

2015

Instituto Politécnico de Coimbra
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE COIMBRA

Análise do Risco de Incêndio de uma Unidade Industrial de Fabricação de Papel - Grupo Portucel Soporcel

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

AUTOR | João Pedro Moreira Pereira

ORIENTADOR | Prof. Doutor António José Pedroso
de Moura Correia

Coimbra, dezembro 2015

**Análise do Risco de Incêndio de uma Unidade
Industrial de Fabricação de Papel – Grupo
Portucel Soporcel**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Civil – Especialização em Construção Urbana

Autor

João Pedro Moreira Pereira

Orientador

Prof. Doutor António José Pedroso de Moura Correia

Professor Adjunto do DEC-ISEC

Coimbra, Dezembro, 2015

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é um trabalho muito exigente e requer grande dedicação e esforço, e sem o apoio prestado por algumas pessoas/ entidades tinha sido quase impossível andar com este trabalho para a frente e concluí-lo. Deste modo quero agradecer:

Ao meu orientador, Prof. António Correia, Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, pela orientação desta tese, pelo apoio e confiança ao longo deste trabalho, pela sua disponibilidade, bem como os seus conhecimentos e sugestões.

Ao Diretor Fabril da Soporcel, Eng.º Carlos Vieira, pela disponibilidade das instalações objeto do estudo. Ao Dr. Quental Martins e aos Colaboradores da Soporcel, por me terem recebido, por toda a disponibilidade e por todos os elementos fornecidos.

Ao meu colega e Engenheiro Hugo Nunes, por toda a sua disponibilidade, paciência e por toda a explicação e ajuda que deu ao longo da tese, em especial no programa Pyrosim.

Ao Aurélio Pereira, colaborador da Soporcel, um especial agradecimento por toda a sua disponibilidade, por ser meu guia dentro da empresa, por toda a paciência, por todos os seus conhecimentos transmitidos, por toda a sua ajuda e por todos os elementos fornecidos.

À minha família, por toda a paciência, apoio, ajuda e confiança depositada.

Por último, um grande e especial agradecimento à Patrícia Mendes, minha namorada, por toda a disponibilidade, ajuda, paciência, compreensão, confiança, força e carinho, sem ela teria sido muito mais difícil.

A todos, um MUITO OBRIGADA!

João Pereira

RESUMO

Este estudo aborda a Segurança contra Incêndios com base no desempenho de um edifício da Fábrica de produção de papel – Soporcel, S.A, situada no complexo industrial da Figueira da Foz, utilizando a Engenharia de Segurança contra Incêndios.

É avaliada a segurança do edifício em questão segundo métodos de análise de risco tradicionais como o método de Gretener e o FRAME e segundo o RSCIE.

Para a análise do edifício com base no desempenho, recorre-se à modelação de deflagração e propagação de incêndio no interior do edifício que constitui a Fábrica, utilizando o *software* FDS, com a aplicação Pyrosim, desenvolvida pelo NIST, nos Estados Unidos da América, que permite a obtenção de campos de temperaturas e evolução da propagação de fumos no volume de controlo definido.

O objetivo principal do estudo consiste na determinação dos aspetos negativos em termos de Segurança ao Incêndio, para permitir que no futuro essa segurança possa ser melhorada.

Palavras-Chave:

Segurança, Incêndios, Modelação Numérica, Análise de Risco.

ABSTRACT

This study addresses the Performance-Based Fire Safety assessment of a paper production factory Soporcel, S.A., located in the industrial complex in Figueira da Foz, in Portugal, using Fire Safety Engineering.

The safety of the building is evaluated according with traditional Fire Risk Assessment Methods as the Gretener Method and FRAME Method, and also the Portuguese Fire Safety Regulation RSCIE.

For the Performance-Based Fire Safety assessment, the numerical modelling of the spread of the fire and smoke within the building of the factory, the FDS software Pyrosim, developed by NIST in the United States of America, which allows obtaining the temperature evolution and smoke spread within the control volume was used.

The main purpose of this study is to determine the negative aspects in terms of Fire Safety, to allow in the future an improvement in the safety of the building.

Keywords:

Safety, Fire, Numerical Modelling, Risk Assessment.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE QUADROS	X
SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS	XI

CAPITULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos da dissertação	1
1.3. Estrutura da dissertação	2

CAPITULO 2 - ESTADO DA ARTE**CAPITULO 3 - MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO**

3.1. Método de Gretener	7
3.1.1. Tipos de Edifícios	7
3.1.2. Perigo Potencial (P)	7
3.1.3. Medidas contra o desenvolvimento do incêndio (M).....	10
3.1.4. Exposição ao Perigo de incêndio – B	12
3.1.5. Perigo de ativação – A	12
3.1.6. Risco de Incêndio efetivo – R.....	12
3.1.7. Fatores de correção – P_{HE}	13
3.1.8. Risco de incêndio admissível – R_u	13
3.1.9. Segurança Contra Incêndio – γ	13
3.2. Método de FRAME.....	14
3.2.1. Risco Potencial	14
3.2.1.1.Risco Potencial para o edifício e seu conteúdo – P.....	14
3.2.1.2.Risco Potencial para os ocupantes – P_1	15
3.2.1.3.Risco Potencial para a atividade – P_2	15
3.2.2. Níveis de aceitabilidade	19
3.2.3. Risco inicial – R_0	22
3.2.4. Níveis de proteção – D	24
3.2.5. Cálculo do Risco para o edifício e seu conteúdo, para os ocupantes e para a atividade	29

CAPITULO 4 - APLICAÇÃO AO CASO EM ESTUDO

4.1. Enquadramento	31
4.2. Caracterização da indústria	32
4.2.1. Produção de pasta	32
4.2.1.1.Preparação de madeiras	32
4.2.1.2.Produção de pasta crua e pasta branca.....	33
4.2.2. Produção de papel.....	33
4.2.2.1.Área da transformação de papel	34
4.3. Aplicação do Método de Gretener ao edifício em estudo	36
4.4. Aplicação do Método de FRAME ao edifício em estudo	36

CAPITULO 5 - SIMULAÇÃO DE INCÊNDIO NA FÁBRICA DE PAPEL

5.1. Introdução	39
5.2. Modelação computacional de incêndios no edifício estudado	39
5.2.1. Cenário 1	41
5.2.2. Cenário 2	46
5.2.3. Cenário 3	51
5.2.4. Cenário 4	56
5.2.5. Cenário 5	64
5.2.6. Cenário 6	69
5.2.7. Cenário 7	74

CAPITULO 6 - ANÁLISE DO EDIFÍCIO SEGUNDO O REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

6.1. Introdução	81
6.2. Caracterização do edifício	81
6.3. Verificação segundo o regulamento técnico de segurança contra incêndio	84
6.3.1. Condições exteriores comuns	84
6.3.2. Condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção	85
6.3.3. Condições gerais de evacuação	87
6.3.4. Condições gerais das instalações técnicas	87
6.3.5. Condições gerais dos equipamentos e sistemas de segurança	88
6.3.6. Controlo de fumos	90
6.3.7. Meios de intervenção	91
6.3.8. Sistemas fixos de extinção automática de incêndios	91
6.3.9. Posto de segurança	92
6.3.10. Condições gerais de autoproteção	92

CAPITULO 7 - CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA

7.1. Conclusões	95
7.2. Propostas de melhoria	96

BIBLIOGRAFIA	97
ANEXOS	99
ANEXO 1 – TABELAS E CÁLCULOS DO MÉTODO DE GREENER	101
ANEXO 2 – TABELAS E CÁLCULOS DO MÉTODO DE FRAME	117
ANEXO 3 – PORMENORES DA MODELAÇÃO DO EDIFÍCIO	127
ANEXO 4 – PLANTAS AUTOCAD	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Incêndio da PETROBRAS em São Paulo [1]	3
Figura 2.2 – Incêndio no Golfo do México [11]	4
Figura 2.3 – Incêndio na Joviflex [4]	4
Figura 2.4 – Incêndio no Porto de Leixões [9] [10]	4
Figura 2.5 – Incêndio na Papeleira Portuguesa [6].....	5
Figura 2.6 – Incêndio na plataforma de petróleo no Mar Cáspio [15].....	5
Figura 4.1 – Localização da unidade Industrial Soporcel [7]	31
Figura 4.2 – Descascador de madeiras; Destorcedor de madeiras	32
Figura 4.3 – Monte de aparas	32
Figura 4.4 – Digestor da pasta; silos de armazenamento da pasta	33
Figura 4.5 – Máquina de papel 2	34
Figura 4.6 – Bobine de papel “Jumbo”; Bobine de papel cortada	34
Figura 4.7 – Localização da direção da transformação de papel [7]	34
Figura 4.8 – Cortador de papel; zona de embalagem para expedição	35
Figura 4.9 – Direção da transformação de papel correspondente à máquina de papel 2 com compartimentação assinalada [7]	35
Figura 5.1 – Janela da biblioteca de materiais do Pyrosim	39
Figura 5.2 – Janela da biblioteca de materiais do CFast.....	40
Figura 5.3 – Modelo base do edifício em estudo.....	40
Figura 5.4 – Modelo do armazém automático PRS2.....	41
Figura 5.5 – Evolução das chamas aos 10 segundos	42
Figura 5.6 – Evolução das chamas aos 17 segundos com sprinkler	42
Figura 5.7 – Evolução das chamas aos 30 segundos com sprinklers	42
Figura 5.8 – Evolução das chamas aos 70 segundos	43
Figura 5.9 – Evolução do fumo aos 10 segundos	43
Figura 5.10 – Evolução do fumo aos 40 segundos	44
Figura 5.11 – Evolução do fumo aos 70 segundos	44
Figura 5.12 – Variação da temperatura aos 10 segundos	45
Figura 5.13 – Variação da temperatura aos 20 segundos	45
Figura 5.14 – Variação da temperatura aos 70 segundos	45
Figura 5.15 – Modelo da nave 3 da transformação de papel	46
Figura 5.16 – Evolução das chamas aos 30 segundos	47
Figura 5.17 – Evolução das chamas aos 40 segundos com sprinklers	47
Figura 5.18 – Evolução das chamas aos 80 segundos com sprinklers	47
Figura 5.19 – Evolução das chamas aos 150 segundos	48
Figura 5.20 – Evolução do fumo aos 20 segundos	48
Figura 5.21 – Evolução do fumo aos 40 segundos	49
Figura 5.22 – Evolução do fumo aos 150 segundos	49
Figura 5.23 – Variação da temperatura aos 20 segundos	50
Figura 5.24 – Variação da temperatura aos 40 segundos	50
Figura 5.25 – Variação da temperatura aos 150 segundos	50
Figura 5.26 – Modelo do armazém de paletes	51
Figura 5.27 – Evolução das chamas aos 40 segundos	52
Figura 5.28 – Evolução das chamas aos 156 segundos com sprinklers	52
Figura 5.29 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers	52
Figura 5.30 – Evolução das chamas aos 210 segundos	53
Figura 5.31 – Evolução do fumo aos 20 segundos	53
Figura 5.32 – Evolução do fumo aos 60 segundos	54
Figura 5.33 – Evolução do fumo aos 210 segundos	54
Figura 5.34 – Variação da temperatura aos 20 segundos	55

Figura 5.35 – Variação da temperatura aos 60 segundos	55
Figura 5.36 – Variação da temperatura aos 210 segundos	55
Figura 5.37 – Modelo da nave 2 de transformação	56
Figura 5.38 – Evolução das chamas aos 30 segundos	57
Figura 5.39 – Evolução das chamas aos 300 segundos com sprinklers	57
Figura 5.40 – Evolução das chamas aos 700 segundos com sprinklers	57
Figura 5.41 – Evolução das chamas aos 1200 segundos com sprinklers	58
Figura 5.42 – Evolução do fumo aos 250 segundos	58
Figura 5.43 – Evolução do fumo aos 900 segundos	59
Figura 5.44 – Evolução do fumo aos 1200 segundos	59
Figura 5.45 – Variação da temperatura aos 300 segundos	60
Figura 5.46 – Variação da temperatura aos 800 segundos	60
Figura 5.47 – Variação da temperatura aos 1200 segundos	60
Figura 5.48 – Colocação dos dispositivos	61
Figura 5.49 – Evolução das temperaturas no pilar	62
Figura 5.50 – Evolução das temperaturas na viga da cobertura	62
Figura 5.51 – Evolução das temperaturas na viga do teto falso	63
Figura 5.52 – Modelo do armazém de material de embalagem 1	64
Figura 5.53 – Evolução das chamas aos 40 segundos	65
Figura 5.54 – Evolução das chamas aos 52 segundos com sprinklers	65
Figura 5.55 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers	65
Figura 5.56 – Evolução das chamas aos 290 segundos	66
Figura 5.57 – Evolução do fumo aos 20 segundos	66
Figura 5.58 – Evolução do fumo aos 60 segundos	67
Figura 5.59 – Evolução do fumo aos 290 segundos	67
Figura 5.60 – Variação da temperatura aos 20 segundos	68
Figura 5.61 – Variação da temperatura aos 55 segundos	68
Figura 5.62 – Variação da temperatura aos 290 segundos	68
Figura 5.63 – Modelo do armazém de material de embalagem 2	69
Figura 5.64 – Evolução das chamas aos 50 segundos	70
Figura 5.65 – Evolução das chamas aos 60 segundos com sprinklers	70
Figura 5.66 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers	70
Figura 5.67 – Evolução das chamas aos 310 segundos	71
Figura 5.68 – Evolução do fumo aos 30 segundos	71
Figura 5.69 – Evolução do fumo aos 60 segundos	72
Figura 5.70 – Evolução do fumo aos 310 segundos	72
Figura 5.71 – Variação da temperatura aos 30 segundos	73
Figura 5.72 – Variação da temperatura aos 60 segundos	73
Figura 5.73 – Variação da temperatura aos 310 segundos	73
Figura 5.74 – Modelo do armazém convencional de expedição de papel 2	74
Figura 5.75 – Evolução das chamas aos 30 segundos	75
Figura 5.76 – Evolução das chamas aos 180 segundos	75
Figura 5.77 – Evolução das chamas aos 600 segundos	75
Figura 5.78 – Evolução das chamas aos 900 segundos	76
Figura 5.79 – Evolução do fumo aos 30 segundos	76
Figura 5.80 – Evolução do fumo aos 300 segundos	77
Figura 5.81 – Evolução do fumo aos 500 segundos	77
Figura 5.82 – Variação da temperatura aos 180 segundos	78
Figura 5.83 – Variação da temperatura aos 500 segundos	78
Figura 5.84 – Variação da temperatura aos 800 segundos	78
Figura 5.85 – Colocação dos dispositivos	79
Figura 5.86 – Evolução das temperaturas no pilar	79
Figura 5.87 – Evolução das temperaturas na viga	80

Figura 6.1 – Porta corta-fogo com sprinklers; pormenor dos sprinklers da porta corta-fogo	86
Figura 6.2 – Sinalização dos meios de intervenção	88
Figura 6.3 – Iluminação de emergência	89
Figura 6.4 – Detetor de incêndio; sinal sonoro; botão de alarme	90
Figura 6.5 – Extintor; boca-de-incêndio do tipo carretel e do tipo teatro	91
Figura 6.6 – Sprinklers da nave 2; sprinklers do armazém do material de embalagem 2.....	92

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 4.1 – Resultados do Método de Gretener	36
Quadro 4.2 – Resultados do Método de FRAME	37
Quadro 6.1 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento.....	83
Quadro 6.2 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada do edifício	84

SIMBOLOGIA E ABREVIATURAS

- **Abreviaturas**

CFD – Computational Fluid Dynamics (Dinâmica Computacional de Fluidos)

FRAME – Fire Risk Assessment Method for Engineering

FDS – Fire Dynamics Simulator (Simulação Dinâmica do Fogo)

RT-SCIE – Regime Técnico de Segurança Contra Incêndio em Edifícios

- **Simbologia**

A – Perigo de ativação; Risco aceitável

AB – Superfície de um compartimento de incêndio

AF – Superfície vidrada

AZ – Superfície de uma célula corta-fogo

A1 – Revestimentos não combustíveis

b – Largura do compartimento de incêndio

B – Fator de exposição ao perigo de incêndio

c – Fator de combustibilidade

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de atividade (i)

Co – Indicação do perigo de corrosão

D – Nível de proteção

e – Fator do nível do andar ou da altura útil do local

E – Nível do andar, ou altura útil do local

f – Fator individual de medida de construção (com índice)

F – Produto de todas as medidas de construção; Fator de resistência ao fogo

Fe – Grau de perigo de combustibilidade

g – Fator de amplitude dos compartimentos de incêndio;

G – Construção de grande superfície

h_i – altura de armazenagem da zona de armazenamento (i)

i – Fator da carga de incêndio imobiliária; fator de propagação

l – Comprimento do compartimento de incêndio

k – Fator de corrosão e de toxicidade

M – Produto de todas as medidas de proteção

- n** – Fator individual de medida normal (com índice)
- N** – Produto de todas as medidas normais
- N_{ar}** – número de zonas de armazenamento distintas
- p** – Categoria de exposição ao perigo para as pessoas
- P** – Perigo Potencial
- P_(H,E)** – Fatores de correção (tendo em conta a exposição ao perigo das pessoas, o nível do andar e do n° de pessoas onde se encontra o compartimento de incêndio)
- q** – Fator da Carga de incêndio mobiliária
- Q_i** – Carga de incêndio imobiliária
- Q_m** - Carga de incêndio mobiliária
- q_{si}** – densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade (i)
- q_{sk}** – densidade de carga de incêndio modificada, de cada compartimento corta-fogo (k)
- q_{vi}** – densidade de carga de incêndio relativa à zona de armazenamento (i)
- r** – Fator de perigo de fumo
- R** – Risco de incêndio efetivo
- R_{ai}** – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível (i), em função do tipo de atividade da zona (i)
- R_n** – Risco de incêndio normal
- R_u** – Risco de incêndio admissível
- REI 60** – Capacidade de suporte de cargas, estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico/ estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico durante 60 minutos
- REI 90** – Capacidade de suporte de cargas, estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico/ estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico durante 90 minutos
- REI 180** – Capacidade de suporte de cargas, estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico/ estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico durante 180 minutos
- REI 240** – Capacidade de suporte de cargas, estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico/ estanqueidade a chamas e gases quentes e isolamento térmico durante 240 minutos
- R 180** – Capacidade de suporte de cargas durante 180 minutos
- s** – Fator individual de medida especial (com índice)
- S** – Produto de todas as medidas especiais; área útil do compartimento
- S_i** – área afeta à zona de armazenamento (i)

S_k – área útil de cada compartimento corta-fogo (k)

U – Fator de evacuação

V – Construção de grande volume

v – Fator de ventilação

W – Fator dos recursos de água

Y – Fator de salvados

Z – Construção em células

z – Fator de acessibilidade

γ – Segurança contra incêndio

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

O fogo e as explosões estão na origem de grandes danos pessoais e materiais em instalações industriais, pelo que devem adotar-se medidas adequadas para prevenir os incêndios e preservar a segurança dos trabalhadores.

Os riscos industriais são normalmente de baixa probabilidade de ocorrência, apresentando no entanto, elevadas consequências caso se verifique a sua ocorrência. Os problemas do risco industrial e a diversificação dos tipos de risco aumentaram simultaneamente com o desenvolvimento industrial, enquanto o nível de aceitabilidade do risco para a população diminuiu. Em resposta a esta preocupação, as autoridades competentes desenvolveram metodologias e ferramentas para a proteção e prevenção de riscos.

A análise de risco traduz-se num conjunto de métodos e técnicas que, aplicados a uma dada atividade, identificam e avaliam de forma qualitativa e quantitativa os riscos que essa mesma atividade representa para o meio ambiente, para a população e para a própria atividade. Os principais resultados obtidos através de uma análise de riscos são a identificação de possíveis cenários de acidentes, a previsão das suas frequências de ocorrência e da magnitude das suas possíveis consequências. O conceito de risco combina a probabilidade de ocorrência de um evento com a sua intensidade e inerentes consequências ambientais, económicas e sociais.

A promoção da segurança contra incêndios em unidades industriais tem como principais objetivos a redução do risco de eclosão de um incêndio, a limitação do risco de propagação do fogo e fumo, a garantia de uma evacuação rápida e segura dos ocupantes, e ainda a garantia de uma intervenção eficaz das equipas de combate. Os estabelecimentos industriais devem estar providos de equipamentos adequados para extinção de incêndios em perfeito estado de funcionamento, situados em locais acessíveis e convenientemente assinalados e ainda dispor de pessoal em número suficiente devidamente instruído no uso destes equipamentos.

1.2. Objetivos da dissertação

Nesta dissertação pretende-se efetuar a análise do risco de incêndio, na Fábrica de produção de papel – Soporcel, S.A. Para a elaboração da análise, realizaram-se várias visitas ao complexo industrial de forma a identificar os riscos de incêndio resultantes da atividade. Para isso tornou-se necessário selecionar o edifício mais desfavorável, compreender os processos de produção do edifício escolhido, assim como a identificação e caracterização dos materiais presentes nessa instalação.

Para a análise do risco de incêndio tornou-se necessário também a compreensão e aplicação dos métodos de avaliação dos riscos de incêndio, identificando e caracterizando os riscos de incêndio em indústrias de produção de papel.

Após revisão bibliográfica, será feita uma análise mais detalhada através dos Métodos Gretener e FRAME, será feita também uma simulação de incêndio no programa Pyrosim, para observar a propagação do fumo e das chamas. Feita esta verificação de risco de incêndio,

analisam-se os resultados obtidos, comparando os diferentes métodos e são ainda colocadas algumas medidas de segurança para melhores condições de combate ao incêndio.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por sete capítulos e quatro anexos, cuja estrutura se descreve da seguinte maneira.

No Capítulo 1 é feito o enquadramento do tema estudado na dissertação, são apresentados os objetivos que se pretendem alcançar e a metodologia empregue, e por fim, apresenta-se uma síntese da organização da dissertação.

No Capítulo 2 é apresentado o estado da arte no que diz respeito a incêndios industriais.

No Capítulo 3 é feita a descrição dos métodos de análise de risco de incêndio que serão utilizados, neste caso, o Método de Gretener e o Método de FRAME.

No Capítulo 4 pretende-se fazer a aplicação dos métodos de análise de risco de incêndio ao empreendimento em estudo. Para tal foi necessário efetuar a identificação e caracterização do empreendimento, incluindo a sua localização, a identificação da atividade e dos materiais presentes e a descrição do processo de produção.

No Capítulo 5 é feita uma introdução ao programa de simulação de incêndio Pyrosim, onde seguidamente será feita a apresentação de simulações de incêndio ao edifício escolhido como sendo o mais desfavorável.

No Capítulo 6 é feita uma análise do edifício em estudo segundo o regulamento de segurança contra incêndio.

No Capítulo 7 são apresentadas as conclusões e as propostas de melhoria face aos resultados obtidos.

Os anexos contêm a seguinte informação:

Anexo 1 – Tabelas e cálculos Método de Gretener

Anexo 2 – Tabelas e cálculos Método de FRAME

Anexo 3 – Pormenores da modelação do edifício

Anexo 4 – Plantas em Autocad

2. ESTADO DA ARTE

O crescimento da população e das suas necessidades de consumo, aliado ao constante desenvolvimento industrial e tecnológico, tem levado a uma maior diversidade de matérias e produtos. O crescente armazenamento e manutenção de matérias perigosas têm vindo a acentuar o problema do risco de incêndio industrial.

