃO FOTOLUMINESCENTE AO NÍVEL DO SOLO

A propagação de fumos resultantes de um incêndio dificulta e impossibilita uma correcta evacuação, visto que reduz a visibilidade, pode criar pânico e provoca intoxicações. Nestas circunstâncias, este sistema mantém iluminados os caminhos de evacuação, assegurando ainda a sinalização dos equipamentos de combate a incêndio, dos percursos de emergência e saídas. Assim, garantem-se as melhores condições de saída, diminuindo os riscos de pânico e consequentes perdas de vidas. Este sistema destina-se principalmente a situações onde se exige dos sinais uma altíssima intensidade luminosa, apesar de ficarem colocados em locais que recebem pouca iluminação ambiente (ao nível do solo) [25].

O sistema de sinalização fotoluminescente ao nível do solo é composto com os seguintes materiais [25]:

- Perfis e sinais fotoluminescentes, com espessura de 2,0 mm, para aplicação nas paredes. De acordo com a norma ISO 16069 estes perfis e sinais devem ser aplicados de tal modo que a sua parte superior fique 40 cm acima do nível do pavimento;
- Lâminas fotoluminescentes para aplicação no pavimento: lâmina de 0,3 mm de espessura, de base auto-adesiva e antiderrapante. Estas lâminas devem ser aplicadas directamente sobre o pavimento.

Os sistemas de sinalização e iluminação ao nível do solo, tiveram o início da sua normalização por regulamentação nas áreas de maiores riscos (Aviação-FAA, em 1984 e Marítimo – IMO, em 1989). A partir de 1999, com o desenvolvimento de novas tecnologias fotoluminescentes, outras áreas adoptaram e iniciaram o processo de normalização. Actualmente é a Norma ISO 16069 (SWGS – Safety Way Guidance System) que regulamenta todo o sistema de Sinalização de Segurança Fotoluminescente (tanto ao nível elevado como ao nível do solo) [25].

3.9. SIMBOLOGIA TÉCNICA PARA ESTUDOS E PROJECTOS

Segundo a nota técnica nº 04, complementar do projecto do RG/SCIE, a simbologia técnica para estudos e projectos, no que diz respeito a vias de evacuação, sinalização de emergência e iluminação de emergência, é a seguinte [26]:

- Vias de Evacuação:

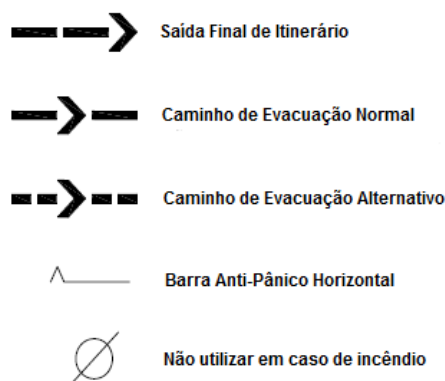


Fig.3.26 – Simbologia técnica para estudos e projectos de vias de evacuação [26].

▪ Sinalização de Emergência:



Fig.3.27 – Simbologia técnica para estudos e projectos de sinalização de emergência [26].

▪ Iluminação de Emergência:

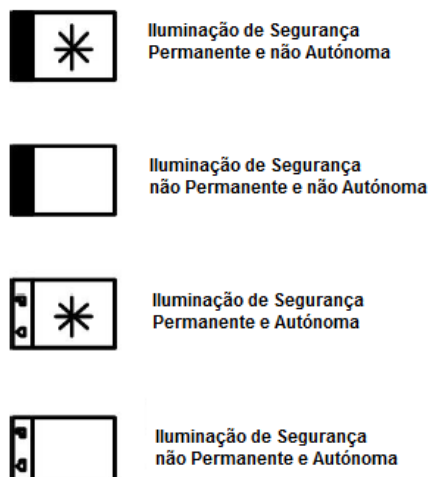


Fig.3.28 – Simbologia técnica para estudos e projectos de iluminação técnica [26].

3.10. SINALIZAÇÃO NA IGREJA DA SANTÍSSIMA TRINDADE, EM FÁTIMA

Neste ponto pretende-se desenvolver uma possível disposição da sinalização de evacuação da Igreja da Santíssima Trindade, em Fátima (a descrição do edifício é realizada no capítulo 5) – ver Anexo I e II.

O principal aspecto tido em conta para a localização da sinalização é a visibilidade de pelo menos um sinal nos trajectos de evacuação. Assim, se um ocupante nunca tiver dúvidas sobre o trajecto a seguir em caso de emergência, a evacuação é mais eficaz. Na Fig. 3.29 observa-se a simbologia utilizada no projecto apresentado em anexo.

SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA

-  - Itinerário de Evacuação:
- Porta de saída
-  - Itinerário de Evacuação:
- Saída em frente
-  - Itinerário de Evacuação:
- Saída para a direita
-  - Itinerário de Evacuação:
- Saída para a esquerda
-  - Itinerário de Evacuação:
- Descer a escada para direita
-  - Itinerário de Evacuação:
- Descer a escada para esquerda
-  - Itinerário de Evacuação:
- Subir a escada para direita
-  - Itinerário de Evacuação:
- Subir a escada para esquerda

Fig.3.29 – Simbologia de evacuação utilizada no projecto da Igreja da Santíssima Trindade.



Fig.3.30 – Sinalização de segurança da Igreja da Santíssima Trindade.

Na Fig.3.30 pode-se observar a localização da sinalização de segurança. Verifica-se a existência de dois sinais que indicam a localização de equipamentos de segurança (sinais fotoluminescentes que localizam um botão de alarme e um carretel), e de um sinal de caminho de evacuação feita por bloco de sinalização autónomo e permanente que indica o sentido da evacuação.

3.11. ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

A iluminação é um dos mais importantes factores subjacentes a uma evacuação. A iluminação de emergência compreende a iluminação ambiente, destinada a iluminar os locais acessíveis a público e a iluminação de balizagem ou circulação, que permite a sinalização activa das vias de evacuação e das saídas de modo a garantir a evacuação segura das pessoas.

3.11.1. ILUMINAÇÃO DE AMBIENTE

A iluminação de ambiente ou anti-pânico tem como objectivo reduzir o risco de pânico e permitir que as pessoas se dirijam, em segurança, para os caminhos de evacuação, garantindo condições de visão e de orientação adequadas à identificação das direcções de evacuação. A seguir apresentam-se as características da iluminação ambiente:

- As regras para o estabelecimento da iluminação ambiente estão indicadas na norma europeia EN 1838;
- A iluminação de ambiente ou anti-pânico deve assegurar uma visibilidade mínima em locais muito frequentados;
- Deve assegurar um mínimo de 0,5 lux na zona central do local (a mais de 0,5 m das paredes);
- A iluminância média a assegurar é de cerca de 10 lux, valor este indicado no Regulamento de Segurança de Instalações de Utilização de Energia;
- A autonomia mínima deve ser de 1 hora;
- A relação entre os valores máximos e mínimos de iluminância nunca devem ser superiores a 40:1;
- O nível de iluminação deverá ser de 50% ao fim de 5 segundos e de 100% ao fim de 1 minuto;
- A iluminação de ambiente ou anti-pânico é obrigatória onde possam permanecer mais do que:
 - 100 pessoas acima do solo (rés do chão e pisos superiores);
 - 50 pessoas, no subsolo;
- A instalação dos respectivos blocos deve permitir:
 - uma iluminação uniforme;
 - um fluxo luminoso ≥ 5 lúmen / m²;
 - o espaçamento entre 2 blocos consecutivos deve ter um espaçamento mínimo e ≥ 4 m;
- Para evitar o encandeamento não devem ser excedidos, entre os ângulos de 60° e de 90°, os valores de intensidade luminosa da tabela indicada a seguir:

Quadro 3.3 – Valores máximos de intensidade luminosa.

Altura de montagem (m)	Ambiente e Sinalização I _{max} (cd)	Áreas de alto risco I _{max} (cd)
$h < 2,5$	500	1000
$2,5 < h < 3,0$	900	1800
$3,0 < h < 3,5$	1600	3200
$3,5 < h < 4,0$	2500	5000
$4,0 < h < 4,5$	3500	7000
$h > 4,5$	5000	10000

3.11.2. ILUMINAÇÃO DE EVACUAÇÃO

A iluminação de circulação ou de evacuação tem como objectivo permitir a orientação das pessoas em segurança, garantindo ao longo dos caminhos condições de visibilidade e de evacuação adequadas e possibilitar a execução das manobras respeitantes à segurança e à intervenção dos meios de socorro, mesmo na falha da rede de alimentação pública. A sinalização de saídas deve assegurar a orientação para as saídas. Por outro lado caminhos mais largos do que 2 metros devem ser considerados como conjuntos de corredores de 2 metros de largura, nos quais a iluminância não deve ser inferior a 0,5 lux.

A iluminação de circulação ou de evacuação é obrigatória:

- nos locais onde possam permanecer mais do que 50 pessoas;
- nos corredores e nos caminhos de evacuação;

A distância entre os letreiros de saída não deve ser superior a 15 metros.

A iluminação de circulação ou de evacuação deve iluminar:

- locais junto das saídas com ou sem portas;
- locais onde seja necessário realçar a presença de um risco potencial:
 - escadas (< 2 metros);
 - rampas, degrau (< 2 metros);
 - mudanças de direcção;
 - intersecção de corredores;
- locais onde seja necessário realçar a presença de equipamentos de segurança (equipamentos de alerta e combate a incêndios):
 - botoneiras (< 2 metros);
 - extintores (< 2 metros);
 - mangueiras (< 2 metros);
 - equipamentos de primeiros socorros (< 2 metros);

Assim, apresentam-se as características da iluminação de circulação:

- A iluminação de circulação ou de evacuação deve ser prevista para que qualquer pessoa que se dirija para o exterior veja pelo menos uma parede iluminada;
- No exterior de cada saída final deve ser colocado um bloco autónomo, se necessário estanque;
- As etiquetas de sinalização a colocar nos blocos autónomos devem estar de acordo com a norma ISO 3864 e com a directiva europeia CEE 92-58;
- Os sinais devem ser idênticos em todos os países e compreensíveis para todas as pessoas;
- As cores a utilizar devem ser o verde e o branco;
- O valor mínimo de luminância na área de cor do sinal deve ser de 2 cd/m²;
- A distância máxima de visualização depende da altura do pictograma e de uma constante que depende da iluminação ser interior ou exterior.
- Os blocos não devem ser colocados a menos de 2 metros do solo;
- Se forem embutidos recomenda-se que a sua altura de montagem seja superior a 2,25 metros;
- Se forem salientes não devem constituir um obstáculo à circulação e recomenda-se que a sua face inferior seja colocada a uma altura superior a 2,25 metros.

Se for **p** a altura do pictograma e **s** a constante, tem-se:

- $s = 100$ para iluminação exterior;

- $s = 200$ para iluminação interior;

A distância máxima de visualização é dada então por:

$$d = p \times s$$

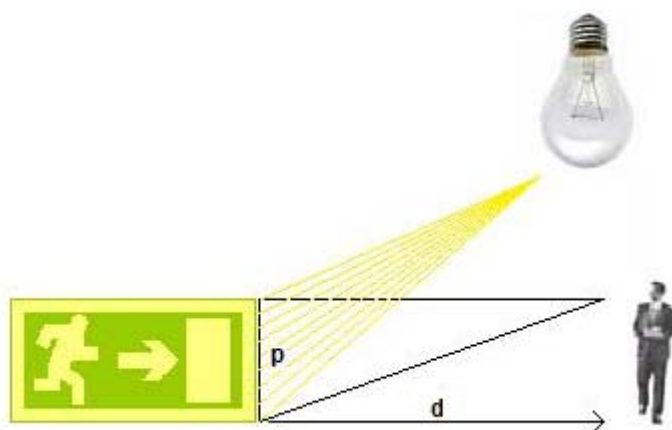


Fig.3.31 – Distância máxima de visualização.

3.11.3. BLOCOS AUTÓNOMOS DE EMERGÊNCIA

Os blocos autónomos de iluminação de emergência de segurança dispõem internamente de uma fonte de energia autónoma (acumuladores recarregáveis) que lhes permite o funcionamento em caso de falha de tensão da rede. Os blocos devem ter autonomia mínima de 1 hora e o seu tempo de recarga não deve ultrapassar 24 horas, sendo dotados de sistemas de telecomando que permitam colocá-los em estado de repouso fora dos períodos de ocupação dos espaços. Os blocos autónomos destinados à sinalização possuem os pictogramas adequados de acordo com o referido no ponto anterior.

3.11.4. ILUMINAÇÃO DA IGREJA DA SANTÍSSIMA TRINDADE, EM FÁTIMA

A igreja é alimentada através de dois transformadores de 630kVA em condições normais de funcionamento, em caso de emergência a energia provém do grupo gerador de 640kVA de forma a dar continuidade a qualquer evento que esteja a decorrer no momento da falha de energia, alimentando 100% da instalação. Existindo falhas destes ou avaria num dos circuitos a iluminação de emergência é assegurada por blocos autónomos permanentes com uma autonomia de 60 min. Existem várias Unidades de Alimentação Ininterrupta – UPS's destinadas a alimentar equipamentos prioritários, monofásicas ou trifásicas, com uma capacidade total instalada de 292,1kVA [27].

Neste edifício o objectivo é obter o melhor uso dos recursos naturais na permanente preocupação pela harmonia ambiental, constituindo um exemplo de eficiência energética através da conjugação de luz natural, luz artificial e painéis foto voltaicos [27].

O nível de iluminação foi tratado com especial cuidado, tendo sido estudadas as possibilidades de iluminação através de luz natural devido às características do local. Como a luz natural é sujeita a flutuações intensas e determinadas utilizações requerem certos graus de intensidade, havendo locais onde a iluminação é inexistente, recorreu-se à iluminação artificial. Na iluminação artificial foi considerada de forma a proporcionar aos utentes um elevado conforto visual aliado aos aspectos arquitectónicos [27].

Foram utilizados equipamentos de alto rendimento a fim de reduzir os consumos energéticos. Mais uma vez, tendo em especial atenção os aspectos ambientais, foi colocada uma central foto voltaica de 400kWp na cobertura do edifício [27].



Fig.3.32 – Iluminação da Igreja.

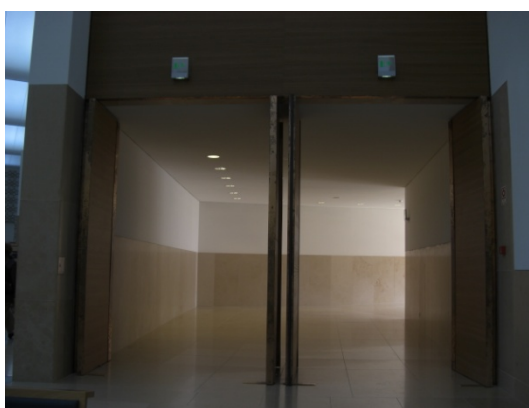


Fig.3.33 – Iluminação dos corredores de evacuação.



Fig.3.34 – Iluminação da capela para portugueses.

4

MÉTODOS

4.1. APRESENTAÇÃO DOS MÉTODOS

A determinação do tempo de evacuação dos ocupantes de um edifício numa situação de emergência apresenta aspectos de extrema complexidade. De uma forma simples pode-se considerar que o tempo necessário para efectuar essa evacuação, a partir do momento em que os ocupantes são alertados, está dependente de dois factores distintos. O primeiro desses factores está ligado às características físicas dos edifícios e dos ocupantes, enquanto o segundo, mais complexo e de maior dificuldade de avaliação, está relacionado com o comportamento das pessoas. Assim, quando se determina a partir de um determinado método o tempo de percurso, ele não coincide com o tempo real de evacuação, a não ser que se tenha em consideração os aspectos referidos anteriormente [9].

Os modelos existentes para o cálculo deste tempo resultaram, em grande parte, da observação do movimento das pessoas em condições que não coincidem com as de um incêndio real, como acontece nos exercícios de evacuação em que os ocupantes têm conhecimento de que se trata de uma simulação, estando, portanto, a sua reacção determinada e condicionada por esse facto [9].

