

APLICAÇÃO DE UM MODELO NUMÉRICO NA AVALIAÇÃO DA EVACUAÇÃO DE UM EDIFÍCIO

BRUNO RICARDO DA CUNHA ESTEVES DA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Miguel Jorge Chichorro Rodrigues Gonçalves

JUNHO DE 2009

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2008/2009

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 - 2008/2009 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009*.

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.

À Cassandra, Maryline e Márcio

A curiosidade é mais importante do que o conhecimento

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Neste momento, não posso deixar de agradecer a todos aqueles que directa ou indirectamente contribuíram para que este trabalho fosse desenvolvido.

Agradeço particularmente o apoio do meu orientador, o Professor Doutor Miguel Chichorro Gonçalves, pela sua disponibilidade e ajuda, pela preciosidade das suas reflexões e pela confiança demonstrada durante todo este estudo.

Estou muito grato aos meus pais, e a minha avó, por terem facilitado toda esta caminhada. E agradeço especialmente à Andreia, pelo seu apoio ilimitado e toda a sua compreensão, bem como a companhia dos seus pais e irmão. Não me posso esquecer da ajuda dos meus colegas e amigos durante todos estes anos. O amor e a amizade tornam tudo mais fácil.

RESUMO

A segurança contra incêndio em edifícios é consensualmente considerada como um ramo de engenharia de fundamental importância. Nesse contexto, a evacuação dos ocupantes assume um papel fulcral na preservação da sua vida ou integridade física.

Este estudo pretende compreender a temática da evacuação de edifícios, designadamente os seus conceitos, o seu grau de desenvolvimento e as suas perspectivas de evolução. Nesse âmbito são também introduzidos os temas da sinalização e da iluminação.

Para além da percepção do processo de evacuação, o objectivo é apresentar e aplicar os diferentes métodos existentes para verificar o cumprimento das condições de evacuação de um edifício. Numa perspectiva prescritiva, com base nas disposições da nova regulamentação nacional, e numa perspectiva exigencial, utilizando um modelo numérico denominado Simulex e o método de Nelson e MacLennan para determinar o tempo do movimento de evacuação do edifício.

Para além das condições de evacuação, os resultados ambicionam expor as limitações e as vantagens de cada método, e as perspectivas de melhoria.

PALAVRAS-CHAVE: segurança, incêndio, evacuação, numérico, Simulex.

ABSTRACT

Fire protection engineering in buildings is consensually regarded as a branch of critical importance.

In this context, the evacuation of occupants has a key role in preserving their life or physical integrity. This study aims to understand the issue of evacuation of buildings, including its concepts, its degree of development and its prospects of evolution. Within this framework are also presented the issues of fire signs and illumination.

Besides the perception of evacuation, the aim is to present and implement the different existing methods to verify compliance with the evacuation conditions of a building. In a prescriptive approach, using the new national legislation, and in an exigential approach, using a numerical model called Simulex and the method of Nelson and MacLennan to determine the movement evacuation time of the building.

In addition to the conditions of evacuation, the results have the ambition to expose the limitations and advantages of each method, and the prospects for improvement.

KEYWORDS: safety, fire, evacuation, numeric, Simulex.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJECTIVOS	1
1.2. ESTRUTURA DO ESTUDO	1

2. TEMÁTICA DA EVACUAÇÃO	3
2.1. O INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS	3
2.1.1. INTRODUÇÃO	3
2.1.2. O FOGO	4
2.1.3. MODOS DE PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO	5
2.1.3.1. Radiação	5
2.1.3.2. Convecção	5
2.1.3.3. Condução	6
2.1.3.4. Projecção	6
2.1.4. POTÊNCIA TÉRMICA	6
2.1.5. RESUMO HISTÓRICO	6
2.2. PERSPECTIVA GLOBAL DA EVACUAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DURANTE UM INCÊNDIO	9
2.3. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS	10
2.3.1. COMPORTAMENTO HUMANO	10
2.3.1.1. Pânico	10
2.3.1.2. Reentrada	10
2.3.1.3. Formação de grupos	11
2.3.1.4. Movimento através do fumo	11
2.3.1.5. Resposta ao alarme	11
2.3.1.6. Escolha da rota de saída	12
2.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	12
2.4. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO	13
2.4.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	13

2.4.2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS.....	13
2.5. DEFINIÇÕES DE EVACUAÇÃO	14
2.6. SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO	17
2.6.1. SINALIZAÇÃO	17
2.6.1.1. Aspectos gerais e definições	17
2.6.1.2. Sinais de emergência	19
2.6.1.3. Sinais de equipamento de combate a incêndio.....	20
2.6.1.4. Sinais de proibição, perigo, obrigação, e informação	23
2.6.1.5. Sinalização fotoluminescente ao nível do solo.....	24
2.6.2. ILUMINAÇÃO	25
2.6.2.1. Iluminação de ambiente	25
2.6.2.2. Iluminação de evacuação.....	26
2.6.3. EXEMPLOS DE SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO NO EDIFÍCIO EM ESTUDO.....	27

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO	31
3.2. REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA	34
3.2.1. INTRODUÇÃO	34
3.2.2. DECRETO-LEI Nº 220/2008	34
3.2.2.1. Introdução.....	34
3.2.2.2. Organização	35
3.2.2.3. Definições	36
3.2.2.4. Utilizações-tipo	37
3.2.2.5. Locais de risco.....	37
3.2.2.6. Categorias de risco.....	38
3.2.2.7. Medidas de autoprotecção	39
3.2.3. PORTARIA Nº 1532/2008	39
3.2.3.1. Introdução.....	39
3.2.3.2. Aplicação	40
3.2.3.3. Perigosidade atípica	40
3.2.3.4. Definições	40
3.2.3.5. Cálculo do efectivo	43
3.2.3.6. Dimensionamento dos caminhos de evacuação.....	44

3.2.3.7. Caminhos de evacuação	45
3.2.3.8. Distribuição e localização das saídas	46
3.2.3.9. Distâncias a percorrer nos locais	47
3.2.3.10. Vias horizontais de evacuação	48
3.2.3.11. Vias verticais de evacuação	48
3.2.3.12. Características das escadas	49
3.2.3.13. Dimensionamento das câmaras corta-fogo	50
3.3. SIMULEX	50
3.3.1. INTRODUÇÃO	50
3.3.2. DEFINIÇÃO DOS PISOS	51
3.3.3. DEFINIÇÃO DAS SAÍDAS	52
3.3.4. DEFINIÇÃO DAS ESCADAS	53
3.3.5. DEFINIÇÃO DAS LIGAÇÕES ENTRE AS ESCADAS E OS PISOS	53
3.3.6. CÁLCULO DO MAPA DE DISTÂNCIA	54
3.3.7. DEFINIÇÃO DOS OCUPANTES	55
3.3.8. PRINCÍPIOS DO PROGRAMA	59
3.3.9. SIMULAÇÃO	60
 4. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO	 63
4.1. INTRODUÇÃO	63
4.2. LOCALIZAÇÃO	63
4.2.1. ENQUADRAMENTO DO EDIFÍCIO	63
4.2.2. PROXIMIDADE DOS MEIOS DE SOCORRO A INCÊNDIO	65
4.3. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO	66
4.4. TIPOLOGIA DOS APARTAMENTOS	68
4.5. REGISTO FOTOGRÁFICO DO EDIFÍCIO	70
 5. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS	 73
5.1. APLICAÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA	73
5.1.1. DECRETO-LEI Nº 220/2008	73
5.1.2. PORTARIA Nº 1532/2008	74
5.2. APLICAÇÃO DO SIMULEX	79
5.2.1. INTRODUÇÃO DOS DADOS	79

5.2.2. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS – 1º CASO DE ESTUDO	81
5.2.2.1. <i>Distance Map</i> (Mapa de distância)	81
5.2.2.2. <i>Most Remote</i> (Mais distante).....	82
5.2.2.3. <i>Simulate</i> (Simulação)	83
5.2.3. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS – 2º CASO DE ESTUDO	89
5.2.3.1. <i>Distance Map</i> (Mapa de distância)	89
5.2.3.2. <i>Most Remote</i> (Mais distante).....	89
5.2.3.3. <i>Simulate</i> (Simulação)	90
5.2.4. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS – 3º CASO DE ESTUDO	93
5.3. COMPARAÇÃO COM O MÉTODO DE NELSON E MACLENNAN	95
5.3.1. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO MÉTODO	95
5.3.2. PARÂMETROS DO MÉTODO.....	96
5.3.2.1. Densidade.....	96
5.3.2.2. Velocidade de evacuação	96
5.3.2.3. Largura efectiva	97
5.3.2.4. Fluxo específico.....	98
5.3.2.5. Fluxo total	99
5.3.2.6. Tempo.....	99
5.3.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO	99
5.3.3.1. Caminho 1.A – Apartamento T3 piso 5	99
5.3.3.2. Caminho 1.B – Apartamento T4 piso 5	100
5.3.3.3. Caminho 2 – Corredor de acesso à caixa de escadas.....	100
5.3.3.4. Caminho 3 – Escadas de descida do piso 5 ao piso 0	101
5.3.3.5. Caminho 4 – Piso 0	102
5.3.3.6. Resultados finais	102

6. CONCLUSÃO 105

BIBLIOGRAFIA 107

APÊNDICE I – DADOS DE ENTRADA DO EDIFÍCIO NO SIMULEX.....

APÊNDICE II – PEÇAS DESENHADAS PRINCIPAIS DO EDIFÍCIO.....

ÍNDICE DE FIGURAS

2. TEMÁTICA DA EVACUAÇÃO

Fig.2.1 – A combustão de materiais modernos liberta elevadas quantidades de fumo e gases tóxicos	4
Fig.2.2 – Tetraedro de fogo.....	4
Fig.2.3 – Propagação de um incêndio por convecção do fumo	5
Fig.2.4 – Incêndio de Tróia (1184 a.C.) segundo Johann Georg Trautmann	6
Fig.2.5 – Grande incêndio de Roma em 64 a.C.....	7
Fig.2.6 – Grande incêndio de Londres em Setembro de 1666	7
Fig.2.7 – Incêndio de São Francisco em Setembro de 1906	8
Fig.2.8 – Incêndio nas Twin Towers nos EUA no dia 11 de Setembro de 2001	8
Fig.2.9 – Esquema da resposta dos ocupantes à evacuação (adaptado de Proulx, 2002)	9
Fig.2.10 – As pessoas evacuam o <i>World Trade Center</i> em grupo, enquanto o bombeiro segue um movimento ascendente contrário, durante o incêndio provocado pelos atentados de 11 de Setembro 2001 em Nova Iorque	11
Fig.2.11 – A densidade de ocupação de espaços é dada em pessoas/m ²	14
Fig.2.12 – Ilustração do fluxo de pessoas num caminho de evacuação	15
Fig.2.13 – Localização de pessoas ou equipamentos para prestação de primeiros socorros	19
Fig.2.14 – Localização de telefone para chamadas de emergência.....	19
Fig.2.15 – Indicação da direcção a seguir para evacuação do edifício em emergência	20
Fig.2.16 – Indicação da direcção de uma saída de emergência	20
Fig.2.17 – Indicação de chuveiro de emergência	20
Fig.2.18 – Indicação de dispositivo lava-olhos de emergência.....	20
Fig.2.19 – Sinais referentes às condições exteriores comuns.....	21
Fig.2.20 – Sinais referentes ao isolamento e protecção dos meios de circulação	21
Fig.2.21 – Alguns sinais referentes à protecção de vãos interiores	21
Fig.2.22 – Sinais referentes a vias verticais de evacuação	21
Fig.2.23 – Alguns sinais referentes aos ascensores.....	22
Fig.2.24 – Alguns sinais referentes a meios de intervenção	22
Fig.2.25 – Alguns sinais referentes aos sistemas fixos de extinção automática de incêndios	22
Fig.2.26 – Sinal referente aos sistemas de cortina de água.....	23
Fig.2.27 – Sinal referente à detecção de gás combustível	23
Fig.2.28 – Instalações de energia eléctrica.....	23
Fig.2.29 – Instalações de aquecimento	23

Fig.2.30 – Ventilação e condicionamento de ar	24
Fig.2.31 – Líquidos e gases combustíveis	24
Fig.2.32 – Sinal de obrigação a indicar a folha de abertura numa porta de emergência de duas folhas.....	24
Fig.2.33 – Sinal de informação com a indicação do piso	24
Fig.2.34 – Os caminhos de evacuação e as saídas dos pisos de estacionamento estão bem sinalizados e iluminados.....	27
Fig.2.35 – Sinal referente à detecção de gás combustível	27
Fig.2.36 – Sinalização de meios portáteis e móveis de extinção para combate a incêndio	28
Fig.2.37 – Sinalização de saída nos estacionamento	28
Fig.2.38 – Indicação do local de comando do sistema de desenfumagem	28
Fig.2.39 – Indicação de saída e de central de comando.....	29
Fig.2.40 – Iluminação e sinalização da saída dentro da caixa de escadas entre 2 pisos de habitação	29
Fig.2.41 – Sinalização de meios de combate a incêndio	29

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Fig.3.1 – Unidades de Passagem	45
Fig.3.2 – Exemplo de um piso definido no Simulex	51
Fig.3.3 – Exemplo de caixa de escadas definida no Simulex	53
Fig.3.4 – Exemplo de um <i>link</i> colocado no piso e na caixa de escadas	54
Fig.3.5 – Exemplo de um mapa de distância de um piso.....	55
Fig.3.6 – Janela de definição das características dos ocupantes	56
Fig.3.7 – Janela de definição de um grupo de ocupantes.....	57
Fig.3.8 – Exemplo de distribuição de ocupantes numa área poligonal.....	57
Fig.3.9 – Definição de um corpo segundo o Simulex.....	58
Fig.3.10 – Relação entre a velocidade de andamento e a distância entre 2 pessoas.....	60
Fig.3.11 – Exemplo da janela de informação	61

4. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Fig.4.1 – Enquadramento do Edifício da Carcereira na cidade do Porto.....	64
Fig.4.2 – Enquadramento do Edifício dentro da zona habitacional.....	64
Fig.4.3 – Trajecto entre as instalações do Batalhão de Sapadores do Porto e o edifício em estudo...	65
Fig.4.4 – Corte transversal (vista para norte) e corte longitudinal (vista para poente) da fracção F	66
Fig.4.5 – Piso 0 e as 22 saídas do edifício.....	67

Fig.4.6 – Pisos 1 a 5.....	67
Fig.4.7 – Planta do piso -1	68
Fig.4.8 – Tipologia T4 no piso 0	69
Fig.4.9 – Tipologia T1 e T2 no piso 0.....	69
Fig.4.10 – Tipologia T3 e T4 nos pisos 1 a 5	70
Fig.4.11 – Vista do alçado poente e do alçado lateral norte	70
Fig.4.12 – Vista do alçado nascente	71
Fig.4.13 – Rampa exterior de acesso aos estacionamento	71
Fig.4.14 – Escadas de ligação directa entre os estacionamento e o exterior	71

5. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Fig.5.1 – Áreas de influência por fracção Pisos 1 a 4.....	75
Fig.5.2 – Áreas de influência por fracção Piso 5.....	75
Fig.5.3 – Áreas de influência por fracção Piso -2	76
Fig.5.4 – Áreas de influência por fracção Piso -1	76
Fig.5.5 – Áreas de influência por fracção Piso 0.....	76
Fig.5.6 – <i>Information Window</i>	80
Fig.5.7 – <i>Default Distance Map</i> Piso -2.....	81
Fig.5.8 – <i>Default Distance Map</i> Piso -1.....	81
Fig.5.9 – <i>Default Distance Map</i> Piso 0	81
Fig.5.10 – <i>Default Distance Map</i> Piso 1 a 4.....	82
Fig.5.11 – <i>Default Distance Map</i> Piso 5.....	82
Fig.5.12 – <i>Most Remote</i> Piso 5	82
Fig.5.13 – <i>Most Remote</i> Piso 0	83
Fig.5.14 – Núcleos D a F Piso 5 para $t = 0$ s	83
Fig.5.15 – Núcleos D a F Piso 5 para $t = 22$ s	84
Fig.5.16 – Caixa de Escadas F entre os pisos 5 e 4 para $t = 22$ s	84
Fig.5.17 – Núcleos D a F Piso 5 para $t = 60$ s	85
Fig.5.18 – Núcleos D a F Piso 0 para $t = 120$ s	85
Fig.5.19 – Núcleos D a F Piso 0, $t = 180$ s.....	85
Fig.5.20 – Evolução da evacuação nas 6 principais fracções do edifício ao longo do tempo.....	88
Fig.5.21 – Evolução da evacuação do conjunto do edifício no tempo.....	88
Fig.5.22 – <i>Distance Map</i> com exclusão da saída F	89

Fig.5.23 – <i>Most Remote</i> sem a Saída F nas Fracções E e F e a janela de informação respectiva	90
Fig.5.24 – Simulação Piso 0 fracções D, E e F	90
Fig.5.25 – Evolução da evacuação do efectivo nas fracções E e F no 1º e no 2º caso de estudo	93
Fig.5.26 – Evolução da evacuação na fracção F para o 3º caso de estudo	95

2. TEMÁTICA DA EVACUAÇÃO

Quadro 2.1 – Valores mínimos exigidos para a luminância e o tempo de atenuação após a extinção da radiação incidente das placas de sinalização	18
Quadro 2.2 – Valores máximos de intensidade luminosa.....	26

3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

Quadro 3.1 – Modelos de evacuação de pessoas.....	33
Quadro 3.2 – Categorias de risco da utilização-tipo I	38
Quadro 3.3 – Classificação dos edifícios segundo a sua altura	40
Quadro 3.4 – Cálculo do efectivo com base nos índices tabelados em pessoas por metro quadrado	43
Quadro 3.5 – Número mínimo de unidades de passagem em espaços cobertos	45
Quadro 3.6 – Número mínimo de unidades de passagem em recintos ao ar livre.....	46
Quadro 3.7 – Número mínimo de saídas em espaços cobertos.....	46
Quadro 3.8 – Número mínimo de saídas em recintos ao ar livre	47
Quadro 3.9 – Distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência	47
Quadro 3.10 – Distâncias máximas a percorrer de qualquer ponto das vias de evacuação horizontais.....	48
Quadro 3.11 – Dimensões dos diferentes tipos de corpo	58
Quadro 3.12 – Distribuição dos tipos de corpos por tipo de grupo de ocupantes	59

4. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

Quadro 4.1 – Distância dos quartéis de bombeiros mais próximos do edifício	65
Quadro 4.2 – Algumas das principais características do edifício	66
Quadro 4.3 – Áreas úteis e quantidades das diferentes tipologias.....	68

5. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

Quadro 5.1 – Verificação do número de UP segundo o regulamento	77
Quadro 5.2 – Verificação das distâncias horizontais máximas.....	78
Quadro 5.3 – Número de pessoas por piso	80
Quadro 5.4 – Tempo de evacuação em cada saída	86
Quadro 5.5 – Evacuação em cada saída principal	86
Quadro 5.6 – Evacuação em cada saída principal para o 2º caso de estudo	91

Quadro 5.7 – Pessoas evacuadas em intervalos de 5 s na fracção F na situação real e na situação de cumprimento do regulamento	94
Quadro 5.8 – Valores da constante K para diferentes tipos de circulações	97
Quadro 5.9 – Exemplo de valores para a camada limite	97
Quadro 5.10 – Fluxo específico máximo permitido	98
Quadro 5.11 – Comparação dos resultados entre o Simulex e o método de MacLennan para a evacuação da fracção F	103

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

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

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

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

CF – Corta - Fogo

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

EF – Estanquidade ao Fogo

Fe – Fluxo Específico [pessoas/ms]

Ft – Fluxo Total [pessoas/s]

I – Intensidade luminosa [Cd]

K – Constante dependente do tipo de caminho de evacuação

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

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

NFPA – National Fire Protection Association

PC – Pára - Chamas

RF – Resistência ao fogo

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

SADI – Sistema Automático de Detecção de Incêndio

T – Tempo de Evacuação [s]

Td – Tempo entre a eclosão e a detecção do incêndio

Ta – Tempo entre a detecção do incêndio e o alarme

To – Tempo entre o alarme e a tomada de decisão do ocupante

Ti – Tempo em que o ocupante recolhe pertences, se veste e combate o fogo

Tt – Tempo de movimento, desde o início do movimento até à chegada a um lugar seguro, incluindo a procura de caminho

Tq – Tempo de fila em portas ou devido a outros obstáculos.

UP – Unidades de Passagem

UT – Utilizações Tipo

V – Velocidade de evacuação [m/s]

1

INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVOS

O tema deste trabalho é a aplicação de um modelo numérico na avaliação da evacuação de um edifício, no âmbito da segurança contra incêndio.

Pretende-se ter uma visão global do nível de evolução em que se encontra o estudo desta temática, e as suas perspectivas de evolução. A familiarização com os conceitos e as teorias mais comuns e mais consensuais, bem como os que dão azo a opiniões divergentes e que geram maiores incertezas quanto à sua plena aplicabilidade. Avaliar as inúmeras características do meio envolvente e das próprias pessoas que condicionam a evacuação, antes e durante o movimento dos ocupantes. Entender também as funções que desempenham a sinalização e a iluminação durante o processo.

O edifício em estudo é um edifício de habitação e estacionamento, localizado no Porto, que integra o complexo habitacional da Carcereira, da autoria do conceituado arquitecto Álvaro Siza Vieira.

Em termos práticos, o objectivo fundamental será o de descobrir e compreender os vários tipos e métodos para avaliar as condições de segurança da evacuação de um edifício, quer seja através de prescrições, servindo a nova Regulamentação de Segurança Contra Incêndio em Edifícios de exemplo de aplicação, quer seja numa perspectiva exigencial, com base num modelo teórico, o denominado método de Nelson e MacLennan, e com base num modelo computacional, o programa Simulex, escolhido dentro de uma vasta gama de modelos computacionais brevemente descritos neste estudo.

Assim, este programa vai ser apresentado e aplicado. É um método computacional muito utilizado nas simulações de edifícios com elevado número de habitantes e de grande complexidade geométrica.

Tanto o método de MacLennan como o modelo do Simulex permitem determinar o tempo da fase de movimento da evacuação do edifício, consentindo assim a introdução e a avaliação do objectivo exigencial, que é apurar se o tempo necessário para a evacuação é inferior ao tempo disponível para a evacuação do edifício em segurança. Os resultados das diferentes metodologias vão poder ser comparados e cruzados entre si, a fim de verificar não só as condições de evacuação do edifício, mas também a aplicabilidade dos diferentes métodos.

1.2. ESTRUTURA DO ESTUDO

A exposição dos assuntos referidos no ponto anterior é organizada em cinco capítulos, do capítulo 2 a 6. No capítulo 2 é introduzido o conceito de incêndio, a problemática da evacuação e os seus conceitos. São descritas as diferentes fases da evacuação, antes e durante o movimento. São analisados os comportamentos humanos, as características físicas dos ocupantes, as condições dos edifícios e do

meio ambiente, e a sua influência respectiva no desenvolvimento e resultado do processo de evacuação. É apresentada ainda a temática da sinalização e da iluminação, bem como alguns exemplos da sua aplicação fornecidos pelo edifício em estudo.

No capítulo 3 são expostas as principais disposições da nova Regulamentação de Segurança Contra Incêndio em Edifícios, dando particular ênfase aos aspectos ligados à evacuação. No mesmo capítulo é apresentado e descrito pormenorizadamente o programa Simulex, os princípios do seu modelo, a informação de entrada que possibilita, e os diversos resultados que permite obter.

No capítulo 4 é descrito o edifício da autoria do arquitecto Álvaro Siza Vieira que serve de base a este estudo e analisado o seu enquadramento. No capítulo 5 é analisado o edifício face ao novo regulamento, na perspectiva das disposições relativas à sua evacuação. Seguidamente é utilizado o Simulex para determinar o tempo de movimento de evacuação, quer respeitando às características reais do edifício, quer corrigindo a sua geometria de acordo com o novo regulamento. É também feito o cálculo do tempo do movimento de evacuação para uma das fracções mais condicionantes usando o método de MacLennan, e os resultados são cruzados e comparados entre si. No capítulo 6 são tiradas as conclusões de acordo com os estudos feitos e os resultados obtidos nos capítulos anteriores, e são sugeridas as possíveis melhorias.

2

TEMÁTICA DA EVACUAÇÃO

2.1. O INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS

2.1.1. INTRODUÇÃO

A palavra incêndio vem do latim «incendium», que deriva da palavra «incendere » (acender). Designa uma ocorrência de fogo violento, que pode ser extremamente perigosa para os seres vivos e as estruturas. O incêndio é originado por uma reacção de combustão não controlada no espaço e no tempo. A exposição a um incêndio pode produzir a morte, geralmente pela inalação dos gases, ou pelo desmaio causado por eles, ou posteriormente pelas queimaduras graves.

O incêndio em edifícios é particularmente destrutivo para as actividades humanas, habitações, locais de trabalho, monumentos históricos, centros nevrálgicos nacionais e internacionais, etc.

A maioria dos incêndios é de origem humana (imprudência, desatenção, causa técnica previsível, criminal), ou eléctrica. Os incêndios de origem eléctrica são sobretudo devidos ao desenvolvimento de sobreaquecimentos pontuais acidentais, em particular ao nível das conexões, sendo estes fenómenos praticamente indetectáveis.

Um dos principais perigos aos quais fica exposta uma pessoa próxima de um incêndio, está ligado ao calor elevado. Mesmo fora das chamas, fica-se exposto ao risco de queimadura devido principalmente aos fumos quentes, mas também à radiação, ao contacto com objectos quentes, ao ar quente, ou então aos vapores de água em consequência de rega.

Os outros riscos são essencialmente respiratórios. Na verdade, o fogo consome o oxigénio existente no ar indispensável à sobrevivência, o que pode desencadear uma asfixia.

O fogo emite partículas finas, comumente apeladas de fumo, que podem queimar o interior dos pulmões, mas também gases tóxicos que podem provocar o envenenamento. Por exemplo, os materiais plásticos contidos num carro podem gerar 200 000 m³ de fumo a um ritmo de 20 a 30 m³ por segundo.

O calor pode também provocar explosões de botijas de gás e de reservatórios, com consequências gravosas imediatas.

No interior, é necessário acrescentar ainda mais dois riscos :

- O obscurecimento da visibilidade devido ao fumo, que pode provocar quedas ou a desorientação;
- O risco de colapso estrutural.



Fig.2.1 – A combustão de materiais modernos liberta elevadas quantidades de fumo e gases tóxicos

Um incêndio natural desenvolve-se em geral em cinco fases: a ignição, propagação, inflamação generalizada, combustão contínua e declínio.

2.1.2. O FOGO

O encontro entre os elementos do triângulo de fogo, i.e., um combustível, um comburente (em geral o oxigénio do ar), e uma energia de activação (calor, chama, faísca) suficiente, vão permitir o início da combustão. Uma vez iniciada a combustão os gases nela envolvidos reagem em cadeia, alimentando a combustão, dada a transmissão de calor de umas partículas para outras no combustível; mas, se a cadeia for interrompida, não poderá continuar o fogo.

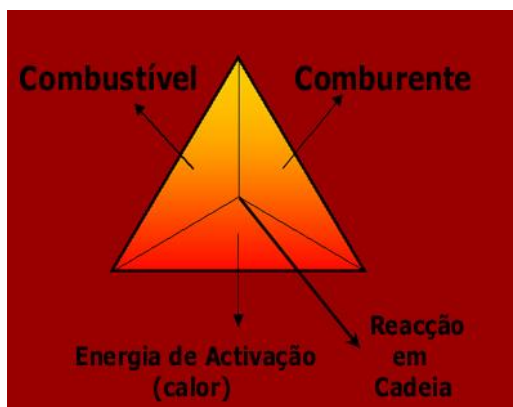


Fig.2.2 – Tetraedro de fogo

Nesse estado a emissão de calor é moderada e o fumo pouco abundante. A combustão produz calor (reação exotérmica) e o fogo mantém e aumenta a energia de activação. Se o combustível e o comburente estiverem disponíveis em quantidades suficientes, o incêndio estende-se de maneira exponencial. Estima-se que para apagar um fogo seco nascente, seja necessário:

- Um copo de água durante o primeiro minuto;
- Um balde de água durante o segundo minuto;
- Uma cisterna de água ao fim de três minutos.

Em certas condições, pode haver uma progressão rápida do fogo, devido a acidentes térmicos. O principal factor favorecendo a aparição desses fenómenos é o fluxo de ar que alimenta o fogo:

- Num fogo alimentado em ar, poderá haver um incêndio generalizado fulgurante;
- Num fogo carente de ar, poderá ocorrer uma explosão de fumos.

Depois de atingir o seu nível máximo, o fogo baixa progressivamente de intensidade e entra em combustão lenta, até que lhe falte combustível e se apague.

2.1.3. MODOS DE PROPAGAÇÃO DO INCÊNDIO

2.1.3.1. Radiação

Na radiação a superfície de um corpo é emitida 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.

A potência da radiação é função:

- Da temperatura;
- Da distância;
- Da natureza das partículas constituindo o fumo.

2.1.3.2. Convecção

A convecção é um transporte de gás quente. A densidade de um gás diminui com o calor, e segundo o princípio de Arquimedes, o impulso provoca assim a elevação dessa massa. Quando a massa atinge um obstáculo frio, por exemplo um tecto, ocorre transferência de calor.

No caso de um incêndio, o fumo segue o mesmo comportamento ascendente, como se pode ver na Fig.2.3. O fumo pode percorrer distâncias consideráveis e transferir o seu calor a um material combustível durante o seu trajecto. Os sistemas de desfumagem têm por objectivo combater este fenómeno.

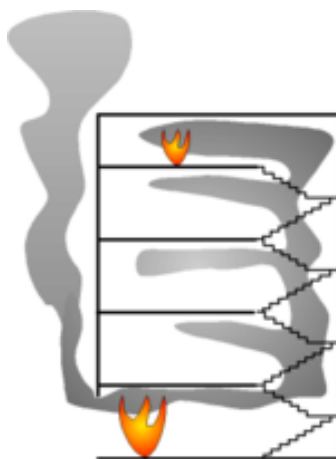


Fig.2.3 – Propagação de um incêndio por convecção do fumo

2.1.3.3. Condução

A condução térmica é o modo de transferência térmica provocado pela diferença de temperatura entre duas zonas de um mesmo meio ou entre dois meios em contacto sem deslocação apreciável de moléculas. Esta transferência térmica espontânea de uma região de temperatura elevada para uma zona de temperatura inferior segue a lei de Fourier. Os materiais metálicos possuem uma condutividade particularmente elevada.

2.1.3.4. Projecção

Objectos inflamados ou incandescentes podem propagar-se no ar, transportados pelo vento se forem leves, ou projectados por uma explosão. Esses objectos podem assim desenvolver novos focos de incêndio.

2.1.4. POTÊNCIA TÉRMICA

Vários parâmetros permitem quantificar a quantidade de energia libertada durante um incêndio.

- O poder calorífico de um combustível: expresso em kJ/kg ou kJ/m³, é a quantidade máxima de calor que pode libertar a unidade de massa ou de volume para uma combustão completa;
- A carga calorífica ou de incêndio de um espaço: expressa em kJ para uma determinada zona, é a quantidade total de calor que pode libertar o conjunto dos combustíveis num determinado espaço;
- O potencial calorífico ou densidade de carga de incêndio de um espaço: em kJ/m², é a carga calorífica por área de um determinado espaço;
- O débito calorífico: em kJ/kg/s ou W/kg, é a quantidade de calor libertado por unidade de tempo pela combustão de uma unidade de massa de um combustível.

2.1.5. RESUMO HISTÓRICO

Ao longo de toda a sua história, o homem deparou-se com elevado número de incêndios, sendo alguns dos mais célebres:

- O incêndio de Tróia, em 1184 a.C.;



Fig.2.4 – Incêndio de Tróia (1184 a.C.) segundo Johann Georg Trautmann

- O incêndio da biblioteca de Alexandria, em 47 a.C.;
- O grande incêndio de Roma em Julho de 64 d.C.;



Fig.2.5 – Grande incêndio de Roma em 64 a.C.

- O grande incêndio de Londres no Reino Unido, em Setembro de 1666;



Fig.2.6 – Grande incêndio de Londres em Setembro de 1666

- O incêndio de Lisboa em consequência do terramoto de 1755 (dezenas de milhares de mortos);
- O incêndio de Chicago nos EUA, em 1887 (300 mortos e 17 450 habitações destruídas);
- O incêndio de São Francisco nos EUA, em 1906 (ver Fig.2.7);
- Incêndio num cinema em Abadan no Irão, em 1978 (425 mortos);



Fig.2.7 – Incêndio de São Francisco em Setembro de 1906

- Explosão e incêndio de um dos 4 reactores da Central de Tchernobyl, na Ucrânia, em 1986;
- Incêndio do Chiado em Lisboa, em 1988;
- Incêndio nas *Twin Towers* do *World Trade Center* de Nova Iorque, em consequência dos ataques terroristas (cerca de 2595 mortos nos 2 edifícios) no dia 11 de Setembro de 2001;



Fig.2.8 – Incêndio nas *Twin Towers* nos EUA no dia 11 de Setembro de 2001

- Incêndios na Grécia em Agosto de 2007 (65 mortos);
- Grandes incêndios na Califórnia em Outubro de 2007 provocando a destruição de milhares de habitações.

À medida da tomada de consciência e do aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre os riscos de incêndio, foram-se desenvolvendo serviços de resposta à emergência para combate aos mesmos, e medidas de prevenção da sua ocorrência, cada vez mais eficazes e precisos de forma a garantir a segurança dos ocupantes dos edifícios.

A segurança é acautelada mediante a aplicação de um conjunto variado de medidas na concepção de um edifício, que integram nomeadamente os seguintes aspectos (Leça Coelho, 1991):

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

2.2. PERSPECTIVA GLOBAL DA EVACUAÇÃO DE UM EDIFÍCIO DURANTE UM INCÊNDIO

Numa perspectiva de reflexão comum, a resposta de qualquer pessoa à questão do que é mais importante garantir em caso de eclosão de um incêndio num edifício, será certamente a preservação da vida humana.

E nessa perspectiva, deparamo-nos imediatamente com o objectivo mais imediato da evacuação, que é antes de tudo salvaguardar a vida humana. A evacuação de um edifício pode assim ser descrita como sendo o movimento da totalidade ou de parte dos seus ocupantes, depois de eclosão de um incêndio, para um lugar completamente seguro, qualquer que seja a sua localização.

Actualmente, com as crescentes dimensões e complexidade de muitos edifícios, a evacuação assume uma importância cada vez mais explícita na garantia da segurança contra incêndio dos edifícios.

Para garantir a evacuação total do edifício, o tempo de evacuação total terá evidentemente que ser inferior ao tempo disponível para a evacuação. Haverá ainda um tempo de segurança, resultado da margem positiva existente entre os dois tempos. A Fig.2.9 ilustra os tempos parcelares que no seu conjunto constituem o tempo disponível e o tempo necessário à evacuação.