Ao longo dos últimos anos têm sido vários os acidentes registados em unidades industriais e que levaram a consequências mais ou menos graves.

No Estado de São Paulo, no Brasil, um dos acidentes de maior relevância já registados ocorreu em Cubatão, em fevereiro de 1984, quando um duto da PETROBRAS destinado ao transporte de gasolina causou o vazamento do produto seguido de um incêndio de grandes proporções ocasionando a morte de 93 pessoas [1].



Figura 2.1 – Incêndio da PETROBRAS em São Paulo [1]

Em Julho de 2004 na refinaria da Galp em Matosinhos, distrito do Porto, a zona de descarga dos petroleiros em Leça sofreu um incêndio que durou cerca de 10 horas e teve de ser combatido por 177 bombeiros. Uma primeira explosão ter-se-á verificado num oleoduto, alastrando em seguida à área portuária onde se registou nova explosão. As chamas acabariam por destruir parte das instalações do Clube Naval de Leça e provocar ferimentos em alguns dos bombeiros [2].

Em 20 de Abril de 2010, ocorreu uma explosão na plataforma de petróleo Deepwater Horizon da BP no Golfo do México, desencadeada por uma bolha de metano que escapou do poço e disparou para cima, pela coluna de perfuração, expandindo – se rapidamente e explodindo, provocando 11 mortes e 17 feridos e libertando para o oceano mais de 780 milhões de litros de petróleo, naquele que foi considerado o pior desastre ambiental da história dos Estados Unidos [11].



Figura 2.2 – Incêndio no Golfo do México [11]

Em Estarreja, no distrito de Aveiro, em Outubro de 2012 ocorreu um incêndio numa fábrica de feltros para colchões (Joviflex), deixando a fábrica completamente destruída. As características dos materiais (espumas e tecidos altamente inflamáveis) existentes na fábrica ajudaram à rápida propagação as chamas [3].



Figura 2.3 – Incêndio na Joviflex [4]

Em Abril de 2012 no porto de Leixões, distrito do Porto, a queda de um guindaste provocou uma rotura numa conduta de gás provocando de imediato uma explosão e um posterior incêndio. Deste acidente resultou um morto e um ferido grave [8].



Figura 2.4 – Incêndio no porto de Leixões [9] [10]

Em S. Paio de Oleiros, no distrito de Aveiro, em Junho de 2014 ocorreu um incêndio na Papeleira Portuguesa, que terá começado numa zona exterior de resíduos de papel, mas acabariam por atingir um dos pavilhões que funcionava como armazém. A pronta intervenção dos bombeiros evitou que as chamas se propagassem à zona de laboração [5].



Figura 2.5 – Incêndio na Papeleira Portuguesa [6]

Em Dezembro de 2015, ocorreu um incêndio numa plataforma de petróleo no Mar Cáspio, explorada pela SOCAR. O incêndio terá começado após vento forte danificar um gasoduto na plataforma. Como resultado deste incêndio foram registados cerca de trinta vítimas mortais e cerca de quarenta foram resgatadas com vida [14].



Figura 2.6 – Incêndio na plataforma de petróleo no Mar Cáspio [15]

A avaliação do nível de risco de incêndio de uma instalação permite a seleção das medidas de prevenção mais adequadas, de forma a reduzir o risco de incêndio. Para tal, torna-se necessária a identificação e avaliação de todos os possíveis cenários acidentais.

3. MÉTODOS DE ANÁLISE DE RISCO DE INCÊNDIO

Os métodos de análise de risco de incêndio têm como objetivo o cálculo do risco de incêndio de edifícios e/ou recintos condicionados pelas suas características estruturais, arquitetónicas e carga de incêndio. Estes métodos estimam as consequências decorrentes dos vários cenários de incêndio, independentemente da utilização-tipo da instalação.

A análise do risco de incêndio industrial assume uma elevada importância na proteção humana e dos edifícios, permitindo a decisão das medidas de segurança adequadas com base no conhecimento do nível de risco.

3.1. Método de Gretener

O Método de Gretener foi desenvolvido pelo Engenheiro Suíço Max Gretener com a finalidade de obter um processo analítico para quantificação do risco de incêndio de edifícios através de critérios uniformes e de harmonizar o processo de cálculo da tarifa de seguro de incêndio (Macedo, 2008).

O Método de Gretener é um método semiquantitativo de análise do risco de incêndio que permite verificar, pela ponderação de diversos fatores, se um determinado edifício ou compartimento de incêndio tem, ou não, um nível de segurança contra incêndio aceitável (Macedo, 2008).

De seguida é apresentada uma breve descrição do método, segundo (Lemos e Neves, 2004).

3.1.1. Tipos de Edifícios

O método presume a caracterização dos edifícios em função da propagação de um incêndio, considerando três tipos diferentes de edifícios, que podem ser do tipo V, G e Z.

Edifício Tipo V – são construções de grande volume, facilitando a propagação horizontal e vertical do incêndio. Significando então que o elemento de separação entre pisos não tem qualquer resistência ao fogo, daí a propagação vertical ser facilitada.

Edifício Tipo G – construções de grandes superfícies, permitindo a propagação horizontal do incêndio, mas não vertical, pelo facto dos pisos serem construídos em elementos resistentes ao fogo.

Edifícios Tipo Z – são construções em células, que dificultam e limitam a propagação horizontal e vertical do incêndio, estas células são isoláveis e com área inferior a 200 m².

3.1.2. Perigo Potencial (P)

O perigo potencial (P) é obtido pelo produto dos perigos potenciais inerentes ao conteúdo do edifício e, pelos perigos potenciais inerentes ao tipo de construção.

Os perigos potenciais inerentes ao conteúdo do edifício são os equipamentos mobiliários e todos os materiais que determinam o desenvolvimento do incêndio. Os fatores são:

1) Carga de incêndio mobiliária (Q_m), fator “q”

A carga de incêndio mobiliária refere-se à quantidade total de carga combustível existente na superfície do compartimento e, compreende a quantidade total de calor libertado devido à sua combustão. As áreas do compartimento de incêndio são expressas em MJ/m^2 .

A carga de incêndio mobiliária nos edifícios do tipo G e Z determina-se por cada um dos andares, para os edifícios do tipo V, soma-se a carga de incêndio de todos os andares, referindo-se ao andar que tem maior área.

Quando os usos são indefinidos e os materiais misturados, o valor de Q_m é calculado através da tabela de cargas de incêndio mobiliárias que se encontra no Anexo 1 – Tabela 1.1, e o fator “q” é determinado através da tabela 1.2 do Anexo 1. Caso os usos e os materiais sejam definidos, o valor de Q_m é o indicado na mesma na tabela 1.1 do Anexo 1.

2) Combustibilidade – grau de perigo (F_e), fator “c”

Este fator indica a inflamabilidade e a velocidade de combustão dos materiais considerados.

Os graus de combustibilidade estão divididos em 6 categorias, correspondentes aos materiais sólidos, gasosos e líquidos, de acordo com a tabela 1.3 do Anexo 1.

Os materiais que contribuírem no mínimo com 10% de Q_m considera-se o maior valor de “c”.

3) Perigo de fumos (F_u), fator “r”

Este fator indica o fumo intenso que os materiais desenvolvem, prejudicando assim o combate e a evacuação.

Os materiais que contribuírem no mínimo com 10% de Q_m considera-se o maior valor de “r”, de acordo com a tabela 1.4 do Anexo 1.

Exceto, se existirem materiais bastante fumígenos, embora a sua participação seja inferior a 10%, deve-se considerar $r = 1,1$.

4) Perigo de corrosão/toxicidade (C_o), fator “k”

O fator “k” indica os materiais que ardem produzindo quantidades de gases corrosivas e tóxicos (venenosos).

Mais uma vez, todos os materiais que contribuírem com pelo menos 10% de Q_m , considera-se aquele que tiver maior valor de “k”, conforme a tabela 1.5 do Anexo 1.

Exceto, se existirem materiais com elevado perigo de corrosão ou toxicidade, embora a sua participação seja inferior a 10%, deve-se considerar $k = 1,1$.

Os perigos potenciais inerentes ao tipo de construção tem a ver com a estrutura, pavimento, fachada e cobertura, tendo em conta também o nível do andar, a área do local e a altura útil do local. Os fatores destes perigos são:

1) Carga de incêndio imobiliária (Q_i), fator “i”

Este termo considera a parte combustível da construção dos edifícios bem como a sua propagação, quer a nível de estrutura, pavimentos e até mesmo fachadas.

Assim, a combustibilidade da estrutura resistente, dos elementos de fachada e das camadas de isolamento combustíveis dos tetos, determinam o valor de Q_i , de acordo com a tabela 1.6 do Anexo 1.

2) Nível do andar ou altura útil do local (E), fator “e”

Este fator depende das dificuldades de fuga das pessoas que ocupam o edifício e da atuação dos bombeiros, no caso de edifícios com mais de um andar. Caso exista apenas um andar, este fator depende da altura útil do local e, da carga de incêndio mobiliária presente no local que vai contribuir para a propagação do incêndio.

Para determinar o fator “e”, existem três hipóteses:

- Edifício com vários andares – para os edifícios do tipo G e Z, o valor do fator “e” é determinado na tabela 1.7 do Anexo 1 e, para os edifícios do tipo V este fator é o valor mais elevado do conjunto dos andares que comunicam entre si.
- Edifícios de apenas um piso – o fator “e” determina-se em função da altura útil do local, conforme a tabela 1.8 do Anexo 1.
- Pisos enterrados – o fator “e” determina-se através da diferença entre a cota do caminho de acesso e a cota do pavimento da cave considerada, de acordo com a tabela 1.9 do Anexo 1.

3) Amplitude dos compartimentos de incêndio, fator “g”

O fator “g” calcula a probabilidade de propagação horizontal de um incêndio em função da relação comprimento/largura do compartimento de incêndio.

Quanto maiores forem as dimensões do compartimento de incêndio, mais difícil se torna o combate ao incêndio e o acesso dos bombeiros.

Os valores deste fator estão representados em função da superfície do compartimento de incêndio $AB = l \times b$, bem como a relação comprimento/largura do compartimento de incêndio l/b , como indica a tabela 1.10 do Anexo 1.

Existem exceções á relação l/b , que são:

- Compartimentos de incêndio em cave;
- Compartimentos de incêndio interiores em rés/chão e do 1º andar ao 7º andar;
- Compartimentos de incêndio a partir do 8º andar, inclusive;

- Compartimentos de incêndio sem janelas no rés-do-chão ou nos andares superiores.

Para os edifícios do tipo V toma-se o andar com maior superfície.

3.1.3. Medidas contra o desenvolvimento do incêndio (M)

Nestas medidas englobam-se as medidas normais, medidas especiais e medidas de construção.

a) Medidas Normais (N)

- n₁ – extintores portáteis: apenas os extintores devidamente homologados devem ser considerados.
- n₂ – hidrantes interiores: apenas são considerados os que tenham número de mangueiras suficientes para uma primeira intervenção.
- n₃ – fiabilidade do sistema de abastecimento de água: só devem ser consideradas quando forem exigidas as condições mínimas de reserva de água e caudal mínimo, para poder responder a três graus de perigo (grande, medio e pequeno) que dependem do número de pessoas expostas em causa.
- n₄ – comprimento da conduta de transporte: deve ser considerado O comprimento da tubagem móvel desde o hidrante exterior até a entrada do edifício.
- n₅ – pessoal instruído: considera-se o pessoal que está habituado aos sistemas de extinção existentes e, que conhecem as instalações do local e as possibilidades de evacuação.

Estas medidas são determinadas pelo produto destes cinco fatores.

Os valores destes fatores encontram-se na tabela 1.11 do Anexo 1.

b) Medidas Especiais (S)

Estas medidas são compostas pelos seguintes fatores:

- s₁ – sistemas de deteção: são considerados quando no local existe um sistema de rondas com pelo menos duas rondas (em cada noite) e, nos dias em que não há trabalho deve haver pelo menos duas rondas de controlo durante o dia. O guarda deve ter a possibilidade de acionar o alarme num perímetro de 100m. Também se considera instalação de um sistema automático de deteção de incêndio ou a instalação de um sistema automático de extinção por água.
- s₂ – transmissão do alerta: considera-se que um posto de vigilância pode ser constituído por uma pessoa, autorizada a descansar, ou por duas pessoas instruídas a transmitir o alerta. Também pode ser feito por transmissão automática pelas centrais de deteção, a um posto oficial de transmissão de alerta de incêndio. Essa transmissão automática pode ser por linhas telefónicas, com assistência permanente de forma a controlar as avarias.
- s₃ – bombeiros oficiais e de empresa:

Os bombeiros de empresa são:

1º Escalão: mínimo de 10 homens formados no combate a incêndio, disponíveis no horário de trabalho e existentes nas instalações;

2º Escalão: mínimo de 20 homens formados no combate a incêndio, com comando, prontos para intervirem no horário de trabalho;

3º Escalão: mínimo de 20 homens formados no combate a incêndio, com comando, prontos a intervir a qualquer altura;

4º Escalão: equipa de intervenção igual ao 3º escalão, mas com um piquete de 4 homens, permanente, fora do horário de trabalho.

Os bombeiros oficiais organizam-se em 7 categorias:

1ª Categoria: são os que não podem ser classificados na 2ª categoria;

2ª Categoria: inclui 20 pessoas formadas em combate a incêndios, com hipótese de serem alertadas simultaneamente, devendo existir um piquete nos dias de folga;

3ª Categoria: equipas com as mesmas características da 2ª categoria, mas com um autotanque;

4ª Categoria: parecido à 3ª categoria, mas com autotanque de 1200 l de capacidade mínima e fora dos dias de trabalho deve estar um piquete de três homens pronto a sair em 5 minutos;

5ª Categoria: a equipa deve cumprir os requisitos da Federação Suíça de Sapadores Bombeiros para os centros de socorro ou de reforço;

6ª Categoria: equipas com características da 5ª categoria mas com um piquete de polícia e de 4 homens formados em combate em incêndios e proteção contra gases;

7ª Categoria: corpo profissional que pode ser alertada em permanência.

Considera-se em Portugal que os Bombeiros Voluntários integram na maioria a 4ª Categoria e, os Sapadores ou Municipais a 7ª Categoria.

- s₄ – Escalões de intervenção: o tempo de intervenção é o tempo que ocorre desde que o alarme é dado até à chegada dos bombeiros ao local;
- s₅ – Instalações de extinção: são considerados os sistemas instalados que tenham proteção total do edifício ou do compartimento de incêndio e, cumpram as prescrições regulamentares em vigor;
- s₆ – Instalações automáticas de evacuação de fumos: são considerados quando a abertura dos sistemas de desenfumagem são feitas automaticamente e antes da chegada dos bombeiros. Nos locais protegidos por sprinklers, a desenfumagem só deve ser ativada após o início do funcionamento do sistema de extinção automático.

Estas medidas são determinadas pelo produto destes seis fatores.

Os valores destes fatores encontram-se na tabela 1.12 do Anexo 1.

c) Medidas de Construção (F)

- f₁ – estrutura resistente: este fator determina a resistência ao fogo dos elementos estruturais do compartimento de incêndio;
- f₂ – fachadas: este fator depende da razão entre a área das janelas e a área da fachada, tendo em conta a resistência ao fogo das fachadas e os seus elementos de ligação;
- f₃ – lajes: determina a resistência ao fogo dos pavimentos, as aberturas nos pavimentos e o número de andares do edifício, tendo em consideração as comunicações verticais;
- f₄ – superfície das células: este fator considera as dimensões das células corta-fogo com uma área inferior a 200 m², tendo em conta a parte das superfícies envidraçadas (janelas) utilizadas como dispositivos de evacuação do calor e do fumo.

Estas medidas, tais como as outras, são determinadas pelo produto destes quatro fatores.

Os valores destes fatores encontram-se na tabela 1.13 do Anexo 1.

3.1.4. Exposição ao Perigo de incêndio – B

O fator de exposição ao perigo de incêndio é dado pelo quociente entre o produto de todos os fatores de perigo potencial (P) e o produto de todos os fatores de proteção (M). Ou seja:

$$B = \frac{P}{M} = \frac{(q \times c \times r \times k) \times (i \times e \times g)}{N \times S \times F} \quad (3.1)$$

3.1.5. Perigo de ativação – A

O perigo de ativação determina a probabilidade da ocorrência de um incêndio, e depende da exploração de utilização do edifício e depende também dos perigos de natureza humana. Os valores deste fator “A” são indicados na tabela 1.14 do Anexo 1.

3.1.6. Risco de Incêndio efetivo – R

O fator “R” determina a possibilidade da ocorrência de um incêndio e, é calculado através do produto do fator de exposição ao perigo de incêndio (B), pelo fator de perigo de ativação (A).

$$R = B \times A = \left(\frac{P}{M}\right) \times A \quad (3.2)$$

O risco de incêndio efetivo é calculado para o maior compartimento de incêndio ou para o mais perigoso do edifício.

3.1.7. Fatores de correção – P_{HE}

Este fator é dado em função da categoria de exposição ao perigo das pessoas “p”, do nível do andar “E” e, do número de pessoas “H” do compartimento de incêndio, conforme a tabela 1.15 do Anexo 1.

As categorias de exposição ao perigo das pessoas “p”, nos edifícios que recebem público são as seguintes:

p=1 – Exposições, museus, locais de divertimento, salas de reunião, escolas, restaurantes, grandes lojas;

p=2 – Hotéis, pensões, lares infantis, albergues de juventude;

p=3 – Hospitais, lares para pessoas idosas, estabelecimentos diversos.

Para os edifícios com utilizações não mencionadas o fator de correção $P_{HE} = 1,0$.

As exposições ao perigo de pessoas podem ser acrescidas, normais ou reduzidas, sendo que:

Exposição ao perigo acrescido das pessoas ($P_{HE} < 1$) – relativamente ao número de ocupantes de um edifício de vários andares e a sua mobilidade, o fator de risco de incêndio normal “ R_n ” deve ser multiplicado pelo fator de correção “ P_{HE} ”.

$$R_u = R_n \times P_{HE} \quad (3.3)$$

Exposição ao perigo normal de pessoas ($P_{HE} = 1$) – é quando se fala de edifícios industriais de ocupação normal de pessoas.

Exposição ao perigo reduzido de pessoas ($P_{HE} > 1$) – é quando se refere a edifícios que não recebem público e onde as pessoas que o ocupam conhecem bem o local.

3.1.8. Risco de incêndio admissível – R_u

O risco de incêndio admissível (R_u) varia consoante o tipo de atividades desenvolvidas no edifício. É calculado da seguinte forma:

$$R_u = 1,3 \times P_{HE} \quad (3.4)$$

3.1.9. Segurança Contra Incêndio – γ

Para obter um valor de segurança contra incêndio (γ), tem de se comparar o valor do risco de incêndio efetivo (R) com o valor de risco de incêndio admissível (R_u) e, para se verificar que o edifício tem as condições de segurança necessárias contra incêndio, o valor de γ terá de ser superior ou igual à um. Ou seja:

$$\gamma = \frac{R_u}{R} \geq 1 \quad (3.5)$$

Caso o valor de γ seja inferior a um, significa que o edifício não tem as medidas de segurança necessárias contra incêndio.

3.2. Método de FRAME

O Método de F.R.A.M.E. (De Smet, 1999) foi desenvolvido por Eric De Smet a partir do Método de Gretener, tendo por objetivo a avaliação do risco de incêndio não só para o edifício e seu conteúdo, mas também para os seus ocupantes e para a atividade.

É uma ferramenta que permite definir um conceito de risco de incêndio aceitável e respetivo custo efetivo para novas edificações ou prédios existentes, avaliando a relação entre os fatores de risco e as medidas de proteção existentes ou necessárias.

Este método, parte da hipótese que, num edifício com a proteção adequada, verifica-se um equilíbrio entre o risco e essa proteção, podendo ser calculados valores representativos para os fatores de perigo e para as medidas de proteção disponíveis.

Cada cálculo envolve um compartimento, com três avaliações de risco para um cenário de incêndio: uma para o património, outra para os ocupantes e a última para a atividade. É realizada uma avaliação sistemática dos fatores de influência mais marcantes e o resultado é uma série de valores numéricos que, de acordo com as indicações, tomam-se como positivos ou negativos.

3.2.1. Risco Potencial

O Risco Potencial tem de refletir o cenário mais grave, ou seja, a destruição total. Assim, uma vez que o fator da carga de incêndio q indica a quantidade de combustível que está disponível, terão de ser incluídos outros fatores que indiquem a facilidade de propagação, tais como:

Fator i – o incêndio pode propagar-se facilmente;

Fator g – o incêndio pode propagar-se ao longo de superfícies de grandes dimensões;

Fator e – o incêndio pode danificar vários pisos;

Fator v – muita produção de fumos e calor;

Fator z – as acessibilidades para efeitos de combate são dificultadas.

A globalidade dos efeitos destes fatores, num eventual incêndio, é obtida pelo produto dos seus valores.

De acordo com as premissas do método atrás descritas, são calculados três tipos de Risco Potencial:

3.2.1.1. Risco Potencial para o edifício e seu conteúdo – P

$$P = q \times i \times g \times e \times v \times z \quad (3.6)$$

O risco potencial para o edifício e o seu conteúdo é obtido pelo produto dos seis fatores que serão de seguida descritos.

3.2.1.2. Risco Potencial para os ocupantes – P₁

$$P_1 = q \times i \times e \times v \times z \quad (3.7)$$

Uma vez que consideramos que qualquer foco de incêndio é uma ameaça para os ocupantes, o fator de área, g, não é incluído nesta avaliação.

A carga de incêndio, a capacidade de propagação e ameaça do fumo são introduzidos pelos fatores q, i e v.

A possibilidade de evacuação é contabilizada pelo fator z.

3.2.1.3. Risco Potencial para a atividade – P₂

$$P_2 = g \times i \times e \times v \times z \quad (3.8)$$

O pior cenário para a atividade será quando o equipamento é danificado por um incêndio, mesmo que este não provoque a destruição total da carga de incêndio removida.

Todos os restantes fatores mantêm-se uma vez que é o fator q que marca a diferença entre a destruição total e parcial.

a) Fator da carga de incêndio – q

Este termo divide-se em duas categorias: a carga de incêndio imobiliária (Q_i) relacionada com todo o material de construção fixo do edifício, e a carga de incêndio mobiliária (Q_m) dependente do seu conteúdo, ou seja, estritamente com a sua utilização.

A carga de incêndio é, então, calculada com base nestes dois valores, pela fórmula:

$$q = \frac{2}{3} * \log(Q_i + Q_m) - 0.55 \quad (3.9)$$

Uma vez que a carga de incêndio indica a quantidade de combustível que pode arder por unidade de área, teoricamente, deveria ser elaborada uma lista dos tipos e quantidades de material combustível, e, com o respetivo calor específico, calcular o calor total passível de ser libertado e dividir pela área. Na prática as tabelas 2.1 e 2.2 apresentadas no Anexo 2 fornecem uma boa aproximação dos valores de Q_i e Q_m.

a) Fator da propagação de incêndio – i

A forma com que um incêndio se propaga no edifício é quantificada pelo fator i, que pode ser calculado a partir da dimensão média do conteúdo m, a classe de propagação da chama M e da temperatura de destruição T:

$$i = 1 - 0,1 \times \log(m) + \frac{M}{10} - \frac{T}{1000} \quad (3.10)$$

A propagação de um incêndio depende diretamente das características da superfície onde se está a desenvolver a combustão. Sendo assim, os três valores que determinam o fator de propagação são a dimensão média do material em combustão m , a classe de propagação de combustão desse material M e a temperatura de destruição T .