Um aspecto que importa também salientar está relacionado com o espaço de tempo que medeia entre o deflagrar do incêndio e o momento em que os ocupantes têm conhecimento desse facto. Este tempo pode ser extremamente variável, dependendo da existência de sistemas automáticos ou não, tendo uma influência decisiva na forma como se vai desenrolar a operação de evacuação [9].

A partir do momento em que é dado o alarme, a decisão por parte dos ocupantes de iniciar a evacuação não é tomada instantaneamente, existindo sempre um período inicial de indecisão, que pode ser mais ou menos longo, a não ser que a necessidade de acção seja claramente aceite [9].

Por outro lado, quando uma pessoa decide efectuar uma determinada acção logo que toma consciência do perigo, isso não significa uma maior eficiência da evacuação. Por vezes as pessoas empreendem acções que julgam prioritárias em relação à evacuação, como seja atacar o incêndio e ajudar terceiros, cujas consequências têm um impacto na eficiência da evacuação [9].

A não familiarização dos ocupantes com os espaços acidentados é outro factor com implicações no desenvolvimento da evacuação, facto que se verifica em hotéis, edifícios recebendo público e outros similares [9].

Um outro factor importante relaciona-se com a familiarização dos ocupantes com exercícios de evacuação, verificando-se uma eficiência quando os ocupantes estão perfeitamente treinados e prontos

a iniciar a operação de saída para o exterior de edifício a partir de um sinal, sem auxílio de qualquer pessoal de segurança [9].

Em edifícios de grande complexidade com uma população flutuante é necessária a existência de pessoas preparadas para orientarem a evacuação [9].

Existem ainda outros factores com implicação no desenvolvimento da evacuação de um edifício, tais como atrasos devido a uma utilização desequilibrada dos caminhos de evacuação e bloqueamento do movimento no atravessamento dos vãos [9].

O processo de contabilização dos factores anteriormente enunciados e de outros não referidos pode ser feito de forma expedita afectando o tempo de percurso dado por um método de cálculo de um factor de eficiência [9].

4.2. CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM

De um modo geral os regulamentos estabelecem exigências mínimas que resultam da experiência dos legisladores, do resultado de exercícios de evacuação e da análise de incêndios reais [9].

Na regulamentação em geral e na portuguesa em particular, o problema da evacuação das pessoas é basicamente resolvido pela consideração de determinadas dimensões para os caminhos de evacuação, impondo valores mínimos para a largura e distâncias máximas a percorrer até às saídas para o exterior do edifício ou para caminhos de evacuação protegidos [9].

As soluções regulamentares apresentadas são simples e têm em consideração somente uma parte dos factores que condicionam a evacuação. Aspectos como, por exemplo, a existência de detecção automática, população total do edifício, raramente têm implicações no dimensionamento dos caminhos de evacuação [9].

O dimensionamento dos caminhos de evacuação pode ser feito com base no critério das unidades de passagem, entendendo-se por unidade de passagem (UP) a largura necessária à passagem de pessoas caminhando em frente, no decurso da evacuação, com as seguintes correspondências em unidades métricas, arredondadas por defeito para o número inteiro mais próximo:

1 UP = 0,90 m;

2 UP = 1,40 m;

$n \text{ UP} = n \times 0,60 \text{ m}$, sempre que $n > 2$

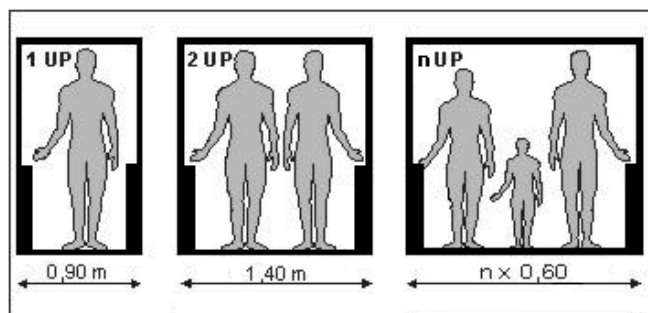


Fig.4.1 – Unidades de Passagem

A existência, numa via de evacuação, de elementos contínuos ao longo de toda a via (por exemplo, corrimãos) e com uma altura máxima de 1,1 m, pode reduzir a sua largura, de cada lado, num valor máximo igual a:

- 0,05 m para as vias com uma UP;
- 0,10 m para as vias com mais do que uma UP.

Outro aspecto a ter em conta para aplicação deste critério é o efectivo de um dado espaço de um edifício, que é o número máximo de pessoas que se estima poderem ocupar esse espaço.

Vários são os critérios de avaliação do efectivo, consoante a arquitectura dos locais e respectivo tipo de ocupação. De entre estes destacam-se os que se baseiam:

- Na densidade de ocupação de uma dada área (número de pessoas por unidade de superfície);
- Na densidade de ocupação linear (número de pessoas por unidade de comprimento);
- Na capacidade instalada, por exemplo, no número de lugares sentados (cadeiras), de camas, etc.

Assim, o número e a largura das vias de comunicação necessárias, para um edifício ou estabelecimento, são determinados pelo efectivo calculado para os seus espaços.

Só é admissível que uma via de evacuação possua largura variável, ao longo do seu comprimento se essa largura aumentar no sentido da evacuação. Nesse caso, é tida em conta a sua menor largura para a avaliação do correspondente valor em UP.

O número mínimo de saídas que servem um local de um edifício ou recinto coberto é dado em função do seu efectivo e cujo valor é fornecido através do quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Número mínimo de saídas de locais cobertos em função do efectivo [15]

Efectivo	Número mínimo de saídas
1 a 50	Uma
51 a 1500	Uma por 500 pessoas ou fracção, mais uma
1501 a 3000	Uma por 500 pessoas ou fracção
Mais de 3000	Número condicionado pelas distâncias a percorrer no local, com um mínimo de seis

Os caminhos de evacuação e as saídas de locais em edifício devem satisfazer os critérios do Quadro 4.2

Quadro 4.2 – Número mínimo de unidades de passagem em espaços cobertos [15].

Efectivo	Número mínimo de UP
1 a 50	Uma
51 a 500	Uma por 100 pessoas ou fracção, mais uma
Mais de 500	Uma por 100 pessoas ou fracção

Os caminhos horizontais de evacuação devem proporcionar o acesso rápido e seguro às saídas de piso através de encaminhamentos claramente traçados, preferencialmente rectilíneos, com um número mínimo de mudanças de direcção e tão curtos quanto possível.

As distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência (até ser atingida a saída mais próxima, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida) devem ser as seguintes:

Quadro 4.3 – Distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência [15].

Situações	Locais	
	Em edifícios	Ao ar livre
Em impasse ⁽¹⁾	15 m ⁽²⁾	30 m
Com acesso a saídas distintas ⁽³⁾	30 m ⁽⁴⁾	60 m

- ⁽¹⁾ – Com excepção das UT's II e XII, a que são aplicáveis condições específicas (Título IX do Regulamento Geral)
- ⁽²⁾ – Com excepção dos edifícios da UT I, unifamiliares, da 1ª categoria de risco
- ⁽³⁾ – Com excepção das UT's II, VIII, X e XII, a que são aplicáveis condições específicas (Título IX do Regulamento Geral)
- ⁽⁴⁾ – Em locais amplos cobertos, com área superior a 800 m², no piso do plano de referência com saídas directas para o exterior, é admissível que a distância seja aumentada em 50% (45m).

4.3. MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM

Os principais aspectos que caracterizam o movimento das pessoas e a evacuação de edifícios foram compilados em “The SFPE Handbook of Fire Protection” edição de 1988 e na posterior edição de 1995 na Secção 3 no capítulo 13 “Movement of People” realizado por J. Pauls e no capítulo 14 “Emergency movement” realizado por H. Nelson e H. McLennam [28]. Este trata-se de um trabalho mais evoluído que modelos anteriores, onde se contrastaram princípios estabelecidos por outros autores.

4.3.1. HIPÓTESES DO MÉTODO

As hipóteses básicas em que se fundamenta o método em questão são as do modelo hidráulico. A estimativa do tempo de evacuação usa uma série de expressões que incorporam dados adquiridos a partir de testes e observações que aproximam o fluxo das pessoas ao fluxo hidráulico. O método é baseado na relação entre velocidade do movimento de pessoas a evacuar e a densidade do fluxo de pessoas a evacuar [4].

4.3.2. CONSIDERAÇÕES DO MÉTODO

O método de Nelson e Macleannam tem por base os seguintes aspectos [4]:

- Todas as pessoas iniciam a evacuação ao mesmo tempo;
- Não se verifica qualquer interrupção no fluxo das pessoas, motivado por qualquer decisão individual de pessoas envolvidas na evacuação;
- Não existem pessoas incapacitadas, pelo que todas elas se integram perfeitamente no movimento colectivo de evacuação.

4.3.3. CÁLCULO DA LARGURA EFECTIVA DOS CAMINHOS DE EVACUAÇÃO

Quando se caminha ao longo de um corredor, ou de uma escada, não se utiliza toda a largura pois existe um espaço entre o corpo e os elementos que delimitam esses caminhos (camada limite) [8].

Discussões do fenómeno do movimento de pessoas encontram-se em trabalhos de Pauls [29], Fruin [30], e Habicht e Braaksma [31].

Na Fig.4.2 representa-se graficamente essa camada limite e a largura útil do caminho de evacuação.

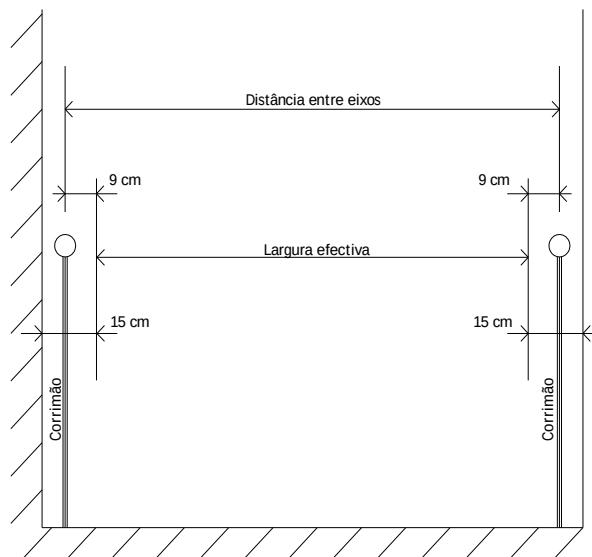


Fig.4.2- Representação gráfica da largura efectiva de um caminho de evacuação

Nem toda a largura dos caminhos de evacuação é aproveitável para a evacuação, pelo que importa fazer a distinção entre a largura nominal do caminho de evacuação e largura efectiva desse mesmo caminho. Sendo assim, a largura efectiva é a diferença entre a largura nominal e a camada efectiva. A camada limite é necessária para que se torne possível acomodar o movimento ondulatório do nosso corpo e evitar que as pessoas se encostem ou batam contra os limites dessa via [4].

O valor da camada limite, situado entre o corpo da pessoa que está em marcha e o limite físico do espaço onde se está a deslocar, é constante e depende do local onde se efectua o movimento. No Quadro 4.4 é referido o valor da camada limite para diferentes tipos de caminhos de evacuação [4].

Quadro 4.4 – Valor da camada limite para diferentes situações [9].

Caminho de Evacuação	Camada Limite (cm)
Escada (limitada por parede ou guarda)	15
Corrimão	9
Cadeira de teatro	0
Bancada de estádio	0
Corredor	20
Obstáculo	10
Porta	15
Arcada	15

4.3.4. DENSIDADE

A densidade indica o grau de congestionamento num caminho de evacuação e é usualmente expressa em pessoas/m². A densidade do elemento de saída (corredor, rampa, etc.) é baseada nos ocupantes servidos por ela [4].

4.3.5. VELOCIDADE DO MOVIMENTO DE EVACUAÇÃO

A velocidade de evacuação está dependente da densidade das pessoas. As relações a seguir apresentadas foram derivadas por Fruin [30], Pauls [29] e Predtechenskii e Milinskii [32]

Se a densidade de pessoas por metro quadrado for menor que 0,54, os ocupantes caminham segundo o seu próprio ritmo. Se a densidade exceder 3,8 pessoas por metro quadrado, o movimento não se vai processar, até que um número suficiente de pessoas saia da área lotada para reduzir a densidade. Para estimar a velocidade de circulação das pessoas, quando a densidade de ocupação está compreendida entre os valores de 0,54 e 3,80 pessoas por metro quadrado propõe-se a utilização da expressão (2) que define uma relação linear entre a velocidade de circulação e a densidade de ocupação na qual α e K são constantes, resultando o valor da velocidade em metros por segundo [4].

Neste método a relação entre a velocidade e a densidade é expressa pela seguinte fórmula:

$$V = K(1 - \alpha \cdot d) \quad (2)$$

V = Velocidade de evacuação (m/s)

K = Constante dependente do tipo de caminho de evacuação (Quadro 4.5)

d = Densidade das pessoas por unidade de área (pessoas/m²)

α = Constante igual a 0,266

O parâmetro α corresponde ao coeficiente do modelo hidráulico de locomoção, nas unidades do sistema internacional $\alpha = 0,266$ metros quadrados por pessoa, sendo K o coeficiente das condições geométricas do recinto, que se define no Quadro 4.5, onde os autores deste modelo aplicam o conceito de largura efectiva das vias de evacuação tal como o que define originalmente J. Pauls. No Quadro 4.5 apresentam-se os diferentes valores de K consoante o caminho de evacuação.

Quadro 4.5 – Valores da constante K para diferentes tipos de circulações

Caminhos de evacuação		K	
Corredores		1,40	
Galerias		1,40	
Rampas		1,40	
Portas		1,40	
Escadas	Espelho	Cobertor	
	19,05	25,04	1,00
	17,78	27,94	1,08
	16,51	30,48	1,16
	16,51	33,02	1,23

Na Fig.4.3 apresenta-se a representação da expressão $V = K(1 - \alpha \cdot d)$ onde se pode observar a relação linear entre a velocidade de circulação e a densidade.

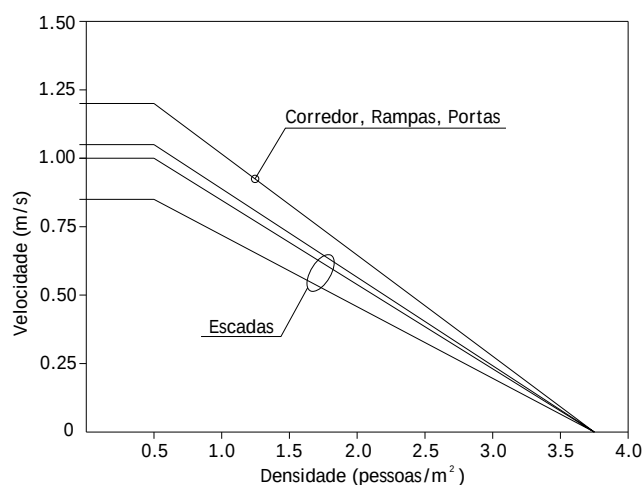


Fig.4.3- Representação gráfica da velocidade de circulação em função da densidade e condições geométricas (Figura adaptada. Fonte: NFPA, Fire Protection Handbook, nineteenth edition, volume 1, Quincy, Massachusetts, 2003, p. 4-43)

Aplicando os valores anteriores para a circulação horizontal resulta a expressão (3)

$$\begin{cases} v(d) = 1,20 & d < 0,54 \\ v(d) = 1,40 - 0,3724 \cdot d & 0,54 \leq d \leq 3,80 \end{cases} \quad (3)$$

A velocidade de circulação é máxima (para $d < 0,54$ pessoas/m²) quando não existe interferência no movimento das pessoas, diminui linearmente com a densidade de ocupação e chega a anular-se quando se alcançam valores de aproximadamente 3,8 pessoas por metro quadrado.