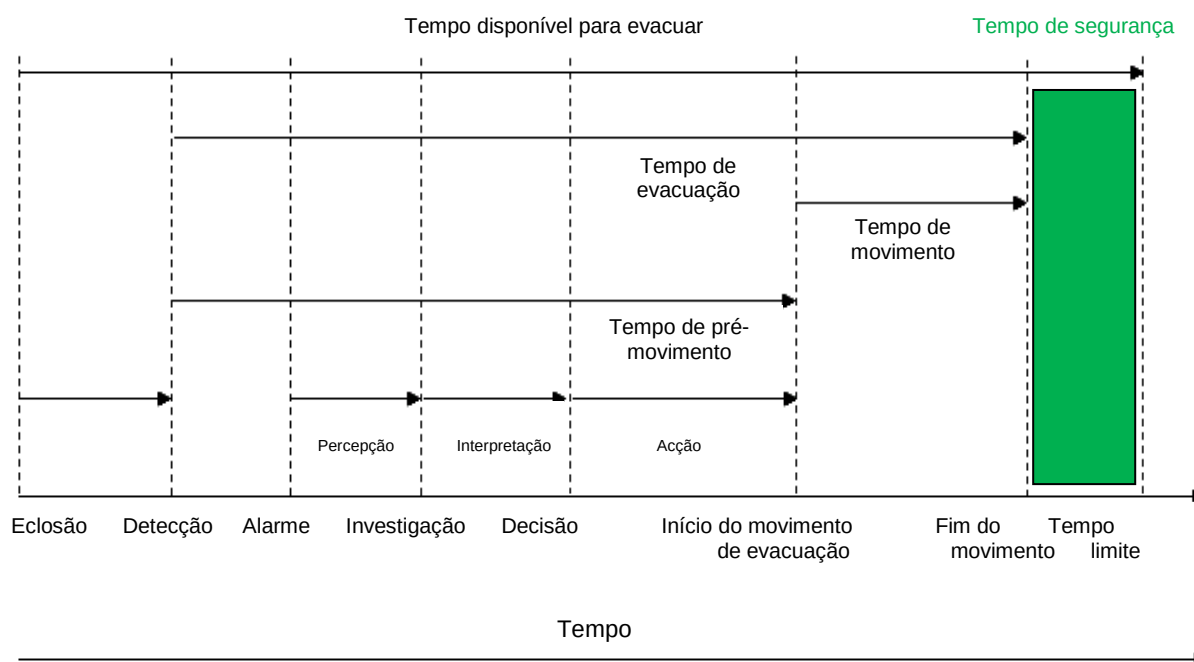


Fig.2.9 – Esquema da resposta dos ocupantes à evacuação (adaptado de Proulx, 2002)

Desde a eclosão do incêndio até à sua detecção, decorrerá um tempo mais ou menos significativo, dependendo de variados factores. Sistemas de detecção eficientes serão meios para diminuir ao máximo esse intervalo de tempo. Haverá de seguida o denominado tempo de pré-movimento, entre a detecção e o alerta a cada ocupante, a percepção do alarme, a interpretação do mesmo antes da decisão e consequente acção antes do movimento, e o início do movimento. O tempo de pré-movimento será função de inúmeros factores, ligados quer às características individuais dos seus ocupantes, quer às características do edifício em si.

Em complemento da Fig.2.9 surge a seguinte equação de Buchanan (2001):

$$T_{\text{evacuação}} = T_d + T_a + T_o + T_i + T_t + T_q \quad (2.1)$$

O tempo de evacuação é a soma de diversos tempos parciais:

- T_d é o tempo entre a eclosão e a detecção do incêndio;
- T_a é o tempo entre a detecção do incêndio e o alarme;
- T_o o tempo entre o alarme e a tomada de decisão do ocupante;
- T_i o tempo em que o ocupante recolhe pertences, se veste e combate o fogo;
- T_t é o tempo de movimento, desde o início do movimento até à chegada a um lugar seguro, incluindo a procura do caminho;
- T_q é o tempo de fila em portas ou devido a outros obstáculos.

T_a , T_o e T_i , correspondem ao tempo de pré-movimento, enquanto T_t e T_q são as duas partes do tempo de movimento.

2.3. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS HUMANAS

2.3.1. COMPORTAMENTO HUMANO

O estudo do comportamento e do movimento de evacuação vem sendo desenvolvido ao longo das últimas décadas. A Engenharia de segurança contra incêndio tem vindo a desenvolver novos conceitos, partindo de modelos anteriores convencionais até incorporar novos parâmetros como as características dos indivíduos, de forma a atingir resultados cada vez mais realistas.

Os estudos têm demonstrado de forma consistente a importância, para além das características físicas dos indivíduos, do comportamento humano no processo de evacuação, e que o mesmo atrasa a evacuação, tanto antes como durante o movimento.

Como se viu na Fig.2.9 e na fórmula 2.1, os diferentes aspectos do comportamento humano assumem um papel preponderante em todo o processo de evacuação. Em particular durante o movimento, podem ocorrer comportamentos muito específicos, tais como o pânico, a reentrada, o agrupamento ou o movimento através do fumo.

2.3.1.1. Pânico

O pânico é um comportamento observado durante a evacuação que tende a piorar a situação. Existe a ideia comum que é um comportamento frequente numa situação de emergência de incêndio. No entanto, os estudos têm demonstrado que apesar de ser um factor prejudicial à evacuação, e não poder ser ignorado, o pânico não é um comportamento que ocorra frequentemente e que influencie de forma considerável a eficiência da evacuação.

2.3.1.2. Reentrada

Outro comportamento típico durante a evacuação é a reentrada. Este comportamento tem sido considerado muitas vezes não adaptativo, uma vez que afecta a eficácia e a eficiência da evacuação dos outros. No entanto, visto que este tipo de comportamento é habitualmente realizado de forma racional e com a absoluta consciência do perigo que constitui, pode ser visto como um comportamento adaptativo. Um estudo estatístico ao comportamento durante os incêndios em edifícios habitacionais nos Estados Unidos, demonstrou que cerca de 27,9% dos ocupantes adoptaram um comportamento de reentrada depois de ter evacuado o edifício uma primeira vez, sendo que a maioria dos motivos prendiam-se com o auxílio aos familiares.

2.3.1.3. Formação de grupos

A formação de grupos de evacuação tem sido observada com frequência, principalmente no caso de multidões. Familiares e amigos tendem naturalmente a ficar juntos. Este comportamento, embora possa ter o benefício da entreatajuda ou de um sentimento de relativo reconforto psicológico, pode no entanto prejudicar o tempo de evacuação. A Fig.10 mostra uma fotografia de uma das caixas de escadas do *World Trade Center* no 11 de Setembro, durante o processo de evacuação. Enquanto os ocupantes deixam o edifício em grupo, um bombeiro sobe as escadas, cumprindo a sua missão.



Fig.2.10 – As pessoas evacuam o *World Trade Center* em grupo, enquanto o bombeiro segue um movimento ascendente contrário, durante o incêndio provocado pelos atentados de 11 de Setembro 2001 em Nova Iorque

2.3.1.4. Movimento através do fumo

Wood (1990) fez um estudo em que concluiu que 60% das pessoas se tinham deslocado através do fumo durante a evacuação de um incêndio. O fumo diminui muito a visibilidade, e alguns estudos determinam que o fumo pode aumentar notoriamente a distância percorrida até à saída.

Num estudo feito à evacuação do *World Trade Center* em 1993, Fahy e Proulx (1997) concluíram que 94 % dos ocupantes da Tower 1 e 70% dos ocupantes da Tower 2 tentaram mover-se através do fumo, mas que 75% dessas pessoas voltaram para trás.

Todos estes comportamentos têm uma importância não negligenciável no tempo de evacuação.

2.3.1.5. Resposta ao alarme

Já foi visto que o pré-movimento tem uma importância fundamental no tempo total da evacuação. É a fase em que os ocupantes percebem qualquer sinal de alarme, interpretam o mesmo, buscam informação adicional antes de tomar a decisão de evacuar, e realizam as actividades que podem anteceder o movimento depois da decisão, como vestirem-se, recolher bens, etc.

As pessoas têm diferentes percepções de um alarme ou alerta. Em caso de sinal de alarme ambíguo as pessoas tem tendência para não exagerar, sobretudo no caso de haver outros ocupantes à volta, havendo lugar a um disfarce psicológico devido à presença dos outros, atrasando assim a decisão. O tempo de percepção e consciencialização da emergência depende do tipo de alarme ou alerta, mas sabe-se que a receptividade das pessoas para sinais físicos reais do incêndio é maior. No caso de alarme, as pessoas levam mais a sério um alarme vocal, do que sinais sonoros. No entanto, tal não

impede certos ocupantes de duvidar da veracidade dos alarmes, se não tiverem sinais físicos correspondentes ao mesmo.

Um estudo datado de 1991 de Proulx e Sime numa estação ferroviária subterrânea, demonstrou que o tempo de pré-movimento era substancialmente reduzido com alarmes vocais públicos e a presença de pessoal de supervisão, comparado com alarmes sonoros convencionais.

Outro comportamento observado num estudo experimental de 1997 de Proulx e Fahy em edifícios habitacionais, foi que os idosos e pessoas com deficiência tinham tendência, depois do alarme, em ficar no interior dos apartamentos à espera de serem resgatados, e que outros não ouviam o alarme, apercebendo-se do problema quando os bombeiros batiam a porta.

Brennan (1997) examinou a resposta dos ocupantes em escritórios e edifícios residenciais. Verificou que o tempo desde o primeiro alerta para o início da evacuação variou de 1 a 6 minutos, num edifício de escritório, e de 1 minuto para mais de 20 minutos no caso do edifício residencial.

2.3.1.6. Escolha da rota de saída

Os estudos existentes demonstraram que as pessoas têm tendência em optar pelo caminho que conduz à porta pela qual entraram, ou seja pela rota com a qual estão familiarizados.

As pessoas preferem evacuar o edifício por uma porta familiar, mesmo mais distante, do que por uma saída mais próxima, a não ser que essa porta esteja aberta e que seja perceptível que conduz até ao exterior.

Outro condicionamento verificado é que os ocupantes têm tendência em ser influenciados pela escolha dos funcionários de um edifício, caso existem, pois acreditam que conhecem a melhor rota de saída.

A procura da rota é claramente influenciada pelo conhecimento que os ocupantes têm do edifício em causa, mas os ocupantes mais desconhecedores do espaço podem ser auxiliados por uma sinalização e uma iluminação eficaz. No entanto poderá não ser suficiente, caso os dispositivos de orientação forem ocultados devido à fraca visibilidade provocada pelo fumo. Nesse caso o ocupante terá tendência em escolher outro caminho com visibilidade, o que poderá implicar atingir becos sem saída ou voltar para trás. Esta situação ilustra a capacidade de um ocupante adaptar a sua rota à situação com que se depara.

2.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas dos indivíduos influenciam a evacuação, nomeadamente o seu estado físico e a sua idade.

O estado físico e a idade dos ocupantes influenciam naturalmente a sua capacidade de locomoção, podendo os mais debilitados necessitar de auxílio nos seus movimentos.

Estes factores influenciam grandemente a evacuação, e terá que se ter em conta, para cada edifício, o ambiente do estabelecimento e o número e a percentagem das pessoas com características que dificultem a sua mobilidade ou percepção, sendo evidentemente maior em estabelecimentos específicos, como hospitais ou lares de idosos.

Numa perspectiva global e transversal a todo o tipo de edifício, o número e as características individuais dos seus ocupantes têm uma influência considerável no processo de evacuação, e

determinam por isso de forma decisiva as medidas de prevenção e o dimensionamento do ponto de vista da sua segurança contra incêndio.

2.4. INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

2.4.1. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS

Existem três tipos de movimentos relacionados com as características do edifício:

- O movimento horizontal ao longo dos locais de permanência, corredores, rampas, etc.;
- O movimento vertical através de escadas;
- O atravessamento de vãos.

Relativamente aos caminhos de evacuação, os regulamentos definem as suas características para garantir a sua segurança, nomeadamente (Leça Coelho, 2001):

- Dimensões;
- Distâncias máximas a percorrer desde a porta de uma habitação 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.

No movimento horizontal, as dificuldades são menores que nos restantes casos, embora seja importante manter os caminhos livres de obstáculos demasiado grandes. A velocidade de circulação dos indivíduos diminui com o aumento da densidade a partir de um certo ponto. As rampas tem tendência em aumentar a velocidade (até um certo pico, a partir do qual ela diminui) no sentido descendente, e diminui-la no sentido ascendente. A mesma configuração existe em relação ao fluxo de evacuação, que aumenta com o aumento da densidade até um determinado valor, antes de baixar até atingir o bloqueio em caso de sobrelotação.

No movimento vertical as escadas devem ter dimensões relativas adequadas para garantir a circulação segura e fluida dos ocupantes, bem como corrimãos. A iluminação nas caixas de escadas tem que garantir uma excelente visibilidade. As velocidades de circulação verticais são naturalmente inferiores às horizontais, sendo ainda maior a diferença no sentido ascendente. O fluxo é condicionado pela densidade à semelhança do que acontece na circulação horizontal.

O atravessamento de vãos também é crítico, uma vez que se não se conseguir garantir o fluxo das pessoas, as mesmas ficam bloqueadas à porta numa formação em arco, interrompendo a sua evacuação. O correcto dimensionamento da largura dos vãos é por isso fundamental, mantendo uma largura suficiente para a circulação ser fluida em cada um deles.

2.4.2. CONDIÇÕES AMBIENTAIS

As condições ambientais condicionam a evacuação, visto que alteram as condições de circulação. Um ambiente dito normal é aquele em que não se verifica nenhum fenómeno que altera as condições habituais. Em termos de temperatura, radiação, concentração de gases tóxicos, movimentos inabituais, ocorrências sonoras, etc. O ambiente anormal corresponde a uma ocorrência que implique a acção distinta da habitual por parte dos seus ocupantes.

2.5. DEFINIÇÕES DE EVACUAÇÃO

Os principais conceitos definidos na problemática da evacuação, são listados a seguir.

- Altura de um edifício: diferença de cota entre o piso mais desfavorável susceptível de ocupação e o plano de referência;
- Barra anti-pânico: dispositivo mecânico instalado numa porta que permita, em caso de evacuação de emergência, a sua fácil abertura por mera pressão do corpo do utilizador, sem necessidade de uso das mãos;
- Caminho de evacuação ou caminho de fuga: percurso entre qualquer ponto, susceptível de ocupação, num recinto ou num edifício até uma zona de segurança exterior, compreendendo, em geral, um percurso inicial no local de permanência e outro nas vias de evacuação;
- Capacidade de evacuação de uma saída: número máximo de pessoas que podem passar através dessa saída por unidade de tempo;
- Densidade de ocupação (pessoas/m²): é o número de pessoas por unidade de área e é influenciada pela necessidade psicológica que cada um tem de espaço;

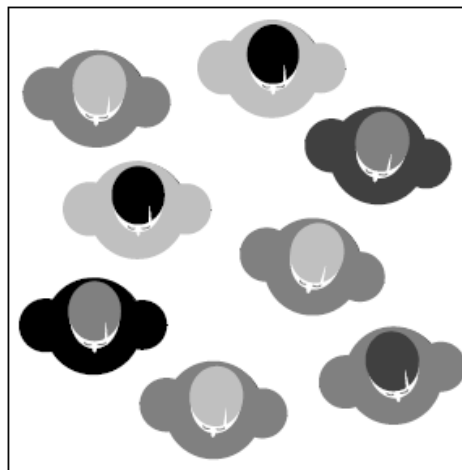


Fig.2.11 – A densidade de ocupação de espaços é dada em pessoas/m²

- Distância de evacuação: comprimento a percorrer num caminho de evacuação até se atingir uma via de evacuação protegida, uma zona de segurança ou uma zona de refúgio;
- Escada suplementar: escada adicional às exigidas para a evacuação, instalada para satisfazer necessidades funcionais;
- 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, 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, para um fogo padrão/normalizado;
- Evacuação: movimento de ocupantes de um edifício para uma zona de segurança, em caso de incêndio ou de outros acidentes, que deve ser disciplinado, atempado e seguro;

- 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;

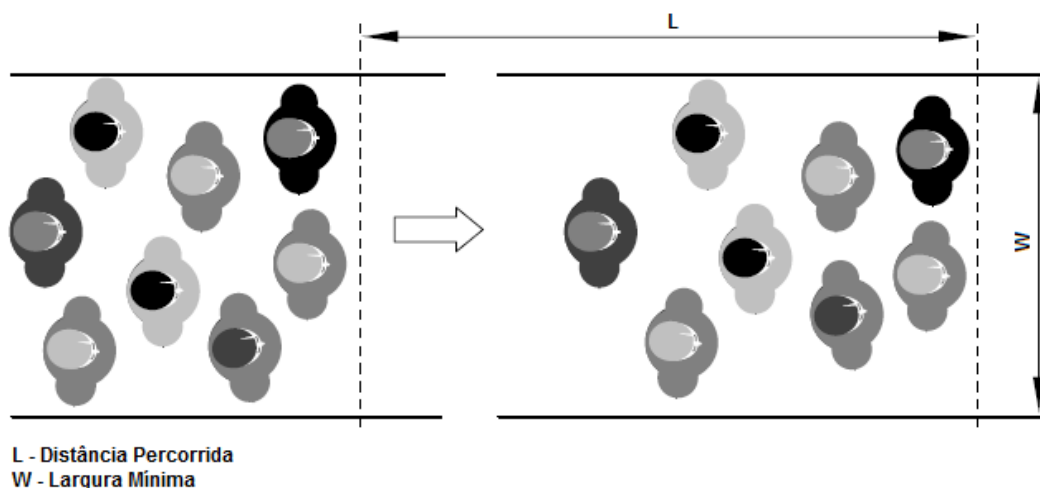


Fig.2.12 – Ilustração do fluxo de pessoas num caminho de evacuação

- Impasse para um ponto de um espaço: situação, segundo a qual a partir de um ponto de um dado espaço a evacuação só é possível através do acesso a uma única saída, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida, ou a saídas consideradas não distintas. A distância do impasse, expressa em metros, é medida desse ponto à única saída ou à mais próxima das saídas consideradas não distintas;
- Impasse para uma via horizontal: situação, segundo a qual, a partir de um ponto de uma dada via de evacuação horizontal, a evacuação só é possível num único sentido. O impasse é total se mantém em todo o percurso até uma saída para uma via de evacuação vertical protegida, uma zona de segurança ou uma zona de refúgio. O impasse pode também ser parcial se mantém apenas num troço da via até entroncar numa outra onde existam, pelo menos, duas alternativas de fuga;
- Resistência ao fogo: 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, para um fogo padrão/normalizado;
- 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;
- Saída de emergência: saída para um caminho de evacuação protegido ou para uma zona de segurança, que não está normalmente disponível para outra utilização pelo público;
- Saídas distintas em relação a um ponto: saídas para as quais, a partir desse ponto, se possam estabelecer linhas de percurso para ambas, tendo em conta o mobiliário principal fixo e o equipamento ou os caminhos evidenciados, divergindo de um ângulo superior a 45°, medido em planta;

- 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;
- Tempo de evacuação: tempo necessário para que todos os ocupantes de um edifício, ou de parte dele, atinjam uma zona de segurança, a partir da emissão do sinal de evacuação;
- Unidade de passagem (UP): unidade teórica utilizada na avaliação da largura necessária à passagem de pessoas no decurso da evacuação. A correspondência em unidades métricas, arredondada por defeito para o número inteiro mais próximo, é a seguinte:
1 UP = 0,9 m;
2 UP = 1,4 m;
N UP = $N \times 0,6$ m (para $N > 2$);
- Via de evacuação: comunicação horizontal ou vertical de um edifício que apresenta condições de segurança para a evacuação dos seus ocupantes. As vias de evacuação horizontais podem ser corredores, antecâmaras, átrios, galerias ou, em espaços amplos, passadeiras explicitamente marcadas no pavimento para esse efeito, que respeitem as condições do regulamento. As vias de evacuação verticais podem ser escadas, rampas, ou escadas e tapetes rolantes inclinados, que respeitem as condições do regulamento. As vias de evacuação podem ser protegidas ou não. As vias de evacuação protegidas podem ser enclausuradas (interiores) ou exteriores. As vias de evacuação não protegidas são as que não garantem, total ou parcialmente, as condições regulamentares das vias protegidas, embora possam ser autorizadas nas condições expressas do regulamento;
- Via de evacuação enclausurada ou protegida interior: via de evacuação protegida, estabelecida no interior do edifício, dotada de sistema de controlo de fumo e de envolvente com uma resistência ao fogo especificada;
- Via de evacuação exterior: via de evacuação protegida, ao ar livre ou ampla e permanentemente ventilada, que está suficientemente separada do resto do edifício ou de edifícios vizinhos, quer em afastamento quer por elementos de construção cuja resistência ao fogo padrão está de acordo com o explicitado no regulamento. Esta via pode estar totalmente no exterior de um edifício ou nele parcialmente encastrada, devendo, neste caso, dispor de uma abertura, ao longo dos elementos de construção em contacto com o exterior, abrangendo todo o espaço acima da respectiva guarda;
- Via de evacuação protegida: via de evacuação dotada de meios que conferem aos seus utentes protecção contra os gases, o fumo e o fogo, durante o período necessário à evacuação. Os revestimentos dos elementos de construção envolventes das vias de evacuação protegidas devem exibir uma reacção ao fogo conforme as especificações do regulamento. Numa via de evacuação protegida não podem existir ductos, não protegidos, para canalizações, lixos ou para qualquer outro fim, nem quaisquer acessos a ductos, nem canalizações de gases combustíveis ou comburentes, líquidos combustíveis ou instalações eléctricas. Exceptuam-se, neste último caso, as que sejam necessárias à sua iluminação, detecção de incêndios e comando de sistemas ou dispositivos de segurança ou, ainda, de comunicações em tensão reduzida. Exceptuam-se ainda as canalizações de água destinadas ao combate a incêndios;
- Velocidade de circulação (m/s): espaço percorrido por unidade de tempo;

- Zona de refúgio: local num edifício, temporariamente seguro, especialmente dotado de meios de protecção, de modo a que as pessoas não venham a sofrer dos efeitos directos de um incêndio no edifício;
- Zona de segurança de um edifício: local, no exterior do edifício, onde as pessoas se possam reunir, protegidas dos efeitos directos de um incêndio naquele.

2.6. SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO

2.6.1. SINALIZAÇÃO

2.6.1.1. Aspectos Gerais e definições

A sinalização de segurança contra incêndio deve afiançar de uma forma coerente, permanente e satisfatória, a informação e a orientação aos ocupantes, sejam público ou não, e a todo o tipo de equipas de intervenção, internas ou exteriores, do modo de evacuação ou intervenção seguro de um edifício ou recinto, em complementaridade aos outros meios passivos e activos de protecção contra incêndio.

No caso específico da segurança contra incêndio, a sinalização óptica ou visual consiste na colocação nos locais apropriados, de sinais exprimidos pela sua forma, cor de segurança, de fundo e do pictograma, conforme se descreve a seguir:

- Sinais de proibição: formato circular, cor de segurança vermelha;
- Sinais de obrigação: formato circular, cor de segurança azul;
- Sinais de perigo: formato triangular, cor de segurança amarela;
- Sinais de equipamentos de combate a incêndio: formato rectangular ou quadrado, cor de segurança vermelha;
- Sinais de emergência de vias de evacuação, saídas, etc.: formato rectangular ou quadrado, cor de segurança verde;
- Sinais de informação variada: formato rectangular ou quadrado, cor de segurança azul;
- As cores de contraste ou dos pictogramas são o branco ou o preto.

As placas de sinalização devem:

- Ser construídas em material rígido com uma espessura mínima de 2 mm, fotoluminescente e sem produtos radioactivos;
- Ter propriedades luminescentes que proporcionem a luminância e o tempo de atenuação após se extinguir a fonte luminosa incidente, apresentadas no Quadro 2.1 (valores de acordo com UNE 23025/2003). A unidade de luminância (intensidade luminosa) utilizada é a milicandela por m², considerando uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz;

Quadro 2.1 – Valores mínimos exigidos para a luminância e o tempo de atenuação após a extinção da radiação incidente das placas de sinalização

Luminância (Intensidade luminosa)	Tempo de atenuação após a extinção da radiação incidente
210 mcd/m ²	10 min.
29 mcd/m ²	60 min.
0,3 mcd/m ²	3000 min.

As placas devem evidenciar a referência aos valores luminescentes (X / Y / Z), que caracterizam as propriedades seguintes:

- X e Y: a luminância (mcd/m²) ao fim de, respectivamente, 10 minutos e 60 minutos após a extinção da radiação incidente;
- Z – o tempo em minutos, de manutenção da luminosidade do sinal após a extinção da fonte luminosa incidente e com uma intensidade mínima de 100 vezes o valor do nível de percepção da vista humana (0,3 mcd/m²).

A sinalização deve ser facilmente visível a partir de qualquer ponto onde a informação fornecida deva ser conhecida. As placas de sinalização podem ser dispostas da seguinte forma:

- Paralela à parede, com a informação disponibilizada apenas na face visível;
- Perpendicular à parede, fixada na parede ou suspensa do tecto, com a informação visível nas duas faces;
- Fazendo um ângulo de 45° com a parede, com a informação visível nas duas faces externas (panorâmica).

A altura de montagem das placas tem que se situar entre 2,1 e 3,0 m. No caso de espaços amplos, pode exceder-se o limite de 3,0m, mas tem que existir uma justificação fundamentada.

A altura de montagem indicada não se aplica nos casos de colocação de sinais informativos nas portas ou nos casos de identificação das tomadas siamesas, das bocas-de-incêndio, de parede ou pavimento e da prumada dos vãos de penetração numa fachada.

As placas devem ter uma área mínima afectada a cada pictograma (A), em função da distância (d) a que deve ser avistado, segundo a expressão:

$$A \geq \frac{d^2}{2000} \quad (2.2)$$

O valor mínimo de A é 180 cm², para uma distância de visão de 6 m. A expressão não se aplica para distâncias superiores a 50 m.

As placas de sinalização devem indicar:

- Caminhos de evacuação, na perpendicular do sentido de fuga e nos locais de mudança de direcção, de maneira inconfundível, a distâncias de 6 e 30 m;
- O nº do piso ou a saída, consoante o caso, nas portas ou acima das vergas pelo interior das vias verticais de evacuação;

- Meios de 1ª e 2ª intervenção (extintores, BI, BIA), na perpendicular ao eixo de visão, se não estiverem bem visíveis e identificados;
- Meios de alarme e alerta (botões de alarme, telefones de alerta, etc.), sempre que necessário;
- Meios passivos e activos, de comando ou operação manual a serem utilizados pelos técnicos do edifício, pelos serviços de segurança internos e pelas forças de socorro externas, sempre que necessário, por não estarem bem visíveis e identificados.

As placas de sinalização devem ser colocadas próximas dos aparelhos de iluminação (a menos de 2 m), evitando no entanto a sua colocação sobre os mesmos a não ser no caso das vias de evacuação e em locais de 1ª categoria de risco das UT III a XI, em que podem ser colocadas directamente sobre os difusores, desde que não prejudiquem os níveis de iluminação mínimos exigidos nem os sinais tenham as dimensões inferiores às placas aplicáveis.

As placas de sinalização são obrigatórias em todos os edifícios e recintos com excepção dos da 1ª categoria de risco da UT I (Habitacionais) e nos fogos de habitação, em qualquer categoria de risco.

A disposição de placas de sinalização pode ser complementada com fitas ou perfis fotoluminescentes que indiquem a delimitação de portas ou equipamentos, e a indicação dos percursos.

2.6.1.2. Sinais de emergência

Nas figuras seguintes apresentam-se os sinais mais importantes de emergência.

Como já foi referido os mesmos devem ser quadrados ou rectangulares e o pictograma deve ser branco sobre fundo verde (o verde tem que cobrir no mínimo 50% da superfície total).



Fig.2.13 – Localização de pessoas ou equipamentos para prestação de primeiros socorros



Fig.2.14 – Localização de telefone para chamadas de emergência



Fig.2.15 – Indicação da direcção a seguir para evacuação do edifício em emergência



Fig.2.16 – Indicação da direcção de uma saída de emergência



Fig.2.17 – Indicação de chuveiro de emergência



Fig.2.18 – Indicação de dispositivo lava-olhos de emergência

2.6.1.3. Sinais de equipamento de combate a incêndio

Nas figuras seguintes apresentam-se os sinais mais importantes de sinalização de meios de combate a incêndio.

Os mesmos devem ser quadrados ou rectangulares e o pictograma deve ser branco sobre fundo vermelho.



Fig.2.19 – Sinais referentes às condições exteriores comuns



Fig.2.20 – Sinais referentes ao isolamento e protecção dos meios de circulação



Fig.2.21 – Alguns sinais referentes à protecção de vãos interiores



Fig.2.22 – Sinais referentes a vias verticais de evacuação



Fig.2.23 – Alguns sinais referentes aos ascensores



Fig.2.24 – Alguns sinais referentes a meios de intervenção



Fig.2.25 – Alguns sinais referentes aos sistemas fixos de extinção automática de incêndios



Fig.2.26 – Sinal referente aos sistemas de cortina de água



Fig.2.27 – Sinal referente à detecção de gás combustível

2.6.1.4. Sinais de proibição, perigo, obrigação e informação

Os sinais de proibição devem ter formato circular e cor de segurança vermelha. Os sinais de proibição são de formato triangular e cor de segurança amarela. Os sinais de obrigação têm formato circular e cor de segurança azul, e por fim os sinais de informação variada são de formato rectangular ou quadrado com cor de segurança azul. Nas figuras seguintes são ilustrados alguns exemplos mais comuns.



Fig.2.28 – Instalações de energia eléctrica



Fig.2.29 – Instalações de aquecimento



Fig.2.30 – Ventilação e condicionamento de ar



Fig.2.31 – Líquidos e gases combustíveis



Fig.2.32 – Sinal de obrigação a indicar a folha de abertura numa porta de emergência de duas folhas



Fig.2.33 – Sinal de informação com a indicação do piso

2.6.1.5. Sinalização fotoluminescente ao nível do solo

A redução da visibilidade decorrente da propagação do fumo implica a redução drástica das condições de apreciação dos sinais afectos à segurança contra incêndio e a detecção dos caminhos de evacuação.

A sinalização fotoluminescente ao nível do solo permite manter iluminados os caminhos de evacuação, assegurando ainda a sinalização dos equipamentos de combate a incêndio e das saídas de emergência. Assim, garantem-se as melhores condições de saída, diminuindo os riscos de pânico e desorientação e consequentes perdas de vidas.

Este sistema permite fazer face a situações onde são necessários sinais com forte intensidade luminosa independentemente de estarem colocados em locais que recebem pouca iluminação ambiente (ao nível do solo).

O sistema de sinalização fotoluminescente ao nível do solo é constituído pelos seguintes dispositivos:

- 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.

2.6.2. ILUMINAÇÃO

A iluminação de emergência compreende a iluminação de ambiente e a iluminação de balizagem ou circulação, e visa garantir a manutenção da visibilidade em todo o edifício, nomeadamente no que se refere à sinalização activa das vias de evacuação e das saídas de modo a garantir a evacuação fluida e em segurança das pessoas.

2.6.2.1. Iluminação de ambiente

A iluminação de ambiente visa iluminar os locais acessíveis ao público. A iluminação de ambiente permite reduzir o risco de desorientação decorrente de fracas ou inexistentes condições de visibilidade, e consequentemente os comportamentos de pânico eventualmente daí decorrentes. Permite assim que os ocupantes se orientem, seguindo os caminhos de evacuação correctos e com as condições de visibilidade adequadas à identificação das direcções de evacuação.

As características da iluminação de ambiente devem respeitar o seguinte:

- As regras para o estabelecimento da iluminação de ambiente seguem a norma europeia EN 1838;
- A autonomia mínima deve ser de 1 hora;
- A relação entre os valores máximos e mínimos de iluminância nunca deve ser superior 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 indispensável onde possam permanecer mais do que 100 pessoas acima do solo (rés do chão e pisos superiores) ou 50 pessoas, no subsolo;
- A instalação dos respectivos blocos deve possibilitar uma iluminação uniforme e um fluxo luminoso ≥ 5 lúmen / m²;
- O espaçamento entre 2 blocos consecutivos deve ter um máximo de 4 m;
- 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;

Para evitar o encandeamento, entre os ângulos de 60° e de 90°, não podem ser excedidos os valores de intensidade luminosa da tabela seguinte:

Quadro 2.2 – Valores máximos de intensidade luminosa

Altura de montagem	Ambiente e Sinalização	Áreas de alto risco
(m)	I_{max} (cd)	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

2.6.2.2. Iluminação de evacuação

A iluminação de circulação ou de evacuação visa orientar os ocupantes ao longo dos caminhos de evacuação, em condições de visibilidade que possibilitem a circulação segura e a execução das manobras relacionados com a segurança e a intervenção dos meios de socorro.

De seguida apresenta-se uma listagem das suas características:

- 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;
- 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.
- A distância entre os letreiros de saída não deve ser superior a 15 metros;
- 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 iluminação de circulação ou de evacuação deve iluminar os locais junto das saídas, os locais onde seja necessário realçar a presença de um risco latente (escadas, mudanças de direcção, intersecções, rampas, etc.) e os locais onde existem equipamentos de alerta e combate a incêndio (extintores, mangueiras, primeiros socorros, etc.);

Os blocos autónomos de iluminação de emergência 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 possuir uma autonomia mínima de 1 hora e o tempo de recarga não deve ultrapassar 24 horas. Possuem um sistema telecomandado que permite coloca-los em estado de repouso quando a sua activação é dispensável.

2.6.3. EXEMPLOS DE SINALIZAÇÃO E ILUMINAÇÃO NO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Neste ponto pretende-se ilustrar alguns exemplos da sinalização e da iluminação existentes no edifício em estudo.

O edifício possui globalmente uma boa sinalização de emergência de evacuação e de combate a incêndio, bem como condições de iluminação bastante satisfatórias. Eis alguns exemplos mais pertinentes:



Fig.2.34 – Os caminhos de evacuação e as saídas dos pisos de estacionamento estão bem sinalizados e iluminados



Fig.2.35 – Sinal referente à detecção de gás combustível



Fig.2.36 – Sinalização de meios portáteis e móveis de extinção para combate a incêndio



Fig.2.37 – Sinalização de saída nos estacionamentos



Fig.2.38 – Indicação do local de comando do sistema de desenfumagem



Fig.2.39 – Indicação de saída e de central de comando



Fig.2.40 – Iluminação e sinalização da saída dentro da caixa de escadas entre 2 pisos de habitação



Fig.2.41 – Sinalização de meios de combate a incêndio

3

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO

3.1. INTRODUÇÃO

Para avaliar a segurança contra incêndio do ponto de vista da evacuação de um edifício, podem ser seguidas duas abordagens. A primeira é uma abordagem prescritiva, sendo a metodologia verificar a satisfação de um determinado número de requisitos pré-estabelecidos e pouco flexíveis, como é o caso da regulamentação portuguesa. A segunda é uma abordagem exigencial, e prende-se com tentar determinar da forma mais realista possível, o tempo de evacuação do edifício, de forma a garantir a segurança das pessoas.

A determinação do tempo de evacuação em caso de incêndio dos ocupantes de um edifício apresenta aspectos de extrema complexidade. Por isso, são muitos os métodos que tentam determinar esse parâmetro da forma mais realista e precisa. Existem modelos teóricos, como o método de MacLennan, e outros computacionais, que utilizam modelos mais ou menos complexos.

Presentemente, os engenheiros e técnicos especializados em segurança contra incêndio utilizam com cada vez mais frequência os modelos computacionais de evacuação para avaliar a segurança dos edifícios, incluindo a sua capacidade em dar tempo suficiente para evacuar os ocupantes, em caso de incêndio ou outra emergência.

Em resultado disso, os programas têm sido constantemente aperfeiçoados, com os modelos a incorporar um número cada vez maior de funcionalidades e parâmetros para tornar os resultados cada vez mais próximos da realidade.

Alguns modelos não incorporam o comportamento humano durante a evacuação, mas outros incorporaram esse aspecto, procurando ter em consideração um parâmetro não físico na determinação do tempo de evacuação. Existem assim dois tipos de modelos do ponto de vista comportamental.

O primeiro é o denominado de “ciência física” do movimento humano, que é o modelo predominantemente utilizado em todo o mundo nos regulamentos de segurança contra incêndio quando se considera o movimento das pessoas durante uma evacuação.

O segundo tipo de modelo é o denominado de “ciência social” ou modelo psicológico das reacções humanas. No modelo físico as pessoas assumem um comportamento mecânico, enquanto num modelo psicológico se pretende simular um comportamento racional dos ocupantes face à emergência e consequente necessidade de evacuação.