É do senso comum que quanto mais pequeno e mais dividido for um objeto, mais facilmente arde, uma vez que dispõe de uma razão superfície / massa superior. Deste modo, e de forma a estimar a superfície disponível para a propagação de um foco de incêndio, torna-se necessário saber a razão entre o volume total (m^3) e a superfície total (m^2). Os valores mais comuns de m são:

Considerando a dimensão média da maior parte dos objetos: $m = 0,3$

Armazenamento em estrados de madeira: $m = 1$

Produção de pequenos objetos: $m = 0,1$

Produção de objetos em folha: $m = 0,01$

Grãos, esferas e similares: $m = 0,001$.

Com base na classificação francesa dos materiais de construção, o fator M dos materiais de construção pode tomar valores dentro das seguintes categorias:

Materiais não combustíveis: $M = 0$

Materiais dificilmente combustíveis: $M = 1$

Materiais moderadamente combustíveis: $M = 2$

Materiais combustíveis: $M = 3$

Materiais inflamáveis: $M = 4$

Materiais altamente inflamáveis: $M = 5$.

Algumas propriedades dos materiais alteram-se com a temperatura, mesmo que não entrem em combustão. Para a maioria dos materiais podemos estimar uma temperatura a partir da qual as suas características são alteradas, ou seja, considera-se destruído. Os valores característicos de T são apresentados na tabela 2.3 do Anexo 2.

b) Fator de área – g

Se não existirem meios de compartimentação horizontal, este fator reflete a facilidade de um incêndio se propagar horizontalmente. Para efeitos de aplicação do método em apreço, a área do piso deve ser considerada se não existirem meios de compartimentação que obedeçam aos seguintes critérios:

Todos elementos de separação horizontal, incluindo portas, devem obedecer aos critérios de estabilidade e integridade, no período de duas horas, de acordo como a curva de temperaturas ISO 834, representada pela seguinte expressão:

$$T = T_0 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (3.11)$$

Os elementos acima referidos devem ser estanques, ou seja, não devem permitir a passagem de um incêndio através de orifícios, condutas, ductos ou outros.

As paredes construídas nos termos acima referidos devem manter as suas características, mesmo que a área afetada por um incêndio colapse. A expressão que permite o cálculo do fator de área tem a seguinte formulação:

$$g = \frac{5 \times \sqrt[3]{(b^2 \times l) + b}}{200} \quad (3.12)$$

O termo l é o comprimento teórico do compartimento, ou seja, a maior distância entre os seus dois extremos.

A largura equivalente, b , é o quociente entre a área do compartimento e a sua largura teórica.

Deste modo, qualquer que seja a forma do compartimento pode ser transformado num retângulo equivalente com a mesma superfície.

A fórmula introduzida permite ponderar a forma e a dimensão do compartimento, nomeadamente, através do termo $b^2 \times l$. Assim, o facto de, num compartimento quadrado, um foco de incêndio poder propagar-se em todas as direções, ou, por outro lado, num compartimento retangular, apenas ser possível propagar-se em duas direções, fica contemplado. Consequentemente, o valor de g é menor para divisões com um comprimento acentuado do que para geometrias quadradas.

c) Fator de altura – e

No ponto anterior, são contabilizadas as condições de propagação horizontal. Neste fator, quantifica-se a possibilidade de propagação vertical, designadamente, o movimento do fumo e do calor.

É necessário ter em conta que os pisos superiores, quanto mais afastados do piso de referência, deverão estar dotados com mais e/ou melhores condições de segurança contra incêndios, de forma a permitir uma adequada evacuação e intervenção dos bombeiros, para além da proteção de materiais e bens.

Sendo assim, a estimativa da probabilidade de propagação vertical deverá atender ao número de pisos acima do nível de referência, pelo que a expressão que traduz esse fator é igual a:

$$e = \left| \frac{E + 3}{E + 2} \right|^{0,7 \times |E|} \quad (3.13)$$

$|E|$ significa, nesta equação, o valor absoluto de E , o número de pisos do edifício, sendo que o nível de referência toma o valor 0, os que lhe estão acima, 1, 2, 3, assim em diante e os que estão abaixo -1, -2, -3 e seguintes.

Nos casos de terrenos em declive, existe a possibilidade de haver mais do que um nível de referência. No entanto, os pisos abaixo deste serão sempre números negativos e os que lhe estão acima positivos.

Esta expressão permite incluir pisos intermédios introduzindo valores decimais. Assim, o balcão de um teatro, que ocupe 20% do pé direito, poderá ser introduzido como um piso 2,2.

A ponderação do facto de que, quanto mais afastados os pisos estiverem entre si, menor é a sua influência mútua, é quantificado pela expressão de e , dado que $e = 1$ para o nível de referência e , aumenta de 1,6 para o 5º nível, 1,75 para o 10º e atinge 2,00 para o 20º.

d) Fator de ventilação – v

O desenvolvimento de um incêndio implica a formação de fumo e calor. O calor produzido acumular-se-á no teto, formando uma camada de fumo. O fumo provoca estragos no edifício e no seu conteúdo, sendo, igualmente, uma ameaça para os ocupantes e bombeiros.

Eventualmente, o fumo poderá sair para o exterior através de aberturas nas paredes e pelo telhado. Através de experiências, demonstrou-se que aberturas com uma área de 1 a 2 % da superfície de pavimento permitem a desenfumagem de um incêndio em desenvolvimento.

O fator de ventilação permite avaliar, com base nas fontes de calor existentes, a influência do fumo e do calor num edifício. A sua equação toma a seguinte forma:

$$v = 0,84 + 0,1 \times \log(Qm) - \sqrt{k \times \sqrt{h}} \quad (3.14)$$

A carga de incêndio mobiliária, previamente calculada, é nesta fórmula contemplada para efeitos de contabilização da quantidade de calor passível de ser libertado.

A altura entre o pavimento e o teto do compartimento será o valor de h . Quanto mais alto for o compartimento, mais espessa se tornará a camada de fumo, até impossibilitar a permanência debaixo desta.

A razão entre a capacidade de ventilação e a superfície do compartimento é o fator k . Este fator relaciona todas as superfícies aerodinâmicas pelas quais o fumo pode sair e a área total do compartimento. O fumo pode sair das seguintes formas:

- A combustão promove o deslocamento do fumo para o exterior, aumentando a pressão e partindo janelas e queimando recobrimentos em plástico;
- Sistemas de desenfumagem naturais;
- Sistemas de exaustão mecânicos.

Na prática, o fator k pode ser calculado das seguintes formas:

- Medem-se as áreas de todas as janelas de vidro simples (vidro duplo não é considerado) de recobrimentos em plástico e um terço das paredes exteriores (para caves, $k = 0$). Considera-se que cerca de um terço das superfícies se abrirão pelo efeito de um incêndio e possibilitarão a saída dos fumos;
- Adiciona-se a esta área a capacidade de ventilação de sistemas instalados (Para sistemas mecânicos, adiciona-se 1m^2 por cada $1\text{ m}^3/\text{h}$ de capacidade de extração);
- Divide-se esta soma pela área total da divisão.

Recomenda-se que não se estimem valores de k superiores a 0,02 (2% de área de ventilação).

e) Fator de acessibilidade – z

As acessibilidades são quantificadas neste fator através do número de fachadas acessíveis (termo Z) podendo ser uma por cada ponto cardeal, sendo que este termo apenas pode tomar valores entre 1 e 4.

A largura equivalente, b , que introduz a distância que os bombeiros têm de percorrer dentro do edifício, anteriormente calculada para o fator de amplitude. Este termo pretende, conjugado com o Z , avaliar os lanços de mangueiras a estender em situação de combate a incêndios.

Quando os bombeiros têm de subir andares, a distância vertical desde o nível de referência até ao pavimento do compartimento é dado pelo termo H^+ . No caso de se tratar de caves, o termo H^- corresponde ao valor da distância entre o piso de referência e o pavimento desta.

Salienta-se que esse último termo relativo às caves, é agravado uma vez que o combate nestas circunstâncias é significativamente mais complexo que à superfície.

Após estas considerações em relação ao fator de altitude, podemos então calculá-lo através da seguinte expressão:

$$z = 1 + 0,05 \times INT \left| \frac{b}{20 \times Z} + \frac{H^+}{25} \setminus + \frac{H^-}{3} \right| \quad (3.15)$$

Em que “INT” representa a parte inteira da expressão e, “\” significa “ou”.

3.2.2. Níveis de aceitabilidade

O risco, por definição, é o produto entre a gravidade e a probabilidade de se dar um dado sinistro. Sendo assim, é possível aceitar a eventualidade de se dar um sinistro de gravidade catastrófica se a probabilidade de este se concretizar for reduzida, bem como uma maior frequência de acontecimentos com consequências menos gravosas.

Sendo assim, o nível de aceitabilidade reflete o facto de as pessoas conviverem com o risco de um incêndio até um certo patamar: caso um evento tenha uma elevada frequência a aceitabilidade diminui, bem como quando as suas consequências são dramáticas.

As fórmulas que representam os níveis de aceitabilidade para o edifício e o seu conteúdo (A), para os ocupantes (A_1) e para o conteúdo (A_2), respetivamente, são as seguintes:

$$A = 1,6 - a - t - c \quad (3.16)$$

$$A_1 = 1,6 - a - t - r \quad (3.17)$$

$$A_2 = 1,6 - a - c - d \quad (3.18)$$

O valor 1,6 é a aceitabilidade máxima, obtido por comparação entre os valores dos riscos potenciais mais baixos e os níveis de proteção normalmente disponíveis. Este valor assume a possibilidade de ocorrer um incêndio por causas naturais como erro humano, deficiências de funcionamento de equipamentos técnicos e causas semelhantes.

O nível de aceitabilidade para o edifício e o seu conteúdo (A) é obtido subtraindo ao nível de aceitabilidade máximo, 1,6, o número de potenciais causas de incêndio (fator de ativação, a), a prioridade dada à evacuação das pessoas (fator de evacuação, t) e a severidade do prejuízo (fator de valor, c).

O nível de aceitabilidade para os ocupantes (A_1) é calculado de acordo com os mesmos princípios do nível de aceitabilidade para o edifício e o seu conteúdo, com a diferença que, neste caso, o valor do conteúdo não será primordial, mas sim a possibilidade de propagação do incêndio (fator de propagação, r).

Por sua vez, o nível de aceitabilidade para a atividade (A_1) é conseguido da mesma forma que os anteriores, excetuando que para a atividade os aspetos mais relevantes serão número de potenciais causas de incêndio (fator de ativação, a), a severidade do prejuízo (fator de valor, c) e o impacto económico de um incêndio (fator de dependência, d).

a) Fator de ativação – a

Tradicionalmente, a representação da possibilidade de deflagração de um incêndio é explicada através do tetraedro do fogo. Simbolicamente, traduz a existência em simultâneo de três fatores:

- O comburente, que na atmosfera encontra-se permanentemente disponível através do oxigénio;
- O combustível, igualmente existente nos edifícios, imperativo para o desenvolvimento das atividades pretendidas;
- Fonte de ignição, inerente, na maioria dos casos, ao desenvolvimento da atividade humana;

- Reação em cadeia de oxidação - redução, em que se formam radicais livres altamente reativos entre si e outros elementos existentes, razão pela qual se dá essa denominação.

Pelo que acima foi exposto, e no que respeita às fontes de ignição que podem provir da atividade humana, considera-se a existência de atividades principais e secundárias nos edifícios, bem como outros três fatores passíveis de iniciar um foco de incêndio. O fator de ativação será a soma dos cinco termos obtidos na tabela 2.4 do Anexo 12.

b) Fator do tempo de evacuação – t

Após a deteção de um foco de incêndio, os ocupantes de um prédio iniciam automaticamente a deslocar-se para um local seguro, preferencialmente o exterior.

Por outro lado, os bombeiros, ao chegar a um prédio em chamas, procedem, antes de mais, ao salvamento das pessoas que não conseguiram sair até à sua chegada.

O método propõe que a seguinte expressão para o cálculo do tempo de evacuação:

$$t = \frac{p \times x \times [(b+l) + (X \div x) + 1,25 \times H^+ + 2 \times H^-] \times (b+l)}{800 \times K \times [1,4 \times x \times (b+l) - 0,44 \times X]} \quad (3.19)$$

Nesta expressão $(b + l)$ é o caminho de evacuação mais comprido no compartimento e X/x é o tempo necessário para X pessoas passarem por x unidades de passagem. Salienta-se que, neste método, uma unidade de passagem são sempre 0,60 m.

O percurso nos caminhos de evacuação vertical é estimado através da introdução das distâncias H^+ e H^- . Os valores 1,25 e 2 refletem a diminuição da velocidade de evacuação ao descer ou ao subir pelos caminhos verticais de evacuação.

K é o número de direções distintas de saída ou caminhos de evacuação existentes. Duas direções são distintas se fizerem um ângulo de 90° entre si, o que significa que o valor máximo de K será quatro.

Na fórmula considerada neste método, k toma um valor fixo de 1,19 m/s em caminhos horizontais de evacuação, $a=0,266$ e, D é a densidade expressa em pessoas por m^2 . Esta densidade pode ser obtida pelo número de pessoas X , o número de unidades passagem x e o percurso total nos caminhos de evacuação $b+l$.

O fator de mobilidade, p – Anexo 2, tabela 2.6 - introduz a correção necessária para pessoas que tenham uma velocidade inferior à média e, o facto do tempo de evacuação máximo correntemente aceite ser de 300 segundos, determina a introdução do número 800 no denominador.

c) Fator do conteúdo – c

A gravidade da perda irreversível do edifício e seu conteúdo é tida em conta pela introdução do fator c através da soma de dois termos:

- c_1 , em que se avalia a possibilidade de substituição do edifício e seu conteúdo. Para locais históricos e museus, por exemplo, cujo espólio é praticamente insubstituível, este termo toma o valor 0,2. No caso de serem fácil ou dificilmente substituíveis, tomará o valor 0 ou 0,1, respetivamente;
- c_2 , reflete o valor monetário dos bens, sendo o seu cálculo feito através de $c_2 = \frac{1}{4} \log(V)$. Quando $V > 7 \times 10^6$ Euros (para o ano 2000).

d) Fator de propagação – r

Quanto mais depressa se propagar um incêndio, maior será o perigo de exposição das pessoas, dado que o tempo de evacuação disponível diminui drasticamente. Apesar dos regulamentos acuais prescreverem os materiais a utilizar nas construções de forma a impedir que um incêndio se propague rapidamente, estes não são retrospectivos e limitados aos edifícios que recebem o público.

Assim, o fator de propagação calcula-se com a carga de incêndio imobiliária, Q_i , e a classe de reação ao fogo, M , já anteriormente estipuladas:

$$r = 0,1 \times \log(Q_i + 1) + \frac{M}{10} \quad (3.20)$$

e) Fator de dependência – d

Este fator pretende traduzir o grau de afetação da atividade, traduzindo o quociente entre o investimento (mão de obra, equipamentos, desenvolvimento, etc.) e o produto dos resultados, consultar tabela 2.7 do Anexo 2.

3.2.3. Risco inicial – R_0

A organização dos espaços do edifício, os próprios materiais de construção, a compartimentação e a desenfumagem promovem um patamar de proteção que é avaliado pelo risco inicial. A partir deste valor torna-se possível verificar as medidas de proteção ativas necessárias para que os riscos para o edifício e seu conteúdo, ocupantes e atividade se encontrem dentro dos parâmetros aceitáveis.

Antes de mais, calcula-se o fator da resistência ao fogo dos elementos estruturais, através da fórmula:

$$F_o = 1 + \frac{f_s}{100} - \frac{f_s^{2,5}}{10^6} \quad (3.21)$$

Nesta equação, f_s , é o valor da resistência ao fogo dos elementos estruturais da edificação, tais como os pilares, vigas e paredes resistentes, expressa em minutos de acordo com as definições baseadas nos testes pela ISO 834.

Para efeitos de aplicação do Método de FRAME, é recomendada a utilização dos seguintes valores de referência:

- | | |
|---|------------|
| • Estruturas metálicas não protegidas | 15 min |
| • Estruturas em betão ou blocos | 60 min |
| • Com medidas de compartimentação especiais | 90-120 min |
| • Estrutura de madeira aligeirada | - |
| • Estrutura de madeira de grande secção | 60-90 min |

Com o fator da resistência ao fogo dos elementos estruturais, é, por fim, possível obter o risco inicial pela expressão:

$$R_o = \frac{P}{(A \times F_o)} \quad (3.22)$$

Consoante o valor de R_o , é possível desde logo estimar as medidas de proteção necessárias para obter um risco final aceitável. Sendo assim, o método atende a quatro patamares de implementação de medidas de salvaguarda:

- $R_o < 1,0$: neste caso, será necessário um sistema de proteção com meios manuais de extinção, tais como extintores de incêndio portáteis e carretéis, reforçados com uma brigada de intervenção pública, desde que a reserva de água seja adequada. Eventualmente, poderá ser necessário acrescentar meios de proteção para os ocupantes e a atividade;
- $1,0 < R_o < 1,6$: de forma a obter um alarme atempado e uma resposta rápida dos bombeiros, para esta situação deverá ser instalado um sistema automático de deteção de incêndios. Mais uma a reserva de água deverá ser apropriada e poderá ser conveniente prever meios alternativos de proteção dos ocupantes e da atividade;
- $1,6 < R_o < 4,5$: para além das medidas previstas para os pontos anteriores, para esta conjuntura deverá ser instalado um sistema automático de extinção de incêndios a água. No caso de $R_o > 2,7$, será igualmente necessário reforçar o abastecimento de água. Para os ocupantes, no entanto, não deverá ser necessário prever medidas adicionais, mas para a atividade deverão se previstas soluções alternativas;
- $R_o > 4,5$: as medidas passivas deverão ser reforçadas, dado que as ativas não serão suficientes para colmatar os riscos da organização da utilização do edifício. Assim, projetando a compartimentação de espaços, o fator de área, g , diminuirá, ou mesmo, a implementando de meios de desenfumagem irá diminuir o risco potencial, P . Estes valores de R_o são obtidos em edifícios com superfícies amplas, sem compartimentação, elevadas cargas de incêndio e um grande número de fontes de ignição.

O risco potencial poderá, como foi acima referido, ser diminuído aumentando os meios de desenfumagem, uma vez que valores de ν superiores a 1,1 significam que os fumos irão dificultar as operações de combate a incêndio.

Para o fator de acesso, z , quando superior a 1, particularmente para edifícios amplos e sem compartimentação, será recomendável adicionar uma via de acesso para as viaturas de combate a incêndios, aumentando deste modo o número de fachadas acessíveis.

Os níveis de aceitabilidade poderão ser otimizados com a diminuição dos percursos dos caminhos de evacuação e com o aumento de saídas de emergência. Ao instalar um sistema de iluminação de emergência e com a implementação de um plano de emergência diminui-se igualmente o risco de pânico, reduzindo o fator de mobilidade, p , e o fator de evacuação, t .

Pelo acima exposto, conclui-se que, efetivamente, o risco inicial será um ponto de partida para a concertação de medidas de proteção a implementar.

3.2.4. Níveis de proteção – D

O cenário considerado para o edifício e o seu conteúdo foi o de destruição total, pelo que têm de ser consideradas todas as formas de proteção que inviabilizem a sua concretização, isto é, uma reserva de água adequada para o combate a um foco de incêndio no prédio (W), medidas de proteção normais adaptadas às características do edifício e sua utilização (N), medidas especiais de proteção eventualmente necessárias (S) e elementos estruturais de resistência ao fogo conveniente (F). Consequentemente, o nível de proteção para o edifício e seu conteúdo tomará a forma:

$$D = W \times N \times S \times F \quad (3.23)$$

No entanto, nem todos os locais têm um abastecimento de água para o sistema de incêndio apropriado e nem todos os edifícios estão apetrechados com os equipamentos necessários para as medidas normais de proteção, pelo que, para cada falha nessas medidas serão “retirados pontos”. Isto implica que W e N terão valores inferiores a 1, logo, o risco de incêndio aumenta.

Por outro lado, para cada medida especial instalada e para as estruturas resistentes ao fogo, são “dados pontos”, o que significa um benefício das condições de proteção.

No que respeita ao risco para os ocupantes, estimou-se que qualquer foco de incêndio seria a pior situação possível, o que implica que, para um pequeno foco de incêndio, a quantidade de água necessária para extingui-lo é irrelevante, logo o fator W não é incluído para este cálculo.

O fator de evacuação U substitui os fatores das medidas especiais e da resistência ao fogo, mas incluem-se as medidas normais de proteção, ficando a expressão para o cálculo do risco para os ocupantes:

$$D_1 = N \times U \quad (3.24)$$

Já no que concerne à atividade, dado que um incêndio, mesmo que não provoque a destruição total poderá inviabilizar o desenvolvimento da atividade, o valor do risco para este ponto é

obtido de forma semelhante que para o edifício e seu conteúdo, substituindo, pelas razões explanadas, o fator de resistência ao fogo, pelo fator que entre em linha de conta com a possibilidade da atividade recuperar após uma situação de sinistro, Y .

$$D_2 = W \times N \times S \times Y \quad (3.25)$$

a) Fator de abastecimento de água – W

Regra geral, para combaterem um incêndio os bombeiros recorrem ao agente extintor universal, a água. Para que esse combate seja efetivo, a reserva da água para esse efeito tem de ser suficiente, o seu transporte deve ser através de um sistema de tubagens até ao local do sinistro, a rede de hidrantes tem de ser acessível e ter uma pressão adequada à situação – Anexo 2, tabela 2.8.

No entanto, nem todos os critérios acima referidos são universalmente cumpridos, pelo que a expressão do fator de abastecimento deve refletir as situações não conformes. Assim, temos que:

$$W = 0,95^w \quad (3.26)$$

$$w = \sum_{i=1}^5 w_i \quad (3.27)$$

Estas expressões implicam que, quando um dos aspetos do abastecimento de água, w , não está conforme, tomará um valor positivo, pelo que W ficará com um valor inferior a 1.

O tipo de reserva de água pode dividir-se em duas categorias: enchimento automático e manual.

As reservas automáticas são os rios, lagos e afins que são abastecidos pela chuva ao longo do ano que dispõem de uma distribuição com sistemas de bombagem automática. O seu uso pode ser para abastecimento público e não exclusivamente para o sistema de incêndio (w_1).

Uma reserva de água pode ser limitada mas tem de ser suficiente para um eventual combate a um incêndio. Para efeitos de aplicação do presente método, é considerado suficiente se tiver um mínimo de 160 m^3 (w_2).

As quantidades de água necessárias estão relacionadas com a carga de incêndio do edifício.

Por outro lado, os sistemas de distribuição de água estão relacionados com os consumos médios das populações, sendo os picos de consumo, como nos casos de incêndio, situações complexas, pois implicam uma significativa perda de pressão nas tubagens de diâmetro pequeno. Uma grande quantidade de água a passar por um tubo de baixo diâmetro não servirá os propósitos de combate a incêndio. Assim, os diâmetros das tubagens deverão ser consoantes o débito de água necessários em situação de combate a incêndios (w_3).