4.3.6. FLUXO ESPECÍFICO

O fluxo específico Fe , representa o número de pessoas que passam numa determinada secção de um caminho de evacuação por unidade de tempo e por unidade de largura efectiva Le , do elemento de evacuação envolvido, e a expressão é a seguinte [4,9]:

$$Fe = V \cdot d \quad (4)$$

Substituindo na expressão (2) o valor de V , tendo em conta que $0,54 \leq d \leq 3,80$ resulta:

$$Fe = K \cdot d \cdot (1 - a \cdot d) \quad (5)$$

Para $d < 0,54$:

$$Fe = 1,2 \cdot d \quad (6)$$

Na Fig.4.4 representa-se graficamente a relação entre a densidade e o fluxo específico.

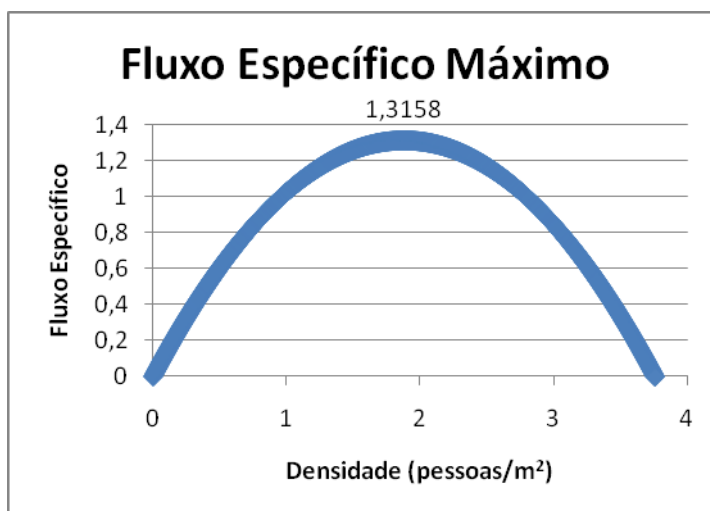


Fig.4.4- Representação gráfica da relação entre a densidade de ocupação e o fluxo específico de evacuação.

O valor dos fluxos e a densidade de circulação relaciona-se segundo uma função quadrática, aumenta com a densidade de ocupação até atingir um máximo para uma densidade de aproximadamente 2 pessoas por metro quadrado e decresce chegando a anular-se para valores de densidade igual a 3,8 pessoas por metro quadrado.

O fluxo específico nos diferentes elementos do caminho de evacuação não pode exceder os valores indicados no quadro 4.6. Pode acontecer que durante os cálculos se obtenham valores do fluxo específico superiores aos que são indicados nesse quadro. Nesses casos deve utilizar-se, na continuação da aplicação do método, os valores que são dados, para cada um dos caminhos de evacuação, no quadro 4.6 [9].

Quadro 4.6 – Fluxo específico máximo permitido [9].

Caminhos de Evacuação		Fluxo	
Corredores		1,3	
Galerias		1,3	
Rampas		1,3	
Vãos		1,3	
Escadas	Espejo	Cobertor	
	19,05	25,4	0,94
	17,78	27,94	1,01
	16,51	30,48	1,09
	16,51	33,02	1,16

4.3.7.FLUXO TOTAL

O fluxo total F_t , dá-nos o número de pessoas que passam por unidade de tempo numa determinada secção do caminho de evacuação [4].

$$F_t = F_e \cdot L_e \quad (7)$$

Para $0,54 \leq d \leq 3,80$:

$$F_t = K \cdot d \cdot L_e \cdot (1 - \alpha \cdot d) \quad (8)$$

Tomando os valores das constantes para a circulação em corredores resulta a expressão (9) na qual a largura L_e se refere à largura efectiva quando a densidade d está compreendida entre 0,54 e 3,80 pessoas por metro quadrado [4].

$$F_t = (1,4 \cdot d - 0,3742 \cdot d^2) \cdot L_e \quad (9)$$

4.3.8. FACTORES DE CONVERSÃO DA ALTURA ENTRE PISOS EM DISTÂNCIAS AO LONGO DA ESCADA

A análise do movimento ao longo das escadas é feita segundo uma inclinação, não se conhecendo normalmente a distância a percorrer ao longo dessa escada. Procurando determinar de uma forma expedita esses percursos, foram estabelecidos factores de conversão que permitem, em função das dimensões do degrau, converter a distância entre pisos consecutivos na distância a percorrer ao longo das escadas [9].

Quadro 4.7 – Factores de conversão [9]

Características das escadas		Factor de conversão
Espelho (cm)	Cobertor (cm)	
19,05	25,4	0,94
17,78	27,94	1,01
16,51	30,48	1,09
16,51	33,02	1,16

4.3.9. CÁLCULO DO TEMPO (T)

O tempo T (segundos) necessário para que um grupo de pessoas P passe através de um determinado vão é obtido a partir da seguinte relação [4,9]:

$$T = \frac{P}{Ft} \quad (10)$$

Substituindo o valor de Ft, dado pela expressão (7), para $0,54 \leq d \leq 3,80$, na expressão anterior resulta [4,9]:

$$T = \frac{P}{K \cdot d \cdot Le \cdot (1 - \alpha \cdot d)} \quad (11)$$

Substituindo as constantes:

$$T = \frac{P}{(1,4 \cdot d - 0,3742 \cdot d^2) \cdot Le} \quad (12)$$

4.3.10. CÁLCULO DO FLUXO ESPECÍFICO DEPOIS DE UMA SECÇÃO DE TRANSIÇÃO

Os caminhos de evacuação não mantêm as suas características geométricas constantes ao longo de todo o percurso, encontrando-se secções onde se verificam alterações dessas características que foram designadas de secções de transição [4,9].

Este método considera que a relação entre os fluxos antes e depois de uma secção de transição é, dentro de determinados limites impostos pelos valores máximos permitidos para o caminho em questão, dado pela seguinte expressão [4,9]:

$$Fe(d) = \frac{Fe(a) \cdot Le(a)}{Le(d)} \quad (13)$$

Fe (d) = Fluxo específico depois da transição

Fe (a) = Fluxo específico antes da transição

Le (d) = Largura efectiva depois da transição

Le (a) = Largura efectiva antes da transição

No caso de numa secção confluírem N caminhos que, a jusante da secção, dão origem a um só, então a relação entre os fluxos e depois da secção é dada pela seguinte expressão [4, 9]:

$$Fe(d) = \frac{\Sigma Fe(a) \cdot Le(a)}{Le(d)} \quad (14)$$

Somando os diversos tempos de percurso obtidos pelo método quando aplicado aos diferentes caminhos de evacuação do edifício, obtém-se o tempo total de percurso.

5

DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

O edifício em estudo é a nova Igreja do Santuário de Fátima (Igreja da Santíssima Trindade). A ideia de se construir uma nova igreja no Santuário de Fátima surgiu com a constatação de que a antiga Basílica era insuficiente para albergar todos os grupos de peregrinos que desejassem participar nas celebrações do Santuário. Em termos de área útil interior é a quarta maior igreja do mundo, o que demonstra a grandiosidade do edifício. Para a realização do projecto de arquitectura da Igreja da Santíssima Trindade, o Santuário organizou um concurso internacional. Dos nove trabalhos apresentados, foi escolhida a proposta do Arqto. Alexandros N. Tombazis, da Grécia. A obra foi iniciada em Fevereiro de 2004, tendo sido a respectiva inauguração em Maio de 2007. O custo total da obra foi de 70 milhões de euros [27].

A nova igreja foi construída a 250 metros para sudoeste da antiga, situando-se a nordeste da primeira, em cave, as zonas de capelas, *foyer*, instalações sanitárias, confessionários e respectivas áreas técnicas principais da nova igreja, bem como as zonas de apoio aos serviços religiosos [27].

Na Fig.5.1 pode-se observar um enquadramento geral do edifício.



Fig.5.1 – Enquadramento da Igreja.

A Igreja é constituída por um corpo cilíndrico com 125 m de diâmetro e cerca de 15 m de altura média, atravessado na zona central por duas vigas salientes de grande altura, em betão branco, que dão suporte à cobertura. Tem 13 portas de saída, numa referência aos dias 13, das Aparições da Nossa Senhora, que podem funcionar como saídas de emergência, 12 laterais e um pórtico central. A zona da assembleia não tem telhado, mas sim painéis reguláveis que darão mais ou menos luz ao espaço interior. Um aspecto interessante é que não há um único degrau no interior nem uma única coluna a

suportar o edifício. Os projectistas aproveitaram o declive do terreno para realizar a igreja em anfiteatro [27].



Fig.5.2 – Interior da Igreja.

A igreja pode albergar cerca de 9000 pessoas sentadas. O espaço pode ser divisível em duas partes, ficando o espaço reduzido a cerca de 3000 lugares sentados, isto para que quando o número de pessoas for mais reduzido, não se tenha um sentimento de vazio. Para além da sala principal, existem várias capelas, instalações de apoio (cabinas, salas de espera, etc.) e confessionários, que permitem confissões em várias línguas. A igreja tem também várias áreas que possibilitam a transmissão televisiva. A forma circular do edifício deve-se essencialmente a três aspectos:

- Permite a grande aproximação e melhores ângulos de visão das pessoas para o centro de actividade (o Altar – Presbitério);
- Economiza espaço;
- Maior fluidez de pessoas no seu redor.

O projecto é desenvolvido em dois níveis: um ao nível do solo e outro no nível subterrâneo. Do lado nordeste, existem várias capelas e confessionários subterrâneos ao longo de um corredor de 150m. Pode aceder-se às capelas, por outro corredor secundário a ser usado sobretudo pelo clero. Existe também uma sala multi-funções localizada sob a entrada principal da igreja. Entre esta sala e o corredor, existem dois lagos pouco profundos a céu aberto. O público pode aceder à cave através de duas escadarias internas, adjacentes aos dois lagos, e por duas rampas que ligam o espaço aberto do rés-do-chão de cada lado da igreja ao corredor principal no nível subterrâneo. Existem vários espaços secundários e instalações sanitárias no nível subterrâneo.



Fig.5.3 – Corredor principal.

O acesso à igreja pelo rés-do-chão pode ser feito por 13 pontos diferentes. A entrada principal é criada através de um grande átrio em reentrância em frente à igreja.

Existem 8633 lugares sentados em filas circulares, separados por grupos pelos corredores. O presbitério fica numa plataforma elevada em níveis diferentes com acesso por degraus em curva à frente e rampas laterais de ambos os lados.



Fig.5.4 – Presbitério.

Na Igreja, estuda-se também a evacuação de um pequeno anfiteatro lateral, mais elevado (Fig.5.5).



Fig.5.5 – Anfiteatro lateral.

Apresentam-se alguns dados importantes [27]:

- Capacidade e outras características da Igreja da Santíssima Trindade
 - Sector 1: 3.175 lugares sentados, com genuflexório, e 58 lugares para deficientes
 - Sector 2: 5.458 lugares sentados, incluindo 18 para deficientes
 - Total: 8.633 lugares, incluindo 76 para deficientes
- Área de intervenção: 35.673 m²
- Área Bruta de construção: 38.516 m²
- Altura do Edifício: 18 metros
- Diâmetro do Edifício (zona da Assembleia): 125 metros
- Altura máxima das vigas centrais: 21,15 metros
- Cota máxima enterrada (capelas da reconciliação): 7,30 metros
- Maior vão livre: 80 m

- Capelas (Portugueses): 200 + 400 lugares sentados
- Capelas (Estrangeiros): 120 + 120 lugares sentados
- Confessionários: (Portugueses): 28 gabinetes
- Confessionários: (Estrangeiros): 32 gabinetes

Este edifício caracteriza-se por albergar um elevado número de pessoas sendo então importante conhecer, ainda que de forma aproximada, o tempo que supõe a evacuação da totalidade dos ocupantes em função da disposição e configuração física das saídas.

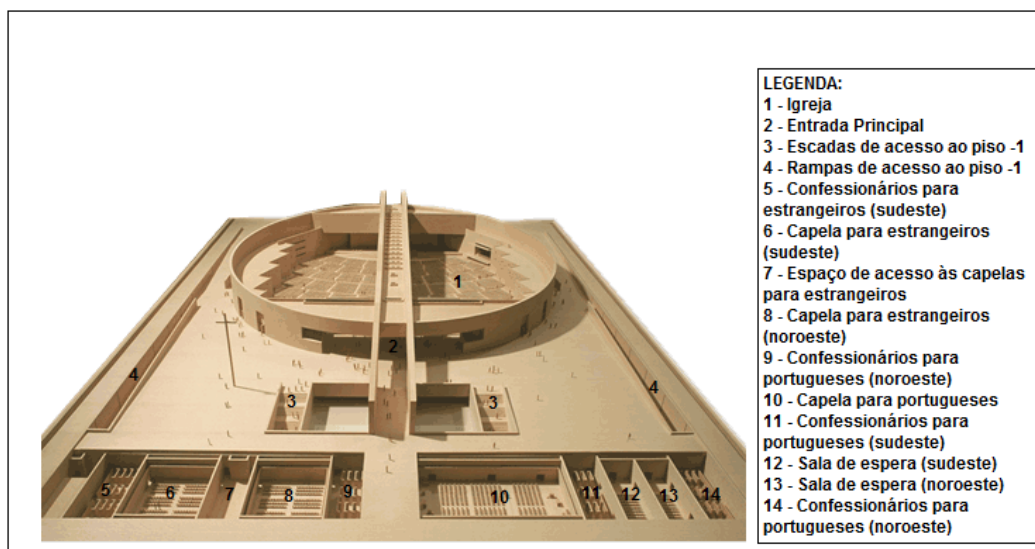


Fig.5.6 – Maqueta da Igreja da Santíssima Trindade.

Quanto à configuração do edifício pode observar-se que é um recinto dividido em duas plantas. Ao nível do terreno está a Assembleia e num piso enterrado encontram-se as capelas (dos portugueses e estrangeiros) e os confessionários (para portugueses e para estrangeiros). A zona da Assembleia tem 13 saídas, 10 das quais directamente para o exterior. Como o espaço exterior é uma zona ampla, considera-se um local seguro. Como as saídas estão distribuídas por toda a planta, é razoável admitir que não há interferência no movimento das pessoas que se dirigem a cada uma delas. A iluminação permite a evacuação em condições de luz diurna e, por outro lado, as luzes de emergência proporcionam luminosidade suficiente no caso de falha no sistema.

Os edifícios que recebem público e que se destinam ao culto religioso como é o caso da Igreja da Santíssima Trindade classificam-se, quanto ao tipo de utilização, como sendo do tipo VI.

6

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

6.1. APLICAÇÃO DO CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM

A aplicação do critério das unidades de passagem vai incidir em duas zonas distintas: igreja (pisos 0 e -1) e zona das capelas e confessionários (pisos -1 e -2).

O critério das unidades de passagem aplicado à igreja vai incidir sobre três zonas distintas: Assembleia, Anfiteatro lateral e Presbitério.

No piso -1, mais concretamente nas áreas correspondentes às capelas e confessionários, aplica-se o critério para cada um dos espaços. Posteriormente, realiza-se o dimensionamento das saídas do corredor central, considerando a totalidade de pessoas que em caso de emergência evacuam das áreas anteriormente referidas. Na realidade, existe um corredor secundário a nordeste das capelas, que se destina essencialmente à circulação dos sacerdotes. Todas as capelas têm saídas de evacuação para este corredor que dá acesso a duas saídas de evacuação nos seus extremos. Contudo, estas saídas de evacuação não vão ser contabilizadas uma vez que o principal trajecto de evacuação será no sentido do corredor central. Para além disso, as saídas de evacuação para o corredor central deverão ser em número e largura suficiente.

Outro aspecto a ter em conta é o facto de haver uma série de corredores técnicos cujo dimensionamento não vai ser efectuado.

6.1.1. IGREJA

O efectivo deste espaço vai ser calculado com base na capacidade instalada, ou seja, através da contagem dos lugares fixos. Na realidade o número de lugares marcados é de 8633 lugares, contudo vai-se aproximar este número para um efectivo de 8800 porque é previsível que a ocupação aumente consideravelmente em celebrações religiosas (considera-se que 100 pessoas se encontram no presbitério e as restantes 67 no auditório). De seguida apresentam-se alguns dados e artigos implicados na aplicação do critério das unidades de passagem, artigos esses que foram retirados do projecto do RG/SCIE.