Em termos de análise da evacuação, existem três tipos de abordagens. A optimização, a simulação e a avaliação de riscos. O modelo de optimização ignora as actividades que não sejam de evacuação, considerando que os ocupantes tentam sair do edifício da maneira mais eficiente. O modelo de

simulação procura encenar o comportamento e os movimentos exibidos durante evacuações, para prever as tomadas de decisão e as vias de evacuação. O modelo de avaliação de riscos efectua uma distribuição probabilística dos valores obtidos pelas repetidas execuções de cada simulação. Prevê estatisticamente os valores significativos para os tempos de evacuação.

Existem duas maneiras de construir um modelo do espaço do edifício. Uma das abordagens é normalmente uma representação precisa da geometria do edifício e que exige desenhos em CAD. A segunda abordagem representa cada espaço de um edifício como um nó e um arco para se conectar ao nó seguinte. O utilizador pode definir um conjunto de propriedades para cada um deles. Cada arco representa a ligação efectiva de dois espaços do edifício. Apesar de requerer menos esforço computacional, não tem em conta a interacção local ou a ultrapassagem de pessoas.

A população pode ser representada numa perspectiva global ou numa perspectiva individual. Na perspectiva global, os ocupantes são tratados como um grupo, onde cada ocupante é idêntico e não possui características individuais. Na perspectiva individual, são atribuídos aos ocupantes características particulares, quer aleatoriamente, quer pelo utilizador.

Alguns dos modelos de evacuação estão ligados a outros modelos, de maneira a permitir determinar a partir de quanto tempo as condições dentro do edifício se tornam insustentáveis.

Os modelos mais sofisticados incluem possibilidades avançadas interessantes, como gerir a toxicidade do ar, a diminuição da visibilidade, ou a possibilidade de visualizar graficamente a forma como se movem as pessoas durante a evacuação.

Os dados de entrada são normalmente a geometria do edifício (plantas, escadas, corredores, saídas, etc.) e a sua ocupação, incluindo o número e as características dos seus ocupantes.

Os dados de saída são os tempos de evacuação dos ocupantes e as zonas de congestionamento.

No Quadro 3.1 é apresentada uma listagem dos principais programas de evacuação de edifícios existentes, acompanhados de uma breve descrição:

Quadro 3.1 – Modelos de evacuação de pessoas

Modelo	País	Breve descrição
AEA EGRESS	EUA	Análise da evacuação dos ocupantes
ALLSAFE	Noruega	Modelo de evacuação incluindo factores humanos
ASERI	Alemanha	Movimento de pessoas em geometrias complexas, incluindo factores relacionados com a propagação de fumo e fogo
BGRAF	EUA	Modelo de evacuação de emergência que incorpora um modelo estocástico das decisões humanas
EESCAPE	Austrália	Evacuação em edifícios de vários andares através da caixa de escadas
EGRESS	Reino Unido	Modelo de evacuação para geometrias complexas incluindo a visualização
EGRESSPRO	Austrália	Modelo de evacuação incluindo a activação de sprinklers e detectores
ELVAC	EUA	Evacuação em edifícios de vários andares através de elevadores
EVACNET	EUA	Avalia o plano de evacuação óptimo
EVACS	Japão	Avalia o plano de evacuação óptimo
EXIT89	EUA	Evacuação em edifícios de grande altura
EXITT	EUA	Modelo de evacuação incluindo o comportamento das pessoas
EXODUS	Reino Unido	Modelo de evacuação para a segurança das indústrias
GRIDFLOW	Reino Unido	Simulação do tempo necessário à completa evacuação de cada piso de um edifício de vários andares e o tempo total de evacuação do edifício
PATHFINDER	EUA	Modelo de evacuação
PEDROUTE	Reino Unido	Modelo de simulação pedonal
SEVE_P	França	Modelo de evacuação com saídas gráficas incluindo as obstruções
SIMULEX	Reino Unido	Modelo de evacuação para grandes edifícios de geometrias complexas, com elevado número de ocupantes de características individuais, que determina os tempos de evacuação e a sua visualização gráfica
STEP	Reino Unido	Software de simulação de movimentos pedonais e visualização 3D
WAYOUT	Austrália	Módulo de evacuação software FireWind

Destes modelos, apenas 2 são gratuitos, ELVAC, e EVACNET. Foi avaliado para cada programa os resultados que possibilitam face ao que era pretendido, nomeadamente:

- A determinação do tempo de evacuação num edifício de vários andares mantendo a sua geometria real;
- A definição dos parâmetros individuais dos ocupantes;
- A visualização gráfica da evacuação;
- A disponibilidade do programa.

Aquele que melhor satisfaz os requisitos pretendidos é o programa SIMULEX. Este modelo foi desenvolvido pela *Integrated Environmental Solutions Limited*, baseada em Glasgow, no Reino Unido.

3.2. REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA

3.2.1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, a legislação sobre segurança contra incêndio em edifícios encontrava-se dispersa por um número exagerado de diplomas e pouco coadunáveis entre si, gerando dificuldades na sua compreensão integral. Esta situação prejudicava seriamente a eficácia jurídica da legislação, mas também o seu valor pedagógico. Alguns diplomas tinham um conteúdo excessivamente pormenorizado, outros raramente ultrapassavam o plano genérico, para além de se verificar um elevado número de lacunas e omissões.

Para um conjunto elevado de edifícios não existiam regulamentos específicos de segurança contra incêndios, designadamente, as instalações industriais, os armazéns, os lares de idosos, os museus, as bibliotecas, os arquivos e os locais de culto. Nestas situações aplicava-se apenas o Regulamento Geral das Edificações Urbanas, datado de 1951, que era notoriamente insuficiente para a garantia da segurança contra incêndio.

A situação descrita reproduz uma escolha de política legislativa que se traduziu na publicação de regulamentos específicos para cada utilização-tipo de edifícios, alguns dos quais de limitada aplicação, contrários à concepção de um regulamento geral de segurança contra incêndio, enquanto pilar normativo comum de aplicação geral a todos os edifícios, sem prejuízo de nele se incluírem disposições específicas complementares julgadas convenientes a cada utilização-tipo.

A criação do Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil e a posterior criação da Autoridade Nacional de Protecção Civil, autoridade nacional com atribuições na área da segurança contra incêndio em edifícios, competente para propor as medidas legislativas e regulamentares consideradas necessárias neste domínio, favoreceu a opção pela edificação de um autêntico regulamento geral, estruturando-o de forma lógica, rigorosa e acessível.

3.2.2. DECRETO-LEI Nº220/2008

3.2.2.1. Introdução

Assim surge o Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro, que abrange as disposições regulamentares de segurança contra incêndio aplicáveis a todos os edifícios e recintos, distribuídos por 12 utilizações-tipo, e em que para cada uma delas é atribuída uma de entre quatro categorias de risco de incêndio.

São considerados não apenas os edifícios de utilização exclusiva, mas também os edifícios de ocupação mista. O novo regime jurídico adopta também o conteúdo das Decisões da Comissão das Comunidades Europeias n.ºs 2000/147/CE e 2003/632/CE, referentes à classificação da reacção ao fogo de produtos de construção, e n.ºs 2000/367/CE e 2003/629/CE, relativos ao sistema de classificação da resistência ao fogo.

Apesar dos novos factores de risco, decorrentes do progressivo envelhecimento da população e da constante migração populacional para as cidades, as soluções preconizadas no novo regime jurídico, baseadas nas mais avançadas técnicas de segurança contra incêndio em edifícios, não prevêem implicar um impacte significativo no custo final das edificações.

Assim, muitas dessas soluções já eram seguidas na elaboração dos projectos e na construção dos edifícios que não dispunham de regulamentos específicos de segurança contra incêndio ou quando estes não eram suficientemente exigentes. Tal deve-se amplamente ao recurso à regulamentação estrangeira ou à regulamentação nacional anterior, por exigência do dono da obra, dos projectistas ou das companhias de seguros.

Os procedimentos de apreciação das condições de segurança contra incêndios nos vários tipos de edifícios, recintos e estabelecimentos, foram adequados ao regime jurídico da urbanização e edificação, alterado pela Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro. Foi transcrita uma racionalização dos procedimentos administrativos, de modo a simplificar, desburocratizar e modernizar nesta área específica a actividade da Administração Pública, tanto a nível central como local.

O novo regime jurídico é o resultado de um trabalho longo e concertado entre especialistas designados pelo Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes, através da sua Subcomissão de Regulamentos de Segurança contra Incêndio em Edifícios, e pelo Serviço Nacional de Bombeiros e Protecção Civil. A sua elaboração contou ainda com o apoio de todas as entidades mais directamente interessadas neste domínio.

É o caso das diversas entidades públicas, não representadas na referida Subcomissão, envolvidas no licenciamento das utilizações-tipo de edifícios, recintos e estabelecimentos, nomeadamente das que precisavam de adequada regulamentação inerente na área da segurança contra incêndio. Foram ouvidos a Ordem dos Engenheiros, a Ordem dos Arquitectos, a Associação Nacional dos Engenheiros Técnicos, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, a Associação Nacional de Municípios Portugueses, e os órgãos de governo próprio das Regiões Autónomas.

3.2.2.2. Organização

O Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro, está organizado da seguinte forma:

Estrutura:

- CAPÍTULO I - Disposições gerais;
- CAPÍTULO II - Caracterização dos edifícios e recintos;
- CAPÍTULO III - Condições de SCIE;
- CAPÍTULO IV - Processo contra-ordenacional;
- CAPÍTULO V - Disposições finais e transitórias.

Anexos:

- ANEXO I - Classes de reacção ao fogo para produtos de construção;
- ANEXO II - Classes de resistência ao fogo padrão para produtos;

- ANEXO III - Categorias de risco;
- ANEXO IV - Elementos do projecto da especialidade de SCIE, exigido para os edifícios e recintos;
- ANEXO V - Fichas de segurança.

3.2.2.3. Definições

Os principais conceitos definidos nas Disposições Gerais, numa abordagem do ponto de vista da evacuação, são os seguintes:

- **Altura da utilização-tipo:** a diferença de cota entre o plano de referência e o pavimento do último piso acima do solo, susceptível de ocupação por essa utilização-tipo;
- **Área bruta de um piso ou fracção:** a superfície total de um dado piso ou fracção, delimitada pelo perímetro exterior das paredes exteriores e pelo eixo das paredes interiores separadoras dessa fracção, relativamente às restantes;
- **Área útil de um piso ou fracção:** a soma da área útil de todos os compartimentos interiores de um dado piso ou fracção, excluindo-se vestíbulos, circulações interiores, escadas e rampas comuns, instalações sanitárias, roupeiros, arrumos, armários nas paredes e outros compartimentos de função similar, e mede-se pelo perímetro interior das paredes que delimitam aqueles compartimentos, descontando encaixos até 30 cm, paredes interiores, divisórias e condutas;
- **Categorias de risco:** a classificação em quatro níveis de risco de incêndio de qualquer utilização-tipo de um edifício e recinto, atendendo a diversos factores de risco, como a sua altura, o efectivo, o efectivo em locais de risco, a carga de incêndio e a existência de pisos abaixo do plano de referência;
- **Edifício:** toda e qualquer edificação destinada à utilização humana que disponha, na totalidade ou em parte, de um espaço interior utilizável;
- **Edifícios independentes:** os edifícios dotados de estruturas independentes, sem comunicação interior ou, quando exista, efectuada exclusivamente através de câmaras corta-fogo, e que cumpram as disposições de SCIE, relativamente à resistência ao fogo dos elementos de construção que os isolam entre si;
- **Efectivo:** o número máximo estimado de pessoas que pode ocupar em simultâneo um dado espaço de um edifício ou recinto;
- **Efectivo de público:** o número máximo estimado de pessoas que pode ocupar em simultâneo um edifício ou recinto que recebe público, excluindo o número de funcionários e quaisquer outras pessoas afectas ao seu funcionamento;
- **Espaços:** as áreas interiores e exteriores dos edifícios ou recintos;
- **Local de risco:** a classificação de qualquer área de um edifício ou recinto, em função da natureza do risco de incêndio, com excepção dos espaços interiores de cada fogo e das vias horizontais e verticais de evacuação;
- **Plano de referência:** o plano de nível, à cota de pavimento do acesso destinado às viaturas de socorro, medida na perpendicular a um vão de saída directa para o exterior do edifício;
- **Recintos:** os espaços delimitados ao ar livre destinados a diversos usos, desde os estacionamento, aos estabelecimentos que recebem público, aos industriais, oficinas e armazéns, podendo dispor de construções de carácter permanente, temporário ou itinerante;
- **Utilização-tipo:** a classificação do uso dominante de qualquer edifício ou recinto, incluindo os estacionamento, os diversos tipos de estabelecimentos que recebem público, os industriais, oficinas e armazéns.

3.2.2.4. Utilizações-tipo

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. No caso de um edifício ou recinto possuir uma única utilização-tipo considera-se de utilização exclusiva, se possuir diversas utilizações, diz-se de ocupação mista. As 12 utilizações-tipo são as seguintes:

- I – Habitacionais;
- II – Estacionamento;
- 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;

3.2.2.5. Locais de risco

Todos os locais dos edifícios e dos recintos, com excepção dos espaços interiores de cada fogo, e das vias horizontais e verticais de evacuação, são classificados, de acordo com a natureza do risco, do modo seguinte:

Local de risco A – local que não apresenta riscos especiais, no qual se verifiquem simultaneamente as seguintes condições:

- O efectivo não exceda 100 pessoas;
- O efectivo de público não exceda 50 pessoas;
- Mais de 90 % dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme.

Local de risco B – local acessível ao público ou ao pessoal afecto ao estabelecimento, com um efectivo superior a 100 pessoas ou um efectivo de público superior a 50 pessoas, no qual se verifiquem simultaneamente as seguintes condições:

- Mais de 90 % dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme;
- As actividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que contém não envolvam riscos agravados de incêndio.

Local de risco C – local com risco agravado de incêndio, devido às actividades nele desenvolvidas, aos seus equipamentos ou materiais.

Local de risco D – local com permanência de pessoas de mobilidade ou percepção reduzidas (idosos, acamados, crianças).

Local de risco E – Local de um estabelecimento destinado à dormida, em que o efectivo não apresenta as limitações do efectivo do local de risco D.

Local de risco F – local que possua meios e sistemas essenciais à continuidade de actividades sociais relevantes, nomeadamente os centros nevralgicos de comunicação, comando e controlo.

3.2.2.6. Categorias de risco

Como já foi referido, as utilizações-tipo dos edifícios e recintos em matéria de risco de incêndio podem ser da 1.^a, 2.^a, 3.^a e 4.^a categorias, e são consideradas respectivamente de risco reduzido, risco moderado, risco elevado e risco muito elevado.

São factores de risco, para cada utilização-tipo:

- Utilização-tipo I: altura da utilização-tipo e número de pisos abaixo do plano de referência;
- Utilização-tipo II: espaço coberto ou ao ar livre, altura da utilização-tipo, número de pisos abaixo do plano de referência e a área bruta;
- Utilizações-tipo III e X: altura da utilização-tipo e efectivo;
- Utilizações-tipo IV, V e VII — altura da utilização-tipo, efectivo, efectivo em locais de tipo D ou E e, apenas para a 1.^a categoria, saída independente directa ao exterior de locais do tipo D ou E, ao nível do plano de referência;
- Utilizações-tipo VI e IX — espaço coberto ou ao ar livre, altura da utilização-tipo, número de pisos abaixo do plano de referência e efectivo;
- Utilização-tipo VIII — altura da utilização-tipo, número de pisos abaixo do plano de referência e efectivo;
- Utilização-tipo XI — altura da utilização-tipo, número de pisos abaixo do plano de referência, efectivo e carga de incêndio, calculada com base no valor de densidade de carga de incêndio modificada;
- Utilização-tipo XII — espaço coberto ou ao ar livre, número de pisos abaixo do plano de referência e densidade de carga de incêndio modificada.

No Quadro 3.2 ilustra-se o método de definição das categorias de risco referentes à utilização-tipo I.

Quadro 3.2 – Categorias de risco da utilização-tipo I

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo I	
	Altura da UT I	Número de pisos ocupados pela UT I abaixo do plano de referência
1. ^a	≤ 9 m	≤ 1
2. ^a	≤ 28 m	≤ 3
3. ^a	≤ 50 m	≤ 5
4. ^a	> 50 m	> 5

Numa dada utilização-tipo, sempre que é ultrapassado um dos valores da classificação na categoria de risco, é atribuída a categoria de risco superior.

No caso de estabelecimentos com uma única utilização-tipo distribuída por vários edifícios independentes, a categoria de risco é atribuída a cada edifício e não ao seu conjunto.

Os edifícios e os recintos de utilização mista são classificados, para fins de nomenclatura, na categoria de risco mais elevada das respectivas utilizações-tipo, não sendo relevante a área ocupada por cada uma dessas utilizações.

3.2.2.7. Medidas de autoprotecção

O novo regime jurídico define também medidas de autoprotecção na gestão de segurança contra incêndios em edifícios e recintos, durante a exploração ou utilização dos mesmos:

- Medidas preventivas, nomeadamente procedimentos de prevenção ou planos de prevenção, dependendo da categoria de risco;
- Medidas de intervenção em caso de incêndio, nomeadamente procedimentos de emergência ou planos de emergência interno, dependendo da categoria de risco;
- Registo de segurança onde devem constar os relatórios de vistoria ou inspecção, e relação de todas as acções de manutenção e ocorrências directa relacionadas com a SCIE;
- Formação em SCIE, sob a forma de acções destinadas a todos os funcionários e colaboradores das entidades exploradoras, ou especificamente destinada aos delegados de segurança e outros elementos que lidam com situações mais arriscadas;
- Simulacro, para ensaio do plano de emergência interno e treino dos ocupantes, de maneira a criar rotinas de comportamento e permitir a melhoria de procedimentos.

O plano de segurança interno é constituído pelo plano de prevenção, pelo plano de emergência interno e pelos registos de segurança.

Os simulacros de incêndio são realizados com a periodicidade máxima, definida no regulamento técnico, e do ponto de vista da evacuação assumem enorme importância.

As medidas de autoprotecção aplicam-se a todos os edifícios e recintos, incluindo os existentes à data da entrada em vigor do presente decreto-lei.

3.2.3. PORTARIA Nº 1532/2008

3.2.3.1. Introdução

O Decreto-lei define também que pela Portaria nº1532/2008, de 29 de Dezembro, do membro do Governo responsável pela área da protecção civil, é aprovado o regulamento técnico que estabelece as seguintes condições técnicas gerais e específicas da SCIE:

- As condições exteriores comuns;
- As condições de comportamento ao fogo, isolamento e protecção;
- As condições de evacuação;
- As condições das instalações técnicas;
- As condições dos equipamentos e sistemas de segurança;
- As condições de autoprotecção.

A estrutura da Portaria nº1532/2008 é a seguinte:

- Título I – Objecto e definições;
- Título II – Condições exteriores comuns;
- Título III – Condições gerais de comportamento ao fogo, isolamento e protecção;
- Título IV – Condições gerais de evacuação;
- Título V – Condições gerais das instalações técnicas;
- Título VI – Condições gerais dos equipamentos e sistemas de segurança;
- Título VII – Condições gerais de autoprotecção;
- Título VIII – Condições específicas das utilizações-tipo.

Anexos:

- I – Definições.

3.2.3.2. Aplicação

Esta nova portaria tem por objecto a regulamentação técnica das condições de segurança contra incêndio em edifícios e recintos, a que devem obedecer os projectos de arquitectura, os projectos de SCIE e os projectos das restantes especialidades a concretizar em obra, designadamente no que se refere às condições gerais e específicas de SCIE.

3.2.3.3. Perigosidade atípica

No caso em que, comprovadamente, as disposições do regulamento técnico sejam desadequadas face às grandes dimensões em altimetria e planimetria ou às suas características de funcionamento e exploração, tais edifícios e recintos ou as suas fracções são classificados de perigosidade atípica, e ficam sujeitos a soluções de SCIE que, cumulativamente:

- Sejam devidamente fundamentadas pelo autor do projecto, com base em análises de risco, associadas a práticas já experimentadas, métodos de ensaio ou modelos de cálculo;
- Sejam baseadas em tecnologias inovadoras no âmbito das disposições construtivas ou dos sistemas e equipamentos de segurança;
- Sejam explicitamente referidas como não conformes no termo de responsabilidade do autor do projecto;
- Sejam aprovadas pela ANPC.

3.2.3.4. Definições

Para efeitos de SCIE, no que se relaciona com aspectos gerais, entende-se por:

- 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 m. 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 são classificados, de acordo com a sua altura, segundo o Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Classificação dos edifícios segundo a sua altura

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

- Área de implantação: maior das áreas brutas dos pisos de um edifício;
- Corpos independentes de um edifício: corpos distintos de um mesmo edifício que disponham de estrutura independente e que cumpram as disposições de SCIE, relativamente à resistência

ao fogo dos elementos de construção que os isolam entre si e às disposições construtivas referentes ao isolamento das suas comunicações interiores comuns;

- Densidade de ocupação teórica: número de pessoas por metro quadrado de área útil de um compartimento, estimado para cada utilização-tipo. Este valor é utilizado para calcular o efectivo e dimensionar os caminhos de evacuação;
- Estabelecimento: edifício, recinto ou parte deles, destinado a uma única ocupação distinta da habitação ou de estacionamento de veículos;
- Estacionamento colectivo coberto: espaço coberto com área superior a 50 m² destinado ao estacionamento automóvel;
- Funcionários: ocupantes de um edifício ou de um estabelecimento que nele desenvolvem uma actividade profissional relacionada com a utilização-tipo do edifício, que implica o conhecimento dos espaços afectos a essa utilização;
- Parque de estacionamento coberto: parque de estacionamento delimitado por uma envolvente com cobertura;
- Piso de saída: piso através do qual se garanta a evacuação das pessoas para local seguro no exterior. Se este piso for desnivelado relativamente ao plano de referência, deve ser ligado a ele através de um caminho de evacuação;
- Público: ocupantes de um edifício ou de um estabelecimento que não residem nem trabalhem habitualmente nesse espaço;
- Recinto itinerante: espaço delimitado, coberto ou não, afecto por um período de tempo limitado a um tipo concreto de actividade, que pelas suas características de construção se pode deslocar e instalar com facilidade;
- Salão polivalente: espaço situado em edificação permanente, fechada e coberta, susceptível de utilização para mais do que uma das actividades previstas para a utilização-tipo VI.

Para efeitos de SCIE, no que se relaciona com a acessibilidade, entende-se por:

- Altura útil de vias de acesso: menor pé-direito livre existente ao longo de toda a via de acesso a um edifício;
- Fachada acessível: fachada através da qual é possível aos bombeiros lançar as operações de socorro a todos os pisos, quer directamente através de, no mínimo, uma saída correspondente a um caminho de evacuação, quer através dos pontos de penetração designados no presente regulamento;
- Largura útil de vias de acesso: menor das larguras, medidas ao longo de toda a via de acesso a um edifício, descontando os espaços destinados ao estacionamento autorizado de veículos;
- Via de acesso de uma utilização-tipo: via exterior, pública ou com ligação à via pública, donde seja possível aos bombeiros lançar eficazmente as operações de salvamento de pessoas e de combate ao incêndio, a partir do exterior ou pelo interior de edifícios recorrendo a caminhos de evacuação horizontais ou verticais.

Para efeitos de SCIE, no que se relaciona com o comportamento ao fogo, entende-se por:

- Câmara corta-fogo: compartimento corta-fogo independente, com um grau de resistência e os meios de controlo de fumo previstos neste regulamento, que estabelece, em regra, a comunicação entre dois espaços com o objectivo de garantir a protecção temporária de um deles ou evitar a propagação do incêndio entre ambos. Só deve possuir vãos de acesso a esses espaços, protegidos por portas resistentes ao fogo e a uma distância tal que não permita a sua abertura simultânea por uma única pessoa;
- Compartimento corta-fogo: parte de um edifício, compreendendo um ou mais espaços, divisões ou pisos, delimitada por elementos de construção com resistência ao fogo adequada,

durante um período de tempo determinado, garantir a protecção do edifício ou impedir a propagação do incêndio ao resto do edifício ou, ainda, a fraccionar a carga de incêndio;

- Fecho automático: propriedade de um elemento de construção que garante um vão de, em situação de incêndio, tomar ou retomar a posição que garante o fecho do vão sem intervenção humana.

Para efeitos de SCIE, no que se relaciona com as medidas de autoprotecção, entende-se por:

- Plano de actuação: documento, componente do plano de emergência, no qual está indicada a organização das operações a desencadear pelo delegado e agentes de segurança, em caso de ocorrência de uma situação perigosa;
- Plano de emergência interno: documento no qual estão indicadas as medidas de autoprotecção a adoptar, por uma entidade, para fazer face a uma situação de incêndio nas instalações ocupadas por essa entidade, nomeadamente a organização, os meios humanos e materiais a envolver e os procedimentos a cumprir nessa situação. Contém o plano de actuação e o de evacuação;
- Plano de evacuação: documento, componente do plano de emergência, no qual estão indicados os caminhos de evacuação, zonas de segurança, regras de conduta das pessoas e a sucessão de acções a terem lugar durante a evacuação de um local, estabelecimento, recinto ou edifício, em caso de incêndio;
- Plano de prevenção: documento no qual estão indicados a organização e os procedimentos a adoptar, por uma entidade, para evitar a ocorrência de incêndios e para garantir a manutenção do nível de segurança decorrente das medidas de autoprotecção adoptadas e a preparação para fazer face a situações de emergência;
- Plano de segurança: conjunto de medidas de autoprotecção (organização e procedimentos) tendentes a evitar a ocorrência de incêndios e a limitar as suas consequências. É composto por um plano de prevenção, um plano de emergência e os registos de segurança;
- Planta de emergência: peça desenhada esquemática, referente a um dado espaço com a representação dos caminhos de evacuação e dos meios a utilizar em caso de incêndio, contendo ainda as instruções gerais de segurança aplicáveis a esse espaço. Deve estar conforme a NP 4386;
- Posto de Segurança: local, permanentemente vigiado, dum edifício onde é possível controlar todos os sistemas de vigilância e de segurança, os meios de alerta e de comunicação interna, bem como os comandos a accionar em situação de emergência;
- Prevenção contra incêndio: conjunto de medidas e atitudes destinadas a diminuir a probabilidade de eclosão de um incêndio;
- Primeira intervenção: medida de autoprotecção que consiste na intervenção no combate a um incêndio desencadeada, imediatamente após a sua detecção, pelos ocupantes de um edifício, recinto ou estabelecimento;
- Protecção contra incêndio: conjunto de medidas e atitudes destinadas a limitar os efeitos de um incêndio;
- Registos de segurança: conjunto de documentos que contém os registos de ocorrências relevantes e de relatórios relacionados com a segurança contra incêndios. As ocorrências devem ser registadas com data de início e fim e responsável pelo seu acompanhamento, referindo-se, nomeadamente, à conservação ou manutenção das condições de segurança, às modificações, alterações e trabalhos perigosos efectuados, incidentes e avarias ou, ainda, visitas de inspecção. De entre os relatórios a incluir nos registos de segurança, destacam-se os das acções de instrução e de formação, dos exercícios de segurança e de eventuais incêndios ou outras situações de emergência;

- Segunda intervenção: intervenção no combate a um incêndio desencadeada, imediatamente após o alarme, pelos bombeiros ou por equipas especializadas ao serviço do responsável de segurança de um edifício, parque de estacionamento, estabelecimento ou recinto.

3.2.3.5. Cálculo do Efectivo

Um dos parâmetros mais importantes do ponto de vista da evacuação, definido no novo regulamento, é o efectivo. 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 é feito:

- Com base na capacidade instalada dos diferentes espaços: salas com lugares fixos (conferências, ensino, espectáculos, etc.), locais de dormida (de acordo com o número de camas disponíveis), etc.;
- Com base nos índices tabelados de ocupação dos diferentes espaços, medidos em pessoas por metro quadrado, em função da sua finalidade e reportados à área útil (ver Quadro 3.4);
- Com base nos índices tabelados de ocupação dos diferentes espaços, medidos em pessoas por metro linear (de banco, bancada, frente), em função da sua finalidade;
- Tipologia dos apartamentos, no caso dos apartamentos turísticos.

Quadro 3.4 – Cálculo do efectivo com base nos índices tabelados em pessoas por metro quadrado

Espaços	Índices pessoas/m ²
Balneários e vestiários utilizados por público	1,00
Balneários e vestiários exclusivos para funcionários	0,30
Bares «zona de consumo com lugares em pé»	2,00
Circulações horizontais e espaços comuns de estabelecimentos comerciais	0,20
Espaços afectos a pistas de dança em salões e discotecas	3,00
Espaços de ensino não especializado	0,60
Espaços de exposição de galerias de arte	0,70
Espaços de exposição de museus	0,35
Espaços de exposição destinados à divulgação científica e técnica	0,35
Espaços em oceanários, aquários, jardins e parques zoológicos ou botânicos	1,00
Espaços ocupados pelo público em outros locais de exposição ou feiras	3,00
Espaços reservados a lugares de pé, em edifícios, tendas ou estruturas insufláveis, de salas de conferências, de reunião e de espectáculos, de recintos desportivos «galerias, terraços e zonas de peão», auditórios ou de locais de culto religioso	3,00
Gabinetes de consulta e bancos de urgência	0,30
Gabinetes de escritório	0,10
Locais de venda de baixa ocupação de público	0,20
Locais de venda localizados até um piso acima ou abaixo do plano de referência	0,35
Locais de venda localizados no piso do plano de referência com área inferior ou igual a 300 m ²	0,20
Locais de venda localizados no piso do plano de referência com área superior a 300 m ²	0,60
Plataformas de embarque	3,00
Salas de convívio, refeitórios e zonas de restauração e bebidas com lugares	1,00

sentados, permanentes ou eventuais, com ou sem espectáculo	
Salas de desenho e laboratórios	0,20
Salas de diagnóstico e terapêutica	0,20
Salas de escritório e secretarias	0,20
Salas de espera de exames e de consultas	1,00
Salas de espera em gares e salas de embarque	1,00
Salas de intervenção cirúrgica e de partos	0,10
Salas de jogo e de diversão «espaços afectos ao público	1,00
Salas de leitura sem lugares fixos em bibliotecas	0,20
Salas de reunião, de estudo e de leitura sem lugares fixos ou salas de estar	0,50
Zona de actividades «gimnodesportivos»	0,15

Os efectivos das crianças com idade não superior a três anos ou das pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de percepção e reacção a um alarme, devem ser corrigidos pelo factor 1,3 no dimensionamento das saídas ou dos caminhos de evacuação.

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, zona de um edifício ou recinto, um índice de ocupação superior aos tabelados, o seu efectivo deve ser o correspondente a esse índice.

Nos casos em que, numa mesma utilização-tipo, existam locais distintos que possam ser previsivelmente ocupados pelas mesmas pessoas em horários diferentes, o efectivo total determinado para essa utilização-tipo pode ter em consideração que esses efectivos parciais não coexistem em simultâneo.

Nos locais de cada utilização-tipo em que o cálculo dos seus efectivos não é abrangido pelo regulamento, o valor considerado para o mesmo terá que ser devidamente fundamentado pelo autor do projecto.

3.2.3.6. Dimensionamento dos caminhos de evacuação

Os regulamentos prescritivos determinam exigências mínimas, que resultam da larga experiência acumulada na análise de incêndios reais e do resultado de inúmeros exercícios de evacuação.

Na nova regulamentação portuguesa, a abordagem à resolução da problemática da evacuação das pessoas é simples e prática. Determina as dimensões dos caminhos de evacuação, atribuindo valores mínimos para a sua largura, bem como as distâncias máximas a percorrer até às saídas para o exterior do edifício, ou até caminhos de evacuação protegidos.

Assim, limita-se a satisfazer meros parâmetros físicos, não havendo lugar a criatividade que uma regulamentação exigencial, visando atingir determinados objectivos, permitiria ao favorecer a procura de novas soluções mais eficazes, e eventualmente mais baratas para um determinado caso de estudo.

No entanto o regulamento permite utilizar outro método desde que devidamente fundamentado.

O dimensionamento dos caminhos de evacuação é feito a partir do critério das unidades de passagem. Unidade de passagem (UP) é a largura necessária à passagem de pessoas movendo-se através de caminhos, no decurso de uma evacuação.

O valor das unidades de passagem em unidades métricas, arredondadas por defeito para o número inteiro mais próximo, é o seguinte:

1 UP = 0,90 m;

2 UP = 1,40 m;

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

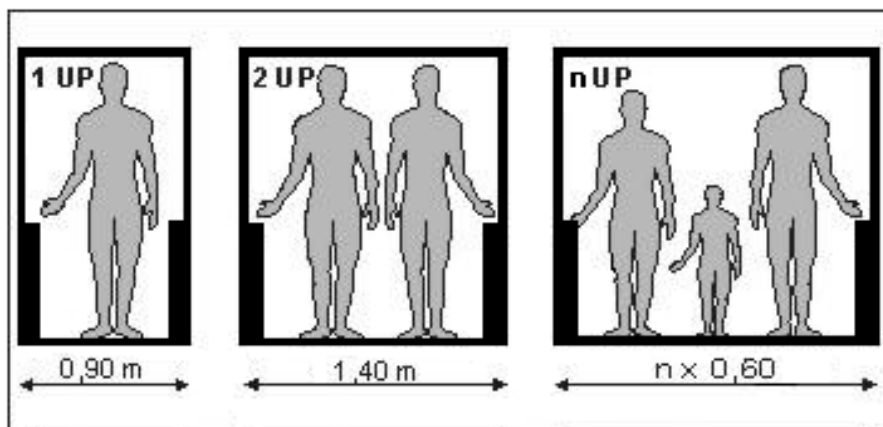


Fig.3.1 – Unidades de Passagem

3.2.3.7. Caminhos de evacuação

É importante realçar que 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.

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

Os caminhos de evacuação e as saídas de locais em edifício devem satisfazer os critérios do Quadro 3.5, os quais poderão ser agravadas pelas condições específicas de cada utilização-tipo.

Quadro 3.5 – Número mínimo de unidades de passagem em espaços cobertos

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

Constituem excepções aos critérios indicados:

- As saídas de locais de risco A cujo efectivo seja inferior a 20 pessoas ou de habitações, quando se utilizem portas de largura normalizada inferior a 1 UP;

- Os espaços com efectivo superior a 50 pessoas em pisos abaixo do nível de saída para o exterior ou acima do plano de referência em edifícios com altura superior a 28 m, em que a largura mínima é de 2 UP;
- Os locais de risco D onde seja previsível a evacuação de pessoas em camas, em que a largura mínima é de 2 UP, com excepção daqueles em que o número dessas pessoas seja inferior a três, em que essa largura mínima pode ser reduzida para 1,1 m.

Os caminhos de evacuação e as saídas de recintos ao ar livre devem satisfazer os critérios do Quadro 3.6 abaixo.

Quadro 3.6 – Número mínimo de unidades de passagem em recintos ao ar livre

Efectivo	Número mínimo de UP
1 a 150	Uma
151 a 1500	Uma por 300 pessoas ou fracção, mais uma
Mais de 1500	Uma por 300 pessoas ou fracção

3.2.3.8. Distribuição e localização de saídas

As saídas que servem os diferentes espaços de um edifício ou de um recinto devem ser distintas e estar localizadas de modo a permitir a sua rápida evacuação, distribuindo entre elas o seu efectivo, na proporção das respectivas capacidades, minimizando a possibilidade de percursos em impasse.

As saídas devem ser afastadas umas das outras, e criteriosamente distribuídas pelo perímetro dos locais que servem, de forma a prevenir o seu bloqueio simultâneo em caso de incêndio.

Quando o pavimento de um dado espaço coberto fechado, em anfiteatro ou outro, não for horizontal e o número de filas for superior a 12, as saídas devem ser posicionadas para que pelo menos metade da capacidade de evacuação exigida para o local seja situada abaixo do nível médio do pavimento.

O número mínimo de saídas que servem um local de um edifício ou recinto coberto é dado em função do seu efectivo, e o seu valor é determinado pelo Quadro 3.7.

Quadro 3.7 – Número mínimo de saídas em espaços cobertos

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

O número mínimo de saídas que servem recintos ao ar livre em função do efectivo é determinado através do Quadro 3.8.