Quando a velocidade da água num sistema de tubagens é inferior a $1,5 \text{ m/s}$, as perdas de pressão não são significativas, não se verificando problemas na distribuição. Isto implica que

uma determinada quantidade de água pode ser distribuída sem problemas através de tubagens de qualquer diâmetro e comprimento. Com base numa intervenção de duas horas, estas quantidades são:

80 mm	até 70 m
100 mm	de 70 a 125 m
150 mm	de 125 a 250 m
200 mm	de 250 a 450 m
300 mm	mais de 450 m

A rede de tubagens de distribuição de água não terá utilidade se não existir um número adequado de hidrantes que permita a uma equipa de combate a incêndios aceder rapidamente a esta (w_4).

A pressão do abastecimento de água é igualmente primordial para um combate efetivo.

Assim, é necessário verificar se a pressão fornecida pelo sistema permite atingir os pontos mais altos de um possível foco de incêndio no edifício (w_5).

b) Fator de proteção normal – N

O método de FRAME estima que as condições de proteção que deverão existir nos edifícios são as seguintes:

- Um serviço de vigilância que permite a deteção de um incêndio e alertar os bombeiros e ocupantes. Este deve consistir numa presença humana devidamente orientada para os procedimentos em situação de incêndio, num sistema de alerta aos bombeiros e aviso aos ocupantes (n_1);
- Um conjunto de extintores e carretéis de calibre reduzido distribuídos e mantidos de acordo com as normas em vigor (n_2);
- Chegada dos bombeiros após 10 minutos do alerta (n_3);
- Ocupantes treinados para o manuseamento dos meios de primeira intervenção (n_4).

Os valores destes fatores encontram-se no Anexo 2, tabela 2.9.

Como para o fator de abastecimento, caso um destes termos não esteja cumprido atribui-se um valor superior a 0, somando-se os aspetos que estão desconformes, ficando o fator das medidas de proteção normais com um valor inferior a 1:

$$N = 0,95^n \quad (3.28)$$

$$n = \sum_{i=1}^4 n_i \quad (3.29)$$

c) Fator de proteção especial – S

Os meios que, regra geral, não estão instalados nos edifícios e implicam um maior investimento, mas que significam um incremento na deteção e combate de um incêndio, são denominadas como medidas de proteção especiais – tabela 2.10, Anexo 2. O FRAME considera as seguintes:

- Sistema automático de deteção de incêndios, que reduz o tempo de início do combate a um incêndio. Apenas são considerados os sistemas que estão ligados a centrais operados com vigilantes (s_1);
- Reservas de água melhoradas, ou com maior quantidade, ou com duplicação de reserva ou ainda com disponibilidade garantida (s_2);
- Sistemas automáticos de proteção, em particular sprinklers, adequados à utilização na altura da sua instalação (s_3);
- Brigadas de incêndio devidamente equipadas (s_4).

$$S = 1,05^s \quad (3.30)$$

$$s = \sum_{i=1}^4 s_i \quad (3.31)$$

d) Fator de resistência ao fogo – F

A resistência ao fogo dos elementos de construção de um edifício é fundamental para garantir a evacuação das pessoas, o combate ao incêndio em condições de segurança para os bombeiros e, inclusivamente, a proteção dos bens.

O método de FRAME introduz o conceito de resistência ao fogo média, f , que inclui no seu cálculo a resistência ao fogo dos elementos estruturais, f_s , das paredes exteriores, f_f , do teto ou cobertura, f_d e das paredes interiores, f_w :

$$f = \frac{1}{2} \times f_s + \frac{1}{4} \times f_f + \frac{1}{8} \times f_d + \frac{1}{8} \times f_w \quad (3.32)$$

Para que o fator de resistência ao fogo não atinja valores irrealistas, não deverão ser considerados elementos resistentes ao fogo superiores a 120 minutos.

A resistência ao fogo dos elementos estruturais poderão ser estimadas da mesma forma que para o cálculo da resistência ao fogo para o risco inicial.

Logicamente, as paredes exteriores não têm uma resistência ao fogo superior à dos elementos estruturais.

As paredes interiores a considerar serão as que promovam a compartimentação em áreas inferiores a 1000 m².

A partir do destes elementos, pode-se obter o fator de resistência ao fogo através da seguinte expressão, em que S é o fator de proteção especial, anteriormente calculado:

$$F = \left[1 + \left(\frac{f}{100} \right) - \left(\frac{f^{2.5}}{10^6} \right) \right] \times [1 - 0,025 \times (S - 1)] \quad (3.33)$$

e) Fator de evacuação – U

O fator de evacuação indica em que termos a fuga a um incêndio será realizada em condições de segurança. Os fatores que irão influenciar a evacuação podem ser divididos em dois grupos: os que promovem a evacuação e os que impedem a propagação do incêndio.

No primeiro grupo de medidas temos os sistemas automáticos de detecção de incêndios (u_1), o incremento da capacidade dos caminhos de evacuação e o planeamento de emergência (u_2) e a compartimentação (u_3).

No segundo podemos incluir as medidas que diminuem a ameaça de um incêndio, tais como a desenfumagem e sistemas de extinção automáticos (u_4) e o combate a incêndios (u_5).

Os valores destes fatores são apresentados no Anexo 2, tabela 2.11.

O fator de evacuação é calculado pela soma das medidas de proteção acima referidas efetivamente implementadas, de acordo com a seguinte fórmula:

$$U = 1,05^u \quad (3.34)$$

$$u = \sum_{i=1}^5 u_i \quad (3.35)$$

f) Fator de salvados – Y

O cálculo deste fator é feito de modo semelhante que para o fator de proteção especial, S , e o de evacuação, U . Deste modo, os termos que promovem o impedimento da propagação de um incêndio (y_1) e os que limitem as consequências do mesmo (y_2) são incluídos no cálculo do fator de salvados – Anexo 2, tabela 2.12 - através da seguinte expressão:

$$Y = 1,05^y \quad (3.36)$$

$$y = \sum_{i=1}^2 y_i \quad (3.37)$$

Uma forma de impedir a propagação de um incêndio será através da compartimentação das áreas sensíveis para o desenvolvimento da atividade. Inclusivamente, nestas áreas será possível instalar sistemas automáticos de extinção de incêndios.

Por outro lado, uma forma de estar preparado para um sinistro é duplicar a informação e dividir os locais de produção.

3.2.5. Cálculo do Risco para o edifício e seu conteúdo, para os ocupantes e para a atividade

Após a determinação dos fatores acima descritos, calcula-se o risco para o edifício e seu conteúdo (R), para os ocupantes (R_1) e para a atividade (R_2):

$$R = \frac{P}{A \times W \times N \times S \times F} \quad (3.38)$$

$$R_1 = \frac{P_1}{A_1 \times N \times U} \quad (3.39)$$

$$R_2 = \frac{P_2}{A_2 \times W \times N \times S \times Y} \quad (3.40)$$

Para cada compartimento de incêndio devidamente protegido, os valores de R , R_1 e R_2 deverão ser menores ou iguais a 1.

4. APLICAÇÃO AO CASO EM ESTUDO

4.1. Enquadramento

Neste trabalho pretende-se efetuar a análise de risco de incêndio de um edifício da unidade industrial de produção de papel, Grupo Portucel Soporcel, instalada no complexo industrial de Lavos, Concelho da Figueira da Foz, distrito de Coimbra, com a localização indicada na Figura 4.1.

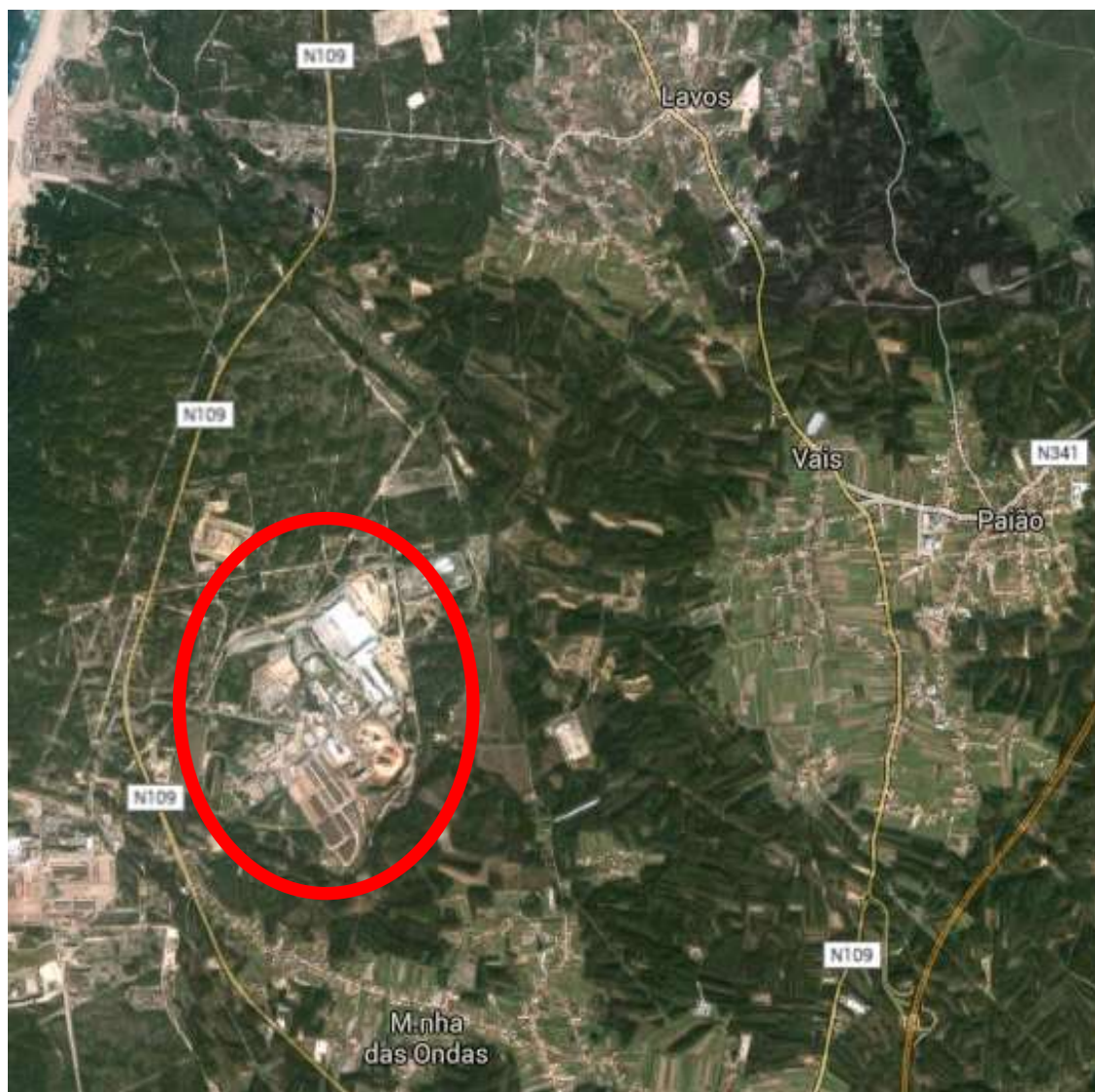


Figura 4.1 – Localização da unidade Industrial Soporcel [7]

4.2. Caracterização da indústria

O complexo industrial da Soporcel possui uma área de implantação de aproximadamente 177 hectares, tendo uma área coberta de aproximadamente 18 hectares e uma área impermeabilizada de aproximadamente 46 hectares.

O complexo industrial da Soporcel é constituído por duas linhas de produção: a produção de pasta e a produção de papel.

4.2.1. Produção de pasta

4.2.1.1. Preparação de madeiras

A matéria-prima principal utilizada no processo produtivo da produção de pasta é a madeira de eucalipto.

Para a produção de pasta, a madeira é descascada e destroçada para obtenção de aparas dimensionadas para o cozimento (produção de pasta crua).



Figura 4.2 – Descascador de madeiras; destroçador de madeiras



Figura 4.3 – Monte de aparas

4.2.1.2. Produção de pasta crua e pasta branca

As aparas obtidas são transportadas para o digestor, onde vai ser feito o seu cozimento e de onde resulta uma substância denominada de licor negro.

Depois de realizado o cozimento, segue-se a lavagem e crivagem da pasta para remoção do licor negro que acompanha as fibras celulósicas, obtendo deste modo a pasta crua.

Obtida a pasta crua, segue-se o branqueamento da pasta, que consiste na eliminação da lenhina residual de cor acastanhada que acompanha a celulose, por adição sucessiva de produtos químicos em torres de reação seguidas de lavadores obtendo-se a pasta branca.

Por fim a pasta branca pode seguir dois processos diferentes:

- A pasta branca é diluída e bombeada para a fábrica do papel e armazenada em duas torres de pasta (uma para cada máquina de papel);
- A pasta branca é secada por drenagem, prensagem e evaporação em cilindros aquecidos a vapor, precedida por uma fase de depuração final. A pasta seca é embalada em fardos e armazenada.



Figura 4.4 – Digestor da pasta; silos de armazenamento da pasta

4.2.2. Produção de papel

O papel é fabricado em duas máquinas, a máquina de papel 1 e a máquina de papel 2, dispostas paralelamente e em edifícios distintos, recebendo a pasta já devidamente preparada na Fábrica de Pasta através de condutas.

O papel fabricado é enrolado num veio, formando uma bobine (jumbo) de largura aproximada de 9 m e com peso entre 30 a 40 toneladas. Este “jumbo” é depois transformado em bobines de vários tamanhos ajustado á finalidade de uso. Estas bobines, são depois enviadas para o armazém final ou para dois armazéns de processo existentes, para serem reprocessadas em máquinas de corte com a finalidade de se obterem folhas para o segmento “gráfico, offset” ou para o segmento cópia, nos formatos DIN A4, A3 ou outros.



Figura 4.5 – Máquina de papel 2



Figura 4.6 – Bobine de papel “Jumbo”; Bobine de papel cortada

4.2.2.1. Área da transformação de papel



Figura 4.7 – Localização da direção da transformação de papel [7]

A Direção de Transformação de Papel compreende as zonas de corte, embalagem, armazenamento e Expedição da Fábrica de Papel.

A zona da Transformação propriamente dita estende-se por 3 pavilhões distintos, com várias cortadoras e linhas de embalagem, dispostas paralelamente. O papel depois de cortado e embalado nestas linhas é colocado em paletes, que são por sua vez embaladas para transporte e enviadas para o armazenamento final, para posterior expedição.



Figura 4.8 – Cortadora de papel; Zona de embalagem para expedição

No caso em estudo vai ser analisada só a zona de transformação correspondente à máquina de papel 2, como se pode observar na figura seguinte:



Figura 4.9 – Direção de transformação de papel correspondente á máquina de papel 2 com compartimentação assinalada [7]

Legenda dos compartimentos assinalados na figura acima:

- Compartimento 1** – Armazém automático de bobines de processo PRS 2;
- Compartimento 2** – Nave 2 da Transformação (Zona de corte e embalagem);
- Compartimento 3** – Armazém de paletes;
- Compartimento 4** – Nave 3 da Transformação (Zona de corte e embalagem);
- Compartimento 5** – Armazém de material de embalagem 1;
- Compartimento 6** – Armazém de material de embalagem 2;
- Compartimento 7** – Armazém Convencional de Expedição de Papel 2.

4.3. Aplicação do Método de Gretener ao edifício em estudo

Após aplicação do método de Gretener ao edifício em estudo, verificou-se que todos os compartimentos cumpriam a segurança contra incêndio, exceto o compartimento 7, conforme se pode observar no quadro 4.1. As principais razões deste compartimento não verificar, devem-se ao facto deste compartimento corresponder ao armazém convencional de papel 2, e ter um valor muito elevado da carga de incêndio mobiliária (Q_m) e do fator de amplidão da superfície (g), o que aumenta muito o Perigo Potencial. O facto de este compartimento não ter nenhuma instalação de intervenção, como por exemplo sprinklers, nem evacuação automática de fumo faz com que o edifício não tenha meios suficientes instalados para anular o elevado Perigo Potencial. Os cálculos do referido método podem ser consultados no anexo 1.

Quadro 4.1 – Resultados Método Gretener

Compartimento	Valor da Segurança contra Incêndio (γ)	Resultado
1	1,268	Verifica
2	1,745	Verifica
3	1,323	Verifica
4	1,208	Verifica
5	1,407	Verifica
6	1,524	Verifica
7	0,291	Não Verifica

4.4. Aplicação do Método de FRAME ao edifício em estudo

Após aplicação do método verificou-se que todos os compartimentos estão em segurança pois apresentam um risco para o edificado, ocupantes e atividade inferior a 1, exceto o compartimento 7, que apresenta um risco superior a 1, conforme se pode observar no quadro 4.2. Os cálculos do referido método podem ser consultados no anexo 2. Analisando os

cálculos, verificamos que o compartimento em questão tem um risco inicial (R0) com o valor de 8,353, que é superior a 4,5. Segundo o subcapítulo 3.2.3, para este nível de risco inicial são recomendadas todas as medidas de proteção ativa bem como o reforço de medidas de proteção passiva, o que não se verifica, pois no compartimento 7 não existe sistema de extinção automática nem sistema de desenfumagem e o fator da área também é muito elevado.

Podemos também observar que o compartimento 4 verifica a segurança contra o incêndio apresentando todos os riscos com valor inferior a 1. No entanto os valores dos riscos avaliados são muito próximos de 1, o que faz com que o edifício apesar de verificar a segurança não seja com uma margem muito satisfatória. Isso deve-se ao facto de o compartimento ter sprinklers só em algumas zonas e ter um fator da área muito elevado.

Quadro 4.2 – Resultados Método de FRAME

Compartimento	Valor do Risco para o edificado e seu conteúdo	Valor do Risco de Ocupantes	Valor do Risco para a atividade	Resultado
1	0,4	0,757	0,292	Verifica
2	0,696	0,849	0,628	Verifica
3	0,442	0,842	0,213	Verifica
4	0,947	0,946	0,997	Verifica
5	0,713	0,974	0,286	Verifica
6	0,534	0,878	0,201	Verifica
7	3,133	2,048	1,523	Não Verifica

5. SIMULAÇÃO DE INCÊNDIO NA FÁBRICA DE PAPEL

5.1. Introdução

A simulação computacional de incêndio é bastante importante para o conhecimento da dinâmica do fogo nos edifícios, os efeitos da temperatura, a evolução das chamas e do fumo, podendo assim minimizar-se os danos provocados pelo incêndio antes de ele ocorrer. A simulação permite conhecer como os aspetos estruturais, ambientais e os materiais utilizados na construção influenciam no desenvolvimento do fogo, favorecendo assim uma melhoria das normas técnicas e uma escolha adequada dos materiais a utilizar na construção [13].

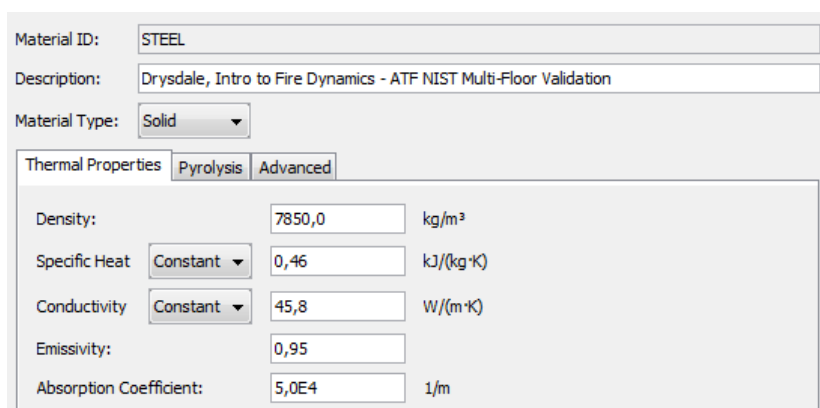
O *software* utilizado neste estudo foi o software americano FDS (Fire Dynamics Simulator). O FDS é um modelador de incêndio com base na dinâmica computacional de fluidos (Computational Fluid Dynamics – CFD). Foi desenvolvido pelo NIST (National Institute of Standards and Technology), e resolve as equações de Navier-Stokes que são apropriadas para fluidos térmicos de baixa velocidade, com ênfase no transporte de fumos e calor provenientes dos incêndios [12].

A dinâmica computacional de fluidos (CFD) é considerada como um modelo de campo e é baseada numa solução completa e tridimensional. O uso de modelos CFD permite descrever incêndios em geometrias complexas e incorporar uma grande variedade de fenómenos físicos [13].

Além do *software* FDS existem outras aplicações que facilitam a entrada de dados no FDS e a importação de ficheiros de CAD. A aplicação utilizada foi o Pyrosim, que permitiu fazer a modelação do edifício, e que integra a execução do FDS e do Smokeview, que é um programa de visualização utilizado para mostrar os resultados da simulação do FDS [13].

5.2. Modelação computacional de incêndios no edifício estudado

Para modelar o edifício começou-se por importar a planta de AUTOCAD para o Pyrosim, procedendo-se de seguida à modelação do edifício e de todo o seu conteúdo, como por exemplo maquinaria e material armazenado. Por último, definiram-se as propriedades dos materiais utilizando a biblioteca de materiais do Pyrosim e de outro programa, o CFast, pois a biblioteca de materiais do Pyrosim não tinha as propriedades de todos os materiais existentes.



The image shows a screenshot of the Pyrosim material library window. The 'Material ID' is 'STEEL'. The 'Description' is 'Drysdale, Intro to Fire Dynamics - ATF NIST Multi-Floor Validation'. The 'Material Type' is 'Solid'. The 'Thermal Properties' tab is selected, showing the following values: Density: 7850,0 kg/m³; Specific Heat: Constant, 0,46 kJ/(kg·K); Conductivity: Constant, 45,8 W/(m·K); Emissivity: 0,95; Absorption Coefficient: 5,0E4 1/m.

Property	Value	Unit
Density	7850,0	kg/m ³
Specific Heat	Constant, 0,46	kJ/(kg·K)
Conductivity	Constant, 45,8	W/(m·K)
Emissivity	0,95	
Absorption Coefficient	5,0E4	1/m

Figura 5.1 – Janela da biblioteca de materiais do Pyrosim

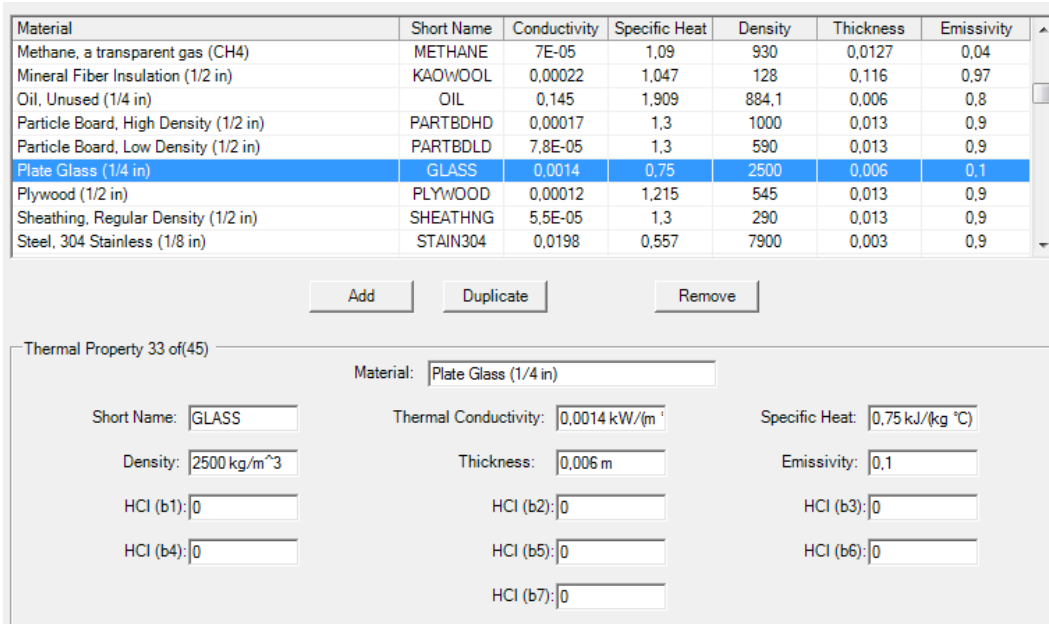


Figura 5.2 – Janela da biblioteca de materiais do CFast

Na figura 5.3 pode-se observar a modelação do edifício em estudo através do programa Pyrosim. No anexo 3 podem observar-se mais pormenores da modelação.