Área útil = 8220 m²

Efectivo = 8800

Artigo 18º 1) - Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = Número condicionado pelas distâncias (no máximo 45 m) a percorrer no local, com um mínimo de seis.

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 88 (total)

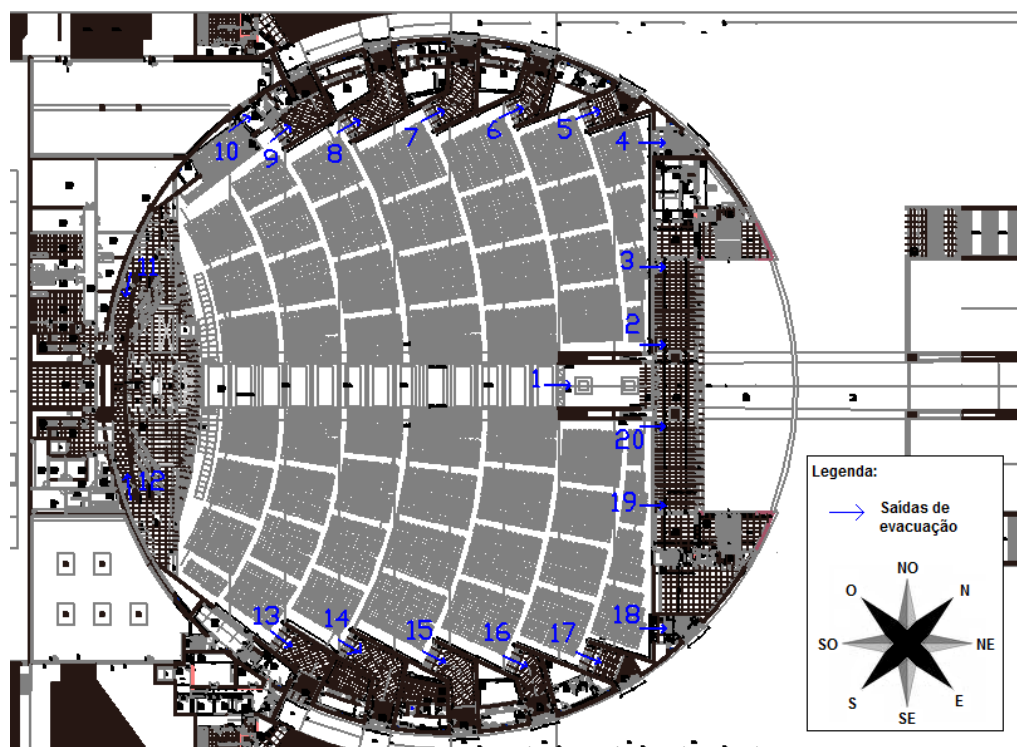


Fig.6.1 – Marcação das saídas.

As saídas 1, 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16 e 17 são as saídas que funcionam quer para a entrada e saída de público quer para a evacuação de pessoas. Todas as portas que constituem estas saídas estão abertas nos dias em que há celebrações e em que o espaço fica praticamente cheio. Nos dias em que a afluência de pessoas é menor, algumas das portas estão fechadas podendo funcionar ainda assim como saídas de evacuação. As saídas 2, 3, 4, 18, 19, e 20 são saídas que funcionam essencialmente como saídas de evacuação. A saída número 10 destina-se à evacuação das pessoas presentes num auditório que se encontra mais elevado que a restante igreja. Quanto às saídas de evacuação 11 e 12 servem os presentes no presbitério. Assim, na totalidade existem 20 saídas de evacuação na Igreja.



Fig.6.2 – Saída de evacuação principal (Saída 1).



Fig.6.3 – Saída de evacuação (Saída 2).

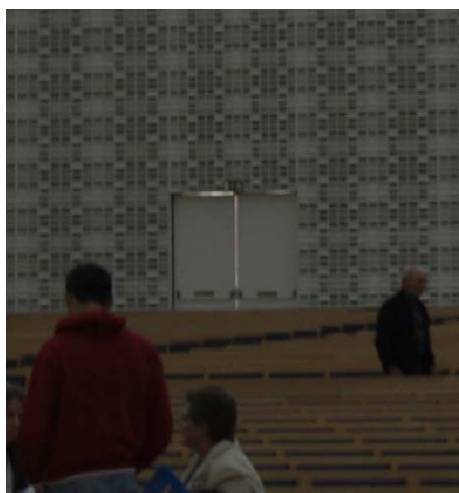


Fig.6.4 – Saída de evacuação (Saída 3).



Fig.6.5 – Saídas de evacuação laterais.



Fig.6.6 – Saída de evacuação do auditório (Saída 10).



Fig.6.7 – Saída de evacuação do presbitério (Saída 12).

Fazendo as medições do projecto obtêm-se as seguintes larguras:

- Saída 1: é constituída por três portas com uma largura de 2,12m cada;
- Saídas 2, 3, 19 e 20: constituídas por uma porta com 1,91m de largura;
- Saídas 4 e 18: cada saída é constituída por duas portas. As portas têm 1,87m de largura;
- Saídas 5,6,7,8,9,13,14,15,16,17: cada saída é constituída por duas portas. Cada uma das portas tem uma largura de 1,95m;
- Saída 10: uma porta com 0,72 m;
- Saídas 11 e 12: cada uma delas constituída por uma porta de largura 1,38m.

Somando todas as larguras das portas da igreja chega-se a um total de 63,96m, o que se traduz num total de 106 UP.

Quadro 6.1 – Dados da Igreja

Igreja	Área útil (m ²)	Efectivo	Risco	Nº Mínimo de Saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P	OK/ KO
	8220	8800	B	6	20	OK	88	106	OK

No que diz respeito à distância máxima a percorrer na assembleia, verifica-se após medição no projecto que o máximo admissível (45 m) nunca é ultrapassado.

Como se observa no Quadro 6.1 o número mínimo de saídas e de unidades de passagem é cumprido quando se trata de uma verificação global. Num edifício de grandes dimensões como é o caso da Igreja da Santíssima Trindade interessa também prever de uma forma aproximada, a divisão do conjunto de pessoas presentes no edifício (considera-se um máximo de 8800 pessoas) pelas saídas de evacuação. Assim, consideram-se dois cenários:

- Hipótese 1: por cada saída, vai sair um número de ocupantes proporcional à largura da mesma;
- Hipótese 2: o critério da escolha das saídas vai ser a menor distância a percorrer. Nesta hipótese considera-se que os degraus que dão acesso ao altar são um entrave importante no deslocamento das pessoas, sendo assim, os ocupantes que vão utilizar as saídas frontais (saídas 11 e 12) irão ser apenas os presentes no presbitério (considera-se a possibilidade de existirem 100 pessoas). Outro aspecto a salientar é o facto do anfiteatro lateral existente possuir uma saída de evacuação própria, até porque se encontra num nível mais elevado do que a assembleia. Optou-se também nesta hipótese por não dividir nenhum dos sectores da assembleia (existem 56 sectores de cadeiras) porque dada a complexidade e imprevisibilidade inerente a uma evacuação de emergência, a divisão dos sectores não iria trazer um aumento de rigor ao método.

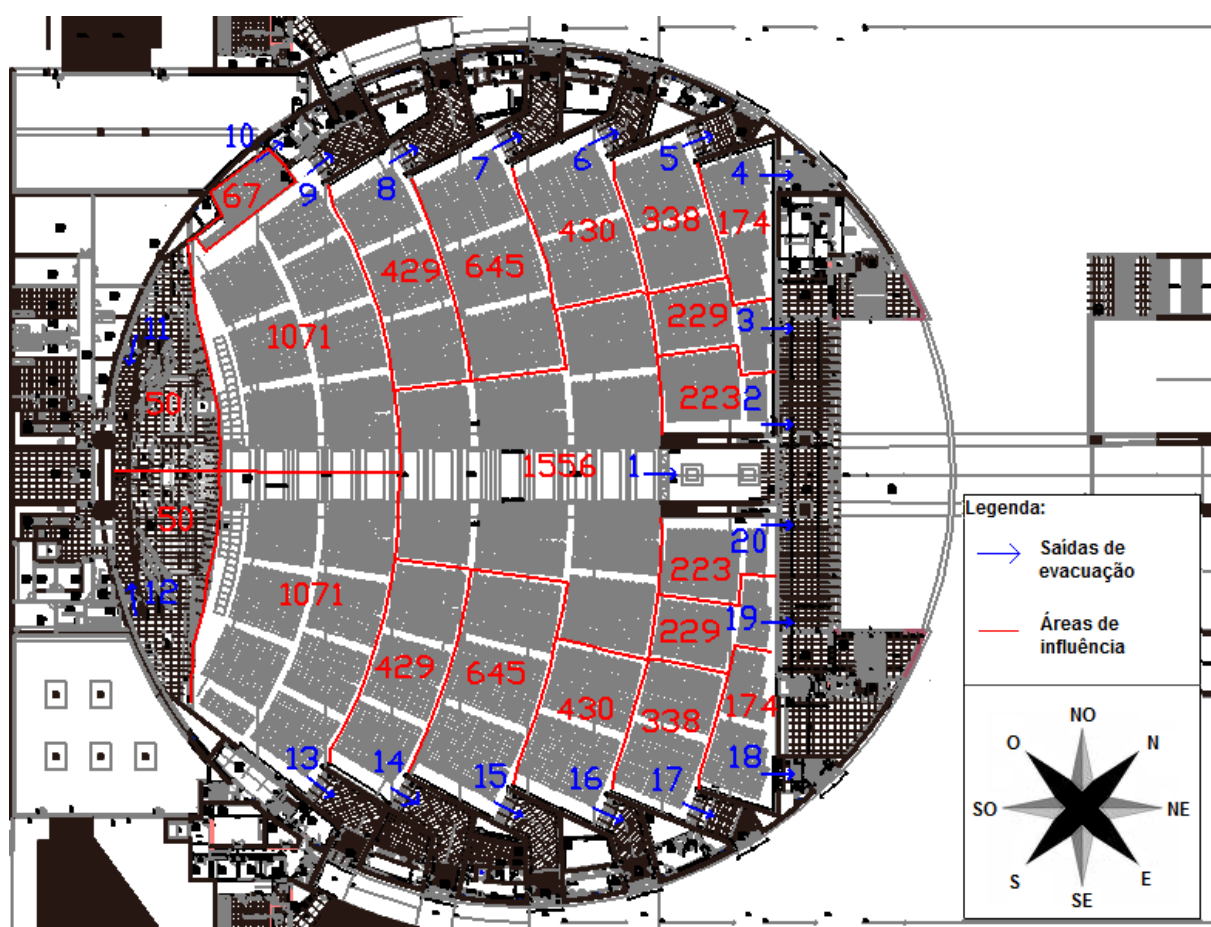


Fig.6.8 – Áreas de influência de cada saída e quantidade respectiva de pessoas (Hipótese 2).

Anteriormente, verificou-se que a Igreja na globalidade cumpre o mínimo de unidades de passagem regulamentado. No entanto, importa analisar de forma independente cada saída.

Quadro 6.2 – Aplicação do critério das unidades de passagem a cada saída.

Saída	Largura (m)	Pessoas associadas à saída	Número mínimo de UP's	Largura mínima (m)	OK/KO
1	6,36	1556	16	9,6	KO
2	1,91	223	4	2,4	KO
3	1,91	229	4	2,4	KO
4	3,74	174	3	1,8	OK
5	3,9	338	5	3	OK
6	3,9	430	6	3,6	OK
7	3,9	645	7	4,2	KO

Quadro 6.2 – Aplicação do critério das unidades de passagem a cada saída (continuação).

Saída	Largura (m)	Pessoas associadas à saída	Número mínimo de UP's	Largura mínima (m)	OK/KO
8	3,9	429	6	3,6	OK
9	3,9	1071	11	6,6	KO
10	0,72	67	2	1,4	KO
11	1,38	50	1	0,9	OK
12	1,38	50	1	0,9	OK
13	3,9	1071	11	6,6	KO
14	3,9	429	6	3,6	OK
15	3,9	645	7	4,2	KO
16	3,9	430	6	3,6	OK
17	3,9	338	5	3	OK
18	3,74	174	3	1,8	OK
19	1,91	229	4	2,4	KO
20	1,91	223	4	2,4	KO

Com isto, verifica-se que caso cada área considerada fosse independente das outras, algumas das saídas não respeitavam o projecto de RG/SCIE. Ressalva-se o facto de que a definição das áreas de influências é susceptível de várias interpretações. O não cumprimento do critério das unidades de passagem em algumas das saídas não constitui um facto muito gravoso já que existe a possibilidade das pessoas se dirigirem para outras saídas caso a mais próxima se encontre com um fluxo grande de pessoas.

6.1.2. CAPELA PARA PORTUGUESES

A capela para os portugueses tem uma divisória móvel que permite a separação do espaço em dois (400 + 200 pessoas). No entanto, considera-se a hipótese mais desfavorável, isto é, efectua-se o dimensionamento para um efectivo de 600 pessoas.

Efectivo = 600

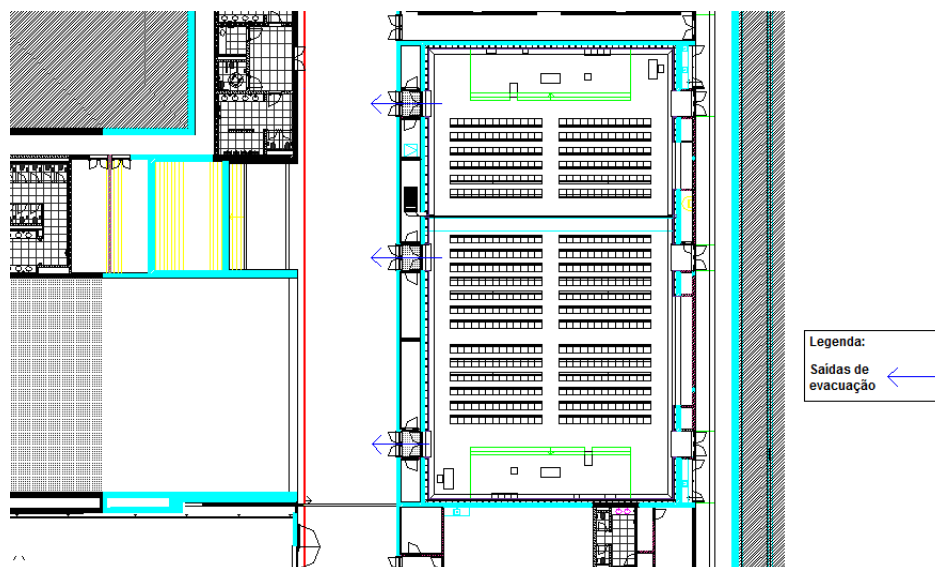


Fig.6.9 – Planta da capela para portugueses e respectivas saídas.

Artigo 18º 1) – Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 3

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 6 (total)

Larguras das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.3 – Dados para a capela dos portugueses

Capela Portugueses	Área (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	663	600	B	3	3	OK	6	9	OK

6.1.3. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE)

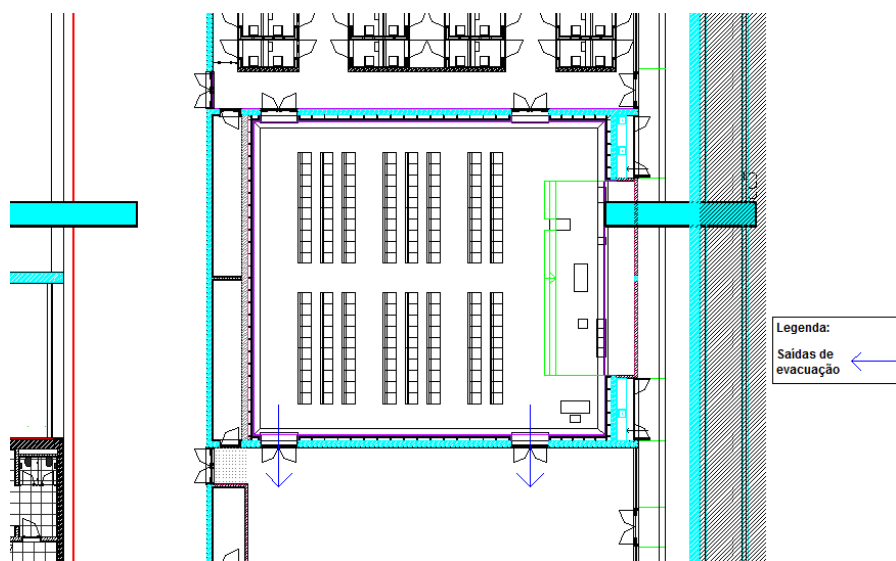


Fig.6.10 – Planta da capela para estrangeiros (noroeste) e respectivas saídas.