Quadro 3.8 – Número mínimo de saídas em recintos ao ar livre

Efectivo	Número mínimo de saídas
1 a 150	Uma
151 a 4500	Uma por 1500 pessoas ou fracção, mais uma
4501 a 9000	Uma por 1500 pessoas ou fracção
Mais de 9000	Número condicionado pelas distâncias a percorrer no local, com um mínimo de seis

3.2.3.9. Distâncias a percorrer nos locais

Os caminhos horizontais de evacuação têm que garantir o acesso rápido e seguro às saídas de piso, através de vias horizontais claramente delineadas, preferencialmente rectilíneas, com um número mínimo de mudanças de direcção e tão curtas quanto possível.

As distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência, até se atingir a saída mais próxima, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida, são apresentadas no Quadro 3.9.

Quadro 3.9 – Distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência

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

(1) Excepto as UT's II e XII, nas quais são aplicadas condições específicas (Título VIII do regulamento);

(2) Excepto as UT's II, VIII, X e XII, nas quais são aplicáveis condições específicas (Título VIII do regulamento);

(3) Excepto os edifícios da UT I, unifamiliares, da 1ª categoria de risco;

(4) Em locais amplos cobertos, com área superior a 800 m², no piso do plano de referência com saídas directas para o exterior, admite-se que a distância seja aumentada em 50% (45m).

3.2.3.10. Vias horizontais de evacuação

As vias horizontais de evacuação devem conduzir, directamente ou através de câmaras corta-fogo, a vias verticais de evacuação ou ao exterior do edifício.

A distância máxima a percorrer de qualquer ponto das vias horizontais de evacuação, medida segundo o seu eixo, até uma saída para o exterior ou uma via de evacuação vertical protegida, não deve exceder os valores do Quadro seguinte:

Quadro 3.10 – Distâncias máximas a percorrer de qualquer ponto das vias de evacuação horizontais

Situações	Locais	
	Em edifícios	Ao ar livre
Em impasse para vias que servem locais de risco D	10 m	20 m
Em impasse, nos restantes casos	15 m	30 m
Com acesso a saídas distintas (1)	30 m	60 m

(1) As distâncias são reduzidas para 20 e 40 m, respectivamente, nos seguintes casos:

- Em pisos situados a uma altura superior a 28 m, em relação ao plano de referência;
- Em pisos abaixo do plano de referência, excepto na utilização-tipo II;
- Em vias que servem locais de risco D.

Para determinação da largura útil mínima das vias, ou troços de via, de evacuação horizontais aplicam-se os critérios constantes dos Quadros 3.5 e 3.6, com excepção da utilização-tipo I, sendo considerado o efectivo dos locais servidos por essa via ou troço em função da proximidade às saídas para as vias verticais ou para o exterior.

Para determinação da largura útil mínima dos troços de vias que estabeleçam ligação entre vias verticais de evacuação e saídas para o exterior do edifício deve ser considerado o maior dos seguintes valores:

- Número de utilizadores provenientes do piso de saída;
- Número de utilizadores considerados, nos termos do regulamento para o dimensionamento das vias verticais de evacuação servidas por esse troço.

Nas vias de evacuação com mais de 1 UP é permitida a existência de elementos de sinalização de segurança, de decoração, placas publicitárias ou de equipamentos compreendidos nos espaços de circulação, desde que:

- Sejam solidamente fixados às paredes ou aos pavimentos;
- Não reduzam as larguras mínimas impostas em mais de 0,1 m;
- Não possuam saliências susceptíveis de prender o vestuário ou os objectos normalmente transportados pelos ocupantes.

As vias horizontais de evacuação devem ser protegidas e dispor de meios de controlo de fumo.

3.2.3.11. Vias verticais de evacuação

O número de vias verticais de evacuação dos edifícios deve ser o imposto pela limitação das distâncias a percorrer nos seus pisos e pelas disposições específicas do regulamento.

Os edifícios com uma altura superior a 28 m, em relação ao plano de referência, devem possuir pelo menos duas vias verticais de evacuação.

Sempre que sejam exigíveis duas ou mais vias verticais de evacuação que sirvam os mesmos pisos de um edifício, os vãos de acesso às escadas ou às respectivas câmaras corta-fogo, caso existam, devem estar a uma distância mínima de 10 m, ligados por comunicação horizontal comum.

As vias verticais de evacuação devem, sempre que possível, ser contínuas ao longo da sua altura até ao piso ao nível do plano de referência mais próximo dos pisos que servem.

Quando, excepcionalmente, o desenvolvimento de uma via não for contínuo, os percursos horizontais de ligação devem ter traçado simples e claro, comprimento inferior a 10 m e garantir o mesmo grau de isolamento e protecção que a via vertical.

Com a excepção descrita no parágrafo seguinte, as vias que sirvam pisos situados abaixo do piso do plano de referência não devem comunicar directamente com as que sirvam os pisos acima desse plano.

O disposto no parágrafo anterior é dispensado nas utilizações-tipo classificados nas 1.^a e 2.^a categorias de risco, que ocupem um número de pisos não superior a três. As vias verticais de evacuação devem ser protegidas e dispor de meios de controlo de fumo nos termos do regulamento.

A protecção exigida pode ser dispensada nas vias situadas em edifícios de pequena altura, apenas com um piso abaixo do plano de referência e desde que não constituam a única via vertical de evacuação de locais de risco B, D, E ou F.

As comunicações entre vias protegidas e locais de risco C, quando permitidas nos termos do artigo 11.º do Decreto-Lei n.º 220/2008, devem ser estabelecidas através de câmaras corta-fogo.

Com excepção das vias que servem exclusivamente espaços afectos à utilização-tipo I, a largura útil em qualquer ponto das vias verticais de evacuação não deve ser inferior à correspondente a 1 UP por cada 70 utilizadores, ou fracção, com um mínimo de 2 UP em edifícios cuja altura seja superior a 28 m.

O número de utilizadores a considerar para o dimensionamento da largura útil das vias de evacuação verticais é, em cada nível, o correspondente à maior soma dos efectivos em dois pisos consecutivos por ela servidos nesse nível.

No caso de pisos com acesso a mais de uma via, o número de ocupantes a evacuar por cada uma delas deve ser calculado segundo os critérios dos Quadros 3.5 e 3.6.

3.2.3.12. Características das escadas

As escadas contidas nas vias verticais de evacuação devem ter as características determinadas no Regulamento Geral de Edificações Urbanas, bem como as características seguintes:

- Número máximo de dois lanços consecutivos sem mudança de direcção no percurso;
- Número de degraus por lanço, incluído entre 3 e 25;
- Em cada lanço, degraus com as mesmas dimensões em perfil, excepto o degrau de arranque.

A distância mínima a percorrer nos patamares, medida no eixo da via em escadas com largura de 1 UP, e a 0,5 m da face interior em escadas com largura superior, deve ser de 1 m.

Nas escadas curvas, os lanços devem possuir:

- Declive fixo;

- Largura mínima dos cobertores dos degraus, medida a 0,6 m da face interior da escada, de 0,28 m;
- Largura máxima dos cobertores dos degraus, medida na face exterior da escada, de 0,42 m.

Só são admitidas escadas curvas com largura inferior a 2 UP quando estabeleçam a comunicação exclusivamente entre dois pisos, localizados acima do plano de referência, e desde que:

- Não sirvam locais de risco D ou E;
- Exista, pelo menos, uma via de comunicação vertical que sirva esses pisos e respeite as restantes disposições.

As escadas devem possuir, pelo menos, um corrimão contínuo, e nas escadas curvas, o mesmo deve situar-se na sua face exterior.

As escadas com largura igual ou superior a 3 UP devem ter corrimão de ambos os lados e os seus degraus devem ter revestimento antiderrapante.

As escadas com largura superior a 5 UP devem possuir também corrimãos intermédios, de maneira a que o espaço entre dois corrimãos sucessivos não seja superior a 5 UP.

3.2.3.13. Dimensionamento das câmaras corta-fogo

As características exigidas para as câmaras corta-fogo são as seguintes:

- Área mínima de 3 m² (no caso de câmaras utilizáveis por mais de 50 pessoas deve ser 6m²);
- Distância mínima entre portas de 1,2 m;
- Pé-direito não inferior a 2 m;
- Dimensão linear mínima 1,40 m.

A abertura das portas das câmaras deve efectuar-se no sentido da saída, quando a câmara está integrada num caminho de evacuação, e para o interior da câmara, nos restantes casos.

3.3. SIMULEX

3.3.1. INTRODUÇÃO

O Simulex é um programa que permite simular o movimento de evacuação de um elevado número de pessoas, num grande e geometricamente complexo edifício estrutural. O Simulex permite criar um modelo 3D de um edifício, importando um determinado número de plantas em CAD, no formato DXF, e ligando os diferentes pisos através das suas escadas. O utilizador define depois as saídas para fora do prédio, e o Simulex calcula automaticamente todas as distâncias e rotas de evacuação para todo o espaço do edifício.

Os ocupantes do edifício são "colocados", individualmente ou em grupos, no interior. Quando a população do edifício for definida, e as potenciais rotas de evacuação calculadas, a simulação pode ser realizada. O utilizador assiste então ao desenvolvimento da "evacuação", podendo efectuar um zoom nas áreas do seu interesse. Também é possível gravar a simulação para assistir mais tarde, em tempo real, à sua reprodução.

Os algoritmos da circulação das pessoas são baseados em dados recolhidos usando técnicas computacionais para a análise dos movimentos dos indivíduos, observados em imagens da vida real. O programa mostra o processo de evacuação graficamente, com a possibilidade de visualizar os diferentes pisos e escadas, exibidos em janelas separadas. Os ocupantes avançam para as saídas pré

definidas, caminhando a velocidades dependentes das características individuais e da proximidade de outras pessoas.

Durante a simulação de uma evacuação, o programa considera fluxos de 1,1 a 1,4 pessoas por metro, por segundo, representando uma população adulta normal em condições normais. Depois de todos os ocupantes serem evacuados através das saídas, o tempo total de evacuação é exibida no ecrã, e os seus resultados podem ser gravados.

A simulação gráfica também pode ser gravada, para permitir uma posterior visualização. Esta funcionalidade pode ser muito útil para simulações mais complexas, porque estas simulações podem demorar muito tempo, se milhares de pessoas forem modeladas. No programa, três tipos de janelas estão definidas. As janelas dos pisos, as janelas das escadas, e as janelas com as informações gerais sobre cada simulação, que variam consoante a janela de piso ou de escada que esteja a ser visualizada no momento da sua consulta. Cada piso e cada escada são exibidos em janelas separadas.

3.3.2. DEFINIÇÃO DOS PISOS

O primeiro passo é definir o edifício. No programa, um edifício é constituído por plantas de pisos e escadas. Para adicionar um piso, importa-se o ficheiro CAD em formato DXF do piso pretendido. No entanto, antes de importá-lo é necessário “limpar” esse arquivo DXF, eliminando todas as informações que não sejam relevantes para a forma real do edificio, deixando só as paredes e os objectos permanentemente adjacentes a elas. Todas as outras informações, tais como linhas de abertura das portas, textos e outras linhas irrelevantes, devem ser suprimidos com antecedência, caso contrário a simulação não pode prosseguir da forma pretendida, pois o Simulex usa as linhas para definir o espaço físico disponível para evacuação. O programa permite substituir plantas de piso importadas em qualquer altura, sem que sejam suprimidas as ligações e as saídas criadas nesses pisos, o que permite “testar” configurações geométricas diferentes para cada piso rapidamente e de uma forma prática, bastando para isso importar os ficheiros DXF com as alterações feitas às plantas.

Cada novo piso definido, é exibido numa nova janela. Na Fig.3.2 abaixo apresenta-se um exemplo de um piso definido no Simulex.

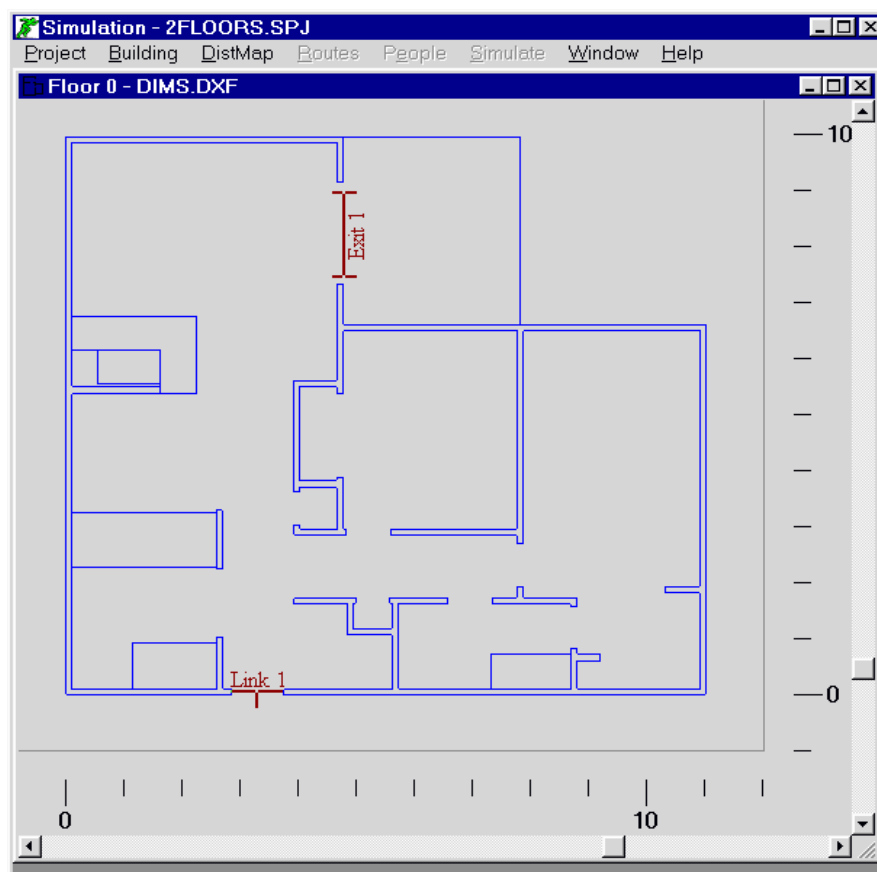


Fig.3.2 – Exemplo de um piso definido no Simulex

Para adicionar um piso, utiliza-se o item: *Building > Add Floor*. O Simulex analisa o ficheiro, e pede para definir as unidades do mesmo, porque esta informação não é especificada no arquivo DXF. Normalmente, serão fixadas em metros. A escala fica visível no piso indicando a distância em metros, como pode ser observado na Fig.3.2.

3.3.3. DEFINIÇÃO DAS SAÍDAS

O passo seguinte é definir as saídas finais para o exterior do edifício. Várias saídas podem ser inseridas em cada planta de piso. As saídas são representadas graficamente por um marcador parecendo um “I” maiúsculo, como se pode observar na Fig.3.2 acima. É possível definir que os ocupantes escolhem a saída que se encontra mais próxima da sua localização inicial, ou então especificar o seu movimento para uma saída localizada a uma distância maior. Esta opção é activada ao permitir aos ocupantes usar diferentes mapas de distância, que utilizem diferentes saídas, respectivamente.

Uma saída é definida usando o item do menu: *Building> Add Exit*. Uma caixa de diálogo aparece para nomear e definir as características da saída. Um máximo de 50 saídas é permitido na versão utilizada do programa. É possível definir a sua largura, a sua localização e orientação. A saída deve ser colocada fora do edifício, de preferência a pelo menos um metro de distância a partir da última porta, de maneira a permitir ao Simulex simular uma parte do movimento dos ocupantes depois de terem atravessado a última porta, antes deles “desaparecerem” da simulação no momento em que chegam à saída definida.

O procedimento é repetido para cada nova saída que se pretende adicionar. De notar que a qualquer momento é possível remover ou alterar uma saída.

3.3.4. DEFINIÇÃO DAS ESCADAS

Caso se pretenda efectuar a simulação da evacuação de um edifício de vários andares, as plantas de piso têm de estar ligadas entre si por escadas. Essas escadas têm que ser criadas no próprio Simulex. Para adicionar uma escada, usa-se o item: *Building > Add Staircase*.

Uma vez criada, pode ser atribuído o nome da escada. Define-se também o correcto comprimento e a largura da escada.

O comprimento deve ser inserido com o valor da verdadeira extensão da escada medido com o seu declive. Escadas com patamares têm um comprimento total igual à soma do comprimento das suas partes inclinadas com a soma do comprimento dos seus patamares, ambos medidos no eixo das vias.

As escadas em caracol são tratadas da mesma forma. A largura das escadas deve ser estreita, de maneira a que não possa haver lugar a ultrapassagens. As pessoas normalmente não ultrapassam em escadas deste tipo, mantendo-se em fila, uma atrás da outra. Todas as escadas criadas no Simulex são apresentadas como rectas, independentemente da sua aparência real, como se pode ver na Fig.3.3.

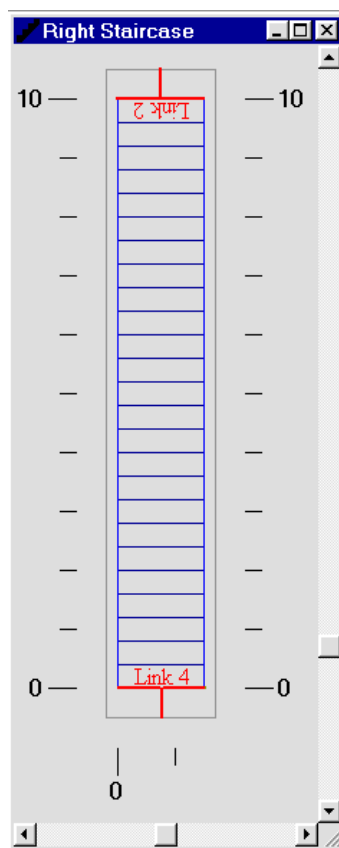


Fig.3.3 – Exemplo de caixa de escadas definida no Simulex

3.3.5. DEFINIÇÃO DAS LIGAÇÕES ENTRE AS ESCADAS E OS PISOS

Para serem reconhecidas pelo programa no momento da simulação, as escadas têm que ser ligadas aos 2 pisos que servem, pelo intermédio de duas ligações (*links*), uma em cada extremidade da escada.

Cada ligação é representada graficamente por um “T” maiúsculo, e é composta por duas partes iguais. Uma parte é colocada na planta de piso, e outra na escada, formando assim o elo de ligação entre o piso e as escadas. O link é adicionado usando o item: *Building > Add Link*.

Escolhe-se o nome da ligação, a sua largura e indica-se o piso e as escadas que a ligação vai ligar.

A parte vertical do “T” da ligação deve, na planta de piso, ser direccionada para as escadas. O mesmo acontece na parte da ligação situada nas escadas, como é mostrado na Fig.3.4 abaixo.

Nenhuma parte da linha vertical do “T” da ligação deve atravessar qualquer linha que defina as paredes do edifício.

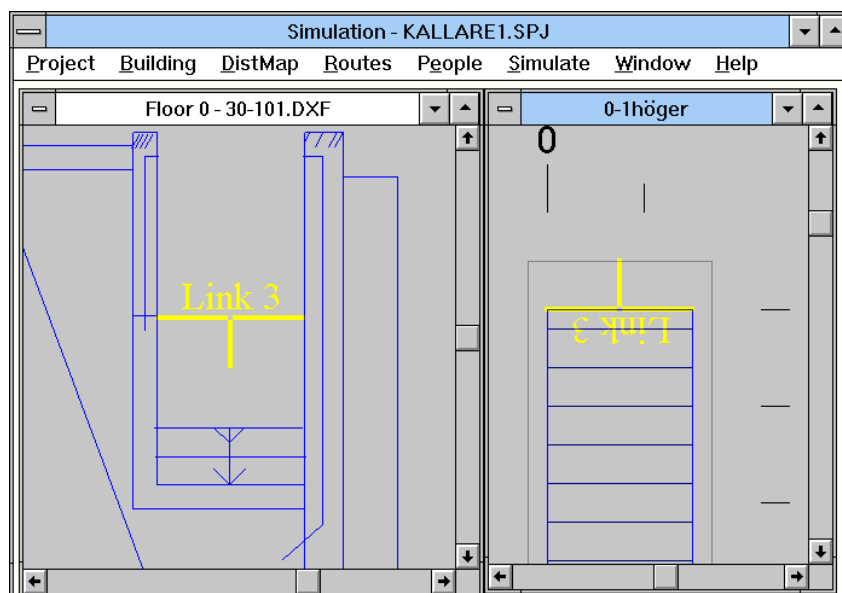


Fig.3.4 – Exemplo de um *link* colocado no piso e na caixa de escadas

As ligações podem ser editadas ou eliminadas em qualquer altura. Deve manter-se um mínimo de 0,5 metros de espaço livre a montante e jusante de cada ligação, tanto nos pisos como nas escadas, de maneira a assegurar que não haja problemas quando uma pessoa atravessa uma ligação.

O programa permite a criação de um máximo de 100 ligações e de 100 escadas.

3.3.6. CÁLCULO DO MAPA DE DISTÂNCIA

O "mapa de distância" consiste numa malha de blocos de 0,2 por 0,2 m, que é usada para representar o espaço do edifício. O valor numérico atribuído a cada bloco é igual à distância a percorrer, desde esse bloco até à saída do edifício. O Simulex é capaz de calcular um mapa de distância quando pelo menos uma saída tenha sido definida para um edifício.

Os mapas de distância são usados pelo programa para orientar os ocupantes até a saída mais próxima disponível. Os mapas têm que ser calculados pelo programa antes de se iniciar a simulação. Podem ser criados diferentes mapas de distância (num máximo de 10), com diferentes saídas permitidas, para diferentes ocupantes do edifício.

Esta função permite ao utilizador atribuir um destino final de saída para os ocupantes, que não seja necessariamente o mais próximo.

Quando todas as escadas e saídas se encontram nas suas posições definitivas, o mapa de distância respectivo pode ser calculado, com a função *DistMap > Calculate*. O Comando *Display* permite a visualização de bandas coloridas em que cada banda corresponde a um incremento de 1 m de distância até à respectiva saída. Na Fig.3.5 mostra-se um exemplo de um mapa de distância.

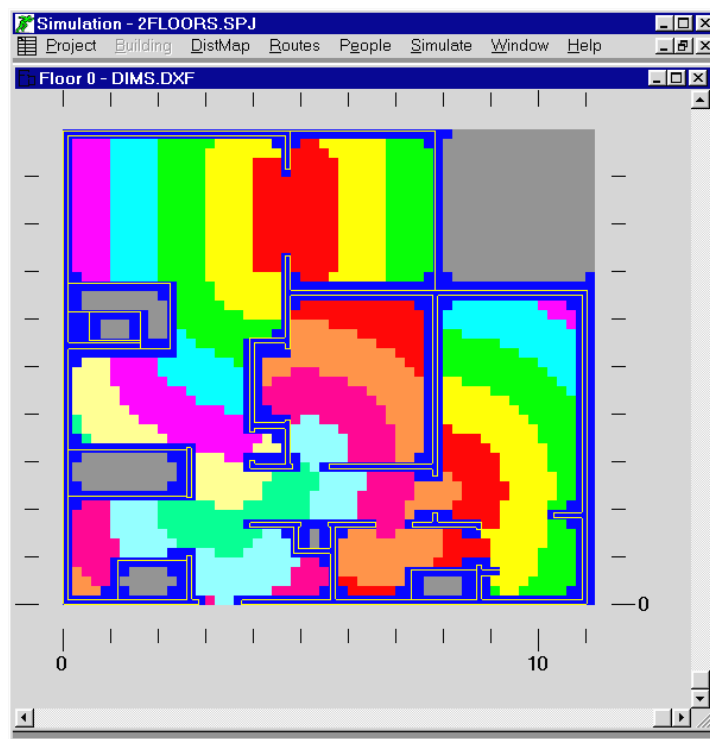


Fig.3.5 – Exemplo de um mapa de distância de um piso

O mapa de distância padrão, que é o mapa por defeito, deve ser sempre calculado, mesmo que nunca seja utilizado. Outros mapas de distância podem ser definidos no âmbito do programa de configuração, tendo outras saídas disponíveis para efectuar as simulações. Sempre que um edifício é alterado em qualquer uma das suas saídas, ligações, escadas, ou em qualquer um dos seus pisos, então cada mapa de distância tem de ser recalculado.

3.3.7. DEFINIÇÃO DOS OCUPANTES

Após terem sido calculados os mapas de distância pretendidos, os ocupantes podem ser definidos e posicionados no edifício. Os ocupantes podem ser adicionados um por um, ou como um grupo. Os comandos disponíveis estão localizados no menu: *People*.

Em primeiro lugar, as características dos ocupantes são definidas no item do menu: *People > Characteristics*. Estas características são válidas para todos os ocupantes até que novas características sejam entretanto definidas. Na caixa de diálogo, o tipo de ocupantes é definido. Essa definição vai afectar o tamanho e a distribuição dos ocupantes e as suas velocidades máximas individuais. Também é possível definir o mapa de distância que os ocupantes terão que seguir. Todos os mapas disponíveis são exibidas, mesmo se não forem calculados. Se for iniciada uma simulação de uma evacuação sem ter sido previamente calculado o respectivo mapa de distância, o programa vai responder com um erro.

Os tempos de resposta dos ocupantes antes de iniciarem o seu percurso de evacuação também são definidos no menu *Characteristics*. Esses tempos são definidos por um valor médio, e os desvios dessa

média. Os desvios serão processados de acordo com uma das três distribuições seleccionáveis pelo utilizador, nomeadamente, uniforme, triangular ou normal. Se, por exemplo, o tempo de resposta for escolhido aleatoriamente no intervalo de 60 a 80 segundos, a média é de 70 segundos, o desvio é de 10 segundos, e a distribuição "aleatória". Os tempos de resposta são afectados da mesma maneira tanto para um grupo, como para uma única pessoa. As características que forem definidas na caixa de diálogo *Characteristics for new people* serão aplicadas a todas as pessoas adicionadas posteriormente, até que sejam novamente alteradas essas características. Na Fig.3.6 pode ver-se a janela *Characteristics for new people*.

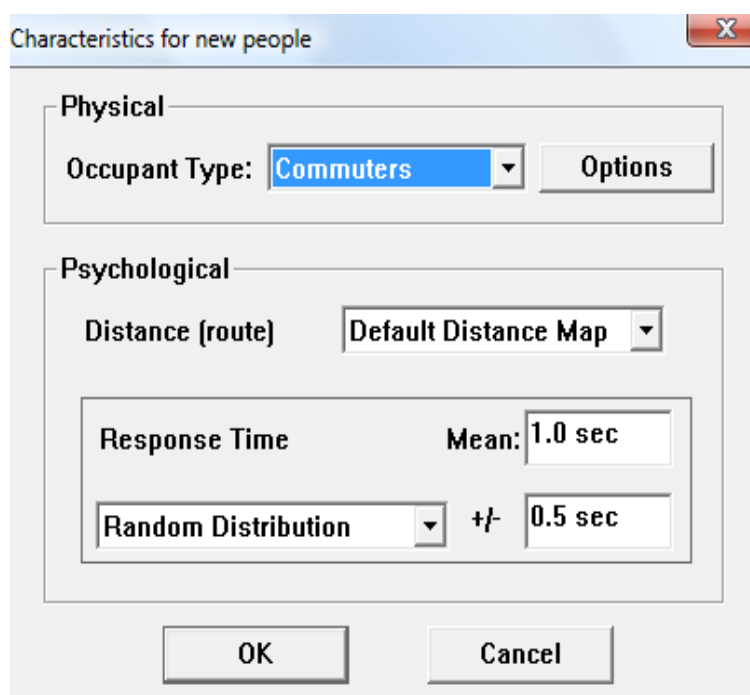


Fig.3.6 – Janela de definição das características dos ocupantes

Uma pessoa é adicionada individualmente a partir do item do menu: *People > Single Person*. Os ocupantes só podem ser localizados em áreas abrangidas por um mapa de distância. Caso contrário, uma mensagem de erro será exibida.

Um grupo de ocupantes é adicionado a partir do item: *People > Group People*. Define-se uma área poligonal directamente no local pretendido, e de seguida determina-se o número de ocupantes dentro dessa área ou a sua densidade, e com base nessa informação o programa irá distribuir as pessoas dentro da área do polígono.

Da mesma forma, é possível eliminar ou editar as características de um grupo de pessoas numa determinada área, ou de certos ocupantes individualmente. Na Fig.3.7 pode ver-se a janela de definição de um novo grupo de ocupantes.

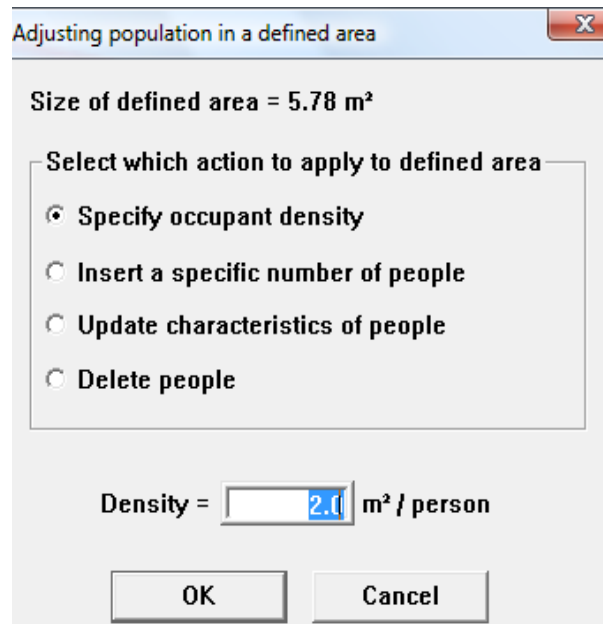


Fig.3.7 – Janela de definição de um grupo de ocupantes

Depois de inserir os ocupantes do grupo, por exemplo com base na densidade de pessoas por m², os ocupantes são distribuídos dentro da área poligonal, conforme mostra a Fig.3.8. Neste exemplo foi determinado uma área de 2 m² por ocupante.

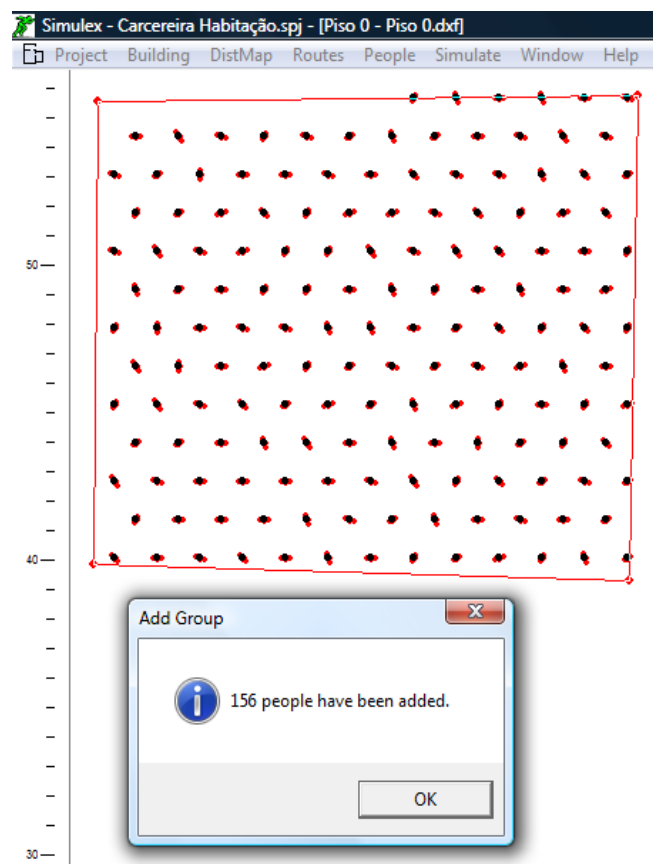


Fig.3.8 – Exemplo de distribuição de ocupantes numa área poligonal

No Simulex o corpo de cada pessoa é representado em planta matematicamente como sendo três círculos. A Fig.3.9 abaixo, ilustra o tronco central, que é um círculo de raio $R(t)$, e os 2 círculos dos ombros, de raio $R(s)$. O comprimento entre o centro dos círculos dos ombros e o centro do círculo do tronco é de S metros.

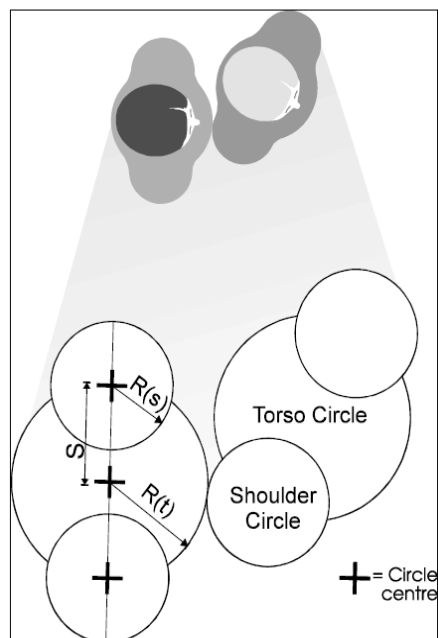


Fig.3.9 – Definição de um corpo segundo o Simulex

O Simulex considera 4 tipos diferentes de corpos para os ocupantes, e cujas dimensões se apresentam no Quadro 3.11.

Quadro 3.11 – Dimensões dos diferentes tipos de corpo

Tipo de corpo	$R(t)$	$R(s)$	S
Médio	0,25	0,15	0,10
Homem	0,27	0,17	0,11
Mulher	0,24	0,14	0,09
Criança	0,21	0,12	0,07

Quando se adiciona um grupo de ocupantes, o tipo de ocupação que se escolhe determina a distribuição dos tamanhos dos corpos que são atribuídos aos indivíduos do grupo. A distribuição percentual dos diferentes tipos de corpos para os diferentes tipos de grupos de ocupantes é apresentada no Quadro 3.12.

Quadro 3.12 – Distribuição dos tipos de corpos por tipo de grupo de ocupantes

Tipo de ocupante	% Médio	% Homem	% Mulher	% Criança
Pessoal de escritório	30	40	30	0
Moradores	30	30	30	10
Clientes de centros comerciais	30	20	30	20
Escola de crianças	10	10	10	70
Idosos	50	20	30	0
Todos homens	0	100	0	0
Todas mulheres	0	0	100	0
Todas crianças	0	0	0	100

No menu *Routes*, o Simulex permite aceder a duas funções que permitem observar, antes de efectuar a simulação completa, os percursos de evacuação a partir de um determinado ponto. Assim, a função *Most Remote* permite visualizar o percurso de evacuação do ocupante que se encontra à maior distância da saída, e exibir essa mesma distância na janela de informação. O comando *Test Position* permite quanto a ele seleccionar qualquer local no edifício, e ver uma pessoa caminhar desde esse local até a saída mais próxima do mapa de distância seleccionado. A distância percorrida também é exibida na janela de informação.

3.3.8. PRINCÍPIOS DO PROGRAMA

O Simulex tem uma série de princípios sobre a geometria da evacuação e o movimento individual:

- Cada indivíduo dirige-se para uma saída, tomando uma direcção perpendicular aos contornos definidos, para o mapa de distância escolhido;
- O Simulex permite aos ocupantes ultrapassar, a rotação do seu corpo, o andamento em diagonal e efectuar pequenos passos para trás;
- A velocidade normal andando livremente, varia para cada pessoa, no intervalo entre 0,8 e 1,7 m/s;
- A velocidade de andamento de cada indivíduo é dependente da distância linear (proximidade) em relação as pessoas à sua frente. Uma pessoa a frente de outra vai reduzir a velocidade dessa pessoa, como é mostrado na Fig.3.10. A distância entre duas pessoas é definida como sendo a distância entre os centros dos seus corpos respectivos;
- A velocidade ao descer escadas é reduzida 0,5 vezes em comparação com a velocidade em superfícies horizontais;
- A velocidade ascendente em escadas é reduzida para 0,35 vezes a velocidade horizontal.