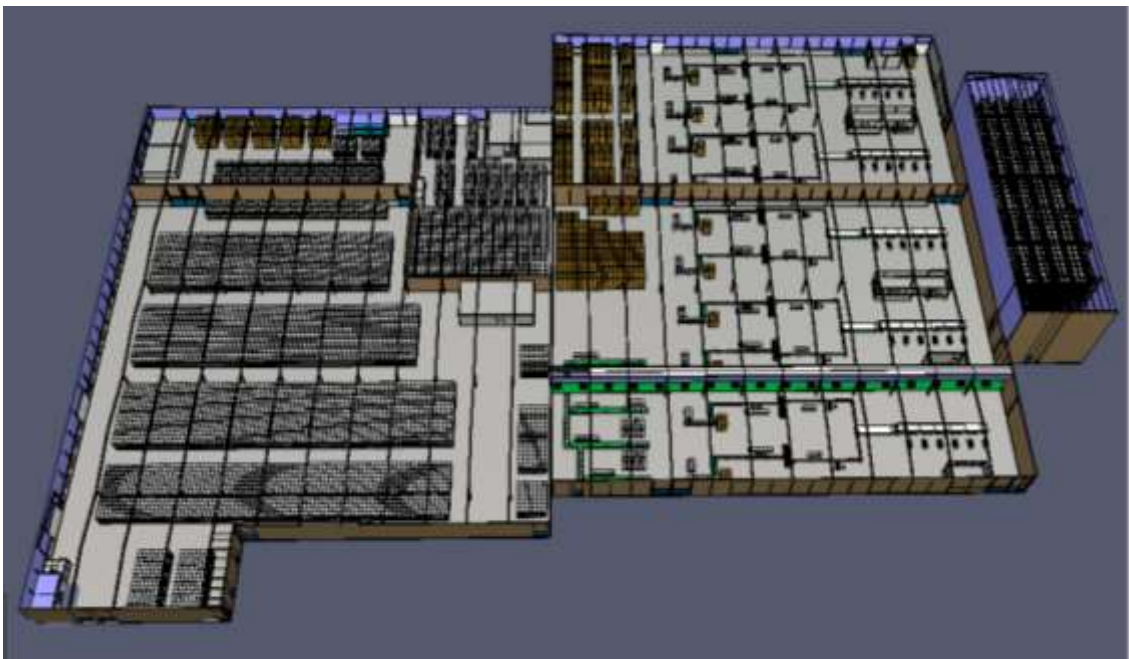


Figura 5.3 – Modelo base do edifício em estudo

No edifício em estudo foram considerados 7 cenários de incêndio, um cenário para cada compartimento, uma vez que cada compartimento está isolado dos restantes compartimentos contíguos através de paredes e portas corta-fogo.

5.2.1. Cenário 1

No cenário 1 admitiu-se um incêndio no armazém automático PRS2 (compartimento 1). Neste armazém existem bobines de papel armazenadas em nove níveis de altura. Em cada nível de armazenamento existem sprinklers que atuam aos 68°C e na cobertura existem sprinklers que atuam aos 141°C. Considerou-se o incêndio a começar com um curto-circuito de um transelevador de armazenagem no nível do rés-do-chão, que provoca a ignição de uma bobine.

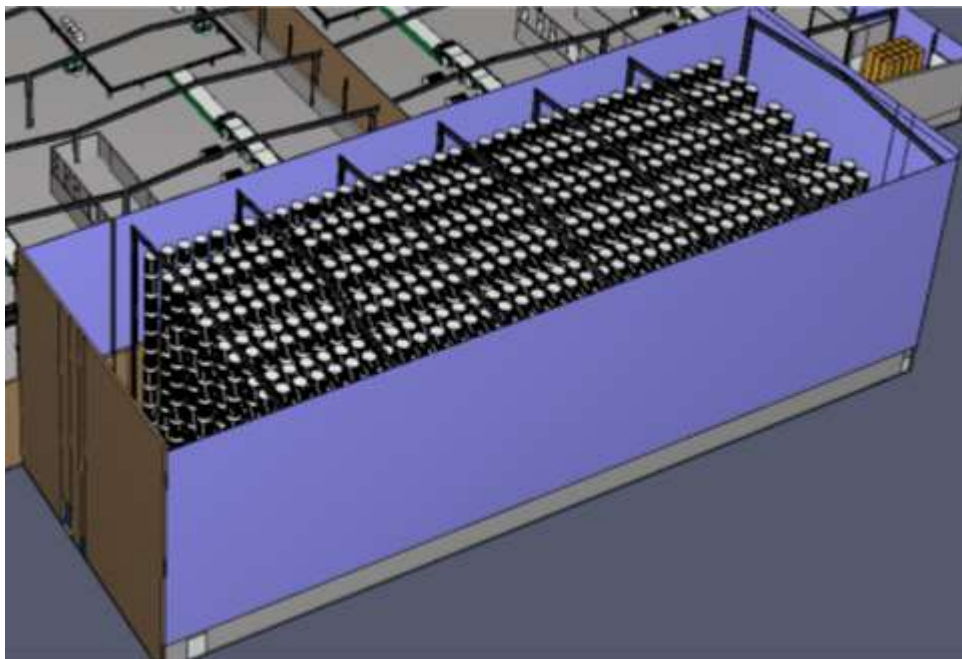


Figura 5.4 – Modelo do armazém automático PRS2

- **Evolução das chamas**

Devido ao curto-circuito, a bobine entra em ignição, 10 segundos depois já se observa uma pequena chama que vai aumentando até aos 17 segundos, neste instante o sprinkler que está logo acima da bobine atinge uma temperatura de 68°C, que o faz entrar em funcionamento. Aos 30 segundos podemos ver o sprinkler do nível de cima também a funcionar e aos 70 segundos verifica-se que o incêndio está extinto. Este armazém tem uma elevada carga térmica e o fato de existirem sprinklers em todos os níveis é a grande razão para este incêndio ser logo controlado e não tomar proporções mais gravosas. As Figuras 5.5, 5.6, 5.7 e 5.8 mostram a evolução das chamas descrita.

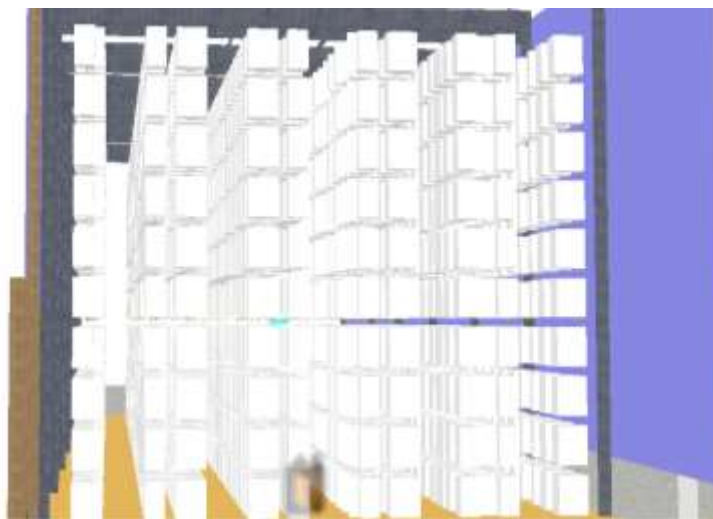


Figura 5.5 – Evolução das chamas aos 10 segundos

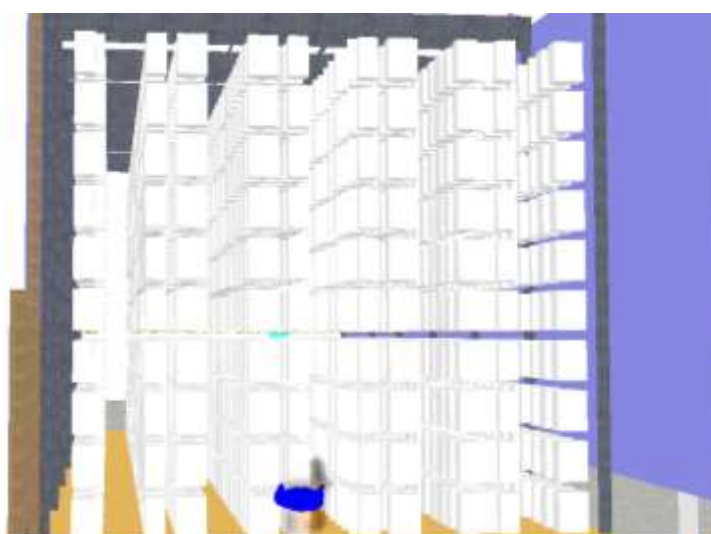


Figura 5.6 – Evolução das chamas aos 17 segundos com sprinkler

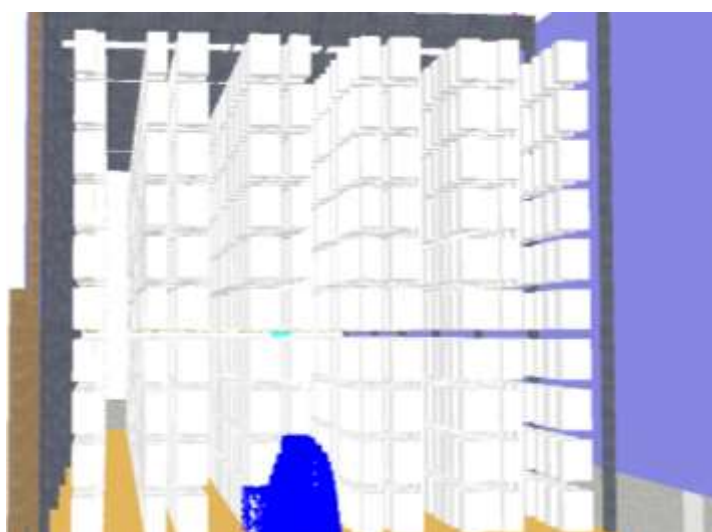


Figura 5.7 – Evolução das chamas aos 30 segundos com sprinklers

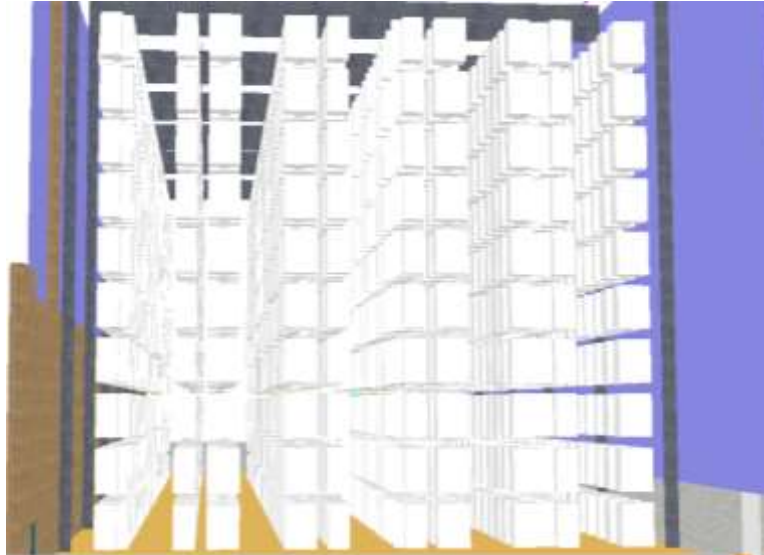


Figura 5.8 – Evolução das chamas aos 70 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.9, 5.10 e 5.11 pode observar-se a evolução do fumo, como o incêndio é controlado pelos sprinklers e o armazém é bastante alto, o fumo concentra-se na parte superior do armazém e não alastra até a parte inferior, o que possibilita a evacuação das pessoas que estejam no interior do armazém durante a ocorrência do incêndio.

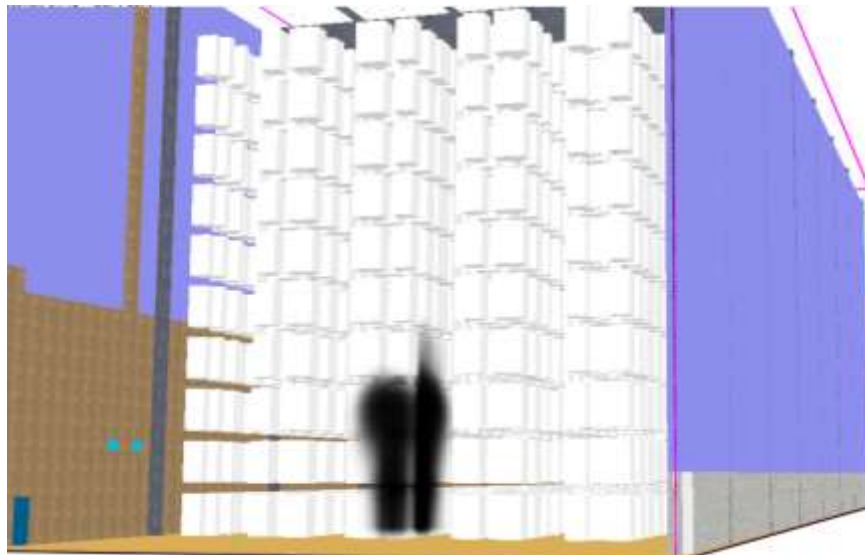


Figura 5.9 – Evolução do fumo aos 10 segundos

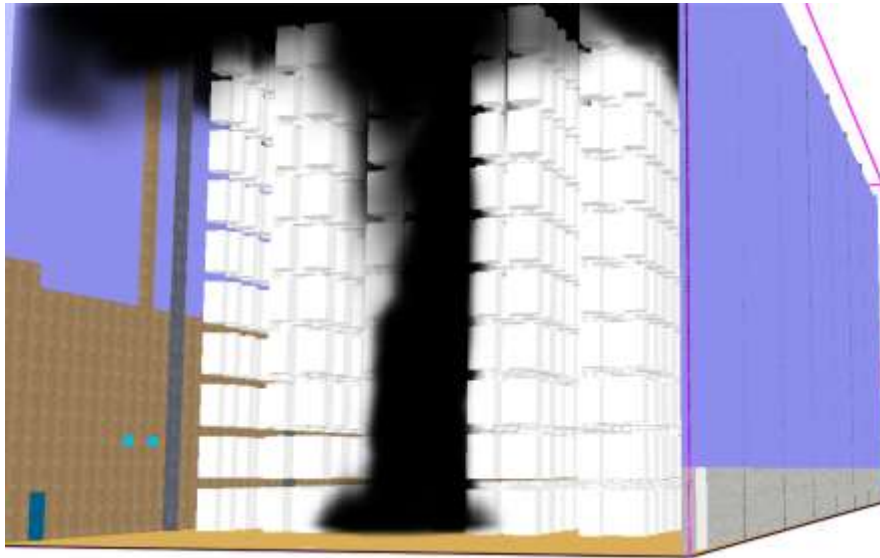


Figura 5.10 – Evolução do fumo aos 40 segundos



Figura 5.11 – Evolução do fumo aos 70 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas. Observando as figuras 5.12, 5.13 e 5.14 verifica-se uma temperatura máxima de 21,9°C, que se alastra um pouco até aos 20 segundos, mas possibilitando sempre a evacuação de pessoas que se encontrem no armazém, visto que a temperatura máxima além de não alastrar muito pelo armazém todo, não é elevada e é tolerada pelo ser humano. A partir dos 17 segundos a temperatura começa a diminuir devido à atuação dos sprinklers, e aos 70 segundos que é quando o incêndio é totalmente extinto, a temperatura já está praticamente normalizada. Verifica-se também que as temperaturas observadas não são suficientes para afetar a estrutura de aço que suporta o armazém.

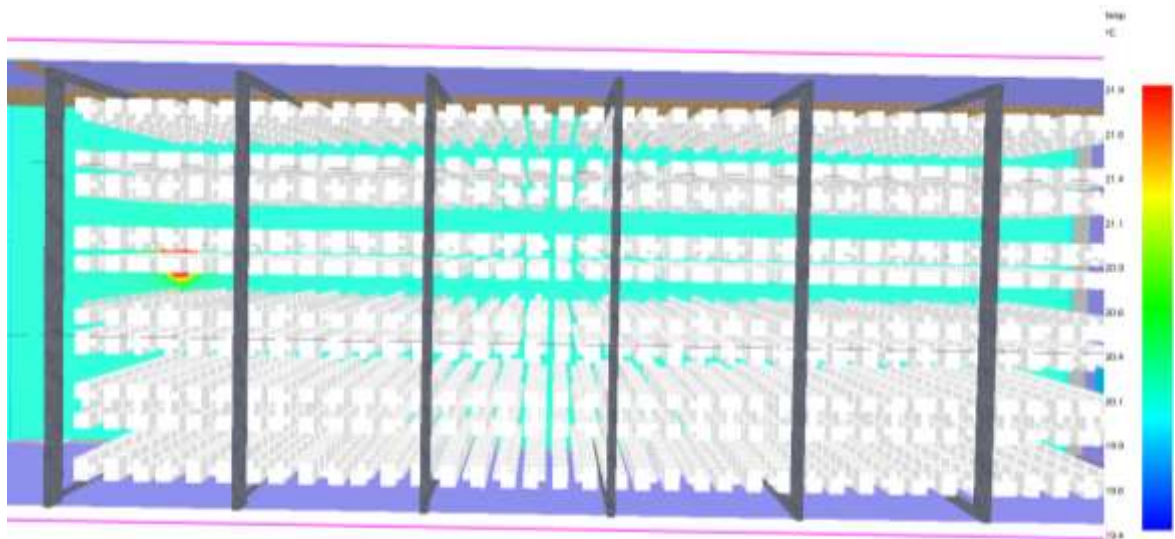


Figura 5.12 – Variação da temperatura aos 10 segundos

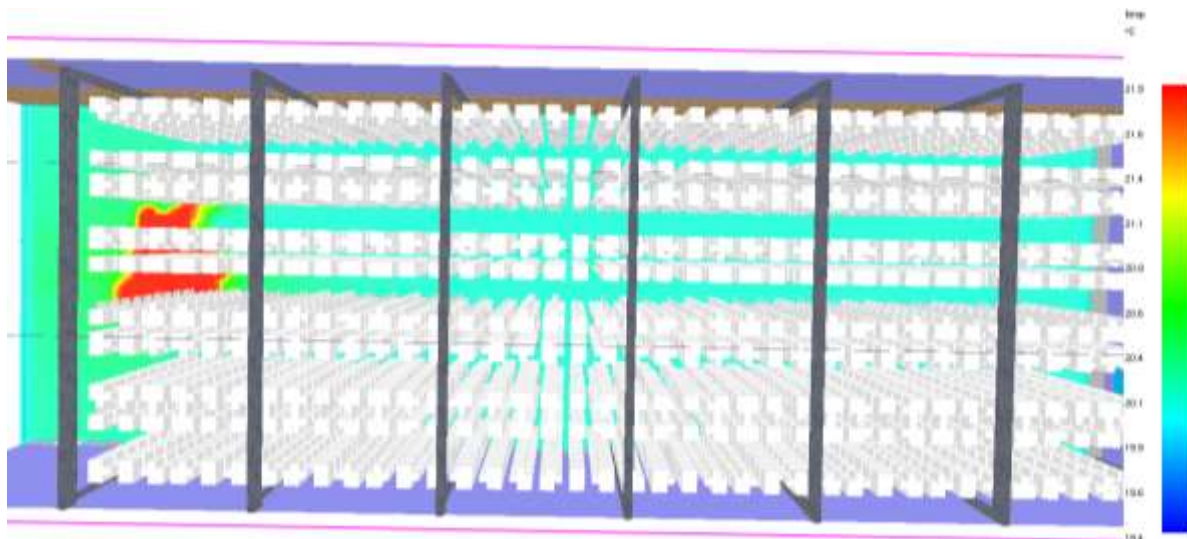


Figura 5.13 – Variação da temperatura aos 20 segundos

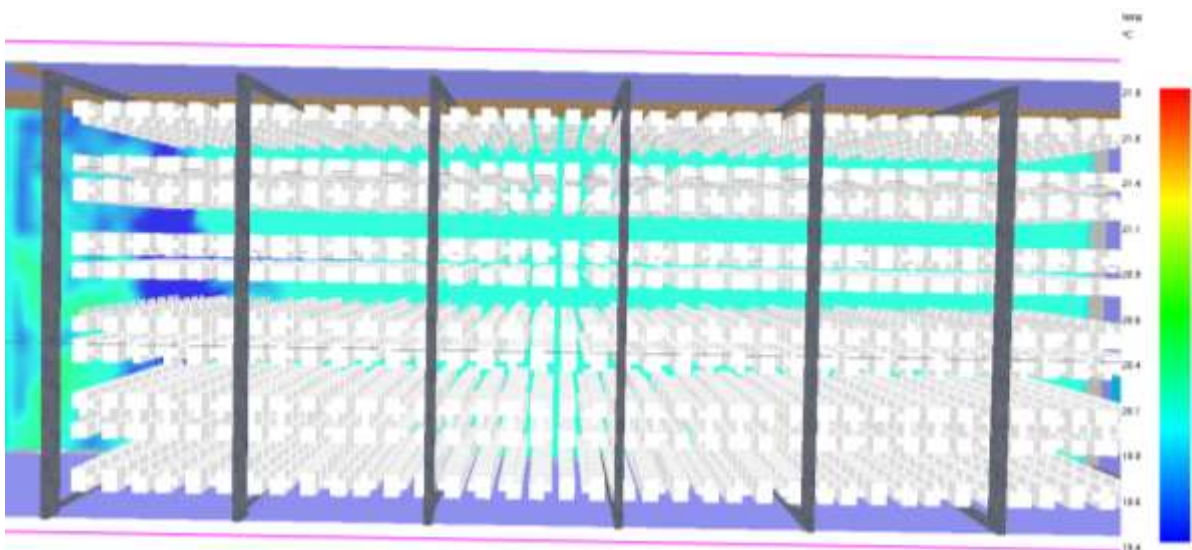


Figura 5.14 – Variação da temperatura aos 70 segundos

5.2.2. Cenário 2

No cenário 2 admitiu-se um incêndio na nave 3 da transformação (compartimento 2). Neste compartimento existem duas cortadoras de papel, seguidas de duas linhas de embalagem cada uma. Por cima de cada cortadora de papel existem sprinklers que atuam aos 68°C, estando as linhas de embalagem sem qualquer proteção automática (sprinklers). Considerou-se o incêndio a começar com um curto-circuito na cortadora de papel, que provoca a ignição de uma bobine que está a ser desenrolada.