Salienta-se o facto de não se terem considerado as saídas de acesso aos confessionários apesar de estas poderem ser utilizadas em caso de emergência.

Efectivo = 120

Artigo 18º 1) – Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 2

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 3

Artigo 75º 4) b) – Largura mínima = 2UP

Largura das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.4 – Dados da capela dos estrangeiros (noroeste)

Capela Estrangeiros	Área (m ²)	Efectivo	Local de Risco	Número mínimo de saídas	Número de saídas	OK/KO	Número mínimo de U.P.	Número de U.P.	OK/KO
	323	120	B	2	2	OK	4	6	OK

6.1.4. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE)

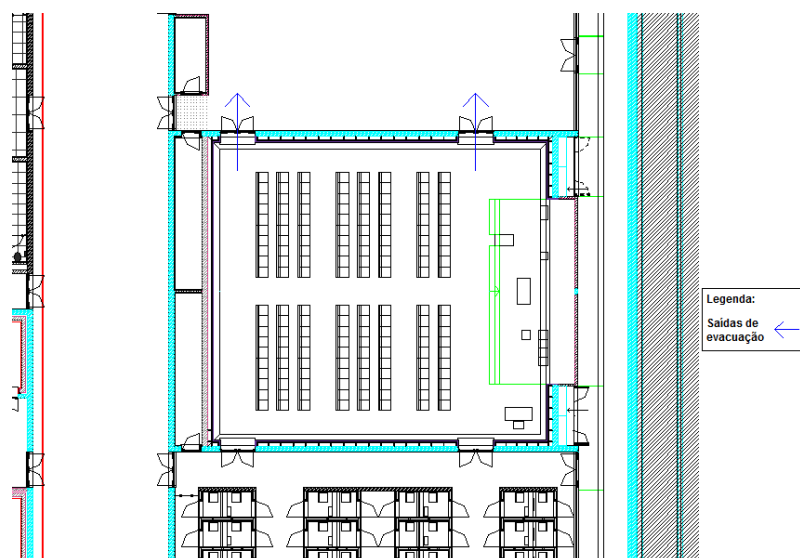


Fig.6.11 – Planta da capela para estrangeiros (sudeste) e representação das saídas.

Efectivo = 120

Artigo 18º 1) – Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 2

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 3

Artigo 75º 4) b) – Largura mínima = 2UP

Largura das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.5 – Dados para a capela dos estrangeiros (sudeste)

Capela Estrangeiros	Área (m ²)	Efectivo	Local de Risco	Número mínimo de saídas	Número de saídas	OK/KO	Número mínimo de U.P.	Número de U.P.	OK/KO
	323	120	B	2	2	OK	4	6	OK

6.1.5. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (NOROESTE):

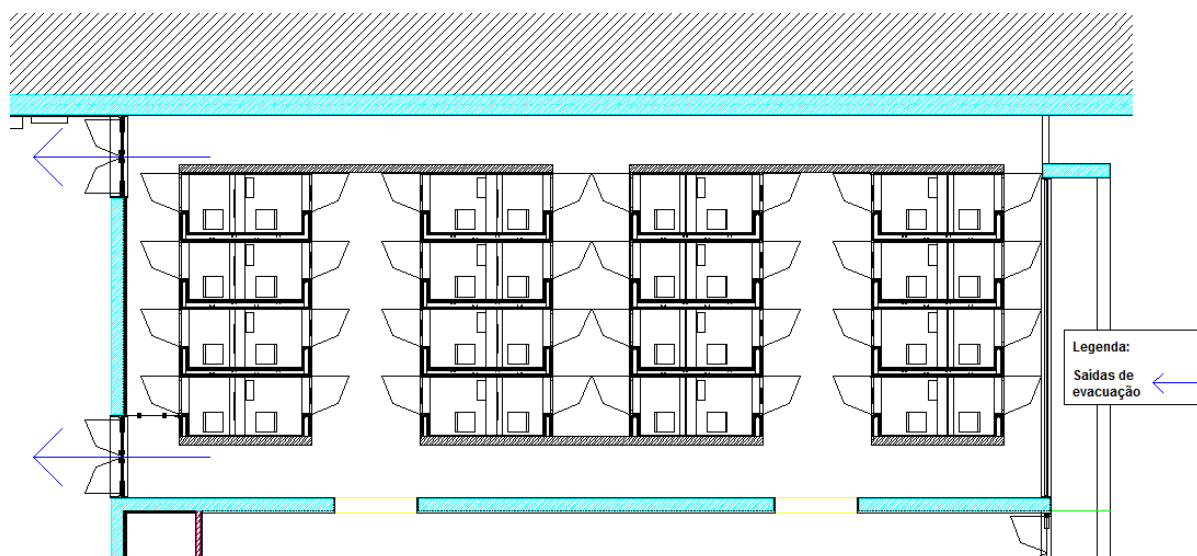


Fig.6.12 – Planta dos confessionários portugueses (noroeste) e marcação das saídas de evacuação.

Para o efectivo dos confessionários, considera-se a possibilidade de ocupação de cada gabinete por duas pessoas (a pessoa que se está a confessar e o sacerdote)

$A = 216 \text{ m}^2$ (16 gabinetes e efectivo = 32)

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de U.P. = 1

Largura das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.6 – Dados para os confessionários para portugueses (noroeste).

Confessionários Portugueses (noroeste)	Área (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de Saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	216	32	A	1	2	OK	1	6	OK

6.1.6. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (NOROESTE)

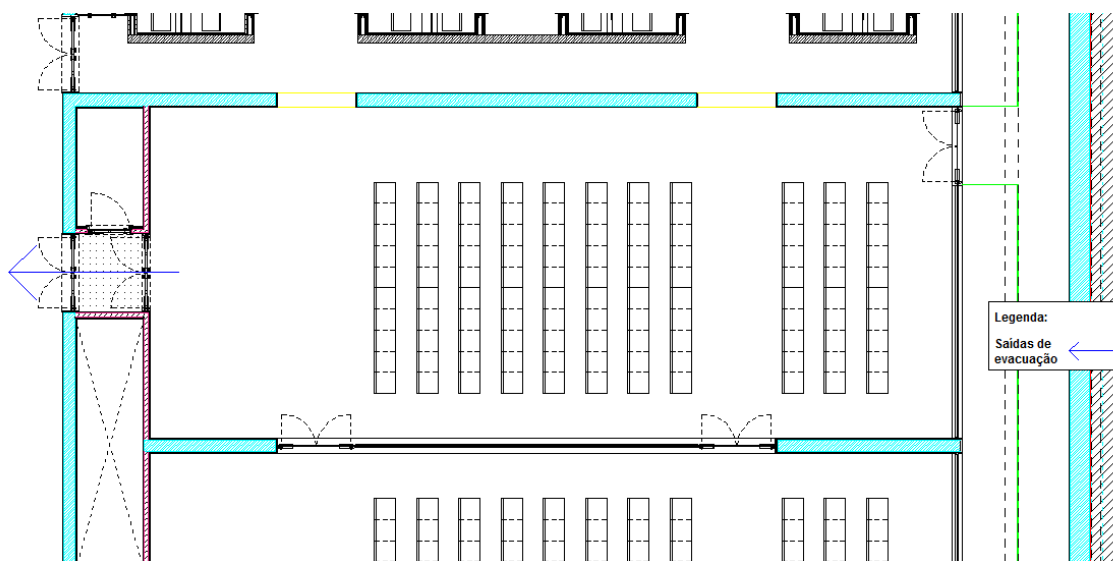


Fig.6.13 – Planta da sala de espera para os confessionários portugueses (noroeste) e marcação da saída de evacuação.

No caso desta sala, não há informação sobre o número de lugares, por isso, e de acordo com o projecto do RG/SCIE vai-se considerar 2 pessoas por metro linear de banco. Ora, como se observou no local, existem 12 bancos com cerca de 2 m cada, o efectivo a considerar é de 48.

Efectivo = 48

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 1

Largura da saída de evacuação - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.7 – Dados para a sala de espera para os confessionários portugueses (noroeste)

Sala de espera (noroeste)	Área (m ²)	Efectivo	Local de Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	179	48	A	1	1	OK	1	3	OK

6.1.7. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (SUDESTE)

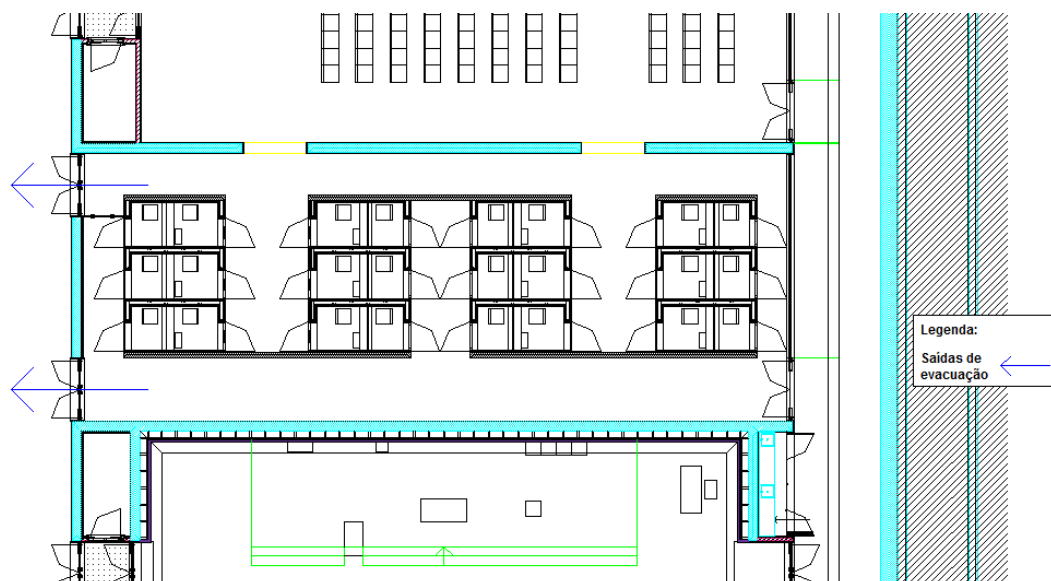


Fig.6.14 – Planta dos confessionários portugueses (sudeste) e marcação das saídas de evacuação.

$A = 197 \text{ m}^2$ (12 gabinetes e efectivo = 24)

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de U.P. = 1

Largura das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.8 – Dados para os confessionários para portugueses (sudeste).

Confessionários Portugueses (sudeste)	Área útil (m^2)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	197	24	A	1	2	OK	1	6	OK

6.1.8. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (SUDESTE)

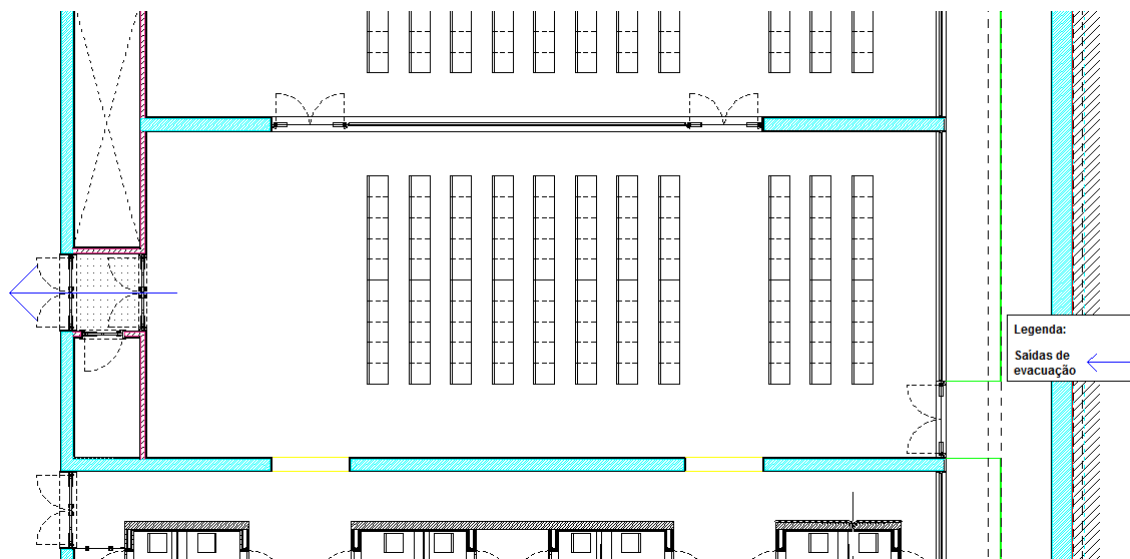


Fig.6.15 – Planta da sala de espera para os confessoriais portugueses (sudeste) e marcação da saída de evacuação.

Efectivo = 48

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 1

Largura da saída de evacuação - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.9 – Dados para a sala de espera para os confessoriais portugueses (sudeste)

Sala de espera (sudeste)	Área (m ²)	Efectivo	Local de Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	179	48	A	1	1	OK	1	3	OK

6.1.9. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE)

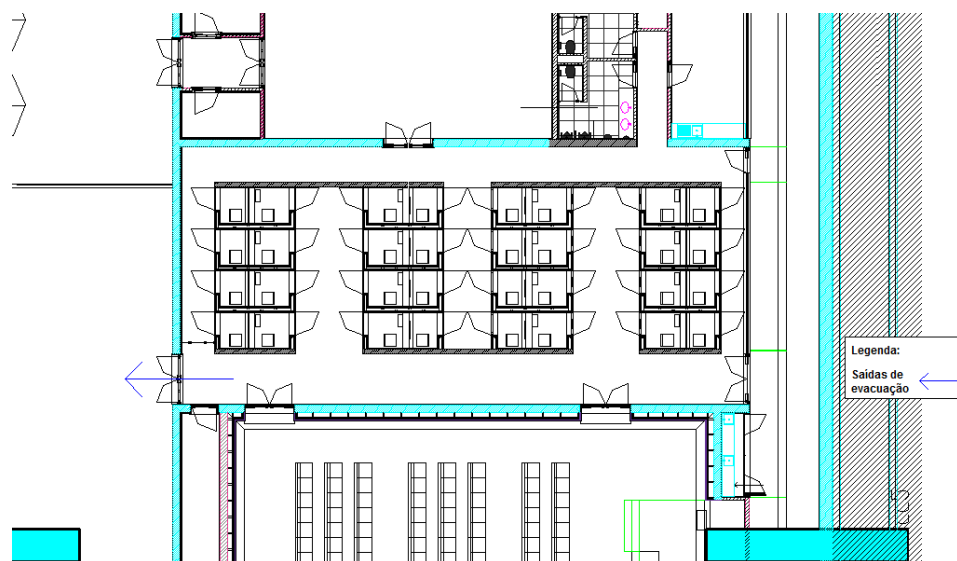


Fig.6.16 – Planta do espaço de confessionários para estrangeiros (noroeste) e marcação das saídas.

Como existem 16 gabinetes em cada local, considera-se a existência de no máximo duas pessoas em cada um deles, perfazendo assim um total de 32 pessoas.

Efectivo = 32

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 1

Largura da saídas de evacuação - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.10 – Dados para os confessionários para estrangeiros (noroeste).