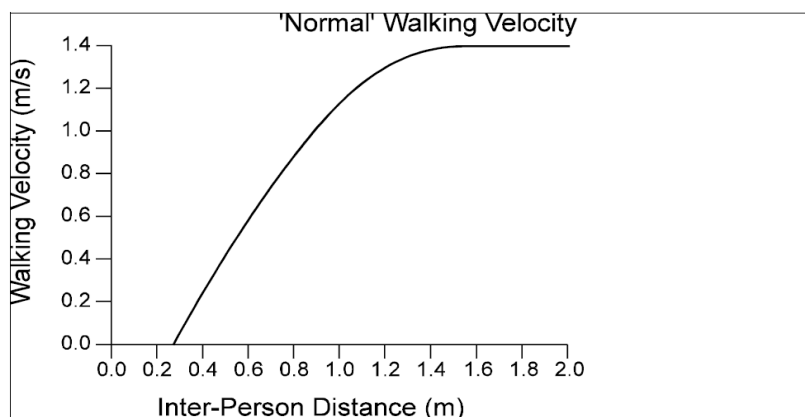


Fig.3.10 – Relação entre a velocidade de andamento e a distância entre 2 pessoas

3.3.9. SIMULAÇÃO

A simulação pode ser iniciada depois de todas as pessoas terem sido definidas e colocadas, e depois de gravar o projecto.

A simulação é iniciada no item do menu: *Simulate > Begin*. Antes do início da simulação existe a possibilidade de a mesma ser gravada para posterior visualização. Esta funcionalidade é muito importante para poder reanalisar a simulação, mais em pormenor, e alternadamente em diferentes locais que se julguem de maior interesse. Estes arquivos podem atingir dimensões significativas, dependendo do tamanho da população e do tempo de evacuação. A simulação de um grande número de pessoas pode demorar muito tempo.

Durante a simulação, o programa permite visualizar a circulação das pessoas dirigindo-se para as saídas, em imagens de 0,1 segundos de intervalo, em cada janela de piso ou de escada. O número de pessoas restantes e o tempo de simulação decorrido, são actualizados na janela de informação (*Information Window*) a cada 0,1 segundo. Durante o cálculo do tempo de evacuação, a simulação não se processa em tempo real. Isso apenas é permitido para a visualização de uma simulação previamente processada e gravada.

O tempo de resposta do programa poderá desacelerar se muitas pessoas estiverem a ser modeladas. Quando a simulação termina o tempo de evacuação total é apresentado, e o programa permite então gravar um arquivo no formato “.txt” que contém os dados básicos da simulação, como o número de pessoas em cada andar, o número de saídas, bem como os resultados da evacuação. A reprodução da simulação pode ser realizada, escolhendo o comando *Simulate > Playback*. A reprodução será em tempo real. Também é possível reproduzir o arquivo imagem a imagem, visualizar para a frente ou para trás no tempo, e fazer pausa.

Para cada projecto está disponível a janela de informação (*Information Window*) que exhibe os dados mais relevantes da simulação. As informações exibidas na janela dependem do piso ou da escada que estiverem a ser visualizados naquele momento. A parte superior da janela exhibe informações gerais sobre a simulação, tais como o número de pisos e de pessoas. A parte inferior contém informação relevante para a janela activa, tais como o tamanho do piso ou da escada, as ligações e as saídas.

Na janela de informação, durante a simulação ou uma reprodução da mesma, é dada a informação sobre o número de pessoas que ainda não evacuaram o edifício e o tempo decorrido da evacuação em curso. A Fig.3.11 mostra um exemplo de uma janela de informação.

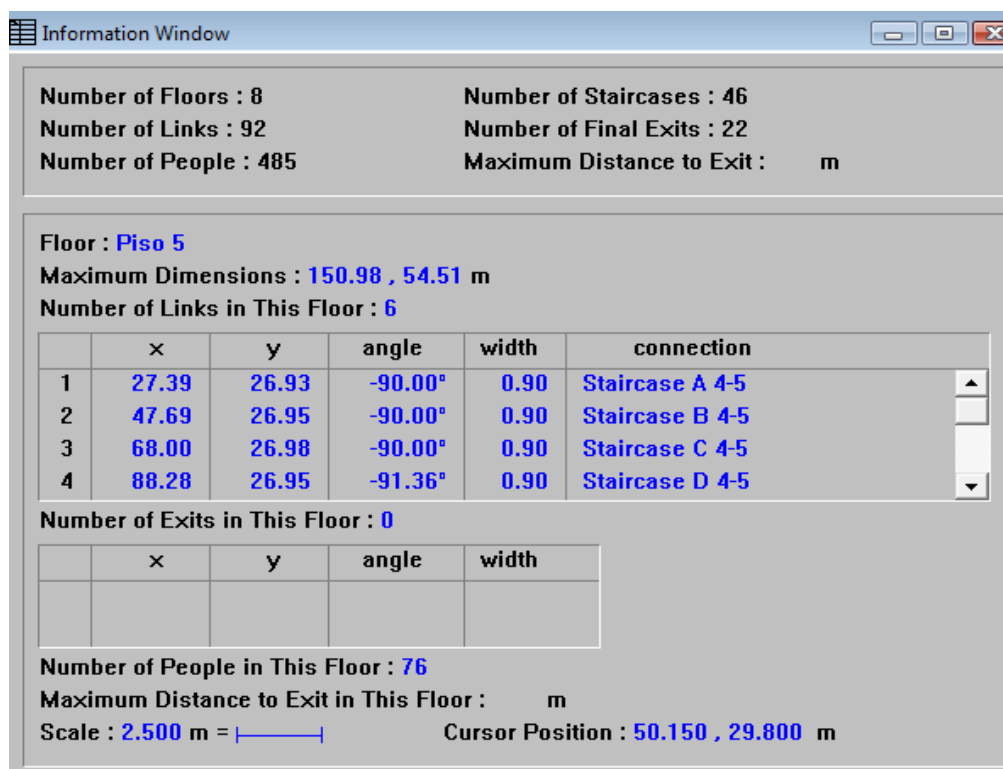


Fig.3.11 – Exemplo da janela de informação

Se apenas o mapa de distância padrão (*default distance map*) for considerado, os ocupantes dirigem-se sempre para a saída mais próxima. Em certas situações, num cenário mais realista, certas pessoas podem ter que evitar certas saídas, ou desconhecer certas saídas, e em vez disso por exemplo deixar o prédio pelo mesmo caminho que entraram.

Para poder escolher as rotas que os ocupantes podem seguir, o Simulex permite criar e gravar até 10 mapas de distância. A forma comum de utilização deste mecanismo é definir em primeiro lugar o mapa de distância padrão que utiliza todas as saídas e, em seguida, criar outros mapas, com cada um a permitir utilizar apenas uma parte dessas saídas. Cada ocupante ou grupo de ocupantes poderá ter um mapa de distância específico.

4

DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO

4.1. INTRODUÇÃO

O edifício deste estudo é um edifício de habitação e estacionamento, localizado no Porto, que integra o complexo habitacional da Carcereira, da autoria do conceituado arquitecto Álvaro Siza Vieira.

A utilização-tipo habitação, apesar de não receber muitas pessoas para além dos moradores do edifício, não pode ser desprezada em termos de segurança contra incêndio, pois muitas das mortes devido a incêndio ocorre em habitações

O edifício é constituído por 8 pisos, sendo 6 pisos de habitação (pisos 0 a 5) e 2 pisos de estacionamento subterrâneos (pisos -2 e -1).

Os pisos de estacionamento são ligados entre si por uma rampa para veículos e 8 caixas de escadas. O piso -1 liga directamente ao exterior por uma rampa e uma caixa de escadas localizada junto à mesma.

As restantes 7 caixas de escadas ligam ao piso 0, mas são independentes das 6 outras que ligam os pisos de habitação entre si, e que servem cada uma das 6 fracções de habitação. O edifício possui 71 fogos.

4.2. LOCALIZAÇÃO

4.2.1 ENQUADRAMENTO DO EDIFÍCIO

O edifício situa-se no Porto, junto da casa de saúde da Boavista. É servido por boas vias de comunicação, localiza-se muito próximo da via de cintura interna, que tem acesso rápido a auto-estradas. Possui ainda uma paragem de metro na sua proximidade. Nas Fig.4.1 e 4.2 pode ser observado o enquadramento do edifício.

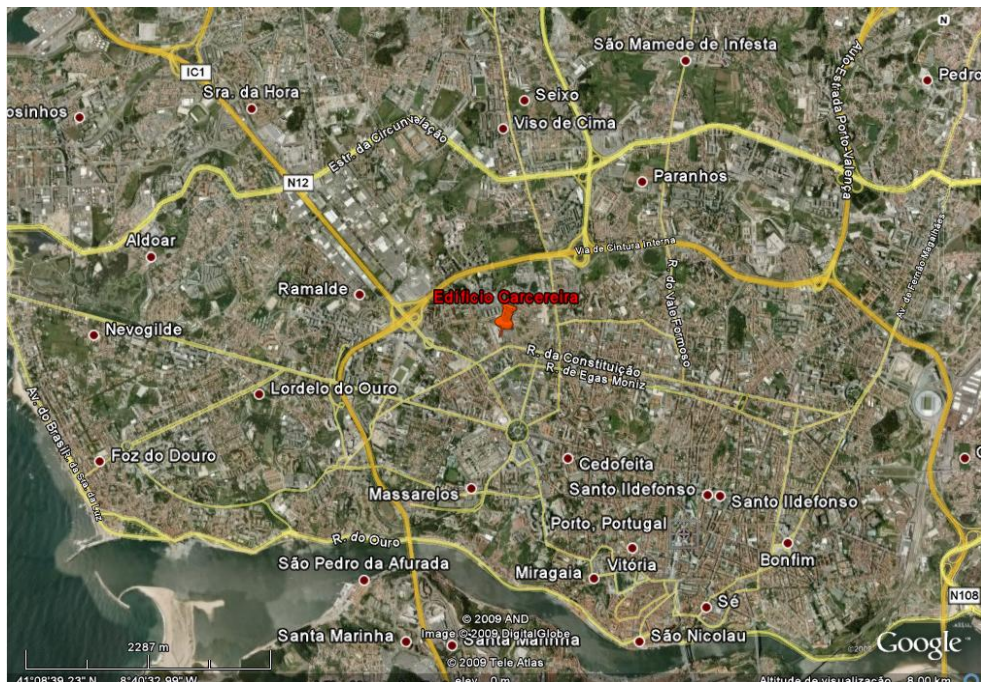


Fig.4.1 – Enquadramento do Edifício da Carcereira na cidade do Porto

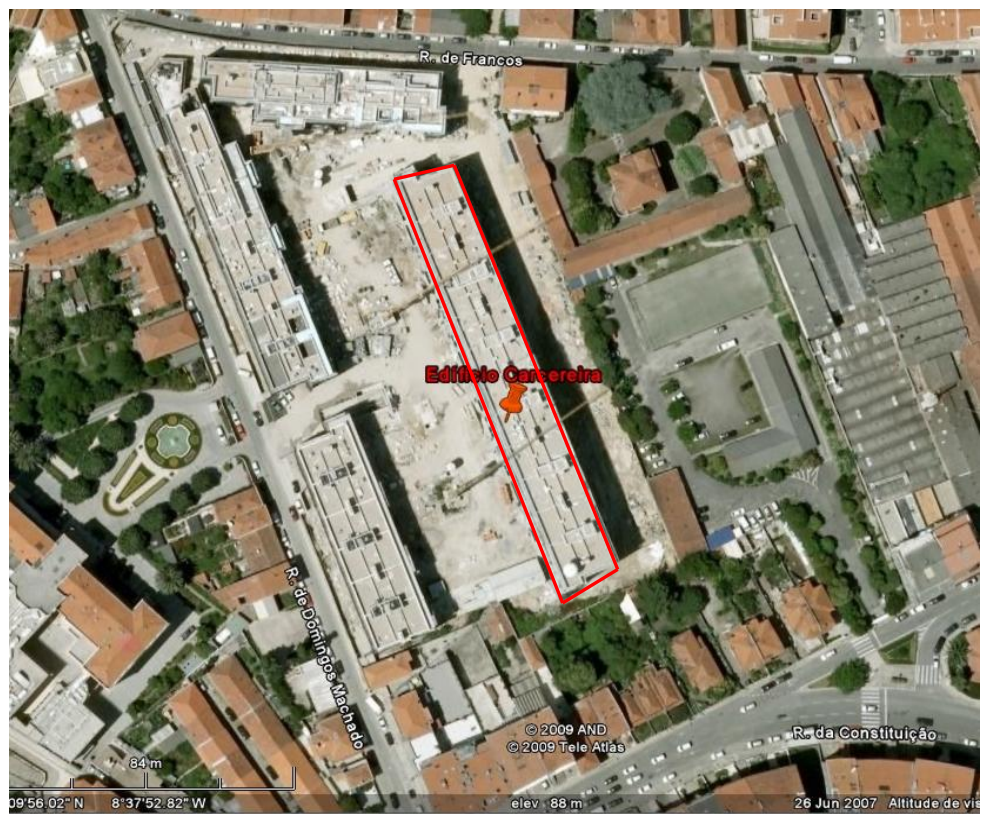


Fig.4.2 – Enquadramento do Edifício dentro da zona habitacional

4.2.2. PROXIMIDADE DOS MEIOS DE SOCORRO A INCÊNDIO

É importante para o edifício a sua proximidade em relação aos postos de bombeiros. No Quadro 4.1 são apresentados os quartéis de bombeiros mais próximos do edifício em estudo.

Quadro 4.1 – Distância dos quartéis de bombeiros mais próximos do edifício

Nome	Distância [km]	Tempo de acesso de carro [min]
Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto	2,2	5
Bombeiros Voluntários Portuenses	3,4	6
Bombeiros Voluntários Da Areosa	4,4	11
Bombeiros Voluntários De Leça Do Balio	6,5	10
Bombeiros Voluntários De Pedrouços	6,9	14
Bombeiros Voluntários De Coimbrões	7,3	10
Bombeiros Municipais De Vila Nova Gaia	9,6	11

Compreende-se que existem alguns corpos de intervenção próximos, nomeadamente o Batalhão de Sapadores Bombeiros do Porto, que fica situado a somente 2,2 km e 5 minutos (de carro, pelo que este valor será ainda mais reduzido para um corpo de intervenção), e que tem a vantagem de ser o corpo de intervenção profissional da cidade. Na Fig.4.3 é ilustrado o trajecto a percorrer entre o batalhão (A) e o edifício em estudo (B).

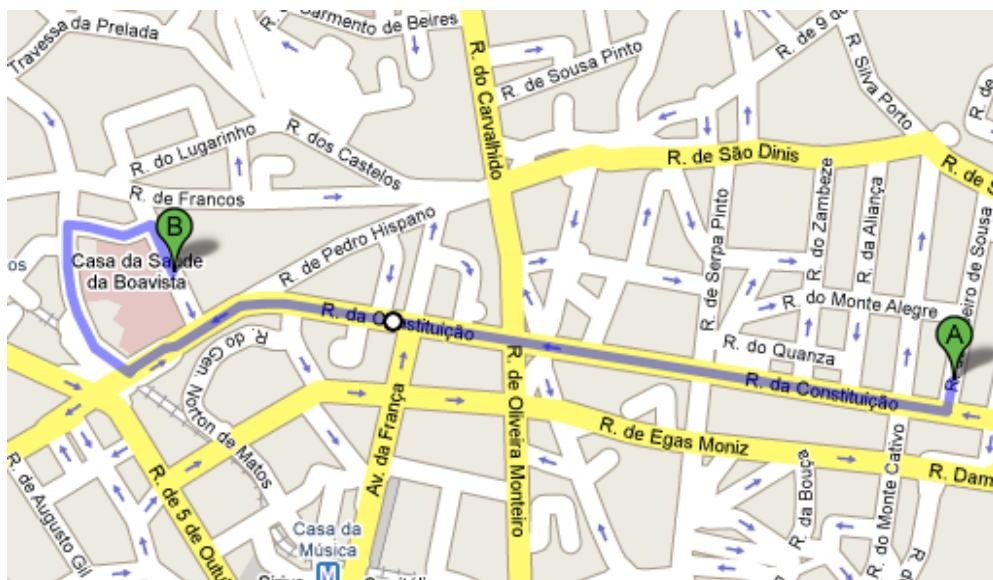


Fig.4.3 – Trajecto entre as instalações do Batalhão de Sapadores do Porto e o edifício em estudo

4.3. CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O corpo do edifício tem dimensões de $117,2 \times 17,2$ m. As características significativas são apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Algumas das principais características do edifício

Descrição	Valor
Área de implantação [m ²]	3175,30
Área útil total do edifício [m ²]	11.352,90
Área útil total de habitação [m ²]	6.574,79
Área bruta total dos estacionamentos [m ²]	6.111,90
Altura do edifício [m]	17,25
Altura da utilização-tipo habitação [m]	17,25
Cota do plano de referência [m]	24,99

O edifício tem 5 configurações de pisos diferentes, nomeadamente o piso -2, o piso -1, o piso 0, os pisos 1 a 4, e o piso 5. Nas Fig.4.4 apresentam-se um corte transversal e um corte longitudinal do edifício para uma fracção tipo. Nas Fig.4.5 a 4,7 apresentam-se as plantas para as diferentes configurações. Para os estacionamentos, e para os pisos 1 a 5, visto serem praticamente semelhantes os pisos da mesma utilização-tipo, apresenta-se apenas a planta do piso -1 e a planta dos pisos 1 a 4, respectivamente. O edifício tem 6 saídas principais e 16 saídas secundárias para o exterior, todas no piso 0. Na planta do piso 0 indicam-se as saídas do edifício.

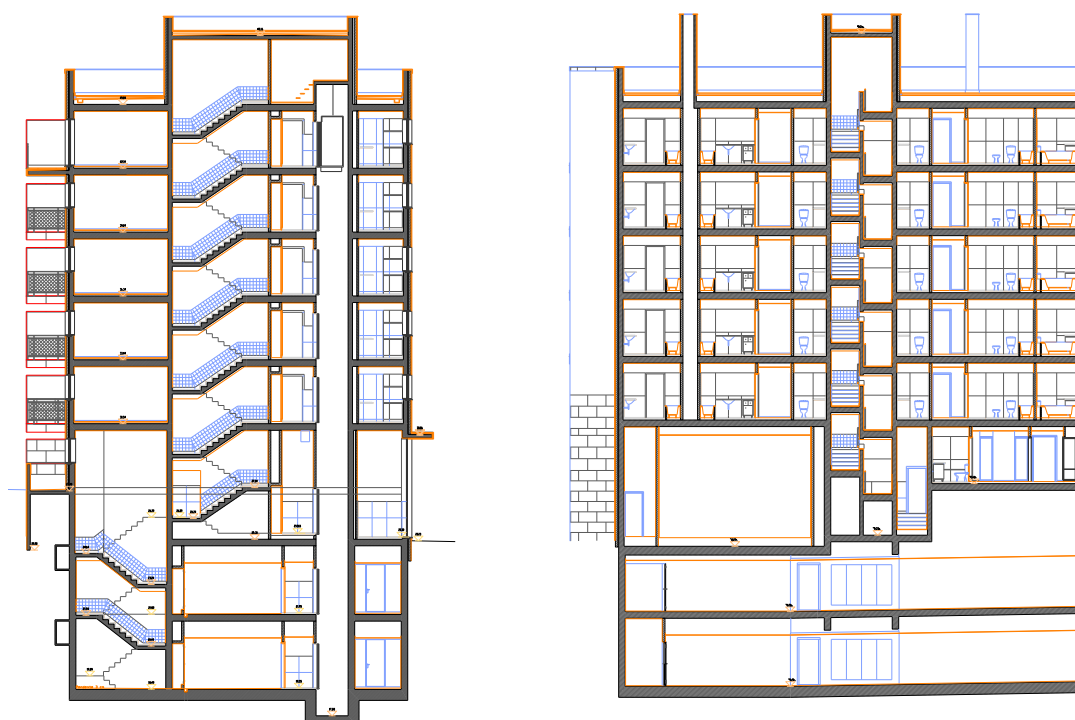


Fig.4.4 – Corte transversal (vista para norte) e corte longitudinal (vista para poente) da fracção F

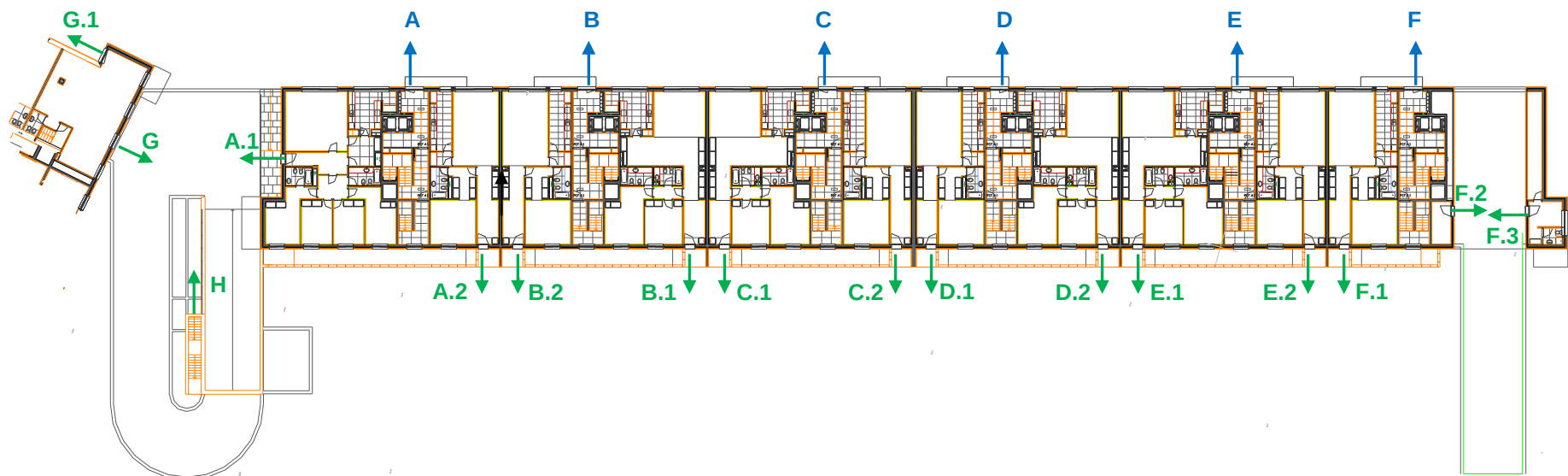


Fig.4.5 – Piso 0 e as 22 saídas do edifício

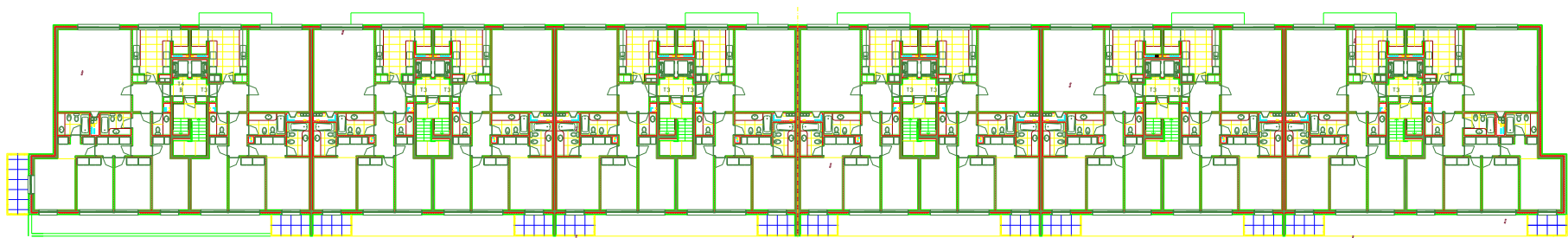


Fig.4.6 – Pisos 1 a 5 (o piso 5 possui terraços em todo o comprimento da fachada)

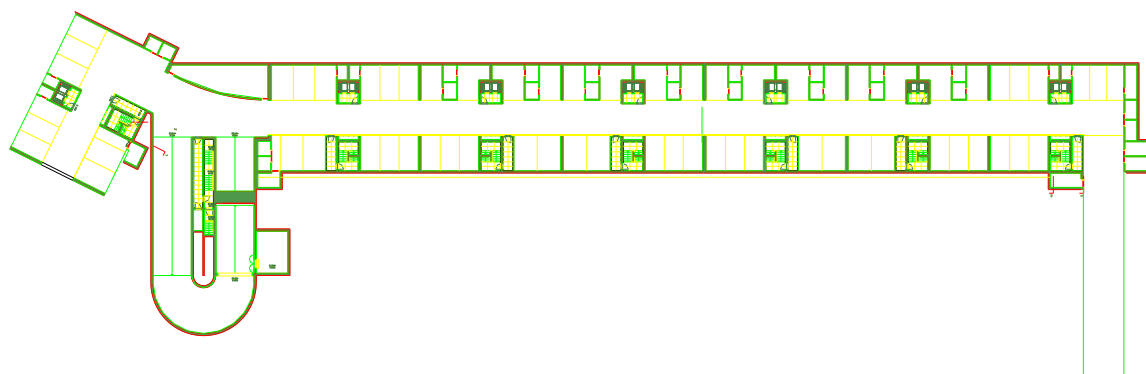


Fig.4.7 – Planta do piso -1

4.4. TIPOLOGIA DOS APARTAMENTOS

O edifício tem 5 tipologias diferentes de apartamentos, nomeadamente T1, T2 e T4 no piso 0, e T3 e T4B nos pisos 1 a 5. No Quadro 4.6 apresenta-se as áreas úteis de cada apartamento. Nas Fig.4.8 a 4.12 são apresentadas as plantas das diferentes tipologias.

Quadro 4.3 – Áreas úteis e quantidades das diferentes tipologias

Tipologia	Quantidade	Área útil [m ²]
T1	6	63,9
T2	4	89,9
T3	50	92,9
T4	1	105,8
T4B	10	108,2

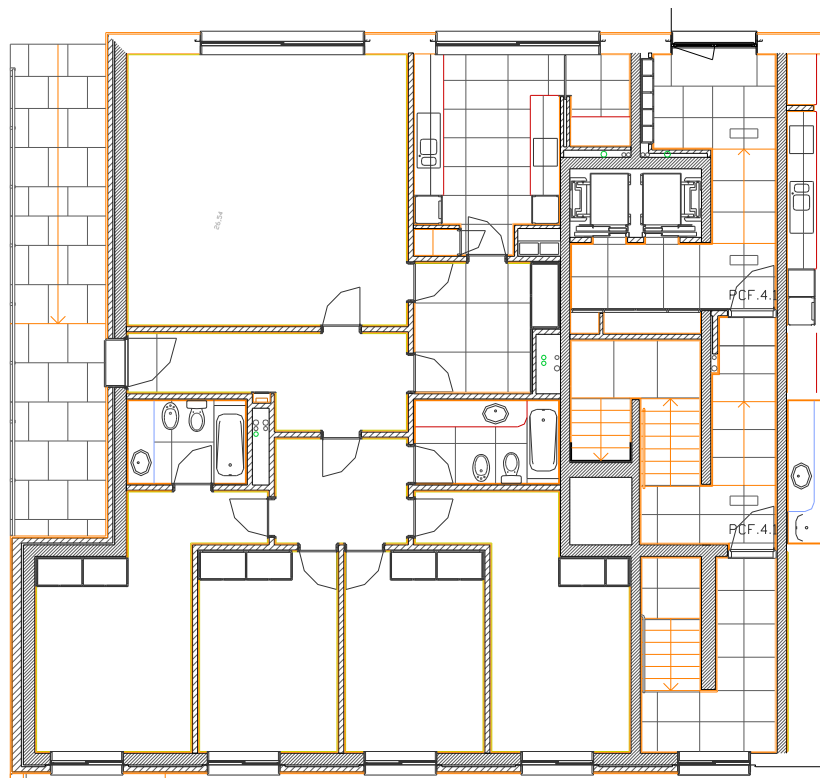


Fig.4.8 – Tipologia T4 no piso 0

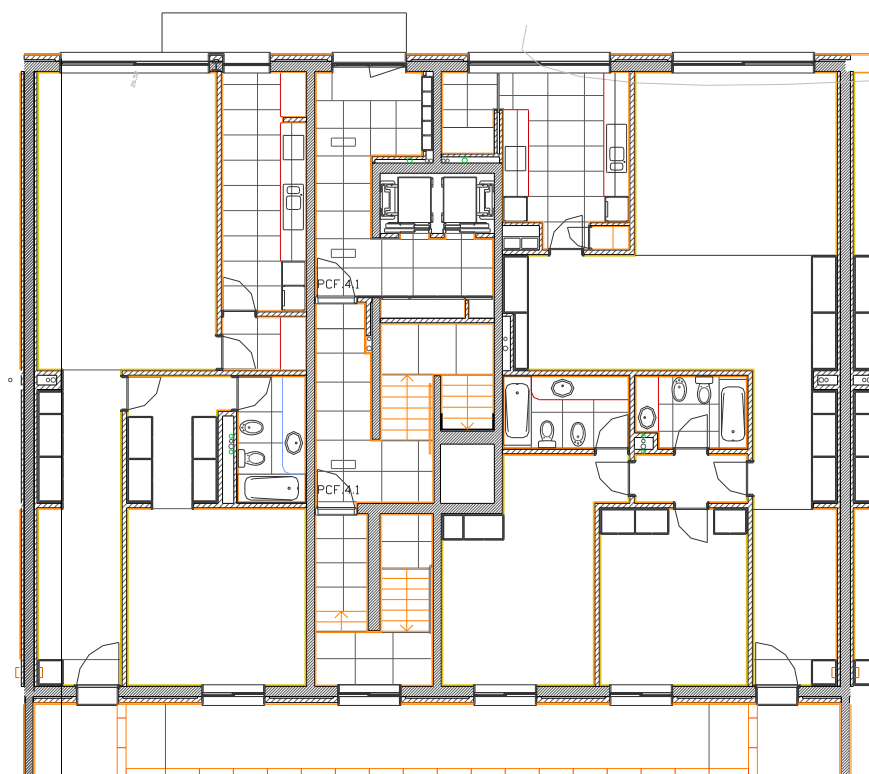


Fig.4.9 – Tipologia T1 e T2 no piso 0

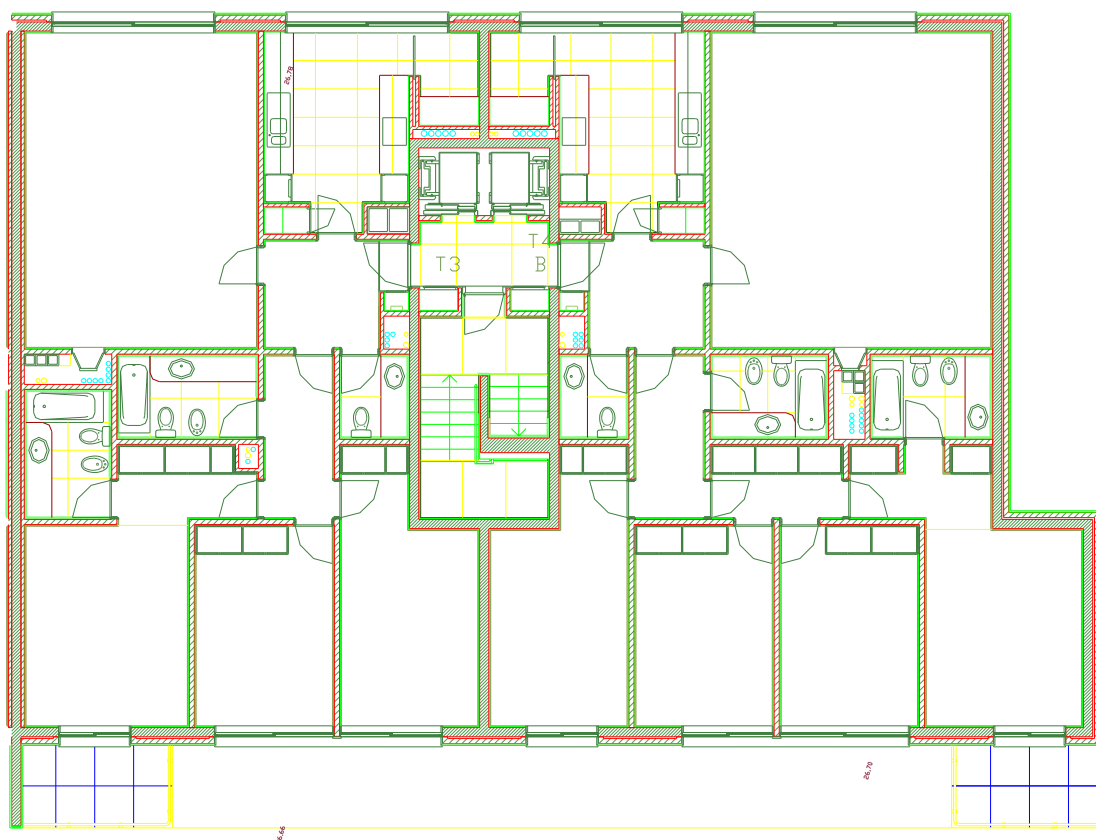


Fig.4.10 – Tipologia T3 e T4 nos pisos 1 a 5

4.5. REGISTO FOTOGRÁFICO DO EDIFÍCIO

De seguida apresentam-se algumas fotografias do edifício.



Fig.4.11 – Vista do alçado poente e do alçado lateral norte



Fig.4.12 – Vista do alçado nascente

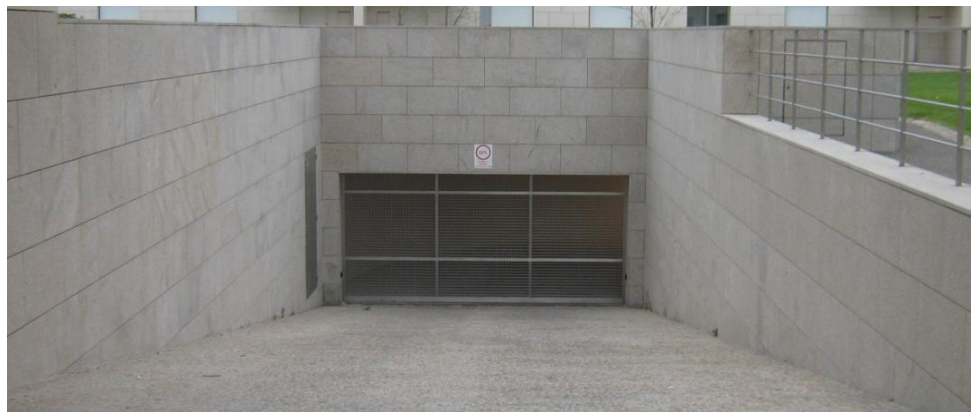


Fig.4.13 – Rampa exterior de acesso aos estacionamento



Fig.4.14 – Escadas de ligação directa entre os estacionamento e o exterior

5

APLICAÇÃO DOS MÉTODOS

5.1. APLICAÇÃO DA REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA

Este ponto consiste em avaliar as condições de evacuação, efectuando uma análise concreta sobre o conjunto do edifício, aplicando a regulamentação portuguesa em vigor, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro e a Portaria nº1532/2008, de 29 de Dezembro.

5.1.1. DECRETO-LEI Nº 220/2008

Em primeiro lugar, importa efectuar a caracterização do edifício com base no Decreto-Lei nº 220/2008. De acordo com o Artigo 8.º, o edifício em análise é de utilização mista, sendo que os pisos 0 a 5 correspondem à utilização-tipo I «Habitacionais», e os pisos -2 e -1 à utilização-tipo II «Estacionamentos»:

- Piso 0 a 5: Utilização-tipo I «Habitacionais»;
- Piso -2 e -1: Utilização-tipo II «Estacionamentos».

No que diz respeito à classificação em locais de risco (Artigo 9.º), os espaços interiores de cada fogo, bem como as vias verticais e horizontais de evacuação não são classificados. Nos dois pisos de estacionamento cobertos, os locais com áreas compreendidas entre 50 m² e 200 m² são considerados de risco C.