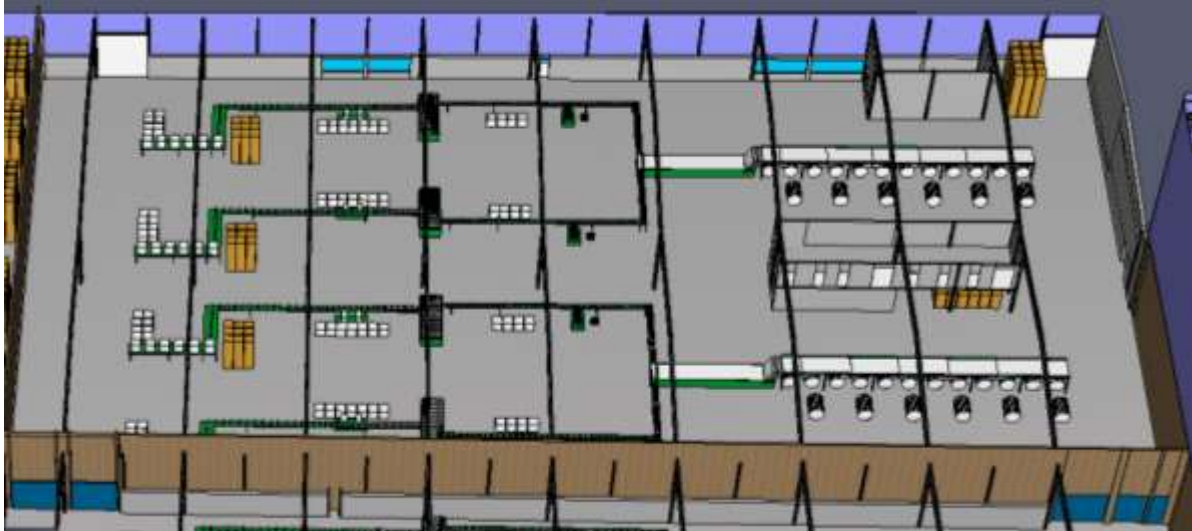


Figura 5.15 – Modelo da nave 3 da transformação de papel

- **Evolução das chamas**

Devido ao curto-circuito a bobine entra em ignição, 30 segundos depois já se observa a bobine e a lâmina de papel que passa por cima da bobine em chamas, que vai aumentando até aos 40 segundos, neste instante os sprinklers que estão logo por cima da bobine atingem uma temperatura de 68°C, que os faz entrar em funcionamento. Aos 80 segundos podemos ver os sprinklers já em pleno funcionamento e a cortadora já toda coberta de água, verificando-se a extinção total do incêndio aos 150 segundos. Mais uma vez os sprinklers têm um papel fundamental no controlo do incêndio, impedindo a propagação do mesmo para o resto das bobines da cortadora, e para as linhas de embalagem. As figuras 5.16, 5.17, 5.18 e 5.19 mostram a evolução das chamas descrita.

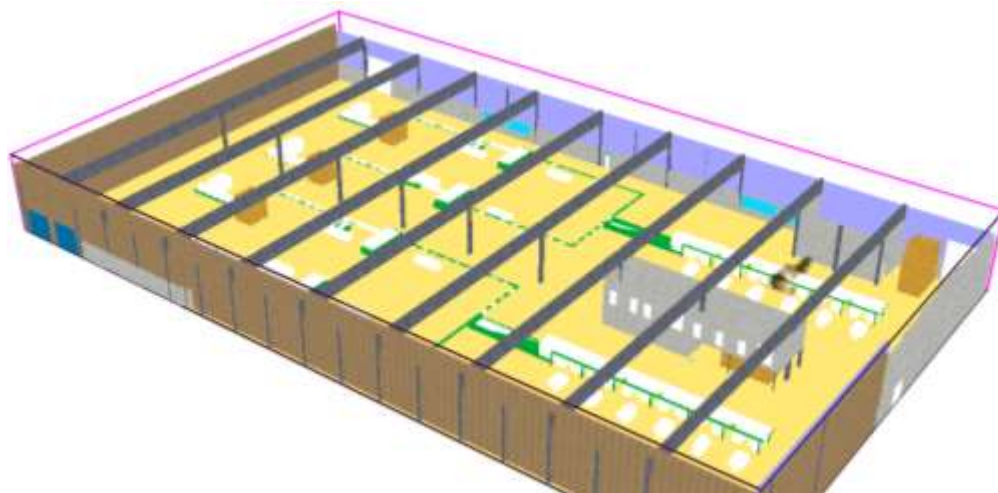


Figura 5.16 – Evolução das chamas aos 30 segundos

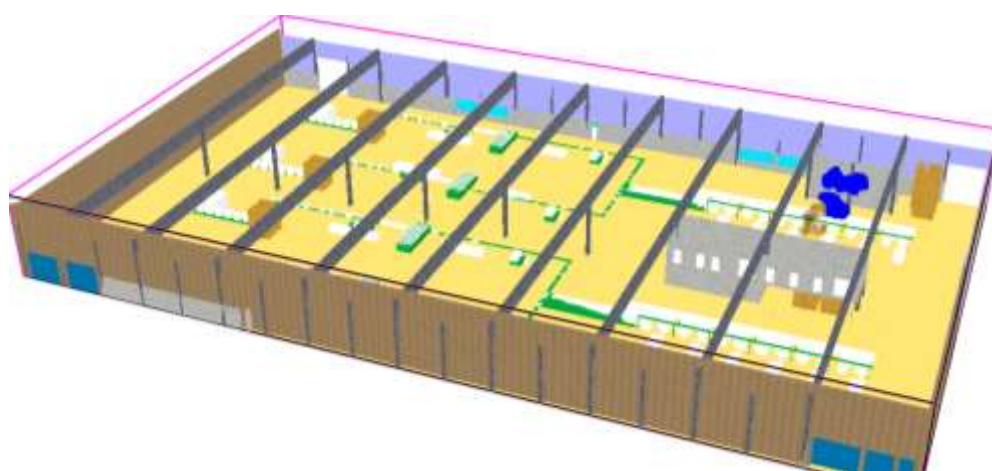


Figura 5.17 – Evolução das chamas aos 40 segundos com sprinklers

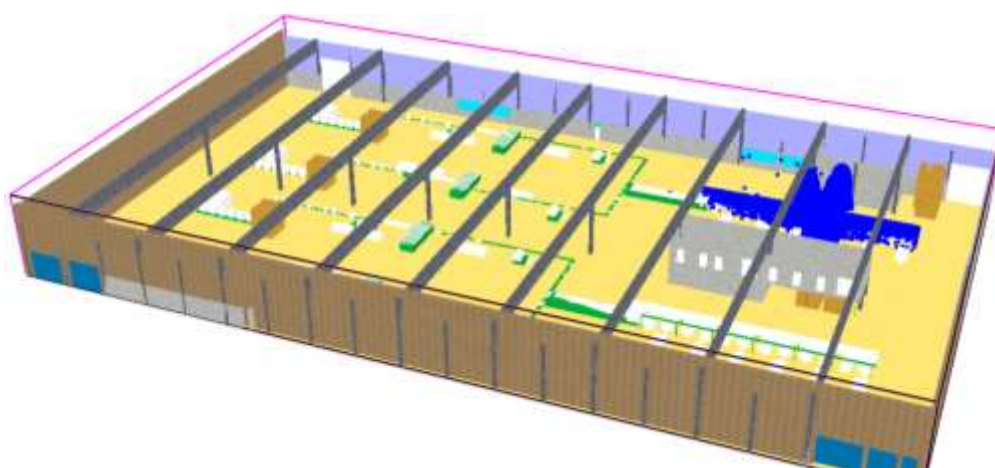


Figura 5.18 – Evolução das chamas aos 80 segundos com sprinklers

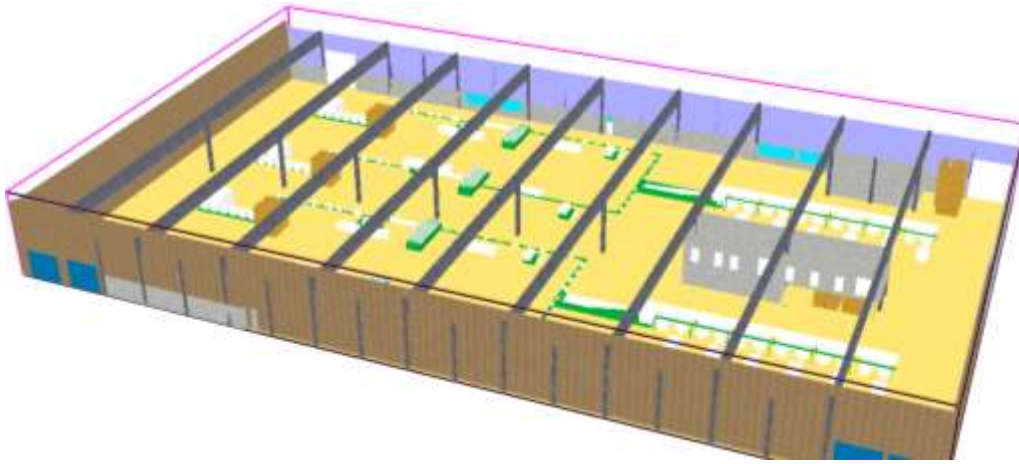


Figura 5.19 – Evolução das chamas aos 150 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.20, 5.21 e 5.22 pode observar-se a evolução do fumo, como o incêndio é controlado pelos sprinklers o fumo não chega a cobrir a totalidade do compartimento. Aos 20 segundos pode-se observar uma pequena nuvem de fumo que possibilita a evacuação das pessoas que se encontrem ao pé da cortadora de papel, pois a visibilidade ainda é grande. Aos 40 segundos a zona da cortadora já está coberta de fumo e aí a visibilidade já é muito reduzida, o que dificulta a evacuação de alguém que ainda se encontre ao pé da cortadora, apesar de a probabilidade de ainda se encontrar alguém ao pé da cortadora já é mais reduzida, pois os primeiros 20 segundos são suficientes para abandonar o local. Depois de os sprinklers entrarem em funcionamento aos 40 segundos, ainda se vai verificar mais um pequeno aumento da área coberta pelo fumo, não chegando a cobrir a totalidade do compartimento e possibilitando que as pessoas presentes permaneçam nos locais sem fumo ou então que abandonem o compartimento.

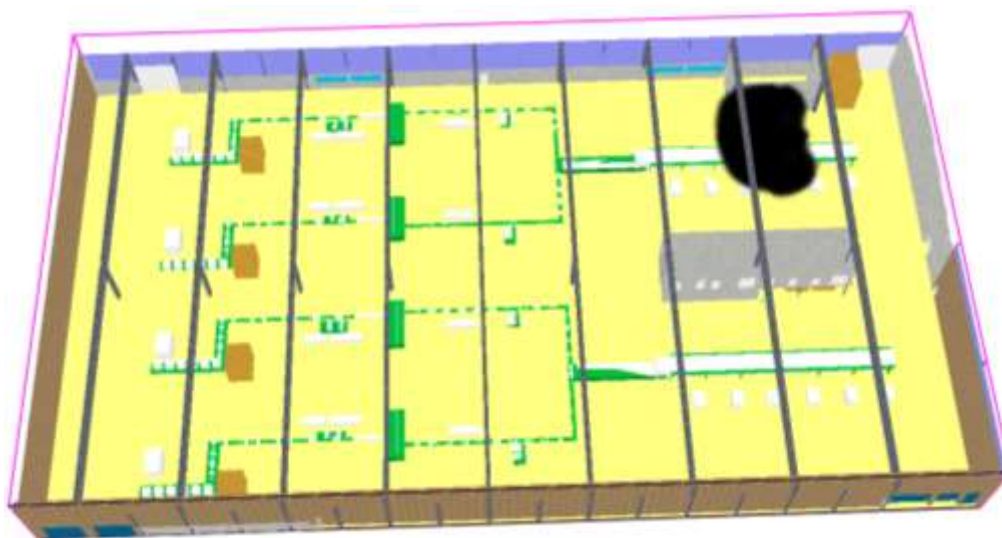


Figura 5.20 – Evolução do fumo aos 20 segundos

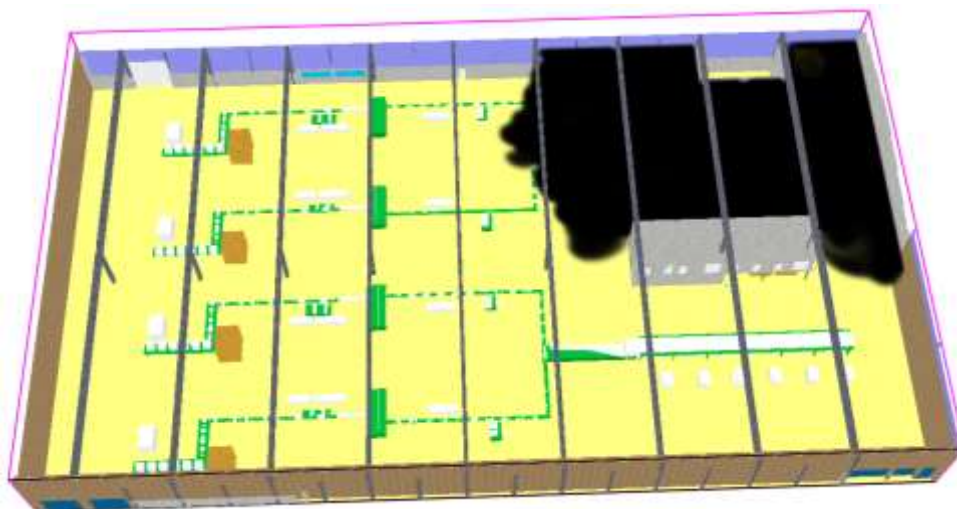


Figura 5.21 – Evolução do fumo aos 40 segundos

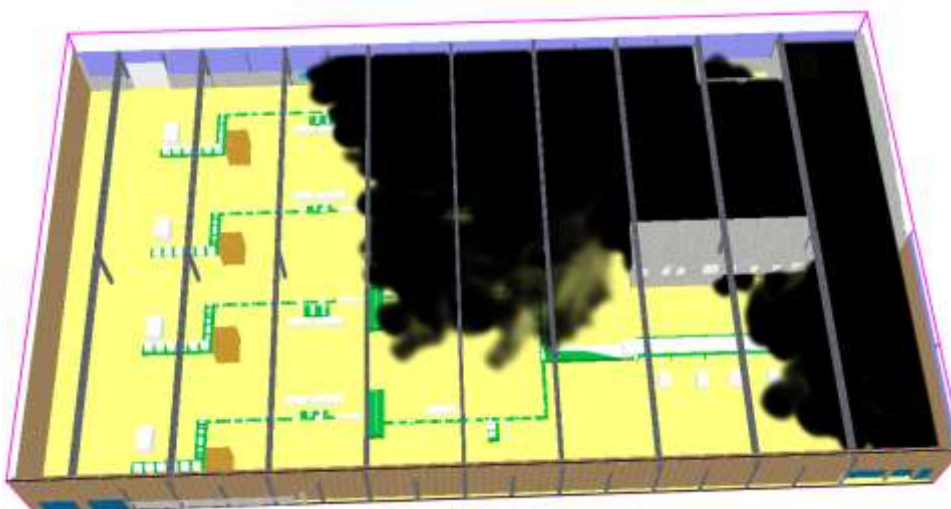


Figura 5.22 – Evolução do fumo aos 150 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas. Observando as figuras 5.23, 5.24 e 5.25 verifica-se uma temperatura máxima de 25,9°C, que se alastra um pouco até aos 40 segundos, mas possibilitando sempre a evacuação das pessoas que se encontram no compartimento, visto que a temperatura máxima além de não alastrar muito por todo o compartimento, não é elevada e é tolerada pelo ser humano. A partir dos 40 segundos a temperatura começa a baixar devido à atuação dos sprinklers, e aos 150 segundos, que é quando o incêndio é totalmente extinto, a temperatura já está praticamente normalizada. Verifica-se também que as temperaturas observadas não são suficientes para afetar a estrutura de aço que suporta a nave 3.

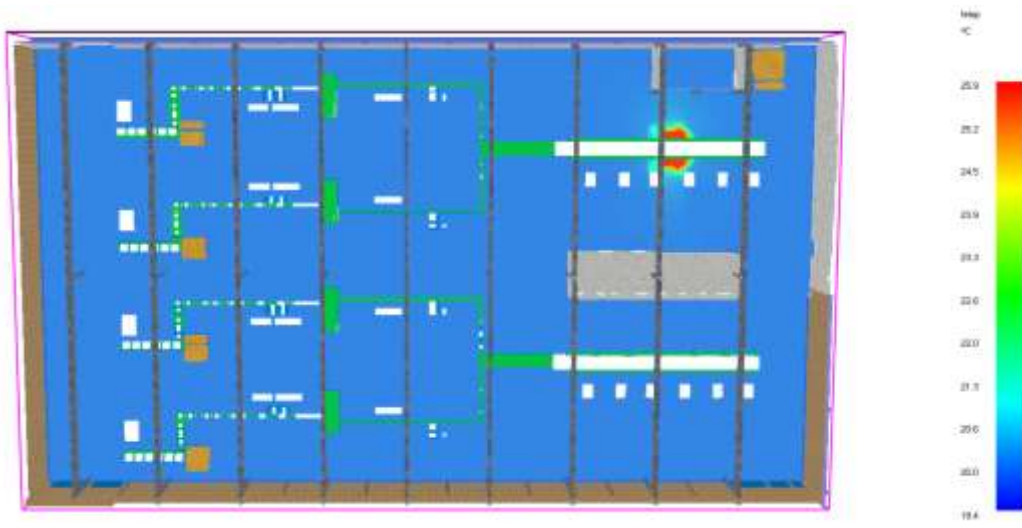


Figura 5.23 – Variação da temperatura aos 20 segundos

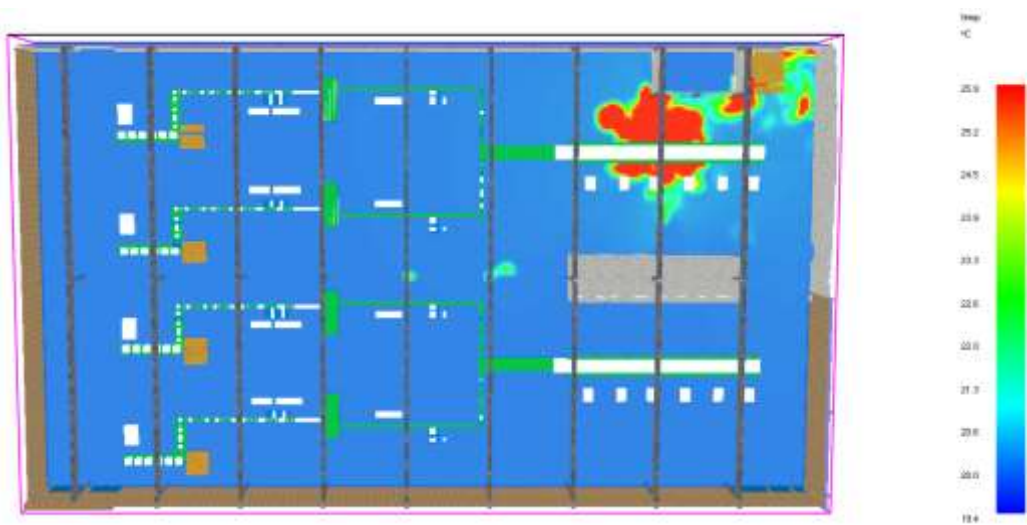


Figura 5.24 – Variação da temperatura aos 40 segundos

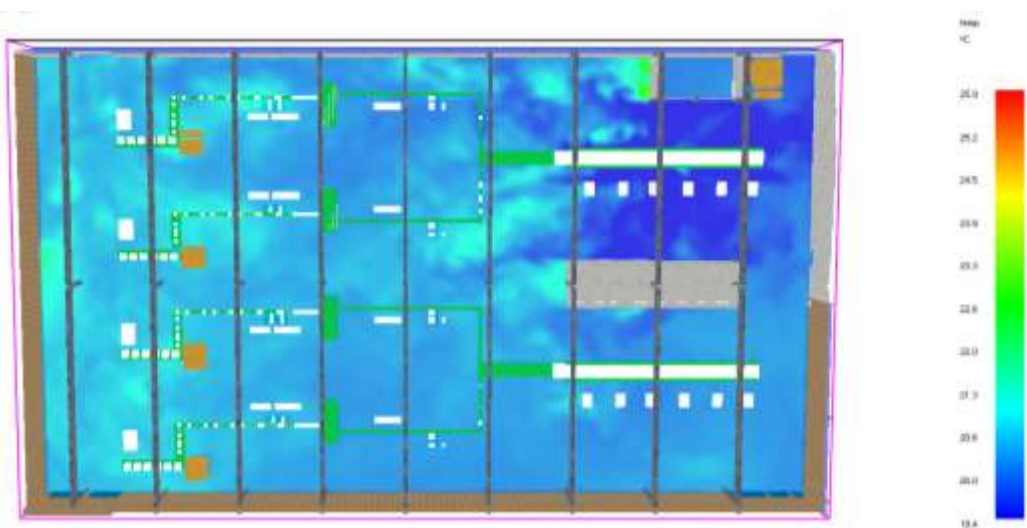


Figura 5.25 – Variação da temperatura aos 150 segundos

5.2.3. Cenário 3

No cenário 3 admitiu-se um incêndio no armazém de paletes (compartimento 3). Neste armazém existem várias pilhas de paletes de madeira com cerca de 5 metros de altura cada uma. O armazém está todo coberto com sprinklers que atuam aos 68°C. Considerou-se o incêndio a começar com uma explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, que provoca a ignição de uma pilha de paletes.



Figura 5.26 – Modelo do armazém de paletes

- **Evolução das chamas**

Devido à explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, a pilha de paletes entra em ignição. Após 40 segundos já se observa a pilha inteira em chamas, que vai aumentando até aos 56 segundos, neste instante os sprinklers que estão logo por cima da pilha de paletes atingem uma temperatura de 68°C, que os faz entrar em funcionamento. Aos 100 segundos podemos ver os sprinklers já em pleno funcionamento e a pilha já toda coberta de água, verificando-se a extinção total do incêndio aos 210 segundos. Mais uma vez os sprinklers têm um papel fundamental no controlo do incêndio, impedindo a propagação do mesmo para o resto das pilhas de paletes. As figuras 5.27, 5.28, 5.29 e 5.30 mostram a evolução das chamas descrita.