Confessionário Estrangeiros	Área útil (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	237	32	B	1	1	OK	2	3	OK

6.1.10. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE)

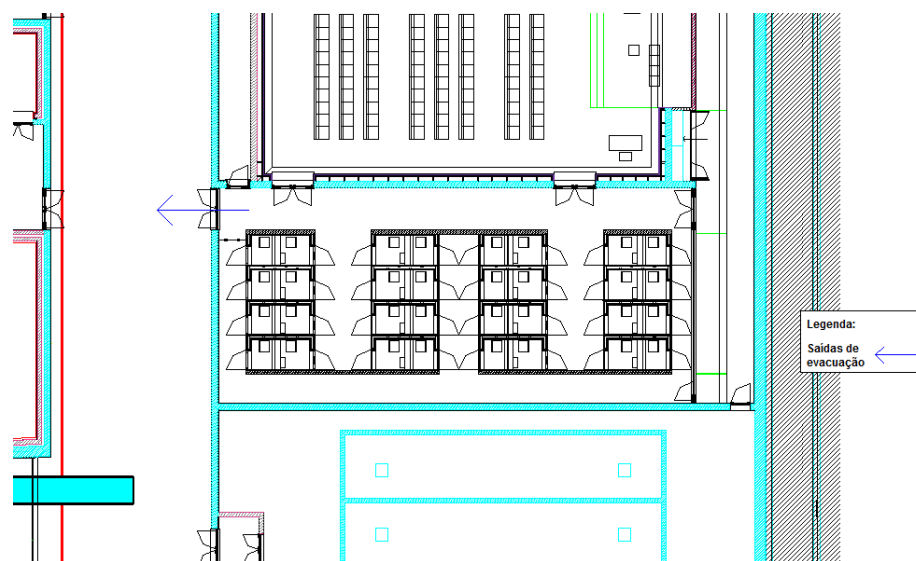


Fig.6.17 – Planta do espaço de confessionários para estrangeiros (sudeste) e marcação da saída de evacuação.

Como existem 16 gabinetes em cada local, considera-se a existência de no máximo duas pessoas em cada um deles, perfazendo assim um total de 32 pessoas.

Efectivo = 32

Artigo 18º 1) – Local de risco A

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 1

Largura da saída de evacuação - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.11 – Dados para os confessionários para estrangeiros (noroeste).

Confessionário Estrangeiros	Área (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/KO
	237	32	A	1	1	OK	1	3	OK

6.1.11. ESPAÇO DE ACESSO PARA AS CAPELAS DOS ESTRANGEIROS

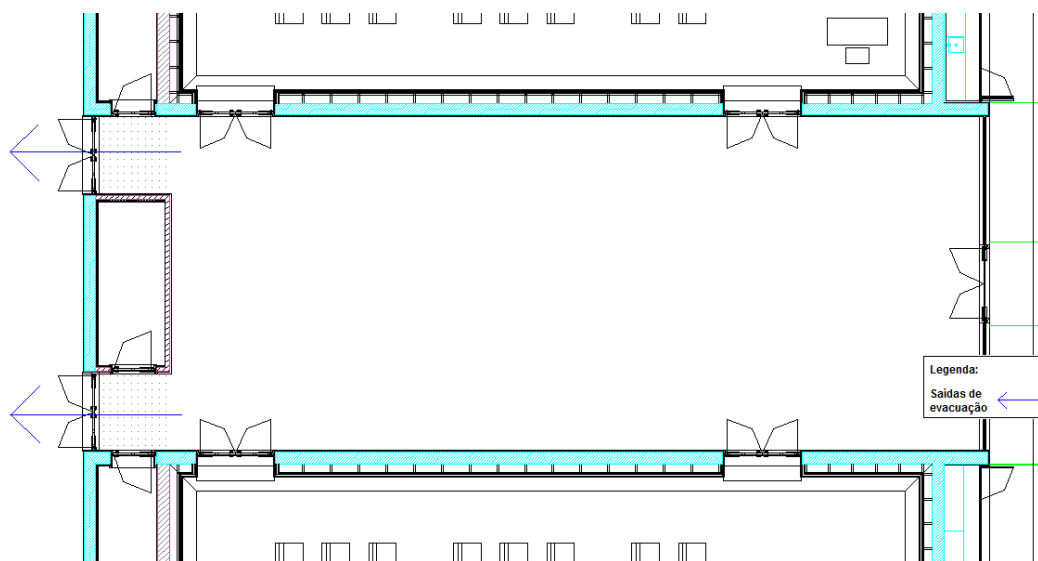


Fig.6.18 – Planta da área de acesso para as capelas dos estrangeiros e marcação das saídas de evacuação.

Esta é uma área de acesso às duas capelas destinadas a estrangeiros. Este espaço tem duas saídas de evacuação (com uma largura de 1,70m cada) que dão acesso ao corredor central.

Efectivo = 240

Artigo 18º 1) – Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 1

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 4

Largura das portas - 1,8m o que corresponde a 3 U.P.

Quadro 6.12 – Dados da área de acesso para as capelas dos estrangeiros

Espaço de acesso	Área (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	186	240	B	1	2	OK	4	5	OK

6.1.12. CORREDOR

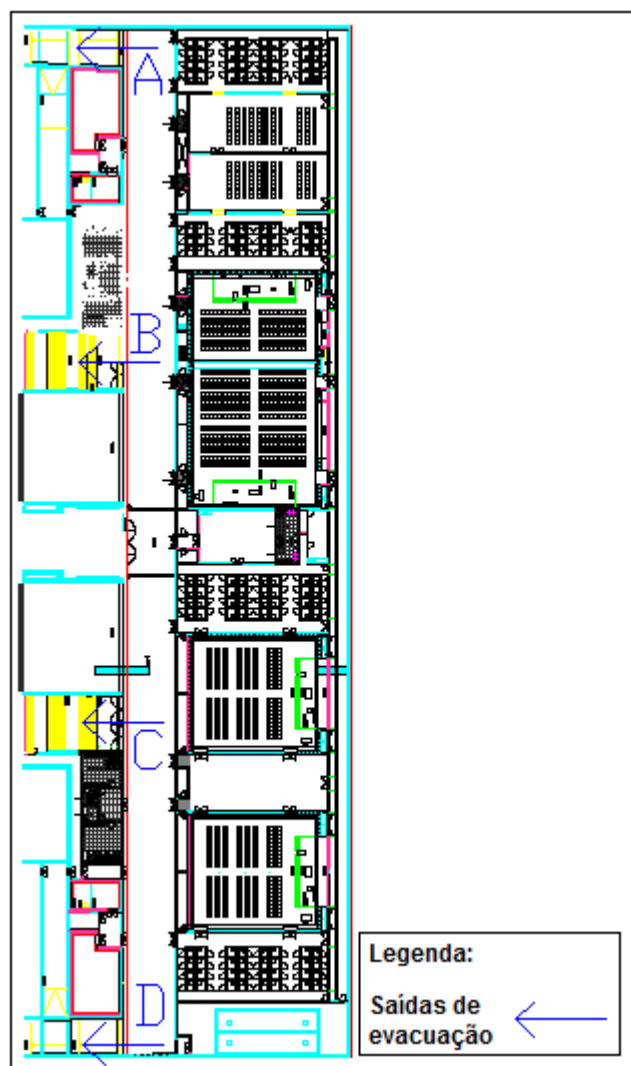


Fig.6.19 – Planta do corredor e marcação das saídas

Todas as capelas e confessionários dão acesso a um corredor que, por sua vez, tem ligação ao exterior. Assim, o número de pessoas a considerar para o cálculo do número mínimo de saídas e número mínimo de unidades de passagem é igual à soma do efectivo de todos os espaços analisados anteriormente. O corredor dá acesso a duas saídas em rampa (A e D) nos seus extremos, com uma largura de 5,4 m cada e na parte mais central a duas escadarias (B e C) com 8,3 m cada saída. Estes acessos vão dar directamente ao exterior.

$$\text{Efectivo} = 32+48+48+32+600+32+120+120+24 = 1056$$

Artigo 18º 1) – Local de risco B

Artigo 73º 1) – Número mínimo de saídas = 4

Artigo 75º 3) – Número mínimo de UP = 11

Quadro 6.13 – Dados para o corredor

Corredor	Área (m ²)	Efectivo	Risco	Nº mínimo de saídas	Nº de saídas	OK/ KO	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/ KO
	1100	1056	B	4	4	OK	11	45	OK

6.1.13. RESUMO

No quadro seguinte procura-se verificar se o número de portas e o número de unidades de passagem presentes no projecto respeitam as exigências do Regulamento.

Quadro 6.14 – Quadro resumo

Sector	Número Mínimo de Saídas	Número de Saídas	OK/KO	Número Mínimo de U.P.	Número de U.P.	OK/KO
Assembleia	6	20	OK	88	106	OK
Capela Portugueses	3	3	OK	6	9	OK
Capela Estrangeiros (noroeste)	2	2	OK	4	6	OK
Capela Estrangeiros (sudeste)	2	2	OK	4	6	OK
Confessionários Portugueses (noroeste)	1	2	OK	1	6	OK
Sala de espera (noroeste)	1	1	OK	1	3	OK
Confessionários Portugueses (sudeste)	1	2	OK	1	6	OK
Sala de espera (sudeste)	1	1	OK	1	3	OK
Confessionários Estrangeiros (noroeste)	1	1	OK	1	3	OK

Quadro 6.14 – Quadro resumo (continuação).

Sector	Número Mínimo de Saídas	Número de Saídas	OK/KO	Número Mínimo de U.P.	Número de U.P.	OK/KO
Confessionários Estrangeiros (sudeste)	1	1	OK	1	3	OK
Espaço de acesso às capelas para estrangeiros	1	2	OK	4	5	OK
Corredor	4	4	OK	11	45	OK

Verifica-se que todos os espaços cumprem os valores mínimos estabelecidos no projecto do RG/SCIE. Em muitos dos casos, o projecto da Igreja supera os mínimos regulamentados.

6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM

6.2.1. IGREJA

Salienta-se que tanto na hipótese 1 como na hipótese 2 vão ser consideradas três zonas distintas: assembleia (7485 m²), presbitério (652 m²) e anfiteatro lateral (83 m²).

6.2.1.1. Assembleia - Hipótese 1

Nesta primeira hipótese, considera-se que a largura de cada saída é proporcional ao número de pessoas que por ela passam. Ou seja, a saída central, por exemplo, por ser a mais larga, será a saída com maior fluxo de pessoas em caso de emergência.

Dados:

Número de pessoas = 8633

Área útil = 7485 m²

$\alpha = 0,266$

$K = 1,4$

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{8633}{7485} = 1,15 \text{ pessoas} / \text{m}^2$$

$$V = 1,4 \cdot (1 - 0,266 \cdot 1,15) = 0,97 \text{ m} / \text{s}$$

$$Fe = 0,97 \cdot 1,15 = 1,12 \text{ pessoas / ms}$$

Saída Central (Saída 1):

Número de portas = 3

Largura de cada porta = 2,12 m

Para cada porta:

$$Le = 2,12 - 2 \cdot 0,15 = 1,82m$$

$$Ft = 1,12 \cdot 1,82 = 2,04 \text{ pessoas / s}$$

Para determinação das pessoas que vão utilizar esta saída efectua-se uma proporção de acordo com a sua largura.

$$\begin{array}{l} 8633 \text{ pessoas} \longrightarrow 60,48m \text{ (soma de todas as larguras das portas)} \\ x \longrightarrow 2,12m \end{array}$$

$$x = 303 \text{ pessoas}$$

$$T = \frac{303}{2,04} = 149s = 2 \text{ min e } 29s$$

Sendo assim, pela saída 1 são evacuadas 909 pessoas sendo o tempo total de evacuação 2 min e 29s.

Saídas 2,3,19 e 20

Número de portas = 1

Largura de cada porta = 1,91 m

Para cada porta:

$$Le = 1,91 - 2 \cdot 0,15 = 1,61m$$

$$Ft = 1,12 \cdot 1,61 = 1,80 \text{ pessoas / s}$$

Para determinação das pessoas que vão utilizar esta saída efectua-se uma proporção de acordo com a sua largura.

$$8633 \text{ pessoas} \longrightarrow 60,48m \text{ (soma de todas as larguras das portas)}$$

$$x \longrightarrow 1,91m$$

$$x = 274 \text{ pessoas}$$

$$T = \frac{274}{1,80} = 152s = 2 \text{ min e } 32s$$

Sendo assim, por cada uma das saídas 2,3,19 e 20 são evacuadas 274 pessoas, sendo o tempo de evacuação, em cada um dos casos, 2min e 32s.

Saídas 4 e 18:

Número de portas = 2

Largura de cada porta = 1,87 m

Para cada porta:

$$Le = 1,87 - 2 \cdot 0,15 = 1,57m$$

$$Ft = 1,12 \cdot 1,57 = 1,76 \text{ pessoas / s}$$

Para determinação das pessoas que vão utilizar esta saída efectua-se uma proporção de acordo com a sua largura.

$$8633 \text{ pessoas} \longrightarrow 60,48m \text{ (soma de todas as larguras das portas)}$$

$$x \longrightarrow 1,87m$$

$$x = 267 \text{ pessoas}$$

$$T = \frac{267}{1,76} = 152s = 2 \text{ min e } 32s$$

Por cada uma das saídas 4 e 18 são evacuadas 534 pessoas, sendo o tempo de evacuação, em cada um dos casos, 2min e 32s.

Saídas 5, 6, 7, 8, 9, 13, 14, 15, 16 e 17:

Número de portas = 2

Largura de cada porta = 1,95 m

Para cada porta:

$$Le = 1,95 - 2 \cdot 0,15 = 1,65m$$

$$Ft = 1,12 \cdot 1,65 = 1,85 \text{ pessoas / s}$$

Para determinação das pessoas que vão utilizar esta saída efectua-se uma proporção de acordo com a sua largura.

$$\begin{array}{l} 8633 \text{ pessoas} \longrightarrow 60,48m \text{ (soma de todas as larguras das portas)} \\ x \longrightarrow 1,95m \end{array}$$

$$x = 278 \text{ pessoas}$$

$$T = \frac{278}{1,85} = 150s = 2 \text{ min e } 30s$$

Por cada uma das saídas laterais são evacuadas 556 pessoas, sendo o tempo de evacuação, em cada um dos casos, 2min e 30s.

6.2.1.2 Assembleia - Hipótese 2

Na segunda hipótese, o principal factor a ter em conta é a distância a percorrer até à saída, ou seja, cada pessoa escolhe o caminho mais curto para sair do edifício.