Para determinar a categoria de risco de cada utilização-tipo, e do edifício, efectua-se a análise respectiva, segundo os Artigos 12.º e 13.º.

Para a utilização-tipo I, tem-se:

- Altura da UT I = $17,25 \text{ m} \leq 28 \text{ m}$, logo 2ª categoria de risco;
- Número de pisos ocupados pela UT I abaixo do plano de referência = $0 \leq 1$, logo 1ª categoria.

A categoria de risco da utilização-tipo I é a mais baixa que satisfaça integralmente os diferentes critérios, o que neste caso corresponde à 2ª categoria de risco: risco moderado.

Para a utilização-tipo II, tem-se:

- Ao ar livre: não;
- Área bruta ocupada pela UT II = $6115,9 \text{ m}^2 \leq 9600 \text{ m}^2$, logo 2ª categoria;
- Número de pisos ocupados pela UT II abaixo do plano de referência = 2, logo 2ª categoria de risco.

A categoria de risco da utilização-tipo II é a mais baixa que satisfaça integralmente os diferentes critérios, o que neste caso corresponde à 2ª categoria de risco: risco moderado.

A categoria de risco do edifício é a maior de cada uma das suas utilizações-tipo, o que resulta na 2ª categoria de risco.

Sendo assim, tem-se:

Pisos 0 a 6: Utilização-tipo I – Habitacionais, da 2ª categoria de risco;

Pisos -2 e -1: Utilização-tipo II – Estacionamentos, da 2ª categoria de risco;

Conjunto do edifício: Utilização mista, da 2ª categoria de risco.

5.1.2. PORTARIA Nº 1532/2008

No seguimento do ponto anterior, importa efectuar a análise das condições de evacuação de acordo com a Portaria nº1532/2008, de 29 de Dezembro.

Artigos mais relevantes do Título II da Portaria – Condições exteriores comuns:

- Artigo 3.º - Critérios de segurança

O Edifício cumpre este artigo nos seus diversos pontos relevantes em termos de evacuação, nas suas vias de acesso, adequadas a veículos de socorro com ligação a rede viária pública, e na sua localização e implantação na malha urbana.

- Artigo 5.º - Vias de acesso a edifícios com altura superior a 9m

O edifício cumpre os requisitos relacionados com as características das vias, os traçados em impasse, e as distâncias à fachada.

- Artigo 6.º - Acessibilidade das fachadas

As fachadas possuem pontos de penetração de acordo com o número mínimo exigido, e as suas características geométricas cumprem os requisitos todos.

- Artigo 10.º - Coberturas

O edifício possui acessos as coberturas a partir de circulações verticais comuns, de acordo com o exigido.

Artigos mais relevantes do Título III da Portaria – Condições Gerais de Comportamento ao Fogo, Isolamento e Protecção:

- Artigo 14.º - Critérios de segurança

De acordo com as exigências, o edifício possui um número de compartimentos corta-fogo necessários e suficientes para garantir a protecção e impedir a propagação de incêndios. As utilizações-tipo e as vias de evacuação interiores protegidas, constituem compartimentos corta-fogo independentes.

- Artigo 17.º - Coexistência entre utilizações-tipo distintas

A coexistência entre as utilizações-tipo do edifício é permitida desde que cumprem os requisitos de isolamento e protecção.

- Artigo 18.º - Compartimentação geral corta-fogo

As áreas máximas de compartimentação corta-fogo de cada utilização-tipo não ultrapassa os valores máximos permitidos, para a UT I tem-se $222,4 \text{ m}^2 \leq 1600 \text{ m}^2$, e para a UT II tem-se $3073,8 \text{ m}^2 \leq 3200 \text{ m}^2$.

O Título IV - Condições gerais de evacuação, a seguir tratado, assume particular relevância.

O efectivo do edifício pode ser calculado a partir do Artigo 51.º, e visto que não está definida a ocupação para edifícios da utilização-tipo I e II, a mesma tem que ser fundamentada pelo autor do projecto. Sendo assim, considerou-se o efectivo de cada apartamento como sendo igual a dobro dos quartos disponíveis, e para a zona de estacionamento, um número realista de pessoas tendo em conta a simultaneidade da ocupação das habitações pelas mesmas. O efectivo do edifício é a soma de todos os seus efectivos parciais. Neste caso é igual a 485 pessoas.

De maneira a clarificar a análise do cumprimento da legislação relativa ao dimensionamento dos caminhos de evacuação e saídas do edifício, é necessário primeiro compreender e definir o edifício, em termos das áreas de influência das suas saídas de evacuação.

O edifício possui 6 saídas principais, A, B, C, D, E, e F, que servem os efectivos mais numerosos, de 68 a 83 pessoas. Existem ainda 16 saídas secundárias, G, G.1, H, A.1, A.2, B.1, B.2, C.1, C.2, D.1, D.2, E.1, E.2, F.1, F.2, e F.3, respectivamente, que servem efectivos bastante mais reduzidos, iguais ou inferiores a 8 pessoas cada.

As saídas principais A a F servem efectivos em proporções bastante semelhantes, e isso resulta da configuração do edifício. Cada uma dessas 6 saídas serve, respectivamente, uma das 6 caixas de escadas que ligam o piso 0 aos pisos 1 a 5, e consequentemente 2 apartamentos em cada piso de 1 a 5. As áreas de influência de cada saída A a F, para os pisos 1 a 4 (os pisos são semelhantes) e 5 podem ser vistas nas Fig.5.1 e 5.2, respectivamente.

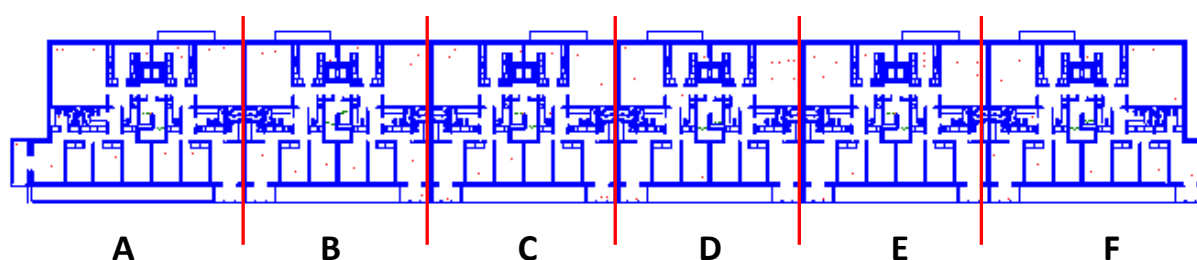


Fig.5.1 – Áreas de influência por fracção Pisos 1 a 4

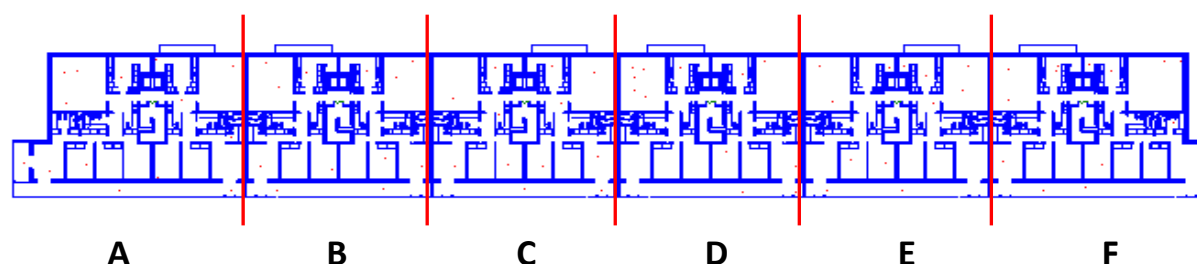


Fig.5.2 – Áreas de influência por fracção Piso 5

As saídas A a F servem também os 2 pisos de estacionamento, em áreas de influência igualmente repartidas por saída, às quais se somam ainda as saídas G, G.1 e H que servem exclusivamente os estacionamentos. As áreas de influência dos pisos -2 e -1, são apresentadas nas Fig.5.3, e 5.4, respectivamente.

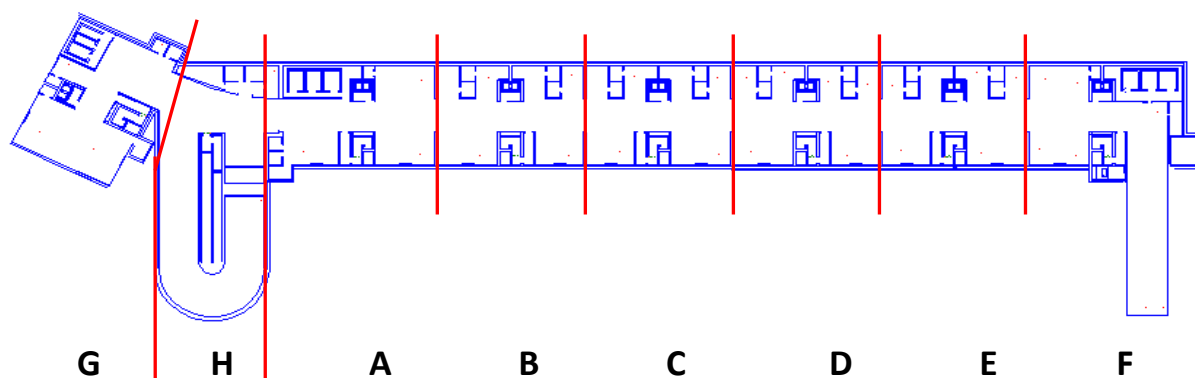


Fig.5.3 – Áreas de influência por fracção Piso -2

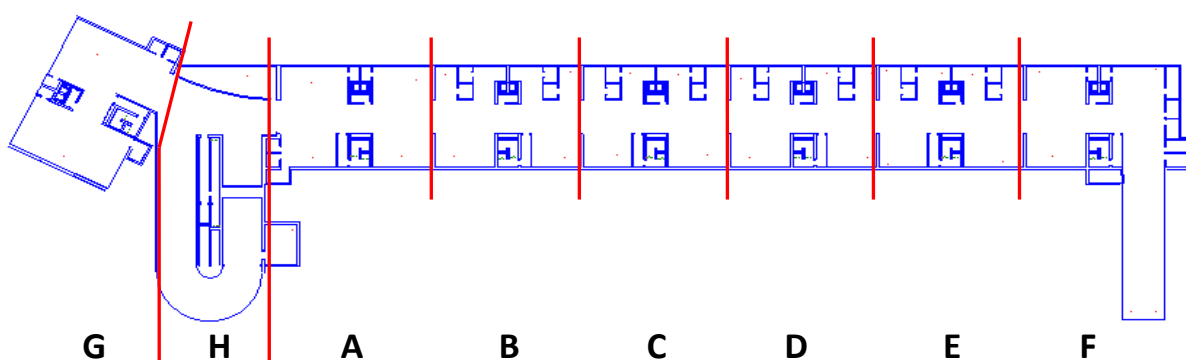


Fig.5.4 – Áreas de influência por fracção Piso -1

Os apartamentos do piso 0 têm saídas independentes, A.1, A.2, B.1, B.2, C.1, C.2, D.1, D.2, E.1, E.2, F.1 nas fachadas laterais e na fachada poente (para baixo na planta). As saídas principais situam-se todas na fachada nascente. As saídas F.2, e F.3, servem as portarias. As áreas de influência do piso 0 são apresentadas na Fig.5.5.

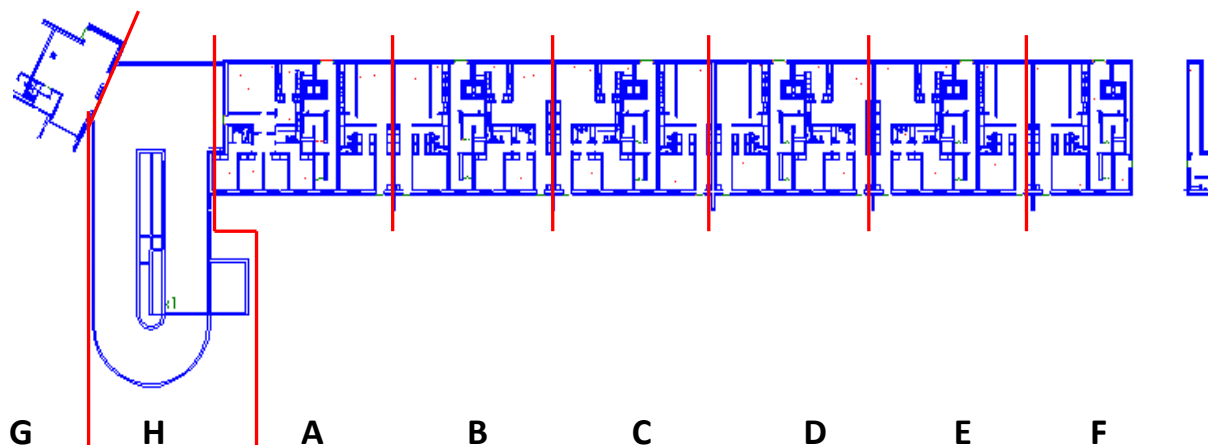


Fig.5.5 – Áreas de influência por fracção Piso 0

Definidas as áreas de influência das saídas de evacuação do edifício, procede-se a análise do cumprimento dos artigos do título IV.

De acordo com o Artigo 54.º, o número mínimo de saídas, para um efectivo entre 51 e 1500 pessoas tem que ser igual ao número de fracções ou uma por cada 500 pessoas, mais uma. Sendo o efectivo de 485 pessoas no total e de 66 pessoas para a utilização-tipo II, verifica-se que tem que ter 11 saídas para além das saídas independentes do piso 0 da UT I, pois o edifício é composto por 10 fracções não exclusivas da utilização-tipo I. O edifício cumpre assim o requisito mínimo para esta utilização mista.

As exigências definidas pelo Artigo 55.º sobre a localização e distribuição das saídas também são cumpridas, pois as mesmas estão uniformemente distribuídas tendo em consideração os efectivos que servem e as condições de acesso às mesmas.

O Artigo 56.º e o artigo 213.º do Título VIII, Capítulo I – Condições específicas para a utilização-tipo I, definem a largura dos caminhos de evacuação. Verifica-se que os caminhos de evacuação dos pisos 0 a 5 fora do interior das habitações não cumprem o requisito mínimo de largura de 1,40 m, equivalente a 2 unidades de passagem (UP). No que diz respeito a largura das portas de saída, é apresentada no Quadro 5.1 a análise do cumprimento das exigências da Portaria.

Quadro 5.1 – Verificação do número de UP segundo o regulamento

Saída	Área útil de influência (m2)	Efectivo	Utilização-tipo	Categoria de Risco	Nº mínimo de U.P.	Nº de U.P.	OK/KO
EDIFÍCIO	11.352,9	485	mista	2ª	-	-	-
A	1494,5	76	mista	2ª	2	1	KO
A.1	105,8	8	mista	2ª	1	1	OK
A.2	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
B	1418,1	68	mista	2ª	2	1	KO
B.1	89,9	4	mista	2ª	1	1	OK
B.2	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
C	1418,1	68	mista	2ª	2	1	KO
C.1	89,9	4	mista	2ª	1	1	OK
C.2	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
D	1418,1	71	mista	2ª	1	1	KO
D.1	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
D.2	89,9	4	mista	2ª	1	1	OK
E	1418,1	70	mista	2ª	2	1	KO
E.1	89,9	4	mista	2ª	1	1	OK
E.2	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
F	1752,7	83	mista	2ª	2	1	KO
F.1	63,9	2	mista	2ª	1	1	OK
F.2	8,1	1	mista	2ª	1	1	OK
F.3	31,2	1	mista	2ª	1	1	OK
G	538,0	5	II	2ª	1	2	OK
G.1	40,4	0	II	2ª	1	2	OK
H	967,0	6	II	2ª	1	1	OK

Verifica-se que as portas das saídas principais possuem todas, uma largura de 1 UP, não cumprindo o mínimo exigido de 2UP. Para além destas portas, deveriam ser substituídas as seis portas corta-fogo das caixas de escadas das habitações no piso 0, pois teriam que ter uma largura de 2UP. As restantes

portas corta-fogo, apesar de ter dimensões de 0,85 m, inferior a 1 UP = 0,90m, podem manter-se, uma vez que o ponto 4 do Artigo 56.º permite a utilização de portas de largura normalizada inferior.

Os Artigos 57.^a e 61.º definem as distâncias máximas a percorrer nos locais de permanência em edifícios até ser atingida a saída mais próxima, para o exterior ou para uma via de evacuação protegida, e deve ser de 15 m nos pontos em impasse, e 30 m nos pontos com acesso a saídas distintas. Analisando o projecto verifica-se que em nenhum dos apartamentos se cumprem essas distâncias mínimas nos pontos mais desfavoráveis. Nos pisos de estacionamento cobertos, o Artigo 218.º do Título VIII, Capítulo II – Condições específicas para a utilização-tipo II, define as distâncias de 25 m em impasse e 40 m nos restantes casos. O projecto cumpre estas distâncias. No Quadro 5.2 seguinte é apresentado um resumo dos diferentes casos críticos.

Quadro 5.2 – Verificação das distâncias horizontais máximas

Local	Nº de casos semelhantes	Distância máxima permitida [m]	Distância máxima real [m]	OK/KO
T1 piso 0	6	15	18,1	KO
T2 piso 0	4	15	21,2	KO
T4 piso 0	1	15	16,1	KO
T4B piso 1 a 5	10	15	24,6	KO
T3 piso 1 a 5	50	15	17,8	KO
Piso -2 e piso -1	2	40	32,7	OK

O Artigo 62.º define uma distância mínima livre de obstáculos de 3 m nas saídas para o exterior. O edifício verifica esse requisito, que só seria dispensável caso estas saídas não servissem igualmente a utilização-tipo II.

No que diz respeito ao dimensionamento das câmaras corta-fogo, o projecto cumpre as exigências do Artigo 63.º, com áreas superiores às mínimas, e com distâncias entre portas de 5,9 m no piso 0 e 1,9 m nos pisos 1 a 5.

O Artigo 64.º relativo ao número e características das vias de evacuação é satisfeito à excepção do número 1, pois não sendo respeitadas as distâncias horizontais mínimas a percorrer nos pisos, definidas nos artigos 57.º e 61.º, não é cumprido o número de vias verticais, dependente da limitação dessas distâncias.

Relativamente às características das escadas e das rampas, o edifício cumpre os requisitos impostos nos Artigos 65.º e 66.º.

Por fim, o Artigo 219.º do título VIII define larguras mínimas de 1 UP para os caminhos de evacuação nos pisos de estacionamento, e obriga à existência de uma saída independente ou no próprio portão, em rampas de ligação directa ao exterior. O projecto em estudo satisfaz essas duas exigências.

Verifica-se que o edifício não cumpre os requisitos para a evacuação da nova legislação actualmente em vigor, em diversos pontos críticos, como a largura dos caminhos de evacuação, a largura das suas saídas principais, e as distâncias horizontais máximas até atingir vias protegidos de evacuação ou uma das saídas do edifício.

5.2. APLICAÇÃO DO PROGRAMA SIMULEX

Este ponto consiste em avaliar as condições de evacuação, efectuando uma análise concreta sobre o conjunto do edifício, utilizando o programa Simulex. O programa vai permitir uma simulação em tempo real do movimento de evacuação das pessoas que constituem o efectivo do edifício, obtendo assim o tempo final de evacuação para as condições estipuladas.

5.2.1. INTRODUÇÃO DOS DADOS

O processo inicia-se com a importação das plantas (*floors*) de todos os pisos do edifício produzidas em CAD, no formato DXF, tendo em atenção à escala. Importados os 8 pisos, o passo seguinte consiste em definir as caixas de escadas (*staircases*) dentro do próprio programa. É inserido o comprimento e a largura das escadas para cada uma das caixas de escadas existentes.

Existe a necessidade de criar uma escada diferente para cada dois pisos sucessivos, de forma a simular o movimento real de evacuação, o que implica ter em conta o confronto dos efectivos dos pisos sucessivos dentro das caixas de escadas a medida que os ocupantes se dirigem para a saída. No total são assim criadas 46 escadas diferentes.

Estando importadas as plantas de todos os pisos, e definidas todas as caixas de escadas do edifício, são depois estabelecidas as ligações (*links*) entre cada escada e os seus 2 pisos que ligam. Para concluir a configuração geométrica do edifício, são definidas as 22 saídas do edifício, as 6 principais, A, B, C, D, E, e F, e as 16 saídas secundárias, de acordo com o já apresentado no ponto 6.1.2.

O passo seguinte consiste em distribuir as 485 pessoas no conjunto do edifício, individualmente ou em grupo, tendo em atenção os efectivos por cada apartamento e pisos de estacionamento. O tipo de indivíduos escolhido foi *commuters*, que é o nosso caso num edifício de habitação. Sendo assim, o efectivo é composto por 30% de indivíduos com características médias, 30% de mulheres, 30% de homens e 10% de crianças. O tempo de resposta considerado foi de 1 segundo com um desvio aleatório de 0,5 segundos. Isso significa que se partiu do pressuposto que as pessoas iniciem quase de imediato o seu movimento de evacuação.

Assim, o tempo determinado será o tempo do movimento de evacuação, que é o que o programa permite simular com rigor, pois entre outros, não integra o comportamento humano e não permite avaliar o tempo que antecede o movimento. Não fazia sentido por isso neste estudo escolher, sem fundamento, valores aleatórios significativos para o tempo de resposta.

Na Quadro 5.3 seguinte, é apresentada a distribuição de pessoas pelos diversos pisos.

Quadro 5.3 – Número de pessoas por piso

Piso	Efectivo
5	76
4	76
3	76
2	76
1	76
0	39
-1	31
-2	35
Total	485

Depois do último passo o projecto encontra-se em condições de poder fornecer os resultados pretendidos.

Na Fig.5.6 é apresentada a *Information Window* do Simulex, e que resume a informação Input do projecto para o caso em estudo.

Information Window

Number of Floors : 8
 Number of Links : 92
 Number of People : 485

Number of Staircases : 46
 Number of Final Exits : 22
 Maximum Distance to Exit : m

Floor : **Piso 5**
 Maximum Dimensions : **150.98 , 54.51 m**
 Number of Links in This Floor : **6**

	x	y	angle	width	connection
1	27.39	26.93	-90.00°	0.90	Staircase A 4-5
2	47.69	26.95	-90.00°	0.90	Staircase B 4-5
3	68.00	26.98	-90.00°	0.90	Staircase C 4-5
4	88.28	26.95	-91.36°	0.90	Staircase D 4-5

Number of Exits in This Floor : **0**

	x	y	angle	width

Number of People in This Floor : **76**
 Maximum Distance to Exit in This Floor : m
 Scale : **2.500 m** =
 Cursor Position : **50.150 , 29.800 m**

Fig.5.6 – *Information Window*

5.2.2. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS - 1º CASO DE ESTUDO

5.2.2.1. *Distance Map* (Mapa de distância)

Feita a distribuição pelos diversos pisos, calcula-se o *Default Distance Map* do 1º caso de estudo, que é o mapa de distância considerando todas as saídas inicialmente definidas.

Os resultados obtidos num piso de cada uma das 5 configurações diferentes do edifício (piso -2, piso -1, piso 0, pisos 1 a 4, e piso 5) são apresentados nas cinco Fig.5.7, 5.8, 5.9, 5.10 e 5.11, a seguir:

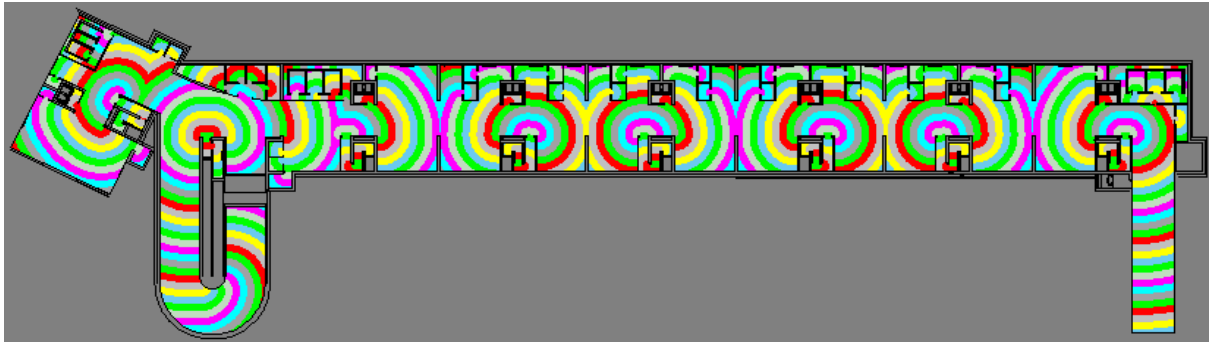


Fig.5.7 – *Default Distance Map* Piso -2

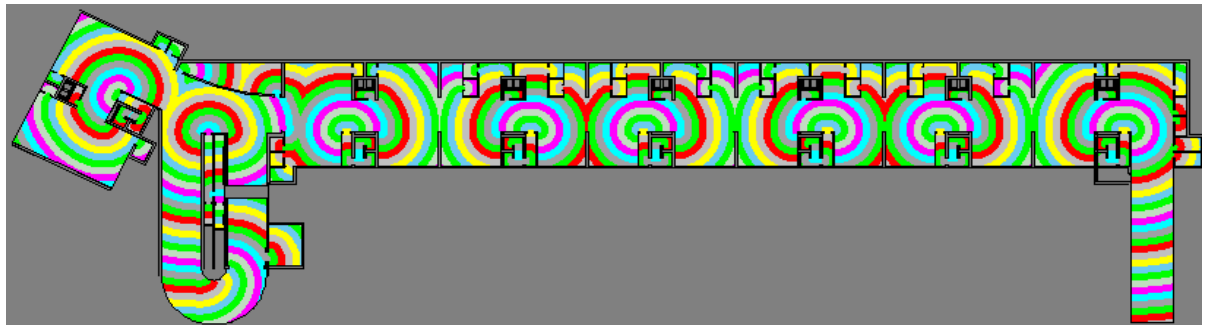


Fig.5.8 – *Default Distance Map* Piso -1



Fig.5.9 – *Default Distance Map* Piso 0



Fig.5.10 – Default Distance Map Piso 1 a 4



Fig.5.11 – Default Distance Map Piso 5

5.2.2.2. *Most Remote* (Mais distante)

Outra ferramenta interessante é o *Most Remote*, que nos permite visualizar a simulação da evacuação da pessoa que se encontra mais afastada da saída do edifício. No nosso caso esse indivíduo situa-se no apartamento T4 do piso 5, na extremidade sul do edifício. A distância máxima é de 110,80 m.

Nas Fig.5.12 e 5.13 apresenta-se o trajecto seguido no piso de partida e no piso de saída.

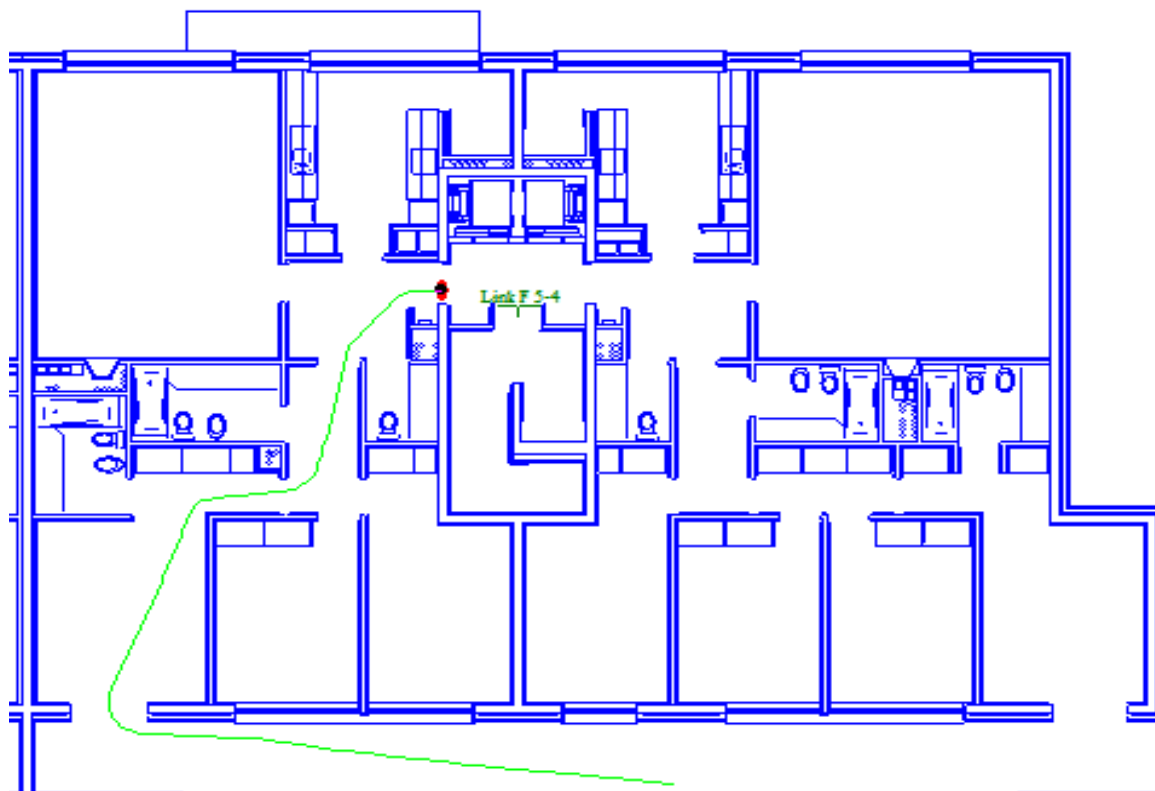


Fig.5.12 – *Most Remote* Piso 5

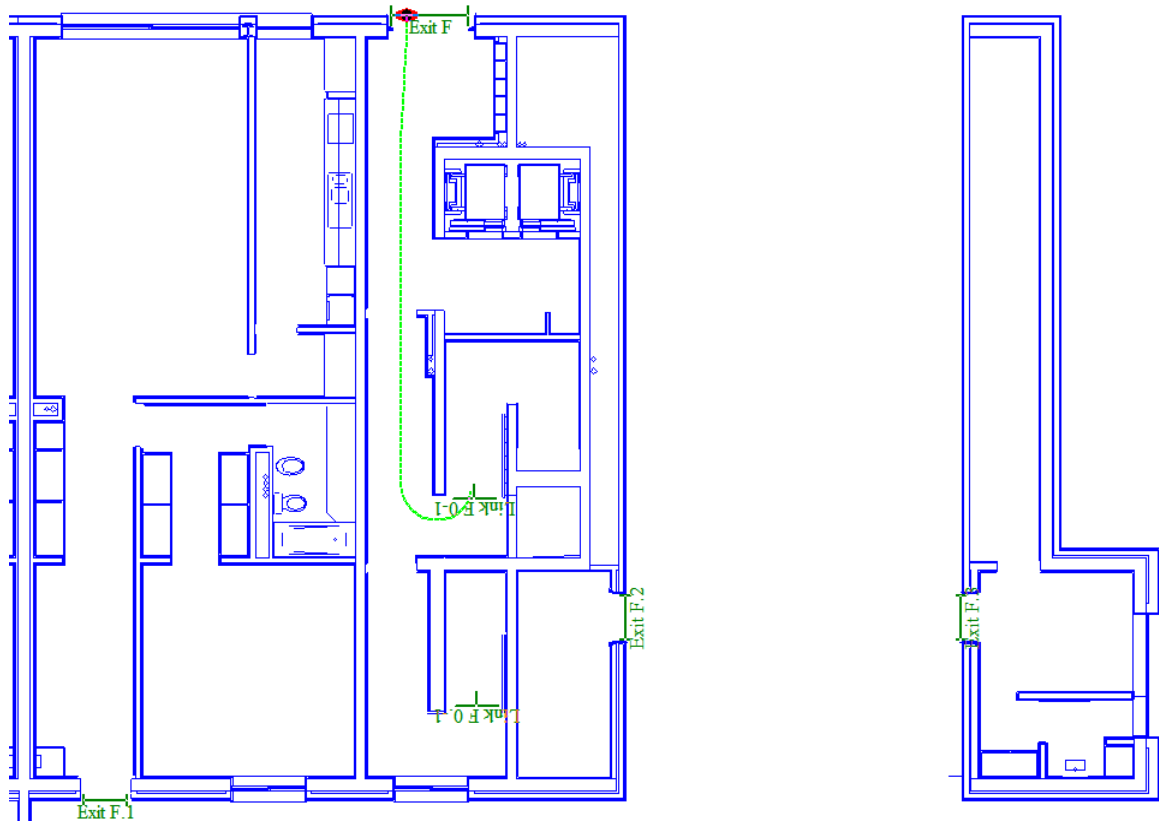


Fig.5.13 – Most Remote Piso 0

5.2.2.3. Simulate (Simulação)

Depois de calculado o mapa de distâncias, pode proceder-se à simulação definitiva da evacuação de todo o efectivo.

O programa representa a evacuação das pessoas, mas não em tempo real, até à saída do edifício por parte do último indivíduo. Nas figuras seguintes apresenta-se a evolução da evacuação em diversos locais do edifício e com determinados tempos decorridos.