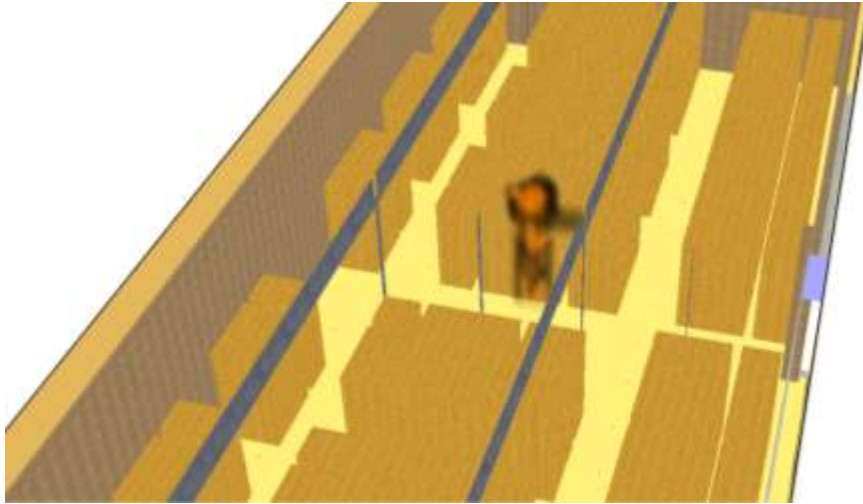


Figura 5.27 – Evolução das chamas aos 40 segundos

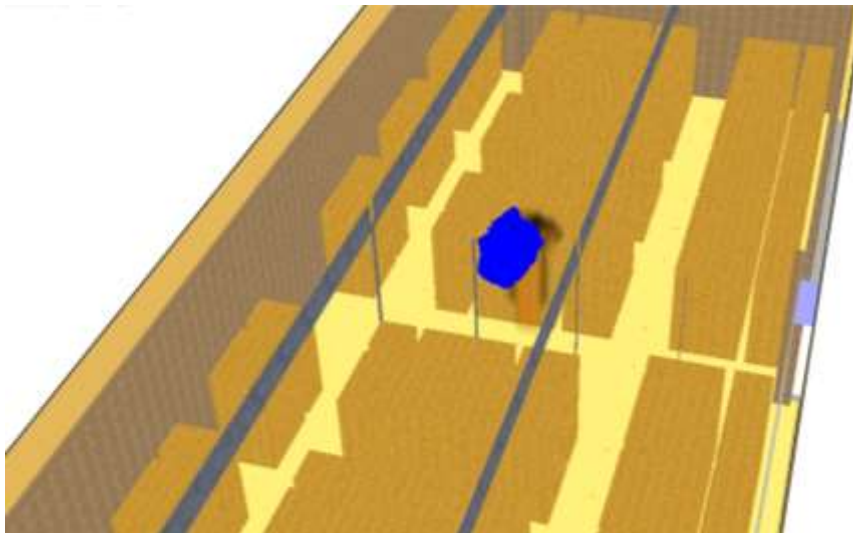


Figura 5.28 – Evolução das chamas aos 56 segundos com sprinklers

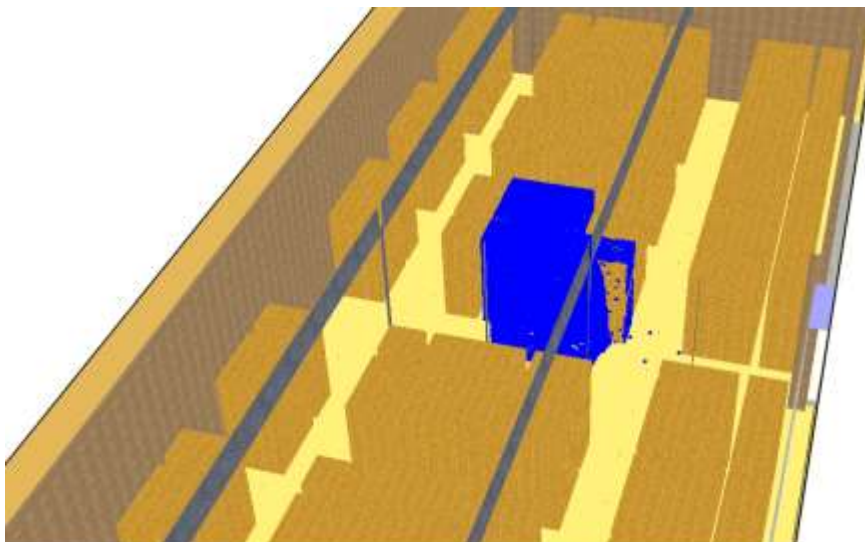


Figura 5.29 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers

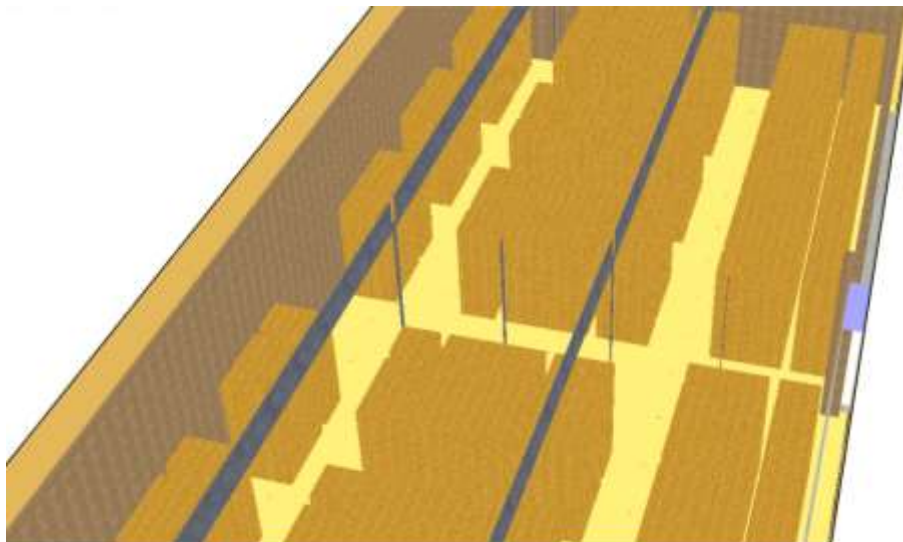


Figura 5.30 – Evolução das chamas aos 210 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.31, 5.32 e 5.33 pode observar-se a evolução do fumo. Como o incêndio é controlado pelos sprinklers, este não chega a cobrir a totalidade do armazém. Aos 20 segundos pode-se observar uma pequena nuvem de fumo que possibilita a evacuação das pessoas que se encontrem no armazém, pois a visibilidade ainda é grande. Aos 60 segundos já se observa uma nuvem um pouco maior mas mais concentrada na parte superior, o que continua a possibilitar a evacuação do armazém. Dos 60 até aos 210 segundos ainda se vai verificar mais um pequeno aumento da área coberta pelo fumo, não chegando a cobrir a totalidade do armazém e continuando a possibilitar, apesar de já ser com alguma dificuldade, a evacuação de alguém se ainda se encontre no armazém.

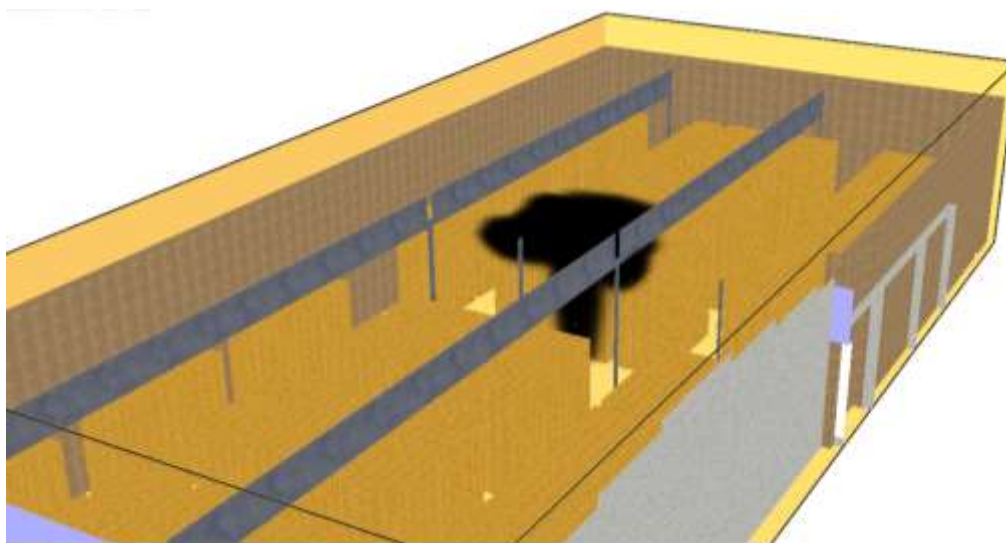


Figura 5.31 – Evolução do fumo aos 20 segundos

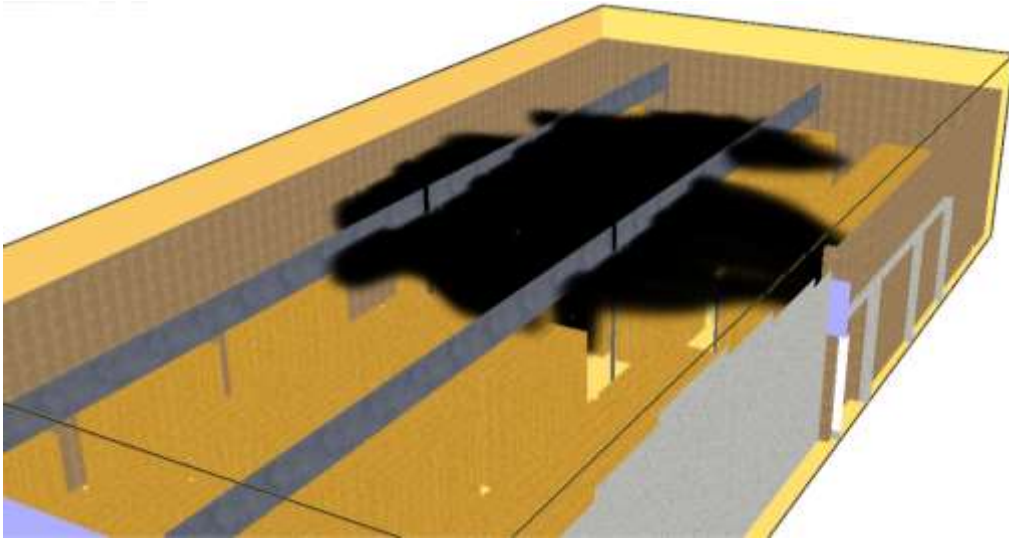


Figura 5.32 – Evolução do fumo aos 60 segundos

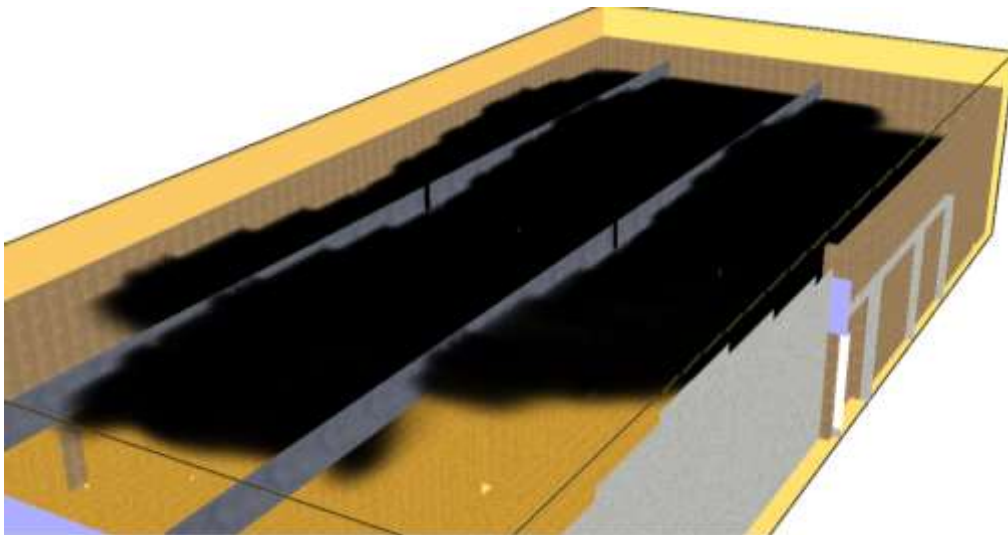


Figura 5.33 – Evolução do fumo aos 210 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas. Observando as figuras 5.34, 5.35 e 5.36 verifica-se uma temperatura máxima de 24,4°C, que se alastra um pouco até aos 60 segundos, mas possibilitando sempre a evacuação das pessoas que se encontrem no compartimento, visto que a temperatura máxima além de não alastrar muito por todo o compartimento, não é elevada e é tolerada pelo ser humano. A partir dos 60 segundos a temperatura começa a baixar devido à atuação dos sprinklers, e aos 210 segundos, que é quando o incêndio é totalmente extinto, a temperatura já está praticamente normalizada. Verifica-se também que as temperaturas observadas não são suficientes para afetar a estrutura de aço que suporta o armazém.

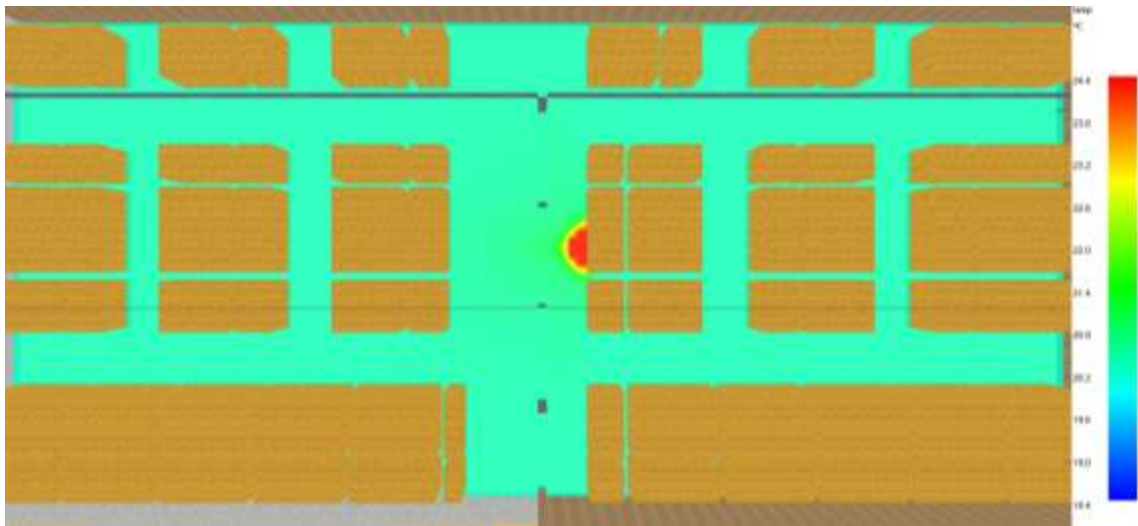


Figura 5.34 – Variação da temperatura aos 20 segundos

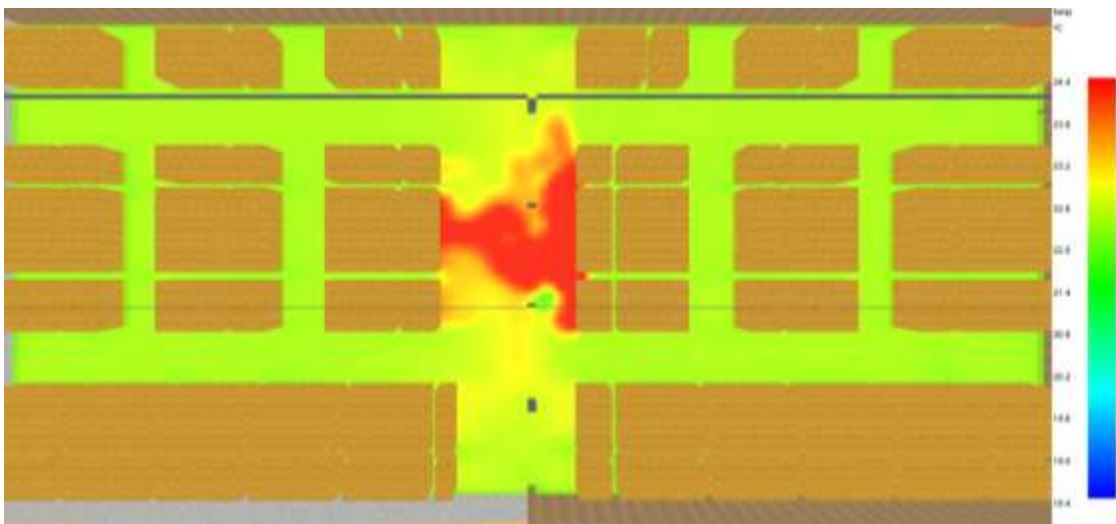


Figura 5.35 – Variação da temperatura aos 60 segundos

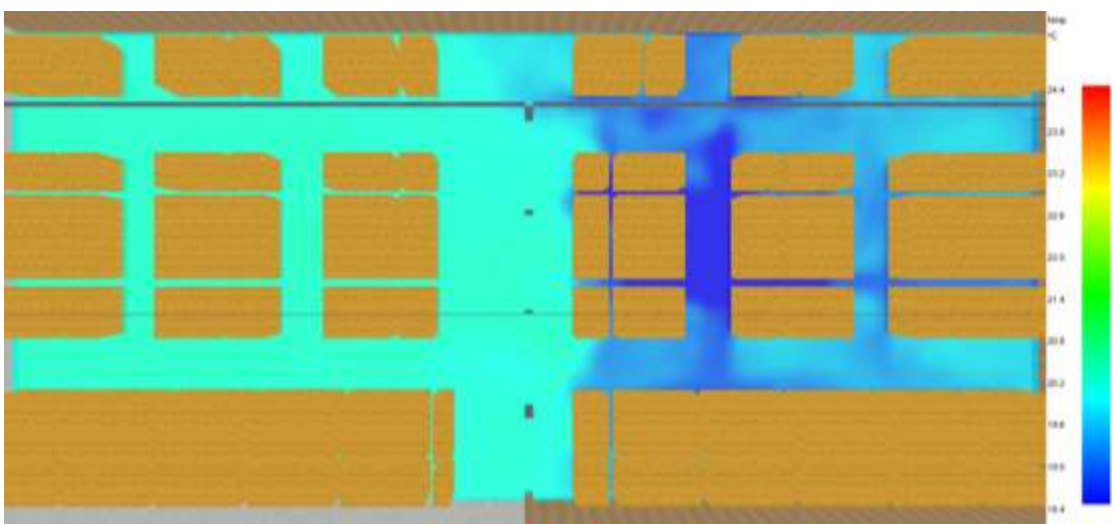


Figura 5.36 – Variação da temperatura aos 210 segundos

5.2.4. Cenário 4

No cenário 4 admitiu-se um incêndio na nave 2 da transformação (compartimento 4). Neste compartimento existem três cortadoras de papel, com duas linhas de embalagem cada uma, existe uma outra zona de embalagem de papel para expedição e ainda existe uma zona destinada a armazenamento de paletes. Por cima de cada cortadora de papel e por cima das paletes armazenadas existem sprinklers que atuam aos 68°C, estando as linhas de embalagem e a outra zona de embalagem para expedição sem qualquer proteção automática (sprinklers). Considerou-se o incêndio a começar com um curto-circuito numa das embaladoras da zona de embalagem de papel para expedição, que provoca a ignição de uma paleta com papel.



Figura 5.37 – Modelo da nave 2 da transformação

- **Evolução das chamas**

Devido ao curto-circuito na embaladora, a paleta com papel entra em ignição. Aos 30 segundos já se observa a paleta com papel em chamas. O incêndio vai alastrando pelas restantes paletes com papel e aos 300 segundos já se observa a zona de embalagem para expedição toda em chamas. Aos 700 segundos o incêndio já alastrou a quatro linhas de embalagem. Depois dos 700 segundos o incêndio continua a alastrar e o calor libertado atinge as zonas que estão cobertas por sprinklers fazendo-os entrar em funcionamento, não deixando que o incêndio alastre para as cortadoras de papel e para as pilhas de paletes armazenadas. Aos 1200 segundos pode-se observar os sprinklers em funcionamento e o resto que não está coberto por sprinklers em chamas. As figuras 5.38, 5.39, 5.40 e 5.41 mostram a evolução das chamas descrita.

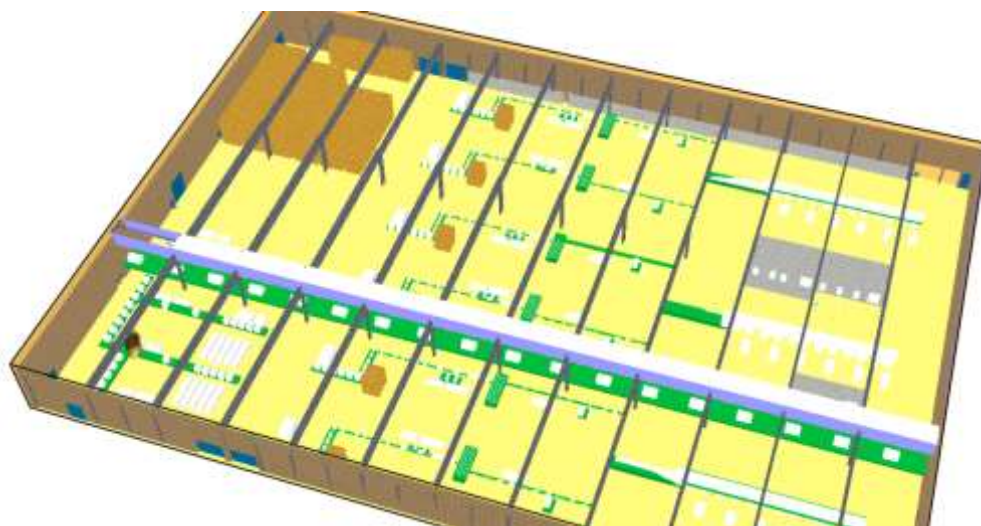


Figura 5.38 – Evolução das chamas aos 30 segundos

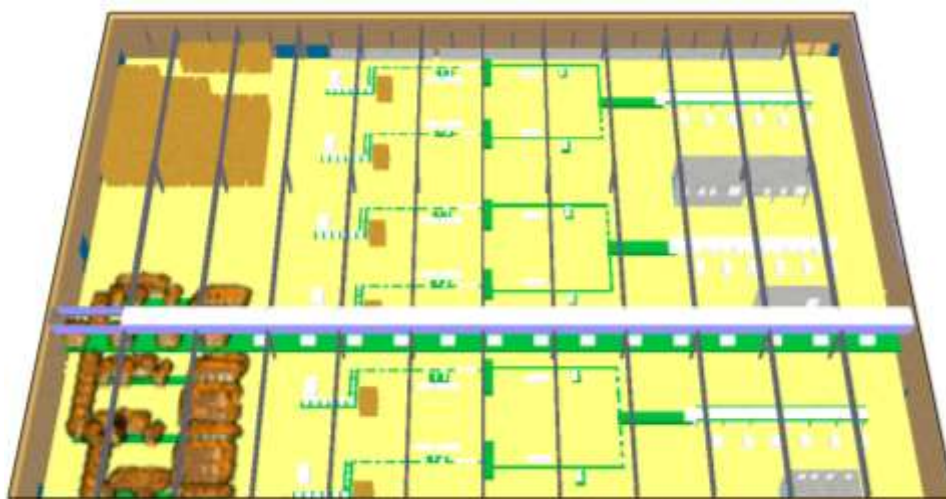


Figura 5.39 – Evolução das chamas aos 300 segundos

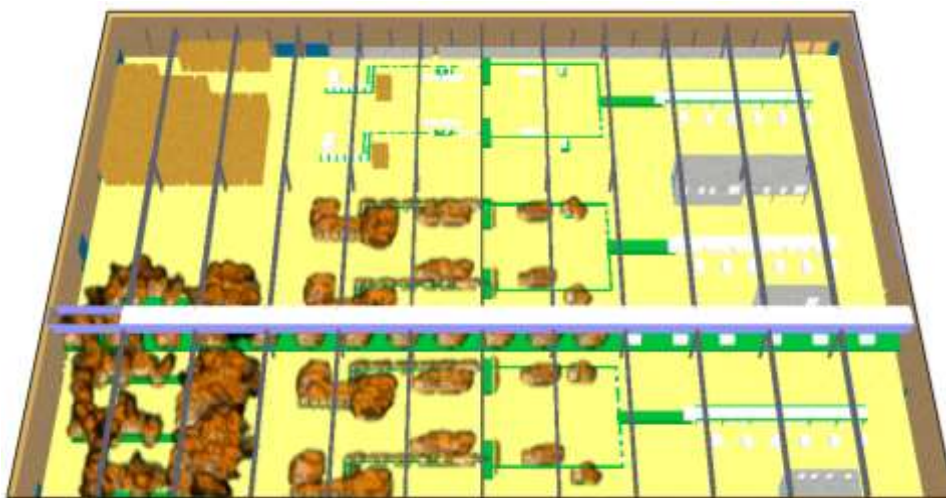


Figura 5.40 – Evolução das chamas aos 700 segundos

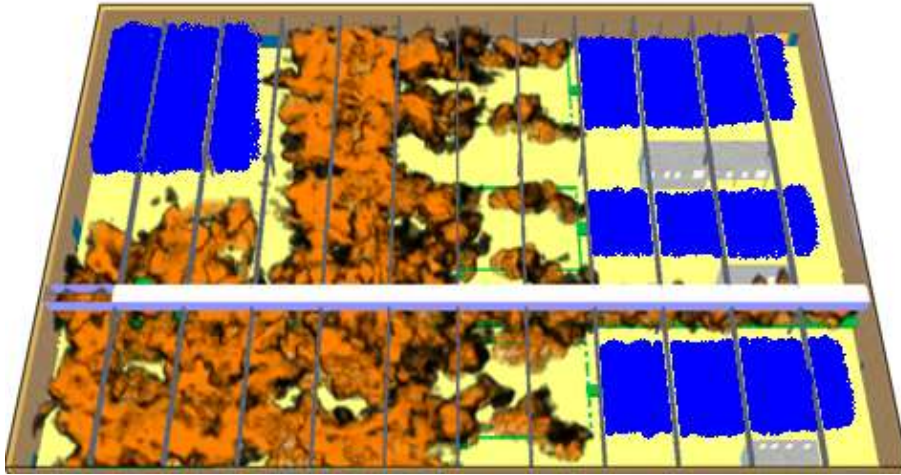


Figura 5.41 – Evolução das chamas aos 1200 segundos com sprinklers

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.42, 5.43 e 5.44 pode observar-se a evolução do fumo, aos 250 segundos já se observa a zona da embalagem para expedição quase coberta de fumo, mas que possibilita a evacuação das pessoas do armazém. As pessoas que ainda se encontrem no armazém deverão efetuar a evacuação o mais depressa possível, pois aos 900 segundos já se observa mais de metade do armazém coberto de fumo, o que já dificulta a evacuação de pessoas do edifício. A brigada de incêndio que esteja no local a tentar combater as chamas, convém evacuar nesta altura pois dos 900 aos 1200 segundos o armazém fica todo coberto de fumo o que torna muito difícil a evacuação.