Quadro 6.15 – Tempos de evacuação (Hipótese 2)

Saída	Nº de Pessoas na área de influência		Nº de Portas	Fluxo total por porta	Nº de Pessoas por porta	Tempo de evacuação	
	Cálculo	Resultado				Seg.	Min.
Saída 1	$(143+217+203+215)*2$	1556	3	2,04	519	255	4min e 15s
Saída 2 (= Saída 20)	169+54	223	1	1,80	223	124	2min e 4s
Saída 3 (= Saída 19)	169+60	229	1	1,80	229	127	2min e 7s
Saída 4 (= Saída 18)	50+124	174	2	1,76	87	49	49s
Saída 5 (= Saída 17)	169*2	338	2	1,95	169	87	1min e 27s
Saída 6 (= Saída 16)	215*2	430	2	1,95	215	110	1min e 50s
Saída 7 (= Saída 15)	215*3	645	2	1.95	323	166	2min e 46s
Saída 8 (= Saída 14)	143*3	429	2	1,95	215	110	1min e 50s
Saída 9 (= Saída 13)	143*7	1071	2	1.95	536	275	4min e 35s

6.2.1.3 Presbitério – Hipótese 1 / Hipótese 2

Dados:

Número de pessoas = 100

Área útil = 652 m² $\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{100}{652} = 0,15 \text{ pessoas} / \text{m}^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2 \text{ m} / \text{s}$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ pessoas} / \text{ms}$$

$$\text{Saída 11} = \text{Saída 12}$$

$$\text{Número de portas} = 1$$

$$\text{Largura de cada porta} = 1,38 \text{ m}$$

Para cada porta:

$$Le = 1,38 - 2 \cdot 0,15 = 1,08 \text{ m}$$

$$Ft = 0,18 \cdot 1,08 = 0,19 \text{ pessoas} / \text{s}$$

$$\text{Número de pessoas} = 50$$

$$T = \frac{50}{0,19} = 263 \text{ s} = 4 \text{ min e } 23 \text{ s}$$

6.2.1.4 Anfiteatro lateral – Hipótese 1 / Hipótese 2

Dados:

$$\text{Número de pessoas} = 67$$

$$\text{Área útil} = 83 \text{ m}^2$$

$$\alpha = 0,266$$

$$K = 1,4$$

$$\text{Camada limite (porta)} = 0,15 \text{ m}$$

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{67}{83} = 0,81 \text{ pessoas / m}^2$$

$$V = 1,4 \cdot (1 - 0,266 \cdot 0,81) = 1,10 \text{ m / s}$$

$$Fe = 1,10 \cdot 0,81 = 0,89 \text{ pessoas / ms}$$

Saída 10:

Número de portas = 1

Largura da porta = 0,72 m

Para cada porta:

$$Le = 0,72 - 2 \cdot 0,15 = 0,42 \text{ m}$$

$$Ft = 0,42 \cdot 0,89 = 0,37 \text{ pessoas / s}$$

Número de pessoas = 67

$$T = \frac{67}{0,37} = 181 \text{ s} = 3 \text{ min e } 1 \text{ s}$$

6.2.2. CAPELA PARA PORTUGUESES

Dados:

Número de pessoas = 600

Área = 663 m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{600}{663} = 0,90 \text{ pessoas} / m^2$$

$$V = 1,4 \cdot (1 - 0,266 \cdot 0,9) = 1,06 m / s$$

$$Fe = 1,06 \cdot 0,90 = 0,95 \text{ pessoas} / ms$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5 m$$

$$Ft = 0,95 \cdot 1,5 = 1,42 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{200}{1,42} = 141 s = 2 \text{ min e } 21 s$$

6.2.3. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE)

Dados:

Número de pessoas = 120

Área = 323 m²

$\alpha = 0,266$

$K = 1,4$

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{120}{323} = 0,37 \text{ pessoas} / m^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2 m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,37 = 0,44 \text{ pessoas} / ms$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,44 \cdot 1,5 = 0,66 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{60}{0,66} = 91s = 1 \text{ min e } 31s$$

6.2.4. CAPELA PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE)

Dados:

Número de pessoas = 120

Área = 323m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{120}{323} = 0,37 \text{ pessoas / m}^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,37 = 0,44 \text{ pessoas / ms}$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,44 \cdot 1,5 = 0,66 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{60}{0,66} = 91s = 1 \text{ min e } 31s$$

6.2.5. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (NOROESTE)

Dados:

Número de pessoas = 32

Área = 216m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{32}{216} = 0,15 \text{ pessoas} / m^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,15 = 0,18 \text{ pessoas} / ms$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,18 \cdot 1,5 = 0,27 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{16}{0,27} = 59s$$

6.2.6. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (NOROESTE)

Dados:

Número de pessoas = 48

$$\text{Área} = 180\text{m}^2$$

$$\alpha = 0,266$$

$$K = 1,4$$

$$\text{Camada limite (porta)} = 0,15 \text{ m}$$

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{48}{180} = 0,27 \text{ pessoas / m}^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2 \text{ m / s}$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,27 = 0,32 \text{ pessoas / ms}$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5 \text{ m}$$

$$Ft = 0,32 \cdot 1,5 = 0,48 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{48}{0,48} = 100\text{s} = 1 \text{ min e } 40\text{s}$$

6.2.7. CONFESSIONÁRIOS PARA PORTUGUESES (SUDESTE)

Dados:

$$\text{Número de pessoas} = 24$$

$$\text{Área} = 197\text{m}^2$$

$$\alpha = 0,266$$

$$K = 1,4$$

$$\text{Camada limite (porta)} = 0,15 \text{ m}$$

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{24}{197} = 0,12 \text{ pessoas / m}^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,12 = 0,14 \text{ pessoas} / ms$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,14 \cdot 1,5 = 0,21 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{12}{0,21} = 57s$$

6.2.8. SALA DE ESPERA PARA CONFESSIONÁRIOS DE PORTUGUESES (SUDESTE)

Dados:

Número de pessoas = 48

Área = 180m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{48}{180} = 0,27 \text{ pessoas} / m^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,27 = 0,32 \text{ pessoas} / ms$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,32 \cdot 1,5 = 0,48 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{48}{0,48} = 100s = 1 \text{ min e } 40s$$

6.2.9. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (NOROESTE)

Dados:

Número de pessoas = 32

Área = 237m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{32}{237} = 0,14 \text{ pessoas / m}^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,14 = 0,17 \text{ pessoas / ms}$$

Para cada saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,17 \cdot 1,5 = 0,26 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{16}{0,26} = 62s = 1 \text{ min e } 2s$$

6.2.10. CONFESSIONÁRIOS PARA ESTRANGEIROS (SUDESTE)

Dados:

Número de pessoas = 32

Área = 237m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{32}{237} = 0,14 \text{ pessoas} / m^2$$

$$d < 0,54$$

$$V = 1,2m / s$$

$$Fe = 1,2 \cdot 0,14 = 0,17 \text{ pessoas} / ms$$

Para a saída:

$$Le = 1,8 - 2 \cdot 0,15 = 1,5m$$

$$Ft = 0,17 \cdot 1,5 = 0,26 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{32}{0,26} = 123s$$

6.2.11. ESPAÇO DE ACESSO PARA AS CAPELAS DOS ESTRANGEIROS

Dados:

Número de pessoas = 240

Área = 186m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{240}{186} = 1,29 \text{ pessoas / m}^2$$

$$V = 1,4 \cdot (1 - 0,266 \cdot 1,29) = 0,92 \text{ m / s}$$

$$Fe = 0,92 \cdot 0,29 = 1,19 \text{ pessoas / ms}$$

Para cada saída:

$$Le = 1,7 - 2 \cdot 0,15 = 1,4 \text{ m}$$

$$Ft = 1,19 \cdot 1,4 = 1,67 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{240}{1,67} = 144 \text{ s} = 2 \text{ min e } 24 \text{ s}$$

6.2.12. CORREDOR

Após a saída das capelas e confessionários, as pessoas juntam-se no corredor central. Aqui, têm quatro saídas para o exterior. Para o cálculo do tempo de evacuação, é necessário estimar o número de pessoas que passam por cada saída. Para efeito de cálculo, considera-se a influência da sinalização sobre as pessoas. A sinalização proposta encontra-se na planta apresentada no Anexo II. A sinalização proposta tem em conta a distância a percorrer e a melhor distribuição das 1056 pessoas pelas quatro saídas.

Dados:

Número de pessoas = 1056

Área = 1100m²

$\alpha = 0,266$

K = 1,4

Camada limite (porta) = 0,15 m

$$d = \frac{N^{\circ} \text{ de pessoas}}{\text{Área}} = \frac{1056}{1100} = 0,96 \text{ pessoas} / m^2$$

$$V = 1,4 \cdot (1 - 0,266 \cdot 0,96) = 1,04 m / s$$

$$Fe = 1,04 \cdot 0,96 = 1,02 \text{ pessoas} / ms$$

Para a **Saída A**:

O número de pessoas que se prevê que utilizem esta saída diz respeito aos confessionários para portugueses e às respectivas salas de espera.

$$Le = 5,4 - 2 \cdot 0,15 = 5,1 m$$

$$Ft = 1,02 \cdot 5,1 = 5,20 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{152}{5,20} = 29 s$$

Para a **Saída B**:

As pessoas a evacuar por esta saída provêm da capela dos portugueses.

$$Le = 8,30 - 2 \cdot 0,15 = 8,0 m$$

$$Ft = 1,02 \cdot 8,0 = 8,16 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{600}{8,16} = 74 s = 1 \text{ min e } 14 s$$

Para a **Saída C**:

Considera-se que para esta saída se destinam as pessoas que ocupam a capela e os confessionários para estrangeiros (noroeste).

$$Le = 8,30 - 2 \cdot 0,15 = 8,0 m$$

$$Ft = 1,02 \cdot 8,0 = 8,16 \text{ pessoas} / s$$

$$T = \frac{152}{8,16} = 19s$$

Para a **Saída D**:

Pela saída D evacuam as pessoas provenientes da capela e dos confessionários para estrangeiros (sudeste).

$$Le = 5,4 - 2 \cdot 0,15 = 5,1m$$

$$Ft = 1,02 \cdot 5,1 = 5,20 \text{ pessoas / s}$$

$$T = \frac{152}{5,20} = 29s$$

6.2.13. RESUMO

Quadro 6.16 – Tempos de evacuação

Local	Saída	Tempos de evacuação
Assembleia – Hipótese 1	1	2min e 29s
	2,3,19 e 20	2min e 32s
	4 e 18	2min e 32s
	5,6,7,8,9,13,14,15,16 e 17	2min e 30s
Igreja	1	4min e 15s
	2 e 20	2min e 4s
	3 e 19	2min e 7s
	4 e 18	49s
	5 e 17	1min e 27s
	6 e 16	1min e 50s
	7 e 15	2min e 46s
	8 e 14	1min e 50s
	9 e 13	4min e 35s
	12 e 13	2min e 31s
Auditório	10	3min e 1s

Quadro 6.16 – Tempos de evacuação (continuação)

Local	Saída	Tempos de evacuação
Capela para Portugueses		2min e 21s
Capela para estrangeiros (noroeste)		1min e 31s
Capela para estrangeiros (sudeste)		1min e 31s
Confessionários para Portugueses (noroeste)		59s
Sala de espera (noroeste)		1min e 40s
Confessionários para Portugueses (sudeste)		57s
Sala de espera (sudeste)		1min e 40s
Confessionários para Estrangeiros (noroeste)		1min e 2s
Confessionários para Estrangeiros (sudeste)		2min e 3s
Espaço de acesso		2min e 24s
Corredor	A	29s
	B	1min e 14s
	C	19s
	D	29s

Analisando os tempos de evacuação obtidos, e para o caso da igreja, verifica-se que nas saídas 1 (4min e 15s), 9 (4min e 35s) e 13 (4min e 35s) se atingem tempos bastante superiores aos restantes. Isto deve-se ao facto de as áreas de influência consideradas para cada uma dessas saídas, albergarem uma grande quantidade de pessoas dada a sua proximidade. No entanto, estes tempos de evacuação não são muito elevados.

Observando o piso -1, verifica-se que o tempo de evacuação mais crítico diz respeito a uma pessoa que se encontre na capela dos portugueses que demorará 2min e 21s a passar a saída da capela para o corredor, mais 1min e 14 a passar a saída B (os ocupantes da capela dos portugueses destinam-se, por hipótese, à saída B – Ver Fig. 6.19 e Anexo II).

6.3. COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DO CRITÉRIO DAS UNIDADES DE PASSAGEM E DO MÉTODO DE NELSON E MACLEANNAM

Nesta comparação vai-se utilizar o caso da capela para portugueses como caso de estudo.

Dados:

$$A = 663 \text{ m}^2$$

Quadro 6.17 – Comparação entre os Resultados do Critério das Unidades de Passagem e do Método de Nelson e Macleannam para o caso da capela para portugueses ($A=663m^2$)

Efectivo	Nº Mínimo de saídas	Nº mínimo de UP's	Nº de UP's por porta	Pessoas por porta	D (pessoas/m ²)	V (m/s)	Fe (pessoas/ms)	Ft (pessoas/s)	T		
									s	Min.	T + desf.
1	1	1	1	1	0,0015	1,20	0,0018	0,0011	921	15min e 21s	15min e 21s
50	1	1	1	50	0,0754	1,20	0,0905	0,0543	921	15min e 21s	15min e 21s
51	2	2	1	26	0,0769	1,20	0,0923	0,0554	469	7min e 49s	7min e 49s
			1	25				0,0554	451	7min e 31s	
500	2	6	3	250	0,7541	1,12	0,8440	1,2660	197	3min e 17s	3min e 17s
			3	250				1,2660	197	3min e 17s	
501	3	7	3	215	0,7557	1,12	0,8453	1,2679	170	2min e 50s	2min e 50s
			2	143				0,9298	154	2min e 34s	
			2	143				0,9298	154	2min e 34s	
1000	3	10	4	400	1,5083	0,84	1,2644	2,6553	151	2min e 31s	2min e 38s

Quadro 6.17 – Comparação entre os Resultados do Critério das Unidades de Passagem e do Método de Nelson e Macleannam para o caso da capela para portugueses ($A=663\text{m}^2$) (Continuação).

Efectivo	Nº Mínimo de saídas		Nº mínimo de UP's	Nº de UP's por porta	Pessoas por porta	D (pessoas/m ²)	V (m/s)	Fe (pessoas/ms)	Ft (pessoas/s)	T	
										s	T + desf.
1240	4	13	3	300	1,5083	0,84	1,2644	1,8966	158	2min e 38s	1min e 18s
			3	300	1,5083	0,84	1,2644	1,8966	158	2min e 38s	
			4	382	1,8800	1,31	2,4497	5,1444	74	1min e 14s	
			3	286	1,8800	1,31	2,4497	3,6746	78	1min e 18s	
			3	286	1,8800	1,31	2,4497	3,6746	78	1min e 18s	
			3	286	1,8800	1,31	2,4497	3,6746	78	1min e 18s	
1500	4	15	4	400	2,2624	0,56	1,2612	2,6486	151	2min e 31s	2min e 39s
			4	400	2,2624	0,56	1,2612	2,6486	151	2min e 31s	
			4	400	2,2624	0,56	1,2612	2,6486	151	2min e 31s	
			3	300	2,2624	0,56	1,2612	1,8919	159	2min e 39s	
1501	4	16	4	400	2,2640	0,56	1,2608	2,6477	142	2min e 22s	2min e 22s
			4	400	2,2640	0,56	1,2608	2,6477	142	2min e 22s	
			4	400	2,2640	0,56	1,2608	2,6477	142	2min e 22s	
			4	400	2,2640	0,56	1,2608	2,6477	142	2min e 22s	

No Quadro 6.17, procura-se verificar quais são os tempos de evacuação resultantes da aplicação do critério das unidades de passagem a um dado espaço. O número de pessoas utilizado baseia-se nos limites que a partir dos Quadros 4.2 e 4.3 conduzem a um aumento de número de saídas ou de número de unidades de passagem.

Analisando os resultados obtidos no Quadro 6.17 verifica-se que os tempos de evacuação para os efectivos de 1, 50 e 51, (uma pessoa demora 15min e 21s a evacuar, 50 pessoas demoram 15min e 21s e 51 pessoas 7min e 49s) são extremamente elevados e sem qualquer sentido. Assim, chega-se à conclusão que para densidades muito baixas (as pessoas encontram-se muito dispersas) o método de Nelson e MacLennam não é aplicável.

Os tempos de evacuação resultantes da aplicação do critério das unidades de passagem são bastante satisfatórios (para densidades não muito baixas). Pensa-se que tempos de evacuação na ordem dos 2,3 minutos são suficientes para uma evacuação eficaz.

A densidade de 1,88 pessoas/m² de acordo com o método utilizado é a densidade que resulta no maior Fluxo Específico. A conclusão, segundo o método, é que as áreas a projectar devem ter em conta este factor. No caso apresentado, a densidade de 1,88 pessoas/m² resulta no tempo de evacuação mínimo de 1min e 18s.

Outro aspecto que importa realçar é a interferência da camada limite nos tempos de evacuação. Assim, de seguida, testam-se alguns valores.

Para $0,54 \leq d \leq 3,80$:

$$T = \frac{P}{(1,4 \cdot d - 0,3742 \cdot d^2) \cdot Le}$$

Considerando por exemplo $P = 400$ pessoas e $A = 663\text{m}^2$ vem que:

Cálculo com Le :

$$T = \frac{564,6}{Le}$$

Para 1UP (0,9m):

$$T = 941\text{s}$$

Para 2UP (1,4m):

$$T = 513\text{s}$$

Para 3UP (1,8m):

$$T = 376\text{s}$$

Cálculo com L :

$$T = \frac{564,6}{L}$$

Para 1UP (0,9m):

$$T = 627s$$

Para 2UP (1,4m):

$$T = 403s$$

Para 3UP (1,8m):

$$T = 314s$$

Verifica-se assim que o efeito que a camada limite tem sobre o tempo de evacuação é tanto maior quanto menor for a largura nominal.