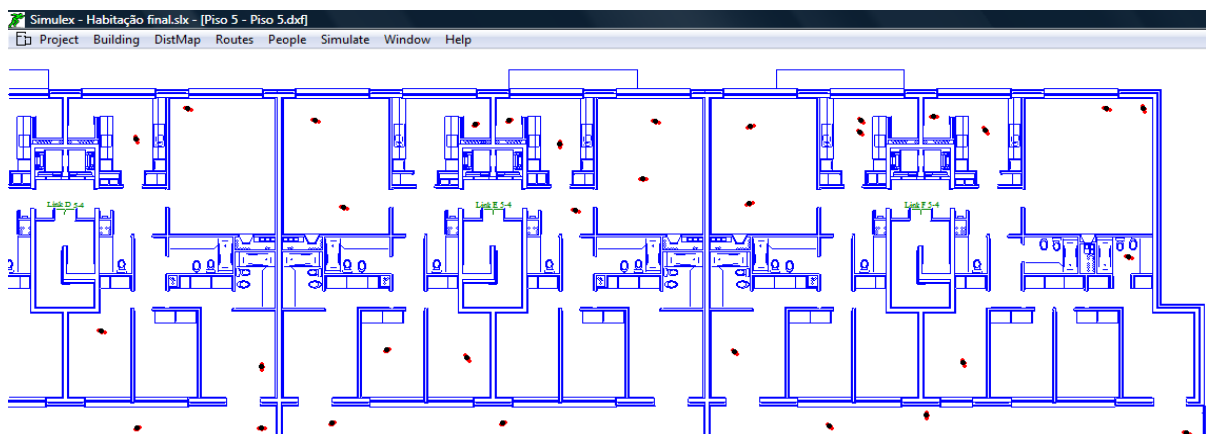


Fig.5.14 – Núcleos D a F Piso 5 para t = 0 s

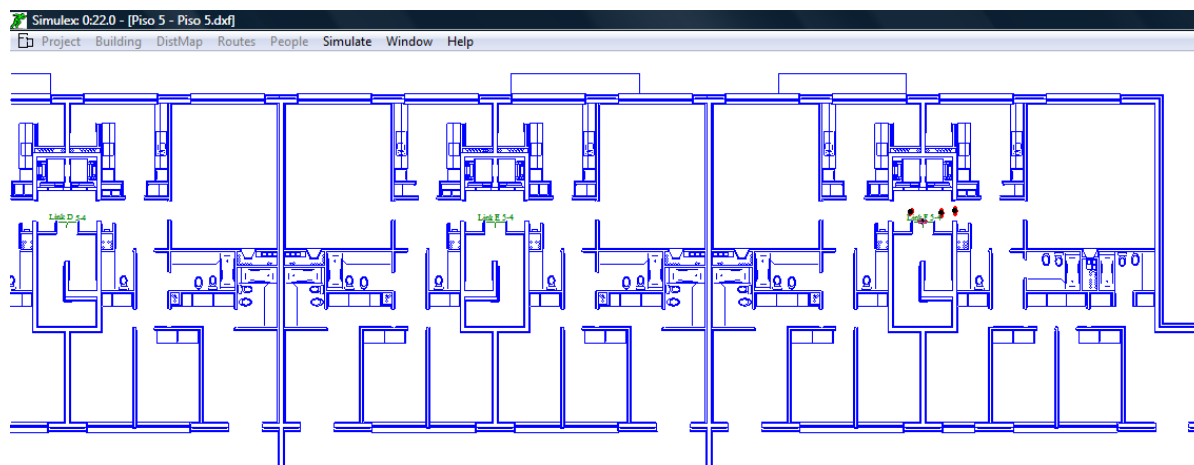


Fig.5.15 – Núcleos D a F Piso 5 para $t = 22$ s

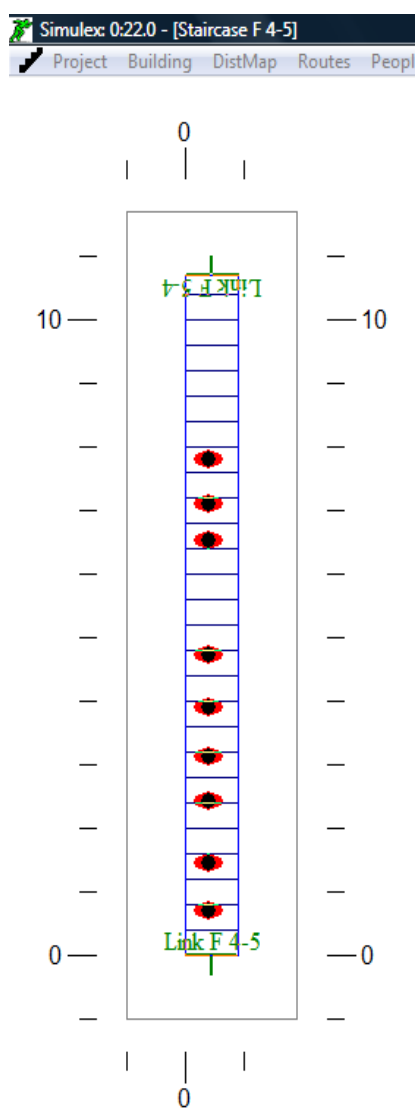


Fig.5.16 – Caixa de Escadas F entre os pisos 5 e 4 para $t = 22$ s

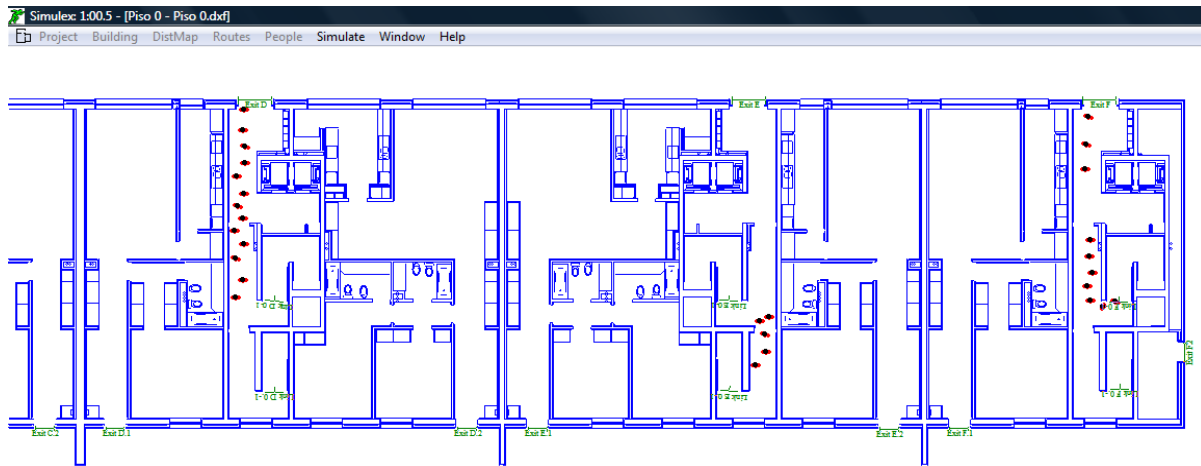


Fig.5.17 – Núcleos D a F Piso 0 para $t = 60$ s

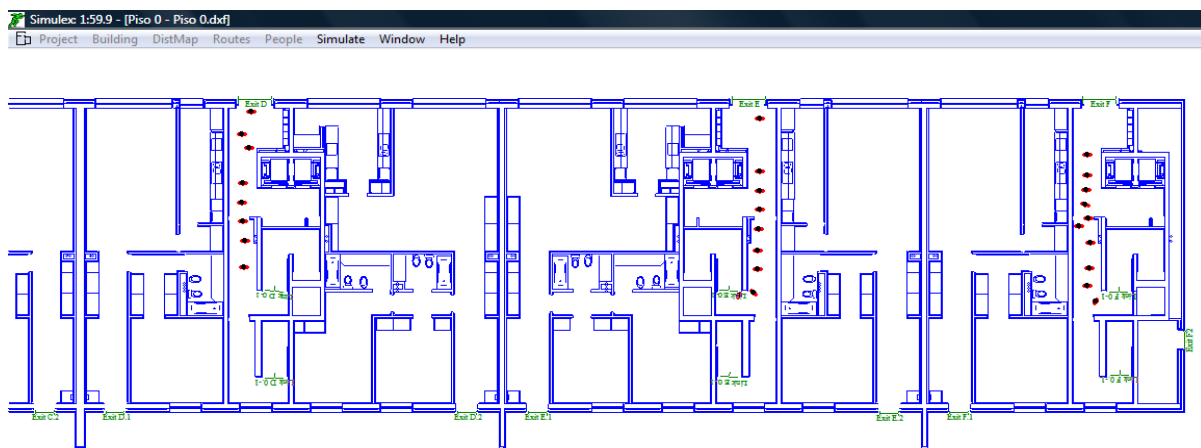


Fig.5.18 – Núcleos D a F Piso 0 para $t = 120$ s

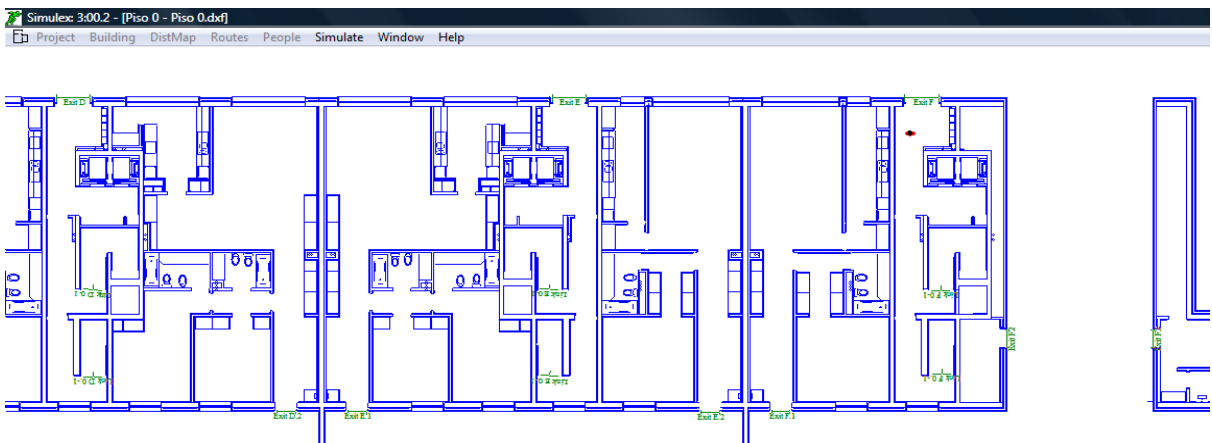


Figura 5.19 – Núcleos D a F Piso 0, $t = 180$ s

No Quadro 5.4 apresentam-se os resultados da simulação, correspondentes ao tempo de evacuação total em cada uma das saídas exteriores, e para o conjunto do edifício.

Quadro 5.4 – Tempo de evacuação em cada saída

Saída	Área útil de influência [m2]	Efectivo	Utilização-tipo	Categoria de Risco	Tempo de evacuação [s]
EDIFÍCIO	11.352,89	485	mista	2 ^a	188
A	1494,45	76	mista	2 ^a	188
A.1	105,75	8	mista	2 ^a	20
A.2	63,85	2	mista	2 ^a	20
B	1418,1	68	mista	2 ^a	180
B.1	89,96	4	mista	2 ^a	20
B.2	63,85	2	mista	2 ^a	20
C	1418,1	68	mista	2 ^a	188
C.1	89,96	4	mista	2 ^a	20
C.2	63,85	2	mista	2 ^a	25
D	1418,1	71	mista	2 ^a	180
D.1	63,85	2	mista	2 ^a	20
D.2	89,96	4	mista	2 ^a	25
E	1418,1	70	mista	2 ^a	140
E.1	89,96	4	mista	2 ^a	20
E.2	63,85	2	mista	2 ^a	15
F	1752,65	83	mista	2 ^a	185
F.1	63,85	2	mista	2 ^a	20
F.2	8,1	1	mista	2 ^a	5
F.3	31,2	1	mista	2 ^a	15
G	538	5	II	2 ^a	60
G.1	40,4	0	II	2 ^a	-
H	967	6	II	2 ^a	70

No Quadro 5.5 seguinte são apresentados os resultados de evacuação, traduzidos pela quantidade de pessoas que saem em cada intervalo de 5 segundos, em cada uma das 6 saídas principais, e no conjunto do edifício (que inclui ainda a soma das pessoas evacuadas pelas 16 saídas secundárias).

Quadro 5.5 – Evacuação em cada saída principal

Tempo [s]	Pessoas evacuadas em cada saída principal em intervalos de 5 s						Efectivo evacuado no edifício	Acumulado	
	A	B	C	D	E	F			
5	0	0	0	0	0	1	2	2	0%
10	0	0	0	0	0	0	4	6	1%
15	0	0	0	0	0	0	19	25	5%
20	0	0	0	0	0	0	12	37	8%
25	0	0	0	0	0	0	2	39	8%
30	0	0	0	1	0	0	1	40	8%

Tempo [s]	Pessoas evacuadas em cada saída principal em intervalos de 5 s						Efectivo evacuado no edifício	Acumulado	
	A	B	C	D	E	F			
35	1	0	0	0	2	3	8	48	10%
40	4	5	0	1	0	2	12	60	12%
45	4	2	0	5	4	4	19	79	16%
50	2	2	6	5	3	1	22	101	21%
55	1	3	6	4	5	2	23	124	26%
60	1	0	2	0	6	4	16	140	29%
65	7	4	1	7	2	4	25	165	34%
70	2	1	4	6	1	1	16	181	37%
75	0	5	8	1	0	7	21	202	42%
80	6	8	4	2	4	6	30	232	48%
85	7	5	5	5	0	5	27	259	53%
90	3	3	3	5	1	0	15	274	56%
95	0	2	2	0	6	4	14	288	59%
100	0	1	2	2	7	1	13	301	62%
105	0	1	7	0	6	8	22	323	67%
110	0	5	2	1	5	4	17	340	70%
115	0	5	5	2	2	0	14	354	73%
120	0	4	7	5	0	0	16	370	76%
125	5	5	3	5	3	2	23	393	81%
130	9	5	0	3	4	6	27	420	87%
135	6	1	0	0	5	7	19	439	91%
140	4	0	0	0	4	4	12	451	93%
145	1	0	0	0	0	3	4	455	94%
150	0	0	0	1	0	3	4	459	95%
155	0	0	0	0	0	0	0	459	95%
160	0	0	0	0	0	0	0	459	95%
165	0	0	0	0	0	0	0	459	95%
170	1	0	0	7	0	0	8	467	96%
175	0	0	0	2	0	0	2	469	97%
180	8	1	0	1	0	0	10	479	99%
185	2	0	0	0	0	1	3	482	99%
188	2	0	1	0	0	0	3	485	100%
Total	76	68	68	71	70	83	485	485	100%

Na Fig.5.20 apresenta-se o gráfico do acumulado de pessoas evacuadas com o decorrer do tempo da simulação, para cada uma das 6 saídas principais.

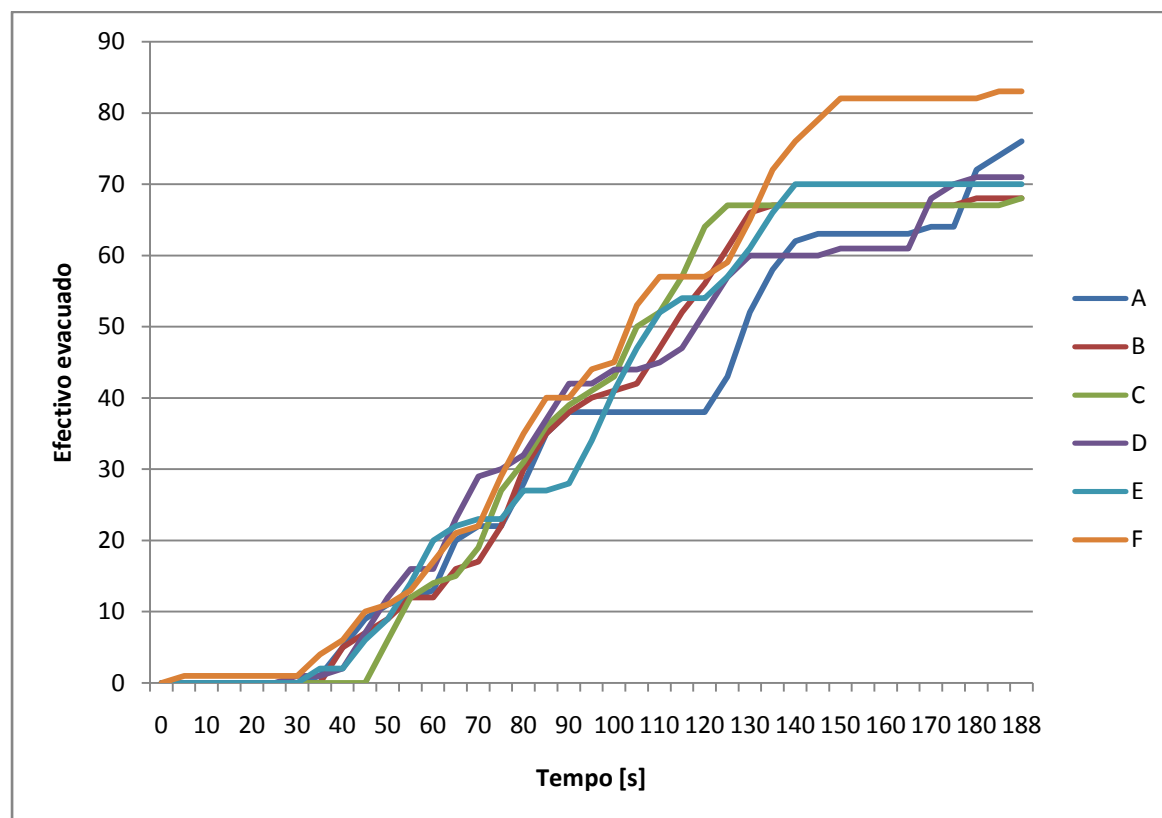


Fig.5.20 – Evolução da evacuação nas 6 principais fracções do edifício ao longo do tempo

A Figura 5.21 mostra o gráfico do efectivo de pessoas evacuadas com o decorrer do tempo para o conjunto do edifício.

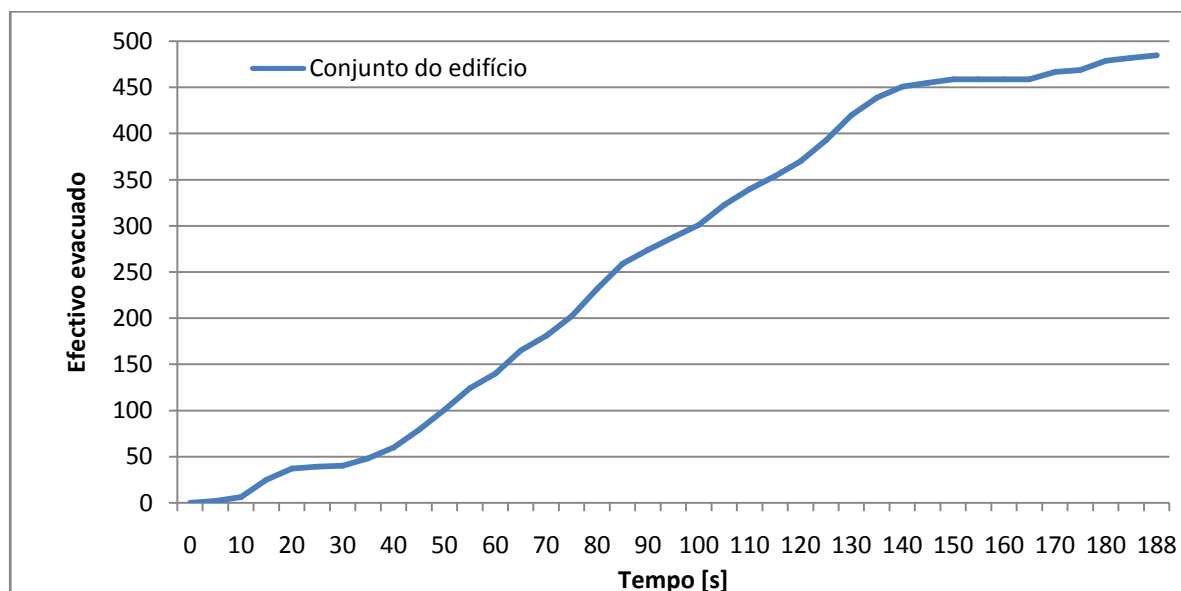


Fig.5.21 – Evolução da evacuação do conjunto do edifício no tempo

Os resultados da simulação mostram que o edifício é evacuado na sua totalidade em 3 minutos e 8 segundos, ou seja 188 segundos. A evacuação procede-se de uma forma bastante homogênea, não

existindo zonas críticas de bloqueio ou de congestionamento, impeditivas da mesma se desenvolver de forma fluida.

O gráfico da evacuação do conjunto do edifício realça isso mesmo, ao evidenciar que a evacuação se desenvolve com um fluxo praticamente constante ao longo do tempo.

O gráfico que ilustra a evacuação das principais saídas do edifício, comprova a simetria das fracções do edifício, pois a evolução do número de ocupantes que saiu desenvolve-se de uma forma muito semelhante.

Num minuto, sensivelmente um terço do efectivo do edifício é evacuado, em 2 minutos três quartos, e em 3 minutos 99% é evacuado.

O tempo de evacuação total é aceitável, mas há que ter em consideração que a simulação parte do princípio que as pessoas iniciem a sua evacuação depois de $1 \pm 0,5$ segundos, ou seja avalia o tempo do movimento de evacuação, desprezando a fase de detecção, alarme e pré-movimento, que completam o tempo total de evacuação desde a eclosão do incêndio.

5.2.3. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS – 2º CASO DE ESTUDO

5.2.3.1. *Distance Map* (Mapa de distância)

Para este caso de estudo, alterou-se a configuração da fracção F, a de maior efectivo, eliminando a sua saída. Seja porque se considera que as condições do incêndio impedem o seu acesso, seja porque alguns dos ocupantes desconhecem a saída, tendo entrado anteriormente no edifício por um dos pisos de estacionamento. Esses ocupantes tentam assim, numa situação de emergência, fugir pelo seu caminho de entrada no edifício.

Acontece assim que para a fracção F a saída para a exterior mais próxima passa a ser a saída principal E.

Na Fig.5.22 pode ver-se este novo mapa de distância, alterado de acordo com a nova configuração do edifício.

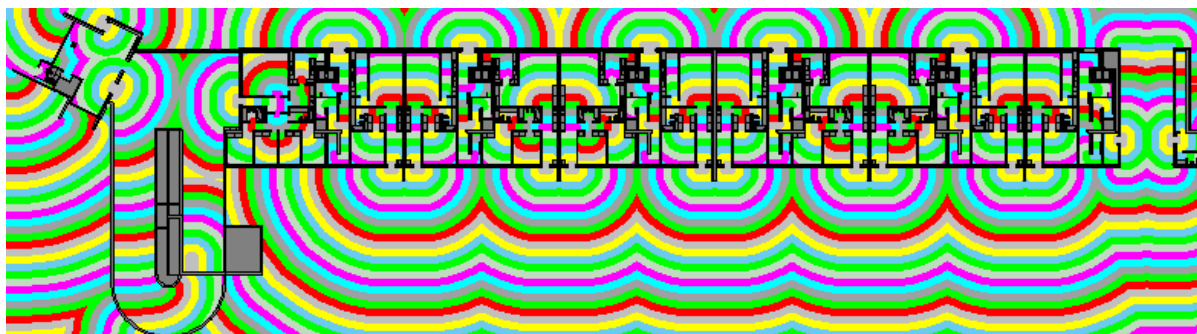
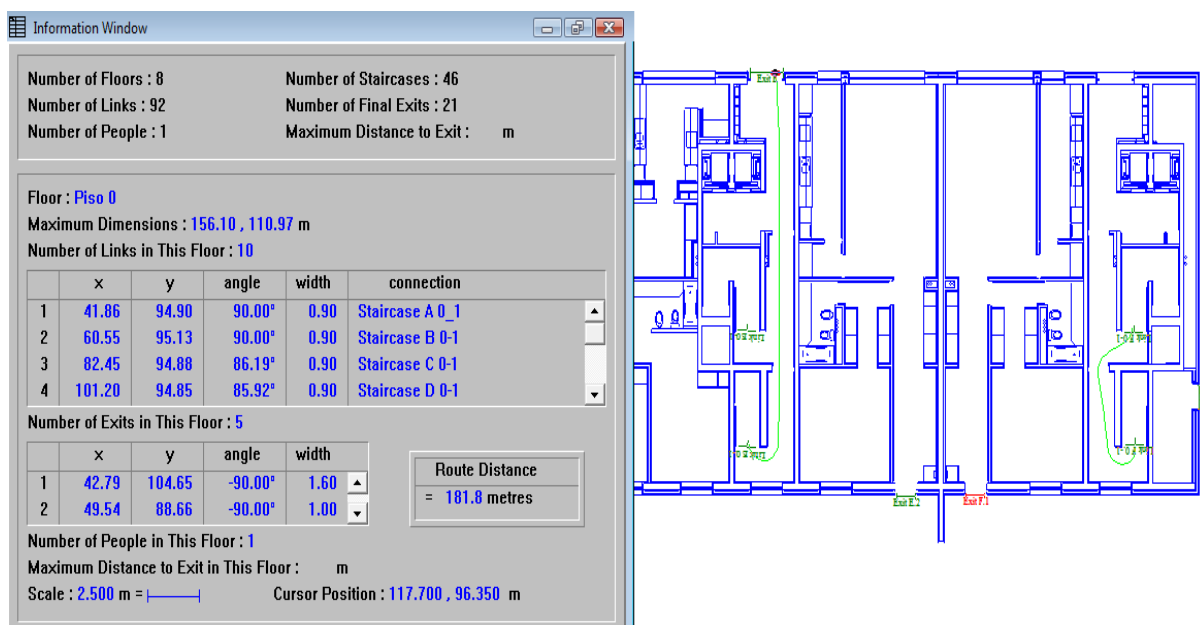


Fig.5.22 – *Distance Map* com exclusão da saída F

5.2.3.2. *Most Remote* (Mais distante)

Na Fig.5.23 abaixo observe-se o traçado, no piso 0, onde ocorre a saída para o exterior, do *Most Remote*, sendo o traçado notoriamente diferente do 1º caso de estudo. O ocupante mais distante deixa o edifício pela saída E, depois de ter abandonado a fracção F através da segunda caixa de escadas que dá acesso ao piso de estacionamento, conforme já se previa.

Fig.5.23 – *Most Remote* sem a Saída F nas Fracções E e F e a janela de informação respectiva

5.2.3.3. *Simulate* (Simulação)

A simulação decorre seguindo os passos já descritos no 1º caso. Verifica-se que os ocupantes de dirigem para o piso de estacionamento de maneira a sair pela porta de acesso ao exterior da fracção E. Essa situação pode ser observada na Fig.5.24 abaixo, onde se nota claramente o elevado número de ocupantes a deixar o edifício pela saída E.

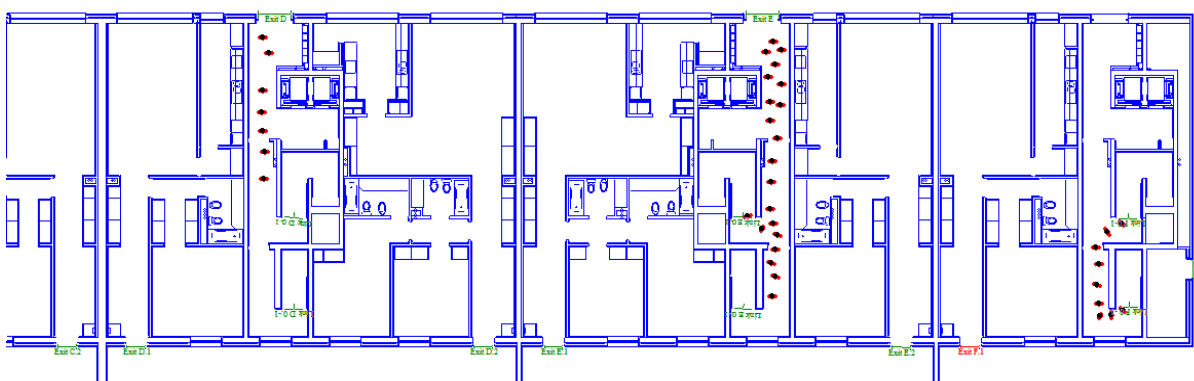


Fig.5.24 – Simulação Piso 0 fracções D, E e F

No Quadro 5.6 apresentam-se os resultados dos tempos de evacuação das saídas principais e do conjunto do edifício (que inclui portanto os ocupantes que saíram pelas 16 saídas secundárias) para o 2º caso de estudo, em intervalos de 5 segundos.

Quadro 5.6 – Evacuação em cada saída principal para o 2º caso de estudo

Tempo [s]	Pessoas evacuadas em cada saída principal em intervalos de 5 s					Efectivo evacuado no edifício	Acumulado	
	A	B	C	D	E			
5	0	0	0	0	0	1	1	0,2%
10	0	0	0	0	0	4	5	1,0%
15	0	0	0	0	0	19	24	4,9%
20	0	0	0	0	0	12	36	7,4%
25	0	0	0	0	0	2	38	7,8%
30	0	0	0	1	0	1	39	8,0%
35	1	0	0	0	2	5	44	9,1%
40	4	5	0	1	0	10	54	11,1%
45	4	2	0	5	4	15	69	14,2%
50	2	2	6	5	3	21	90	18,6%
55	1	3	6	4	5	21	111	22,9%
60	1	0	2	0	6	12	123	25,4%
65	7	4	1	7	2	21	144	29,7%
70	2	1	4	6	0	14	158	32,6%
75	0	5	8	1	2	16	174	35,9%
80	6	8	4	2	8	28	202	41,6%
85	7	5	5	5	5	27	229	47,2%
90	3	3	3	5	1	15	244	50,3%
95	0	2	2	0	6	10	254	52,4%
100	0	1	2	2	7	12	266	54,8%
105	0	1	7	0	6	14	280	57,7%
110	0	5	2	1	5	13	293	60,4%
115	0	5	5	2	2	14	307	63,3%
120	0	4	7	5	0	16	323	66,6%
125	5	5	3	5	6	24	347	71,5%
130	9	5	0	3	6	23	370	76,3%
135	6	1	0	0	3	10	380	78,4%
140	4	0	0	0	7	11	391	80,6%
145	1	0	0	0	7	8	399	82,3%
150	0	0	0	1	0	1	400	82,5%
155	0	0	0	0	0	0	400	82,5%
160	0	0	0	0	0	0	400	82,5%
165	0	0	0	0	7	7	407	83,9%
170	1	0	0	7	3	11	418	86,2%
175	0	0	0	2	2	4	422	87,0%
180	8	1	0	1	4	14	436	89,9%
185	2	0	0	0	0	2	438	90,3%
190	2	0	1	0	0	3	441	90,9%

Pessoas evacuadas em cada saída principal em intervalos de 5 s						Efectivo evacuado no edifício	Acumulado	
Tempo [s]	A	B	C	D	E			
195	0	0	0	0	0	0	441	90,9%
200	0	0	0	0	8	8	449	92,6%
205	0	0	0	0	6	6	455	93,8%
210	0	0	0	0	6	6	461	95,1%
215	0	0	0	0	2	2	463	95,5%
220	0	0	0	0	0	0	463	95,5%
225	0	0	0	0	0	0	463	95,5%
230	0	0	0	0	2	2	465	95,9%
235	0	0	0	0	0	0	465	95,9%
240	0	0	0	0	2	2	467	96,3%
245	0	0	0	0	8	8	475	97,9%
250	0	0	0	0	6	6	481	99,2%
255	0	0	0	0	2	2	483	99,6%
260	0	0	0	0	1	1	484	99,8%
265	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
270	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
275	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
280	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
285	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
290	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
295	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
300	0	0	0	0	0	0	484	99,8%
302	0	0	0	0	1	1	485	100,0%
Total	76	68	68	71	153	485	485	100,0%

Na Fig.5.25 apresenta-se a evolução do efectivo evacuado ao longo do tempo, nas fracções E e F separadamente no 1º caso de estudo, nas saídas E e F no 1º caso de estudo somando as duas, e os ocupantes evacuados pela saída E no 2º caso, em que a saída F não está disponível.

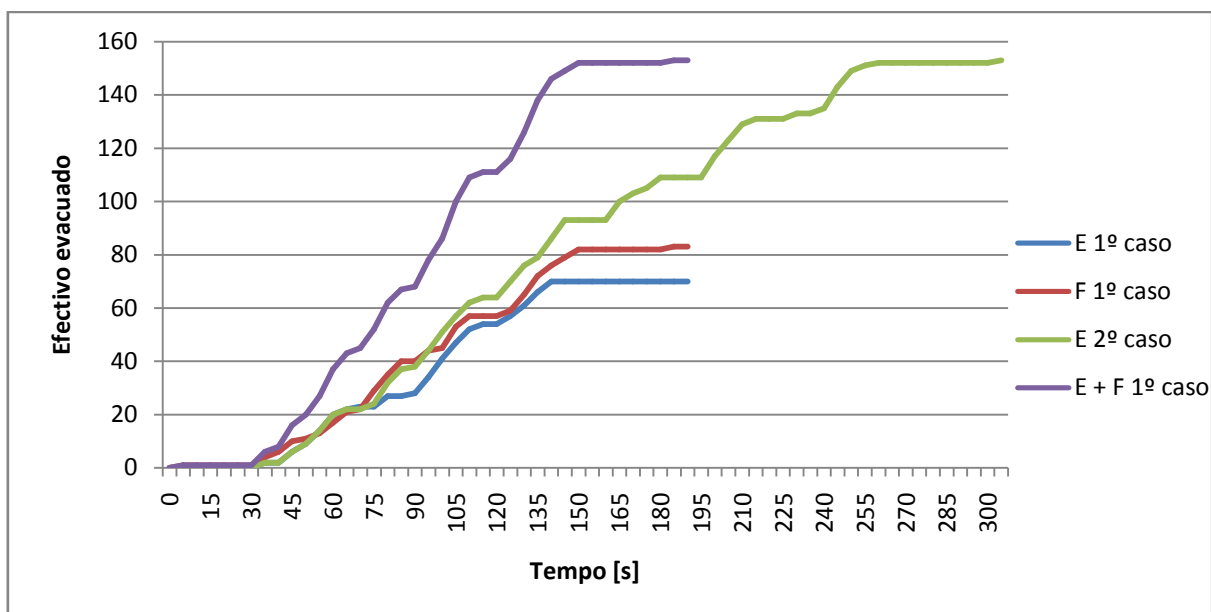


Fig.5.25 – Evolução da evacuação do efectivo nas fracções E e F no 1º e no 2º caso de estudo

Os resultados mostram que a distância máxima passa a ser de 181,8 m, e corresponde ao mesmo ocupante do 1º caso, situado no piso 5 da fracção F. No 1º caso de estudo essa distância era de 110,8 m. A distância aumentou assim 71 m, equivalente a mais 70%, correspondentes ao desvio pelo piso -1 para deixar o edifício pela saída E em vez da saída F, impedida.

O tempo de evacuação passou de 188 para 302 segundos, i.e. 5 minutos e 2 segundos, o que corresponde a mais 1 minuto 54 segundos, ou seja mais 61 %. Sendo assim, o tempo aumentou numa relação de grandeza comparável ao aumento da distância a percorrer para atingir a saída. Este resultado demonstra a vantagem considerável que constituiria uma saída adicional na fracção F, e ilustra bem a importância do número de saídas para o exterior na minimização dos tempos de evacuação.

5.2.4. OBTENÇÃO DOS RESULTADOS – 3º CASO DE ESTUDO

Neste ultimo caso de estudo usando o Simulex, mais uma vez aplicado à fracção F, vai se corrigir os caminhos de evacuação do edifício de acordo com as não conformidades detectadas na análise feita com base no novo regulamento. Assim, aumentaram-se as larguras dos caminhos de evacuação para 1,40 m, e a saída F passou de 1 UP para 2 UP.

Os resultados são apresentados no Quadro 5.7

Quadro 5.7 – Pessoas evacuadas em intervalos de 5 s na fracção F na situação real e na situação de cumprimento do regulamento

Saída F			
Tempo [s]	Situação Real	Regulamento	Diferença acumulada
5	1	1	0
10	0	0	0
15	0	0	0
20	0	0	0
25	0	0	0
30	0	1	1
35	3	3	1
40	2	3	2
45	4	2	0
50	1	4	3
55	2	3	4
60	4	5	5
65	4	3	4
70	1	4	7
75	7	7	7
80	6	6	7
85	5	7	9
90	0	4	13
95	4	2	11
100	1	1	11
105	8	5	8
110	4	7	11
115	0	2	13
120	0	4	17
125	2	4	19
130	6	4	17
135	7	0	10
140	4	0	6
145	3	0	3
150	3	0	0
155	0	0	0
160	0	0	0
165	0	0	0
170	0	1	1
175	0	0	1
180	0	0	1
185	1	0	0
188	0	0	0

De seguida apresenta-se na Fig.5.26 o gráfico com a evolução no tempo do número de ocupantes evacuados na fracção F real, e na fracção F de acordo com o regulamento nacional.

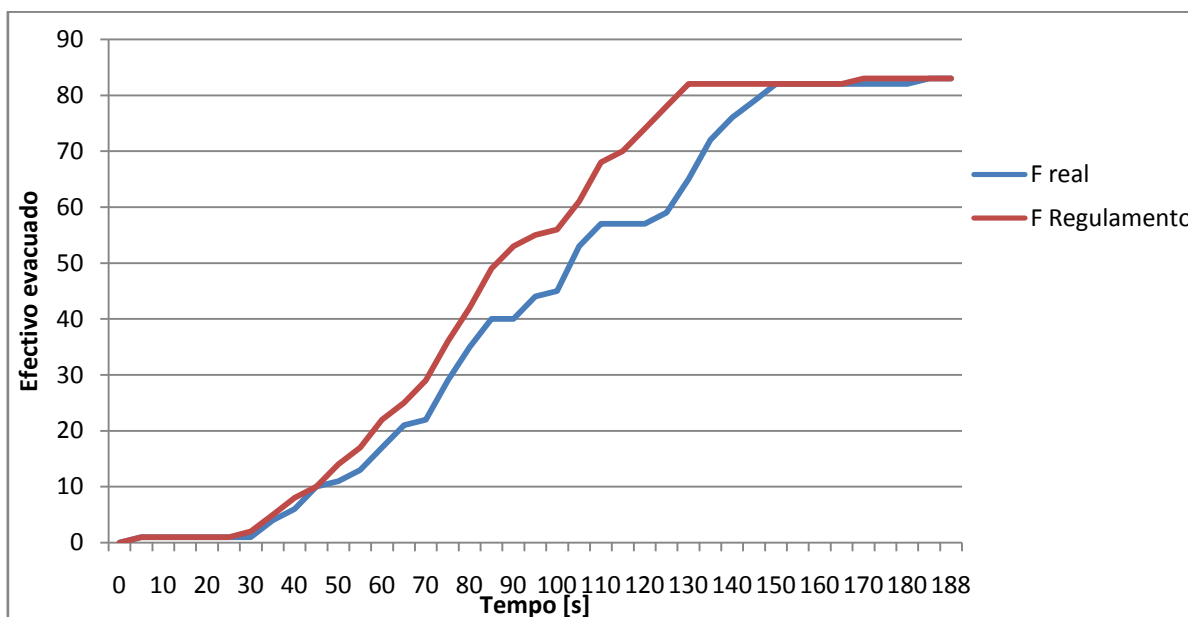


Fig.5.26 – Evolução da evacuação na fracção F para o 3º caso de estudo

Analisando os resultados, verifica-se que no caso em que são respeitadas as disposições geométricas regulamentares, a fracção F é evacuada na sua totalidade em 2 minutos e 50 segundos. Esse tempo implica um ganho de 15 segundos face à situação real. Essa redução equivale a menos 8% no tempo total de evacuação.