7

CONCLUSÕES

Na sequência da realização deste trabalho é possível constatar que ao longo dos anos vários foram os incêndios que originaram avultados prejuízos materiais e um elevado número de vítimas mortais. Observando o panorama europeu, e segundo dados estatísticos de 1986 a 1995, em Portugal ocorreram 11 mortes por milhão de habitantes, cerca de $\frac{1}{4}$ das vítimas mortais na Rússia, no mesmo período. Em Portugal, verifica-se que o número de incêndios é superior ao número de acidentes rodoviários e ao número de acidentes de trabalho. Contudo, o número de vítimas é menor, facto que é explicado pela contabilização dos incêndios florestais cujas repercussões são essencialmente a devastação das florestas. Segundo dados fornecidos pela ANPC os incêndios rurais são em muito maior número do que todos os outros, pelas mesmas razões apontadas anteriormente, o número de vítimas mortais é bastante inferior às ocorridas em meio urbano/industrial.

Verifica-se a existência de uma série de investigadores que ao longo dos anos exploraram a problemática da evacuação. O estudo de casos, isto é, a recolha de dados e a aprendizagem com incêndios reais, tem uma grande ênfase dentro desta temática.

Constata-se também que o agora projecto de RG/SCIE é uma mais valia na medida em que concentra toda a regulamentação num só diploma, é de manuseamento fácil e cobre praticamente a totalidade dos edifícios.

Outro aspecto que se apurou é que os principais factores para uma evacuação eficaz são uma sinalização adequada, boa iluminação e saídas bem dimensionadas (em largura e número). Por outro lado, existem aspectos que interferem negativamente numa evacuação, tais como fumos, a presença de pessoas incapacitadas, o pânico, etc.

No caso de um edifício recebendo público, os ocupantes normalmente não são conhecedores nem da planta do edifício nem tão pouco da planta de emergência. Assim, uma sinalização de emergência complementada com uma boa iluminação de segurança, que defina concretamente o trajecto de evacuação, aumenta a probabilidade de sucesso na evacuação do edifício.

O aumento do número de saídas e das respectivas larguras são de vital importância na diminuição dos tempos de evacuação. Este aspecto tem, naturalmente, que ter em consideração tanto os custos como os aspectos arquitectónicos.

O critério utilizado na legislação portuguesa para o dimensionamento das saídas de evacuação (critério das unidades de passagem) é de muito fácil aplicação. Dada a sua facilidade de aplicação verifica-se que é um óptimo meio de dimensionamento das saídas de evacuação. Na realidade, e com base no método de Nelson e MacLennan, verifica-se que conduz a tempos de evacuação bastante satisfatórios.

O método de Nelson e MacLennam é de fácil e rápida aplicação e pode dar boas indicações na fase de projecto, acerca dos tempos de evacuação.

Na aplicação do critério das unidades de passagem na Igreja da Santíssima Trindade, conclui-se que todas as áreas estudadas respeitam o número mínimo de saídas assim como o número mínimo de UP's. Em quase todos os casos verifica-se que houve uma preocupação em dotar as instalações com números acima dos valores mínimos. Este aspecto ganha ênfase nas situações do piso -1 onde se constata que todas as capelas, salas de espera, confessionários e corredor principal cumprem o regulamento apesar de, por hipótese, não se ter considerado o corredor secundário como trajecto de evacuação nem a possibilidade de os ocupantes poderem evacuar por exemplo da sala dos confessionários para a capela. No entanto, interessa realçar que na assembleia, a distribuição dos ocupantes pelas 20 saídas de evacuação infere um certo grau de complexidade ao estudo. Na hipótese 2 tenta-se prever a quantidade de pessoas que em caso de emergência evacuam por cada saída. Para tal, estimam-se as áreas de influência de cada saída, tendo em conta que o factor decisivo na escolha é a menor distância a percorrer. Com isto, e após aplicação do critério das unidades de passagem a cada saída de evacuação da assembleia, verifica-se que nem todas as saídas cumprem o critério. Este facto não é muito gravoso pois os ocupantes podem optar por outras saídas cujo fluxo de pessoas seja menor. Para além disto, e com base no método de Nelson e MacLennam, os tempos de evacuação previstos são relativamente baixos.

Para além da Hipótese 2, formulou-se uma Hipótese 1 onde se considera que os ocupantes evacuam proporcionalmente à largura das saídas. De facto, chega-se à conclusão que a hipótese mais viável será a 2. No entanto uma situação intermédia entre as duas seria a que melhor se adequaria a este caso. Se por um lado, a Hipótese 1 é demasiado optimista, havendo um equilíbrio quase total dos tempos de evacuação. Por outro lado, na Hipótese 2, o desfasamento existente por exemplo entre as saídas 8 (1min e 50) e 9 (4min e 35) não acontece na realidade. As pessoas que eventualmente ficariam retidas na saída 9, ao verificarem uma maior fluidez na evacuação pela saída 8, sairiam por esta, equilibrando os dois tempos.

Relativamente às limitações inerentes a este trabalho destaca-se a impossibilidade de previsão do comportamento das pessoas subjacente a uma evacuação de emergência, uma vez que este aspecto não é considerado nos cálculos efectuados. Por outro lado, o método de Nelson MacLennam não se adequa a situações em que a densidade de pessoas é muito pequena. Este método não inclui as pessoas incapacitadas, pelo que, constitui uma possível fonte de erro para os resultados apresentados, considerando que a Igreja da Santíssima Trindade, objecto de estudo, é um local onde se espera a presença de algumas pessoas nestas condições.

É possível afirmar que os objectivos inicialmente propostos foram cumpridos na totalidade. No que respeita às condições de evacuação da Igreja da Santíssima Trindade, em Fátima, conclui-se que o número de saídas e larguras das mesmas cumprem na totalidade o projecto de RG/SCIE, conduzindo a tempos de evacuação relativamente baixos.

Numa perspectiva prática, e sendo esta uma área de constante investigação, é essencial o estudo de casos reais que possibilitem uma optimização dos métodos de cálculo, analíticos ou informáticos. Essa optimização constitui uma das bases para a melhoria no âmbito da prevenção.

Entretanto, é fulcral a entrada em vigor do Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Portugal.

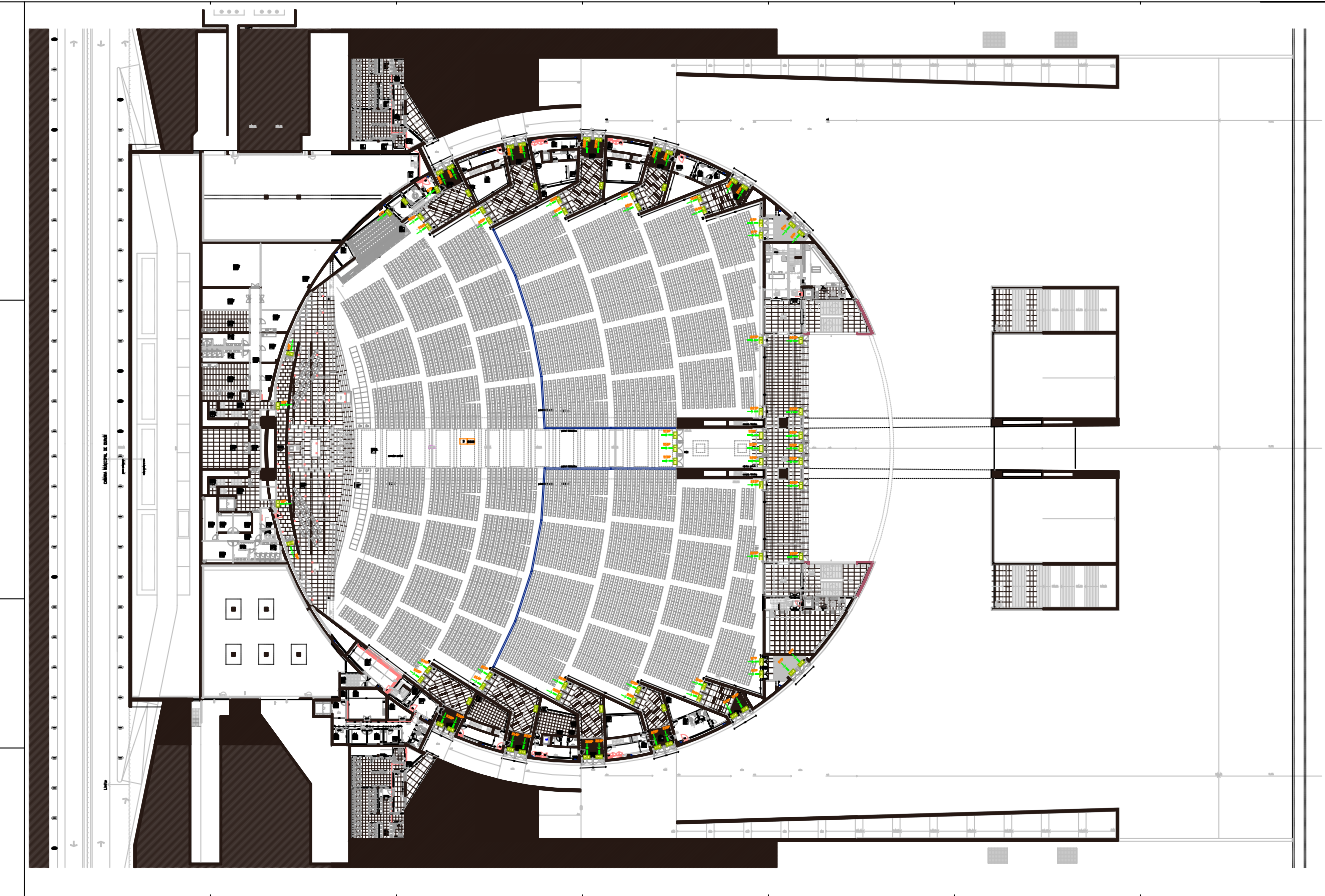
Os esforços aplicados ao estudo da segurança contra incêndios e problemática da evacuação devem ser incansáveis dada a indubitável importância desta temática.

BIBLIOGRAFIA

- [1] *The Burning of Rome, 64 AD.* EyeWitness to History. Disponível em: www.eyewitnesstohistory.com (1999).
- [2] *O incêndio de Roma e a primeira perseguição de Nero.* Marta Sordi. Disponível em: www.30giorni.it/br.
- [3] *The Great Fire of London, 1666.* EyeWitness to History. Disponível em: www.eyewitnesstohistory.com (2004).
- [4] National Fire Protection Association. *Fire Protection Handbook*. Nineteenth Edition. Volume I. Quincy, Massachusetts, U.S.A., 2003.
- [5] National Safety Council, *International Accident Facts*, 2nd edition, Itasca, IL:National Safety Council, 1999, p.57.
- [6] Apontamentos da cadeira de Segurança Contra Incêndios em Edifícios. Regente: Professor João Lopes Porto. Dados fornecidos pela ANPC.
- [7] *Igreja da Santíssima Trindade: modernidade e conforto para os peregrinos do século XXI.* Jornal de Arte, Cultura e Cidadania – Tinta Fresca. Disponível em: www.tintafresca.net.
- [8] *O Chiado ardeu há 17 anos.* In Jornal de Notícias. Disponível em: www.jornaldenoticias.com.
- [9] Coelho, António Leça. *Curso Segurança Contra Incêndios em Edifícios. Fundamentos da segurança contra incêndio em edifícios.* LNEC.
- [10] Companhia de Bombeiros Sapadores de Coimbra. Disponível em: <http://sapadoresdecoimbra.no.sapo.pt>.
- [11] NP EN 2: 1993 – Classes de fogo.
- [12] Laboratório Nacional de Engenharia Civil – E 365 – 1990. *Segurança contra Incêndio. Reacção ao fogo dos materiais de construção. Critérios de classificação.* Lisboa, LNEC, 1990.
- [13] Laboratório Nacional de Engenharia Civil – E 364 – 1990. *Segurança contra Incêndio. Reacção ao Fogo de Elementos da construção. Métodos de Ensaio e Critérios de Classificação.* Lisboa, LNEC, 1990.
- [14] Pursals, Salvador Casadesús. *Consideraciones en torno a los modelos para el estudio de la evacuación de edificios.* Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d’Organització d’Empreses.
- [15] Projecto de Regulamento Geral de Segurança contra Incêndios em Edifícios. Disponível em: <http://www.mai.gov.pt/>.
- [16] Evacuação de Pessoas. Disponível em: www.univ-ab.pt.
- [17] Fruins, J.J. “*Pedestrian planning and design. Elevator World*”.
- [18] Gwyne, S.; Galea, E. R. *A Review of the Methodologies and Critical Appraisal of Computer Models used in the Simulation of Evacuation from the Built Environment.*
- [19] London Transport Board. *Second Report of the Operational Research Team on the Capacity of Footways*, London 1958.
- [20] Best, R; Demers, D.P. *Fire at the MGM Grand Hotel.* Fire Journal, vol. 76, No. 1, 1982.

- [21] Demers, D. P. *Investigation Report on the Las Vegas Hilton Hotel Fire*. Fire Journal, vol. 76, No. 1, 1982.
- [22] Fahy, F. R.; Proulx, G. A Study of the New York World Trade centre evacuation. Asiaflam95, Hong-Kong, Interscience Communications Limited, 1995.
- [23] Inspeção Geral do Trabalho. Disponível em: www.igt.gov.pt.
- [24] Instituto Português da Qualidade – NP 3992: 1994 – Segurança contra Incêndio. Sinais. Monte da Caparica, IPQ, 1994.
- [25] Ertecna Lda – Sinalização de Segurança e plantas de emergência fotoluminescentes.
- [26] NT 04 : Nota Técnica Complementar do RG-SCIE. Simbologia gráfica para estudos e projectos.
- [27] Arquitectura Ibérica. *Igreja da Sma Trindade – Fátima*. Setembro de 2007.
- [28] Nelson, H. E.; McLennan, H. A. *Emergency Movement*. The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd ed., National Fire Protection Association, Quincy, MA, 1995.
- [29] Pauls, J. L., *Effective-Width Model for Evacuation Flow in Buildings*. Proceedings of the Engineering Applications Workshop, 1980, Society of Fire Protection Engineers, Boston.
- [30] Fruin, J. J., *Pedestrian Planning Design*. Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, Inc. Nova Iorque, 1971.
- [31] Habicht, A. T., Braaksma, J. P. *Effective Width of Pedestrian Corridors*. Journal of Transportation Engineering, Vol. 110, No. 1, 1984.
- [32] Predtechenskii, V. M., e Milinskii, A. I., *Planning for Foot Traffic in Buildings* (translated from the Russian), Russian publication, Stroizdat Publishers, Moscovo, 1969; English translation published for the National Bureau of Standards and the National Science Foundation, Washington, Amerind Publishing Co. Pvt., Ltd, Nova Deli, India, 1978.
- [33] Coelho, António Leça. *A Evacuação de Pessoas em Edifícios*.
- [34] Coelho, António Leça. *Modelação Matemática da Evacuação de Edifícios sujeitos à acção de um Incêndio*.
- [35] Castro, Carlos Ferreira de ; Abrantes, José Barreira. *Manual de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*. Escola Nacional de Bombeiros. Sintra, 2004.

ANEXO 1
SINALIZAÇÃO PISO 0





SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS
SIMBOLOGIA

 **Local de Incêndio**
LOCAL DE RISCO

 **CAMINHOS DE EVACUAÇÃO**

 **CAMINHO DE EVACUAÇÃO NORMAL**

RELAÇÃO DE EVACUAÇÃO

101 - Evacuação de Emergência
- Para o Sótão

102 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

103 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

104 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

105 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

106 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

107 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

108 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

109 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

110 - Evacuação de Emergência
- Sótão para o Sótão

Nota de observação: Para evacuação de emergência, utilizar o caminho de evacuação normal.

Projeto	Rev	Rev	Rev
Projeto	Rev	Rev	Rev
Projeto	Rev	Rev	Rev
Projeto	Rev	Rev	Rev

Projeto

Rev

Rev

Rev

ANEXO 2
SINALIZAÇÃO PISO -1