Tal facto mostra que no edifício em estudo, as falhas nas disposições regulamentares geométricas do edifício, embora agravem a rapidez de evacuação, não desencadeiam um aumento muito gravoso no tempo do resultado final.

Tendo em consideração o objectivo exigencial, pode-se dizer que o mesmo é cumprido, pois o tempo de evacuação inicial é bom, apesar do edifício não estar a cumprir totalmente o novo regulamento.

5.3. COMPARAÇÃO COM O MÉTODO DE NELSON E MACLENNAN

A seguir vai ser efectuada uma comparação dos resultados do Simulex com o método de Nelson e MacLennan.

5.3.1. APRESENTAÇÃO SUMÁRIA DO MÉTODO

Este método, criado por H. Nelson e H. MacLennan, é descrito em “*The SFPE Handbook of Fire Protection*”, no capítulo “*Emergency movement*”. É baseado nos fundamentos do modelo hidráulico. O tempo de evacuação é determinado com base num conjunto de expressões que integram dados adquiridos a partir de testes e observações, que assemelham o fluxo das pessoas ao fluxo hidráulico. Foi deduzida uma relação entre a velocidade do movimento de pessoas e a densidade do fluxo de pessoas durante uma evacuação.

O método de Nelson e MacLennan considera as seguintes hipóteses

- Todas as pessoas iniciam a evacuação ao mesmo tempo;
- Não se verifica qualquer interrupção no fluxo das pessoas, motivada 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.

A primeira hipótese é a única que difere do Simulex, pois no caso do programa, é possível parametrizar o tempo de reacção médio, bem como o seu desvio e a distribuição do mesmo.

5.3.2. PARÂMETROS DO MÉTODO

5.3.2.1. Densidade

A densidade indica o grau de congestionamento num caminho de evacuação e é usualmente expressa em pessoas/m². A densidade de um elemento de saída, como corredores, escadas, etc., é determinada pelos ocupantes servidos por ele.

5.3.2.2. Velocidade de evacuação

A velocidade de evacuação V , depende da densidade de pessoas num determinado espaço.

Com base nos trabalhos de Fruin, Pauls, e Predtechenskii e Milinskii, o método define que quando a densidade de pessoas por metro quadrado é inferior a 0,54, as pessoas caminham segundo o seu próprio ritmo, e considera-se $V = 1,20$ m/s. Quando a densidade é superior a 3,8 o movimento não se processa, sendo $V = 0$ m/s.

Nos restantes casos, isto é, quando a densidade de ocupação está compreendida entre 0,54 e 3,80, a velocidade é determinada pela seguinte expressão:

$$V = K (1 - \alpha \cdot d) \quad (5.1)$$

Em que: α

V = Velocidade de evacuação (m/s);

K = Constante dependente do tipo de caminho de evacuação (Ver Quadro 5.8);

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

α = Coeficiente do modelo hidráulico, igual a 0,266.

Quadro 5.8 – Valores da constante K para diferentes tipos de circulações

Caminhos de evacuação		K
Corredores		1,4
Galerias		1,4
Rampas		1,4
Portas		1,4
Escadas		
Espelho [cm]	Cobertor [cm]	
19,05	25,04	1
17,78	27,94	1,08
16,51	30,48	1,16
16,51	33,02	1,23

5.3.2.3. Largura efectiva

Outro parâmetro necessário de determinar, para a correcta aplicação do método, é o da largura efectiva dos caminhos de evacuação. Quando as pessoas seguem um movimento de evacuação ao longo de um corredor, ou de uma escada, não é aproveitada toda a largura para a evacuação. Existe uma distinção entre a largura nominal e a largura efectiva desse mesmo caminho. A largura efectiva é a largura nominal, subtraindo a camada limite em cada lado. A camada limite traduz a distância de afastamento necessária para permitir o movimento ondulatório do nosso corpo e evitar que as pessoas se encostem ou batam contra os limites laterais da via.

A largura de cada camada limite é constante e depende do local onde se efectua o movimento. No Quadro 5.9 é apresentado o valor da camada limite para diferentes tipos de caminhos de evacuação.

Quadro 5.9 – Exemplo de valores para a camada limite

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

5.3.2.4. Fluxo específico

O fluxo específico Fe , é o número de pessoas que atravessam uma determinada secção por unidade de tempo e por unidade de largura efectiva Le , do elemento de evacuação envolvido, e é determinado pela expressão seguinte:

$$Fe = V \cdot d \quad (5.2)$$

Em que:

V = Velocidade de evacuação (m/s)

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

O valor dos fluxos e a densidade de circulação relacionam-se segundo uma função quadrática. Fe aumenta com a densidade de ocupação até atingir um valor máximo igual a 1,32 para uma densidade de aproximadamente 2 pessoas/m², e decresce até se anular para valores de densidade igual a 3,76 pessoas/m².

O fluxo específico nos diferentes elementos do caminho de evacuação não pode exceder determinados valores para cada tipo de caminho de evacuação. Esses valores são apresentados no Quadro 5.10, e terão que ser aplicados no método sempre que o valor de cálculo determinado para Fe seja superior.

Quadro 5.10 – Fluxo específico máximo permitido

Caminhos de Evacuação		Fe máx
Corredores		1,3
Galerias		1,3
Rampas		1,3
Vãos		1,3
Escadas		
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

Quando os caminhos de evacuação não mantêm as suas características geométricas constantes ao longo de todo o percurso, 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:

$$Fe(d) = \frac{Fe(a) \cdot Le(a)}{Le(d)} \quad (5.3)$$

Em que:

$Fe(d)$ = 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.

Quando numa secção se reúnem vários caminhos, que a jusante da secção dão origem a um só, então a relação entre os fluxos antes e depois da secção é dada pela expressão:

$$Fe(d) = \frac{\sum Fe(a) \cdot Le(a)}{Le(d)} \quad (5.4)$$

5.3.2.5. Fluxo total

O fluxo total Ft , é o número de pessoas que atravessam uma determinada secção de um caminho de evacuação, por unidade de tempo.

$$Ft = Fe \cdot Le \quad (5.5)$$

5.3.2.6. Tempo

O tempo T (segundos) necessário para que um número de pessoas P atravesse uma determinada secção é obtido a partir da fórmula seguinte:

$$T = \frac{P}{Ft} \quad (5.6)$$

5.3.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO

O método vai ser aplicado para o 1.º caso de estudo, e na evacuação da fracção servida pela saída F, onde no piso 5 se encontra o indivíduo mais distante da saída do edifício. Inicia-se o cálculo para o tempo de saída dos 2 apartamentos do piso 5. Depois calcula-se os tempos de saída sucessivos tendo em conta a população servida por cada caminho de evacuação até à saída do edifício. Sendo assim, inicia-se o cálculo com os 2 apartamentos do piso 5.

5.3.3.1. Caminho 1.A – Apartamento T3 piso 5

Dados:

Efectivo = 6 pessoas

Área útil = 92,89 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{6}{92,89} = 0,065 < 0,54 \Rightarrow V = 1,20 \text{ m/s}$$

Camada limite (porta) = 0,15 m, logo $Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60$ m

$$Fe = 1,20 \cdot 0,065 = 0,078; Ft = 0,078 \cdot 0,60 = 0,047$$

$$T_{1.A} = \frac{6}{0,047} = 128 \text{ s} = 2 \text{ min e } 8 \text{ s}$$

5.3.3.2. Caminho 1.B – Apartamento T4 piso 5

Dados:

Efectivo = 8 pessoas

Área útil = 108,16 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{8}{108,16} = 0,074 < 0,54 \Rightarrow V = 1,20 \text{ m/s}$$

$$Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60 \text{ m}$$

$$Fe = 1,20 \cdot 0,074 = 0,0888; Ft = 0,0888 \cdot 0,60 = 0,05328$$

$$T_{1.B} = \frac{6}{0,05328} = 150 \text{ s} = 2 \text{ min e } 30 \text{ s}$$

5.3.3.3. Caminho 2 – Corredor de acesso à caixa de escadas

Hipóteses de cálculo: considera-se que as 14 pessoas que saíram dos 2 apartamentos não estão todas presentes neste caminho em simultâneo, para evacuarem o corredor em direcção à caixa de escadas, pois existe um desfasamento no tempo de evacuação dos 2 apartamentos. Sendo assim, com os tempos de 150 s e 128 s respectivamente, considera-se o efectivo a evacuar neste caminho igual a $128/150 \cdot 14$ pessoas = 12 pessoas.

Dados:

Efectivo = 12 pessoas

Área útil = 4,14 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{12}{4,14} = 2,9 \geq 0,54 \text{ e } \leq 3,80$$

$$K (\text{corredor}) = 1,40$$

$$\text{Logo, } V = 1,40 \cdot (1 - 0,266 \cdot 2,9) = 0,32 \text{ m/s}$$

$$Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 = 0,60 \text{ m}$$

$$Fe \text{ máx (corredor)} = 1,3$$

$$Fe = 0,32 \cdot 2,9 = 0,93$$

$$Ft = 0,93 \cdot 0,60 = 0,558$$

$$T_2 = \frac{14}{0,558} = 25 \text{ s}$$

5.3.3.4. Caminho 3 – Escadas de descida do piso 5 ao piso 0

Hipótese de cálculo: considera-se que as 14 pessoas que saíram da caixa de escadas estão presentes neste caminho, para evacuarem em direcção ao piso 0. Tendo em consideração a simetria dos pisos, considera-se que as pessoas dos pisos restantes estão a descer nos pisos inferiores simultaneamente. Por isso, efectua-se o cálculo para uma área de um lance e um patamar de escadas, em que estão presentes as 14 pessoas do piso 5, e multiplica-se o tempo assim obtido pelo número de conjuntos de lances e patamares equivalentes. Sendo 2 lances e 2 patamares entre cada piso, são 10 conjuntos no total.

Dados:

Efectivo = 14 pessoas

Área útil = 5,91 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{14}{5,91} = 2,37 \geq 0,54 \text{ e } \leq 3,80$$

$$K \text{ (escadas com espelho de 18 cm e cobertor de 27cm)} = 1,06$$

$$\text{Logo, } V = 1,06 \cdot (1 - 0,266 \cdot 2,37) = 0,39 \text{ m/s}$$

$$Le = 1,18 - 0,15 \text{ (parede)} - 0,09 \text{ (corrimão)} = 0,94 \text{ m}$$

$$Fe \text{ máx (escadas com espelho de 0,18 cm e cobertor de 27cm)} = 0,99$$

$$Fe = 0,39 \cdot 2,37 = 0,924$$

$$Ft = 0,924 \cdot 0,94 = 0,869$$

$$T_3 \text{ parcial} = \frac{14}{0,869} = 16 \text{ s}$$

$$T_3 = 16 \cdot 10 = 160 \text{ s} = 2 \text{ min e } 40 \text{ s}$$

5.3.3.5. Caminho 4 – Piso 0

Hipótese de cálculo: Quando as 14 pessoas do piso 5 atingem o piso 0, o efectivo dos estacionamentos e dos pisos inferiores já evacuou o edifício. Assim o efectivo deste caminho é composto por estas 14 pessoas.

Dados:

Efectivo = 14 pessoas

Área útil = 16,80 m²

$$\text{Logo, } d = \frac{14}{16,80} = 0,83 \geq 0,54 \text{ e } \leq 3,80$$

$$K (\text{corredor}) = 1,40$$

$$\text{Logo, } V = 1,40 \cdot (1 - 0,266 \cdot 0,83) = 1,091 \text{ m/s}$$

$$Le = 0,90 - 2 \cdot 0,15 (\text{porta}) = 0,60 \text{ m}$$

$$Fe = 1,091 \cdot 0,83 = 0,906$$

$$Ft = 0,906 \cdot 0,60 = 0,544$$

$$T_4 = \frac{14}{0,544} = 26 \text{ s}$$

5.3.3.6. Resultados finais

$$T_{TOTAL} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 150 + 25 + 160 + 26 = 361 \text{ s} = 6 \text{ min e } 01 \text{ s}$$

Com base nas hipóteses consideradas, conclui-se que nesta fracção são evacuadas as 83 pessoas que a integram com um tempo de evacuação total de 6 min e 01 s.

Este valor é relativamente elevado, para ser considerado aceitável.

Numa comparação com os resultados do programa Simulex, apresenta-se no Quadro 5.9 os respectivos tempos obtidos no núcleo F, divididos pelos 4 tempos parciais dos respectivos caminhos, desde o piso 5 até à saída F.

Quadro 5.11 – Comparação dos resultados entre o Simulex e o método de MacLennan para a evacuação da fracção F

Caminho	Densidade [P/m ²]	T evacuação MacLennan [s]	T evacuação Simulex [s]	Diferença [s]
T3 piso 5	0,065	128	21	107
T4 piso 5	0,074	150*	22*	128
Corredor	2,9	25	6	19
Escadas piso 5 a 0	2,37	160	140	20
Piso 0	0,83	26	16	10
Total*	-	361	184	177

* Somando só o tempo do mais desfavorável dos 2 apartamentos.

Da análise dos resultados obtidos, vê-se que o Simulex chega a um valor total para o tempo de evacuação de menos 177 segundos, ou seja cerca de metade inferior.

Repara-se também que as maiores diferenças se verificam nos caminhos com densidades mais baixas, nomeadamente os apartamentos. O bom senso permite deduzir que os tempos obtidos para a evacuação do interior dos apartamentos através do método de MacLennan, são muito superiores à realidade, pois demorar cerca de 2 minutos e 30 segundos para percorrer aproximadamente 20 metros, numa densidade tão baixa, é claramente muito exagerado. Deduz-se assim, que o método de MacLennan não é aplicável para densidades muito baixas.

Nos restantes 3 caminhos, as diferenças entre os resultados dos 2 métodos são muito menos significativas. O Simulex obtém sempre resultados de tempo inferiores, o que no total desses 3 caminhos, representa menos 30% de tempo de evacuação. Tal deve-se à velocidade de circulação média obtida por este método ser inferior à do Simulex.

6

CONCLUSÃO

Ao longo deste estudo foi possível ter uma visão global do nível de evolução em que se encontra o estudo da temática da evacuação. Para garantir a evacuação total do edifício, o tempo de evacuação total terá que ser inferior ao tempo disponível para a evacuação. O tempo de evacuação total necessário é o resultado da soma de vários tempos intermédios, nomeadamente o tempo entre a eclosão do incêndio, a sua detecção e o soar do alarme, o tempo de pré-movimento, também influenciado pela forma como é dado o alerta, e finalmente o tempo de movimento. As duas últimas fases dependem de outros inúmeros factores, tais como as características físicas e o número de ocupantes, as características do edifício, o meio ambiente, e o comportamento dos ocupantes.

O comportamento humano é um parâmetro complexo e é uma das principais vias susceptíveis de serem exploradas para melhorar a compreensão do fenómeno da evacuação. Existem inúmeros dados estatísticos que permitem deduzir comportamentos típicos, mas modelizar esses comportamentos pressupõe ainda muitas incertezas, sendo certo no entanto a sua importância. O estudo de casos baseado na recolha de dados de incêndios reais assume assim uma importância considerável no estudo da evacuação. Com base nessa experiência, foi possível desenvolver metodologias de sinalização de emergência e iluminação de segurança, que melhoram substancialmente as condições de evacuação.

A nova Regulamentação de Segurança Contra Incêndio em Edifícios vem facilitar substancialmente a avaliação legal das condições de segurança contra incêndio, e consequentemente das condições de evacuação, ao unir num diploma toda a regulamentação para a grande maioria dos edifícios, de uma forma clara e de fácil aplicação. Assim, o critério das unidades de passagem utilizado é um excelente meio de dimensionamento das saídas de evacuação,

A verificação das condições de evacuação numa perspectiva prescritiva, segundo as disposições do novo regulamento, permitem concluir que o edifício em estudo não cumpre os requisitos deste novo regulamento, nomeadamente no que diz respeito às larguras dos caminhos de evacuação, das saídas principais, das portas dos pisos 1 e 0 dispostas nos caminhos de evacuação dos pisos habitacionais, bem como nas distâncias máximas horizontais permitidas nos pisos habitacionais.

A abordagem exigencial, conseguida através da determinação do tempo do movimento de evacuação do edifício, mostra resultados diferentes segundo os casos e as hipóteses em estudo, e conforme o método de cálculo utilizado.

Os resultados do modelo computacional Simulex, aplicados ao edifício nas suas condições iniciais, mostram que o edifício é evacuado na sua totalidade e sem ocorrer congestionamentos, em 3 minutos e 8 segundos, ou seja 188 segundos, considerando um tempo de resposta dos ocupantes de apenas $1 \pm$

0,5 segundos, ou seja desprezando praticamente as fases anteriores do tempo disponível de evacuação. O tempo obtido pode ser considerado satisfatório.

Ao analisar os resultados do 2º caso de estudo do Simulex, em que se retira uma das saídas de uma das fracções mais críticas, verifica-se um aumento do tempo de evacuação em 1 minuto e 54 segundos, i.e., mais 61 %. Verifica-se que o tempo aumenta numa relação de grandeza comparável ao aumento da distância a percorrer para atingir a saída alternativa. Este resultado demonstra a vantagem considerável que constituiria uma saída adicional nessa fracção, e ilustra bem a importância do número de saídas para o exterior na minimização dos tempos de evacuação.

Ao analisar os resultados do 3º caso de estudo, numa simulação mais uma vez aplicada à fracção F, verifica-se que no caso em que são respeitadas as disposições geométricas regulamentares, a fracção F é evacuada com um ganho de 15 segundos face à situação real. Essa redução equivale a menos 8% no tempo total de evacuação. Isso demonstra que no edifício em estudo, as falhas nas disposições regulamentares geométricas do edifício, embora agravem a rapidez de evacuação, não desencadeiam um aumento muito gravoso no tempo do resultado final.

As principais vantagens do Simulex são de permitir simulações em edifícios com elevado número de habitantes e de grande complexidade geométrica, definir os tipos de ocupantes, bem como alterar as configurações dos edifícios e dos habitantes em qualquer momento e muito rapidamente, sendo por isso uma ferramenta de teste interessante.

As limitações são a não consideração do comportamento humano e a impossibilidade de obter o tempo de evacuação disponível, ou seja de testar a partir de quanto tempo determinadas zonas ou o conjunto do edifício são considerados insustentáveis à manutenção da segurança dos ocupantes.

A utilização do método de MacLennan para calcular o tempo de evacuação da fracção F nas condições iniciais do edifício, e a comparação dos seus resultados com os obtidos pelo Simulex, mostra que o método não se ajusta a situações de densidades de ocupação muito baixas. Verifica-se nos outros casos tempos de evacuação superiores em cerca de 30%, resultantes em parte de uma velocidade de circulação média dos ocupantes inferior a do modelo computacional.

Tendo em consideração o objectivo exigencial, pode-se dizer que o mesmo é cumprido, pois o tempo do movimento de evacuação inicial é bom, apesar do edifício não estar a cumprir algumas das disposições relativas à evacuação do Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

Para completar este estudo, é possível determinar o tempo de pré-movimento, integrando mais um modelo que considere o parâmetro do comportamento humano, obtendo-se assim o tempo de evacuação necessário. Tem-se que determinar ainda o tempo disponível para evacuação, usando por exemplo um modelo computacional que determine a evolução das condições de segurança do edifício no tempo após a eclosão do incêndio. Para garantir a segurança, terá que existir um saldo de tempo positivo, denominado o tempo de segurança.

Conclui-se assim que este estudo não é um fim em si, mas sim o primeiro passo de uma investigação que pode ser enriquecida com o recurso a modelos numéricos de outros tipos, para avaliar e determinar outros parâmetros integrados na problemática da evacuação de um edifício numa situação de incêndio, e cujo potencial de desenvolvimento parece ser ilimitado.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Autoridade Nacional de Protecção Civil. *Nota Técnica nº 11 complementar do RG-SCIE - Sinalização de Segurança*. 2007.
- [2] Averill, J.D., Mileti, D.S., Peacock, R.D., Kuligowski, E.D., Groner, N., Proulx, G., Reneke, P.A., Nelson, H.E. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster: Occupant Behavior, Egress, and Emergency Communications*. National Institute of Standards and Technology NCSTAR 1-7. 01/11/2005.
- [3] Brennan, P. *Timing human response in real fires*. Fire Safety Science - Proceedings of the Fifth International Symposium, 1997, Melbourne, Australia, p. 807-818.
- [4] Buchanan, A.H. *Fire Engineering Design Guide*. Centre of Advanced Engineering, 2nd Edition, 2001, University of Canterbury, New Zealand, p. 83-94.
- [5] Castro, Carlos Ferreira de, Abrantes, José Barreira. *Manual de Segurança Contra Incêndio em Edifícios*. Escola Nacional de Bombeiros. Sintra, 2004.
- [6] Coelho, António Leça. *A Evacuação de Pessoas em Edifícios*. LNEC.
- [7] Coelho, António Leça. *Modelação Matemática da Evacuação de Edifícios sujeitos à acção de um Incêndio*. Tese de Doutoramento, Lisboa, 1997.
- [8] Ertecna, Lda. *Sinalização de Segurança e plantas de emergência fotoluminescentes*. <http://sinalux.eu/PT/portuguese.swf>. Maio de 2009.
- [9] 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*. LNEC, Lisboa, 1990.
- [10] Laboratório Nacional de Engenharia Civil. *E 365 – 1990 Segurança contra Incêndio. Reacção ao fogo dos materiais de construção. Critérios de classificação*. LNEC, Lisboa, 1990.
- [11] Ministério da Administração Interna. *Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro - Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios*. 2008.
- [12] Ministério da Administração Interna *Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro - Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (SCIE)*. 2008.
- [13] National Fire Protection Association. *Fire Protection Handbook Vol. I e II*, 20th edition, 2008.
- [14] Proulx, G. Movement of People: The Evacuation timing. In *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition*, NFPA, Massachusetts, 2002.
- [15] Proulx, G., Fahy, R.F. *The time delay to start evacuation: Review of five case studies*. Fire Safety Science - Proceedings of the Fifth International Symposium, 1997, Melbourne, Australia, p. 771- 782.
- [16] Proulx, G., Sime, J.D. *To prevent 'panic' in an underground emergency: Why not tell people the truth?* Fire Safety Science - Proceedings of the Third International Symposium, 1991, Edinburgh, Scotland, p. 843-852.
- [17] Society of Fire Protection Engineers. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd edition*. 1995.
- [18] *The Burning of Rome, 64 AD*. 1999. <http://www.eyewitnesstohistory.com>. Maio de 2009.
- [19] *The Great Fire of London, 1666*. 2004. www.eyewitnesstohistory.com. Maio de 2009.

[20] Thompson, P., Wu, J., Marchant, E. (1996) *Modelling evacuation in multi-storey buildings with Simulex*. Fire Engineers Journal, 56, 1996, p.7-11.

[21] Wood, P.G. A survey of behaviour in fires. In *Fires and human behaviour*, 2nd edition, D. Canter, Fulton, London, 1990.

APÊNDICE I
DADOS DE ENTRADA DO EDIFÍCIO NO SIMULEX

Number of Floors = 8

Number of Staircases = 46

Number of Exits = 22

Number of Links = 92

Number of People = 485

Piso 0 (DXF file: Piso 0.dxf) (Size: 156.097,110.973 metres)

Number of People Initially in This Floor = 39

Link A_0-1 : (41.86,94.90 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 0_1

Link B 0-1 : (60.55,95.13 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 0-1

Link C 0-1 : (82.45,94.88 m), 86.19 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 0-1

Link D 0-1 : (101.20,94.85 m), 85.92 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 0-1

Link E 0-1 : (123.05,94.88 m), 87.40 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 0-1

Link F 0-1 : (141.80,94.80 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 0-1

Link A 0_-1 : (41.88,90.50 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A -1-0

Link B 0_-1 : (60.67,90.63 m), 87.96 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B -1-0

Link C 0_-1 : (82.50,90.46 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C -1-0

Link D 0_-1 : (101.19,90.43 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D -1-0

Link E 0_-1 : (123.07,90.46 m), 87.88 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E -1-0

Link F 0_-1 : (141.84,90.56 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F -1-0

Link G 0_-1 : (7.25,101.40 m), -115.71 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase G -1-0

Link H 0_-1 : (22.57,75.68 m), 180.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase H -1-0

Exit A : (42.79,104.65 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit A.2 : (49.54,88.66 m), -90.00 degrees, 1.00 m wide

Exit B.2 : (52.94,88.67 m), -90.00 degrees, 1.00 m wide

Exit B : (59.73,104.66 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit A.1 : (29.67,97.53 m), 0.00 degrees, 0.90 m wide

Exit B.1 : (69.85,88.66 m), -89.33 degrees, 0.90 m wide

Exit C : (83.38,104.63 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit C.1 : (73.23,88.68 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit C.2 : (90.14,88.66 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit D : (100.25,104.65 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit D.1 : (93.53,88.65 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit D.2 : (110.43,88.65 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit E : (123.98,104.65 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit F : (140.88,104.65 m), -90.00 degrees, 1.60 m wide

Exit F.1 : (134.13,88.65 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit E.2 : (130.75,88.63 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit F.2 : (144.95,92.38 m), 0.00 degrees, 0.90 m wide

Exit F.3 : (151.93,92.38 m), 0.00 degrees, 0.90 m wide

Exit E.1 : (113.83,88.63 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide

Exit G : (13.52,99.15 m), -27.90 degrees, 1.20 m wide

Exit G.1 : (11.98,107.83 m), -28.61 degrees, 1.20 m wide

Exit H : (23.48,75.72 m), -180.00 degrees, 1.40 m wide

Piso 1 (DXF file: Piso 1.dxf) (Size: 239.141,61.641 metres)

Number of People Initially in This Floor = 76

Link A_1-0 : (123.49,9.88 m), -91.79 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 0_1

Link A 1-2 : (125.04,8.18 m), -91.79 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 1-2

Link B 1-0 : (145.04,9.89 m), -87.21 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 0-1

Link B 1-2 : (143.53,8.68 m), -93.37 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 1-2

Link C 1-0 : (164.13,9.86 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 0-1

Link C 1-2 : (165.63,8.39 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 1-2

Link D 1-0 : (185.79,8.85 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 0-1

Link D 1-2 : (184.13,8.13 m), -93.09 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 1-2

Link E 1-0 : (204.71,9.88 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 0-1

Link E 1-2 : (206.23,8.14 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 1-2

Link F 1-0 : (226.26,9.00 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 0-1

Link F 1-2 : (224.74,8.18 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 1-2

Piso 2 (DXF file: Piso 2.dxf) (Size: 130.294,18.802 metres)

Number of People Initially in This Floor = 76

Link A 2-3 : (16.18,8.48 m), -87.88 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 2-3

Link B 2-1 : (36.18,9.88 m), -88.41 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 1-2

Link B 2-3 : (34.69,8.10 m), -91.15 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 2-3

Link C 2-1 : (55.13,9.02 m), -88.53 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 1-2

Link C 2-3 : (56.63,8.07 m), -92.29 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 2-3

Link D 2-1 : (76.79,9.86 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 1-2

Link D 2-3 : (75.29,8.33 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 2-3

Link E 2-1 : (95.75,9.00 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 1-2

Link E 2-3 : (97.22,7.97 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 2-3

Link F 2-1 : (117.50,9.00 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 1-2

Link F 2-3 : (115.97,8.00 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 2-3

Link A 2-1 : (14.63,9.89 m), -89.43 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 1-2

Piso 3 (DXF file: Piso 3.dxf) (Size: 144.141,105.662 metres)

Number of People Initially in This Floor = 76

Link A 3-2 : (28.63,97.50 m), 177.88 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 2-3

Link A 3-4 : (30.03,95.41 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 3-4

Link B 3-2 : (50.18,95.83 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 2-3

Link B 3-4 : (48.65,94.95 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 3-4

Link C 3-2 : (68.97,95.85 m), -92.20 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 2-3

Link C 3-4 : (70.53,94.83 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 3-4

Link D 3-2 : (90.78,95.80 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 2-3

Link D 3-4 : (89.28,94.90 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 3-4

Link E 3-2 : (109.43,96.63 m), -92.12 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 2-3

Link E 3-4 : (111.23,96.04 m), -90.95 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 3-4

Link F 3-2 : (131.40,95.83 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 2-3

Link F 3-4 : (129.85,94.90 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 3-4

Piso 4 (DXF file: Piso 4.dxf) (Size: 150.980,54.506 metres)

Number of People Initially in This Floor = 76

Link A 4-3 : (26.65,25.02 m), -88.67 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 3-4

Link B 4-3 : (48.48,24.23 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 3-4

Link C 4-3 : (67.38,25.12 m), -92.54 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 3-4

Link D 4-3 : (89.05,24.25 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 3-4

Link E 4-3 : (107.88,24.23 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 3-4

Link F 4-3 : (129.50,25.08 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 3-4

Link A 4-5 : (28.17,23.73 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 4-5

Link B 4-5 : (46.83,23.38 m), -85.91 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 4-5

Link C 4-5 : (68.88,23.90 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 4-5

Link D 4-5 : (87.53,23.38 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 4-5

Link E 4-5 : (109.40,23.50 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 4-5

Link F 4-5 : (128.20,24.27 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 4-5

Piso -1 (DXF file: Piso -1.dxf) (Size: 163.004,45.538 metres)

Number of People Initially in This Floor = 31

Link A -1_-2 : (49.08,24.19 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A -2_-1

Link A -1-0 : (47.50,24.51 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A -1-0

Link B -1_-2 : (67.83,24.27 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B -2_-1

Link B -1-0 : (69.40,24.44 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B -1-0

Link C -1.-2 : (89.74,24.24 m), 88.64 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C -2.-1

Link C -1-0 : (88.10,24.50 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C -1-0

Link D -1.-2 : (108.38,24.30 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D -2.-1

Link D -1-0 : (109.97,24.30 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D -1-0

Link D -1.-2 : (130.20,24.38 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E -2.-1

Link E -1-0 : (128.70,24.42 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E -1-0

Link F -1.-2 : (149.02,24.27 m), 88.81 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F -2-1

Link F -1-0 : (150.55,24.35 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F -1-0

Link G -1-2 : (16.64,28.48 m), 154.84 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase G -2.-1

Link G -1-0 : (16.26,30.36 m), 152.95 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase G -1-0

Link H -1-0 : (28.45,14.30 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase H -1-0

Link H -1-2 : (28.27,26.96 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase H -2-1

Piso -2 (DXF file: Piso -2.dxf) (Size: 164.766,46.672 metres)

Number of People Initially in This Floor = 35

Link A -2_-1 : (48.95,24.74 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A -2_-1

Link B -2_-1 : (70.78,24.90 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B -2_-1

Link C -2.-1 : (89.51,24.79 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C -2.-1

Link D -2.-1 : (111.45,24.88 m), 86.99 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D -2.-1

Link E -2.-1 : (130.15,24.83 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E -2.-1

Link F -2-1 : (152.03,24.85 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F -2-1

Link G -2.-1 : (19.60,31.15 m), -114.44 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase G -2.-1

Link H -2-1 : (28.30,28.43 m), -87.95 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase H -2-1

Piso 5 (DXF file: Piso 5.dxf) (Size: 150.980,54.506 metres)

Number of People Initially in This Floor = 76

Link A 5-4 : (27.39,26.93 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase A 4-5

Link B 5-4 : (47.69,26.95 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase B 4-5

Link C 5-4 : (68.00,26.98 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase C 4-5

Link D 5-4 : (88.28,26.95 m), -91.36 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase D 4-5

Link E 5-4 : (108.60,26.93 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase E 4-5

Link F 5-4 : (128.89,26.97 m), -90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Staircase F 4-5

Staircase A 0_1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A_0-1 : (0.46,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link A_1-0 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase A 1-2 (Size: 0.900,10.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A 1-2 : (0.55,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link A 2-1 : (0.45,10.00 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase A 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A 2-3 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link A 3-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase A 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A 3-4 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link A 4-3 : (0.47,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase B 0-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B 0-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link B 1-0 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase B 1-2 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B 1-2 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link B 2-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase B 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B 2-3 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link B 3-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase B 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B 3-4 : (0.46,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link B 4-3 : (0.44,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase C 0-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 0-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link C 1-0 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase C 1-2 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 1-2 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link C 2-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase C 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 2-3 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link C 3-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase C 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 3-4 : (0.46,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link C 4-3 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase D 0-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D 0-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link D 1-0 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase D 1-2 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D 1-2 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link D 2-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase D 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D 2-3 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link D 3-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase D 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D 3-4 : (0.44,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link D 4-3 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase E 0-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E 0-1 : (0.44,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link E 1-0 : (0.44,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase E 1-2 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E 1-2 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link E 2-1 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase E 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E 2-3 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link E 3-2 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase E 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E 3-4 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link E 4-3 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase F 0-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F 0-1 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link F 1-0 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Staircase F 1-2 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F 1-2 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 1

Link F 2-1 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Staircase F 2-3 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F 2-3 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 2

Link F 3-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Staircase F 3-4 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F 3-4 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 3

Link F 4-3 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase A -2_-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A -2_-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link A -1_-2 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase A -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A -1-0 : (0.46,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link A 0_-1 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase B -2_-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B -2_-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link B -1_-2 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase B -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B -1-0 : (0.50,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link B 0_-1 : (0.44,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase C -2.-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C -2.-1 : (0.46,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link C -1.-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase C -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 0.-1 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Link C -1-0 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase D -2.-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D -2.-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link D -1.-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase D -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D -1-0 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link D 0.-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase E -2.-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E -2.-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link D -1.-2 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase E -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E -1-0 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link E 0.-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase F -2-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F -2-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link F -1.-2 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase F -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F -1-0 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link F 0.-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase G -2.-1 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link G -2.-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link G -1-2 : (0.49,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase G -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link G -1-0 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link G 0.-1 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase H -1-0 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link H -1-0 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Link H 0.-1 : (0.46,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 0

Staircase H -2-1 (Size: 0.900,4.000 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link H-2-1 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -2

Link H-1-2 : (0.45,4.00 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso -1

Staircase A 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link A 4-5 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Link A 5-4 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Staircase B 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link B 4-5 : (0.47,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Link B 5-4 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Staircase C 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link C 4-5 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Link C 5-4 : (0.43,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Staircase D 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link D 4-5 : (0.45,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Link D 5-4 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Staircase E 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link E 5-4 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Link E 4-5 : (0.44,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

Staircase F 4-5 (Size: 0.900,10.700 metres)

Number of People Initially in This Stair = 0

Link F 5-4 : (0.45,10.70 m), 90.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 5

Link F 4-5 : (0.44,0.00 m), 270.00 degrees, 0.90 m wide, connected to Piso 4

APÊNDICE II
PEÇAS DESENHADAS PRINCIPAIS DO EDIFÍCIO