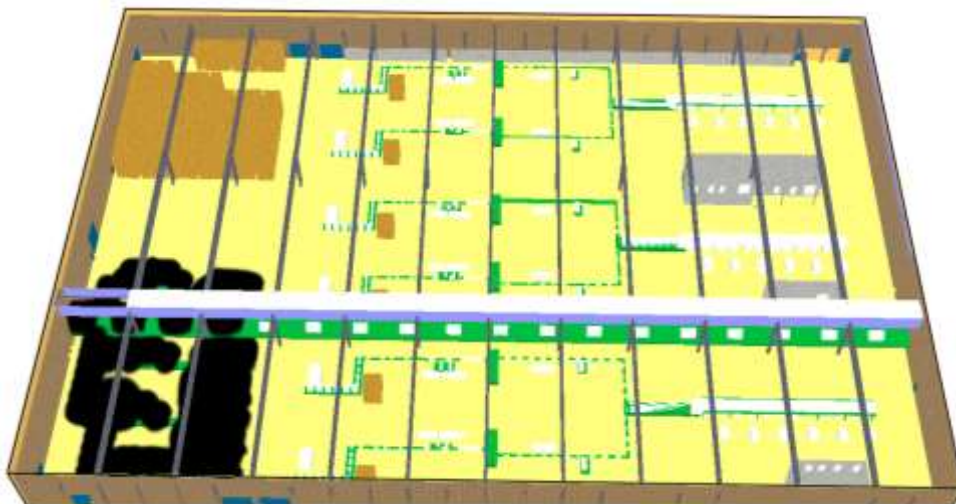


Figura 5.42 – Evolução do fumo aos 250 segundos

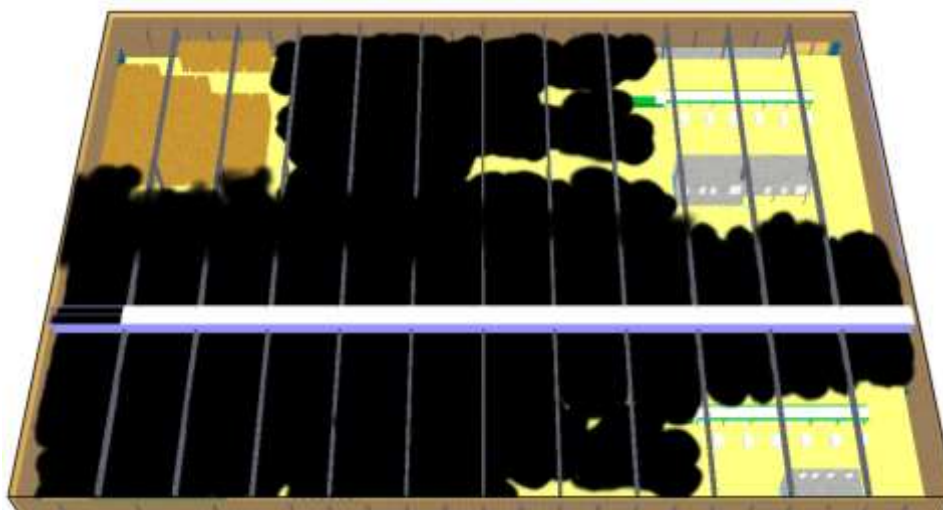


Figura 5.43 – Evolução do fumo aos 900 segundos

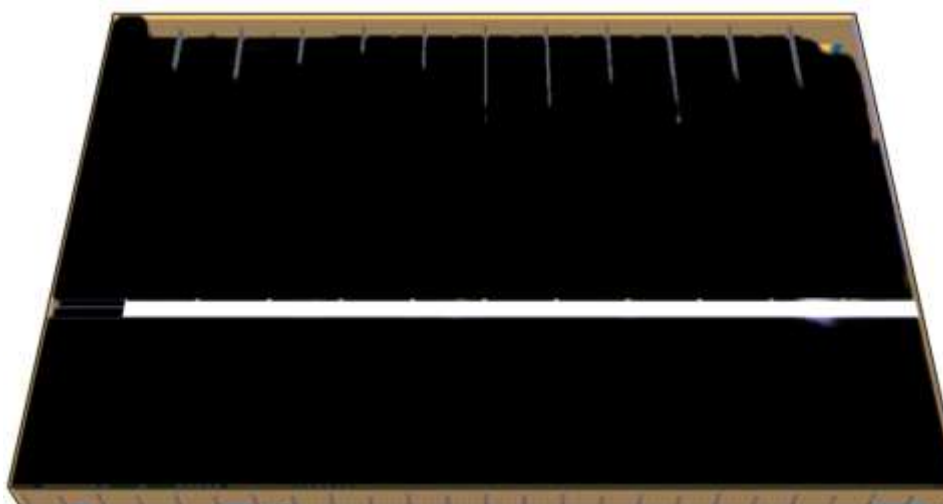


Figura 5.44 – Evolução do fumo aos 1200 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas e com a atuação da brigada de incêndio. Observando as figuras 5.45, 5.46 e 5.47, verifica-se aos 300 segundos temperaturas máximas de 1000°C junto do papel que está a arder e estima-se temperaturas a rondar os 150°C no resto do armazém. Aconselha-se por isso que a evacuação das pessoas seja efetuada logo que se observe os primeiros sinais de incêndio aos 20, 30 segundos, não deixando prolongar até aos 300 segundos. A brigada de incêndio, com os meios próprios de combate a incêndio ainda pode permanecer até aos 800 segundos, mas não arriscando mais que isso porque a partir daí as temperaturas vão alastrar mais e vão verificar-se temperaturas máximas superiores a 1000°C em várias zonas o que já torna impossível a presença humana no local. As altas temperaturas observadas são suscetíveis de afetar a estabilidade da estrutura metálica.

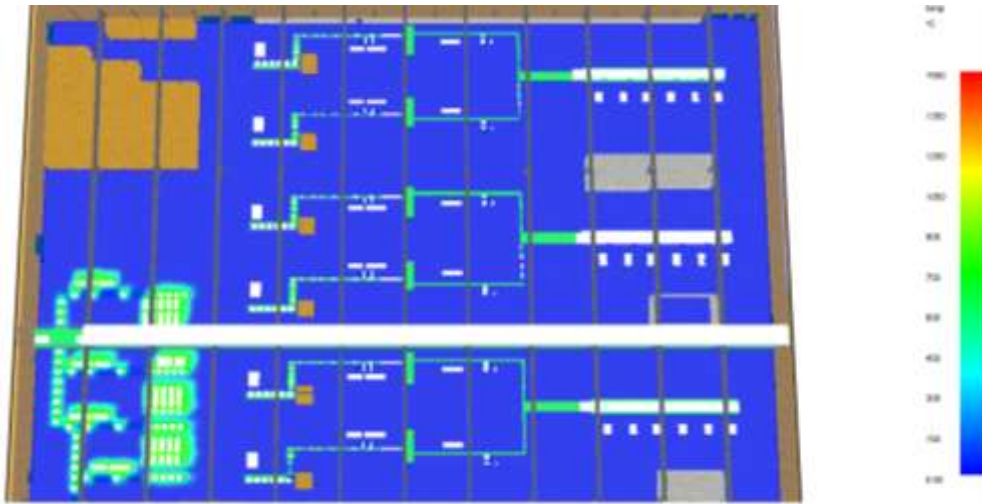


Figura 5.45 – Variação da temperatura aos 300 segundos

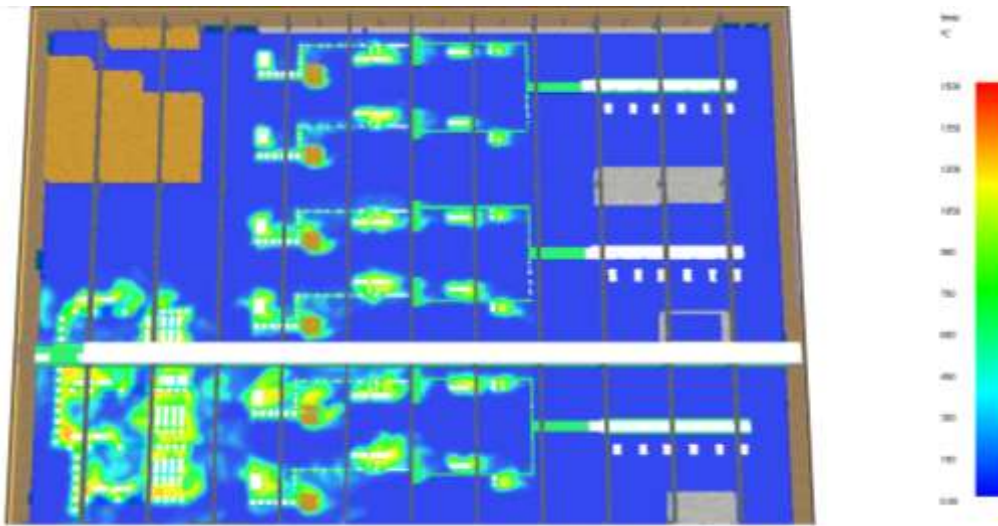


Figura 5.46 – Variação da temperatura aos 800 segundos

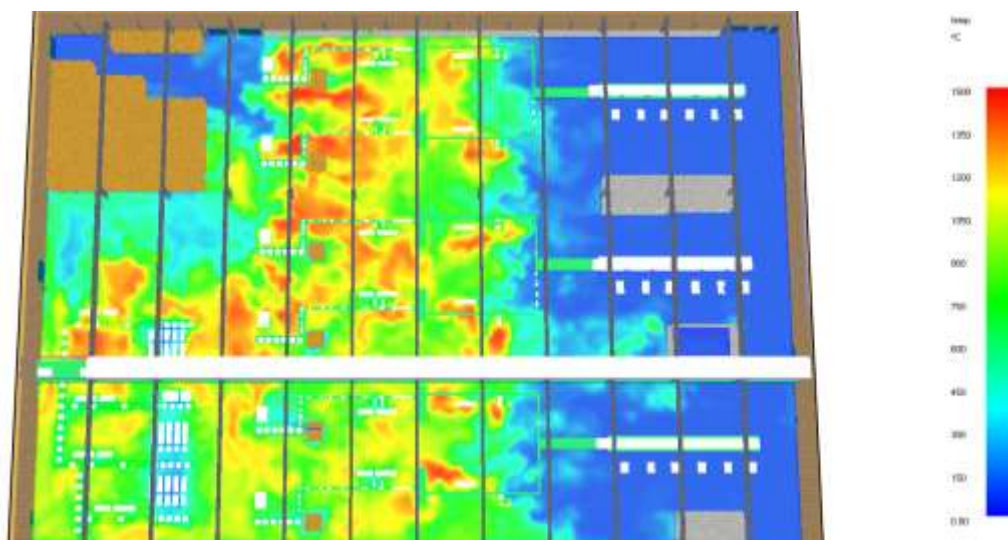


Figura 5.47 – Variação da temperatura aos 1200 segundos

- **Variação da temperatura na estrutura metálica**

Com a finalidade de obter as temperaturas nas vigas e nos pilares foram colocados dispositivos nas faces dos mesmos. Escolheu-se um pilar, uma viga da cobertura e uma viga do teto falso situados perto do foco de incêndio, para colocar os dispositivos, como se pode observar na figura 5.48.

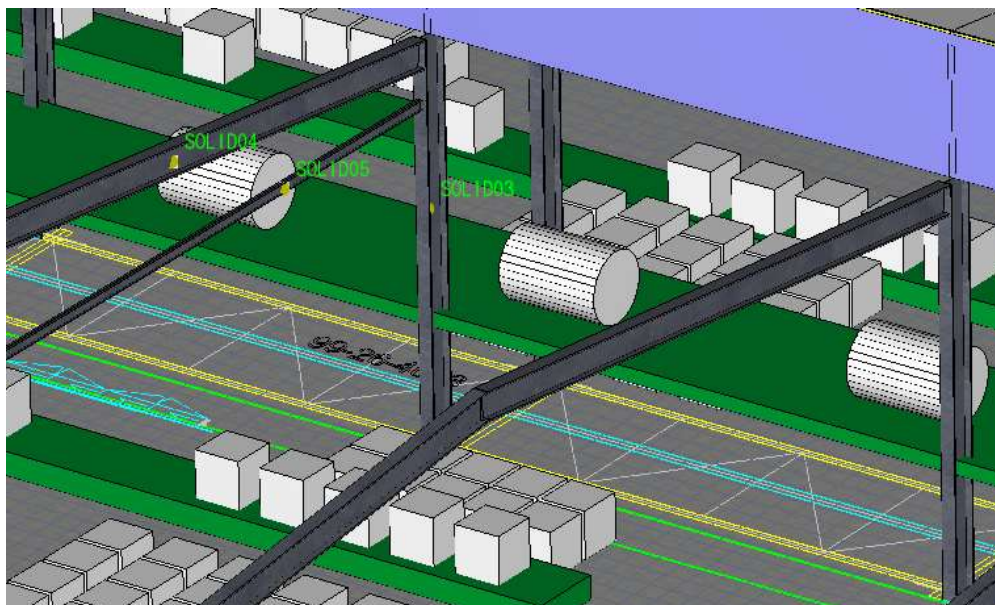


Figura 5.48 – Colocação dos dispositivos

Segundo a literatura da especialidade sobre resistência ao fogo de pilares e vigas de aço não protegidas (Vila Real, 2009 e Correia, 2011), as temperaturas críticas destes elementos são da ordem dos 600°C e 700°C respetivamente. Como se pode observar nos gráficos das figuras seguintes, as temperaturas no pilar atingiram valores superiores a 600°C. No caso das vigas, a viga do teto falso atingiu valores superiores a 700°C e a viga da cobertura atingiu valores inferiores a 700°C, devido ao fato de esta estar protegida pelo teto falso.

No gráfico da figura 5.49, pode observar-se que a temperatura no pilar atingiu os 1000°C entre os 400 e os 800 segundos e que entre os 800 e os 1200 segundos a temperatura aumentou para valores acima dos 1000°C.

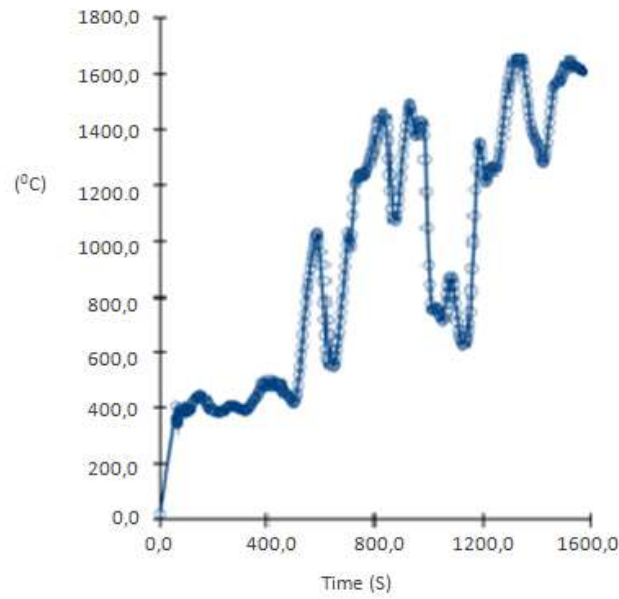
“SOLID03”

Figura 5.49 – Evolução das temperaturas no pilar

No gráfico da figura 5.50, pode observar-se que a temperatura na viga da cobertura atingiu um máximo de 500°C aos 1200 segundos e aos 1600 segundos.

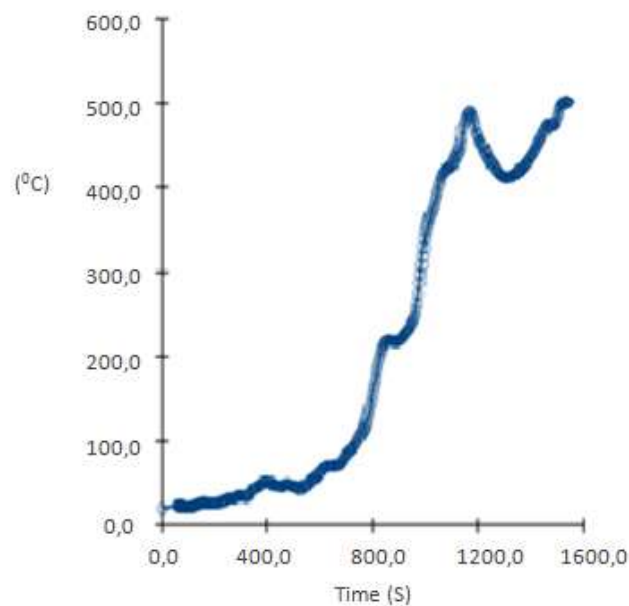
“SOLID04”

Figura 5.50 – Evolução das temperaturas na viga da cobertura

No gráfico da figura 5.51, pode observar-se que a temperatura na viga do teto falso atingiu um máximo de 1400°C entre os 800 e os 1200 segundos, mantendo a temperatura sempre acima dos 800°C a partir dos 1000 segundos aproximadamente, até aos 1600s.

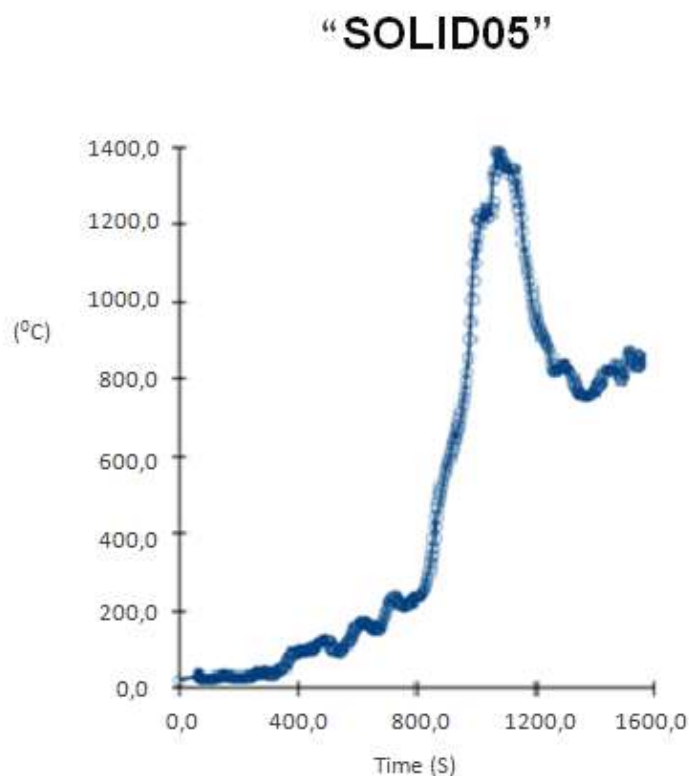


Figura 5.51 – Evolução das temperaturas na viga do teto falso

Depois de analisar os gráficos podemos concluir que a temperatura observada no pilar vai exceder bastante a sua temperatura crítica de 600°C, o que significa que o pilar vai perder a sua resistência e vai colapsar. Em relação à viga do teto falso também concluímos que a temperatura observada na viga vai exceder bastante a sua temperatura crítica de 700°C, o que significa que a viga vai perder a sua resistência e vai colapsar. Por fim, como a viga da cobertura está protegida pelo teto falso, a temperatura observada não vai exceder a sua temperatura crítica, podendo concluir-se assim que a viga da cobertura estará em segurança.

5.2.5 Cenário 5

No cenário 5 admitiu-se um incêndio no armazém de material de embalagem 1 (compartimento 5). Neste armazém existem várias estantes com material de embalagem, mais concretamente pilhas de cartão e papel com cerca de 7 metros de altura. O armazém está todo coberto com sprinklers que atuam aos 68°C. Considerou-se o incêndio a começar com uma explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, que provoca a ignição de uma pilha de cartão.



Figura 5.52 – Modelo do armazém de material de embalagem 1

- **Evolução das chamas**

Devido à explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, a pilha de cartão entra em ignição. Após 40 segundos já se observa a pilha inteira em chamas, que vai aumentando até aos 52 segundos, neste instante os sprinklers que estão logo por cima da pilha de cartão atingem uma temperatura de 68°C, que os faz entrar em funcionamento. Aos 100 segundos podemos ver os sprinklers já em pleno funcionamento e a pilha já toda coberta de água, verificando-se a extinção total do incêndio aos 290 segundos. Mais uma vez os sprinklers têm um papel fundamental no controlo do incêndio, impedindo a propagação do mesmo para o resto das pilhas de cartão e papel. As figuras 5.53, 5.54, 5.55 e 5.56 mostram a evolução das chamas descrita.

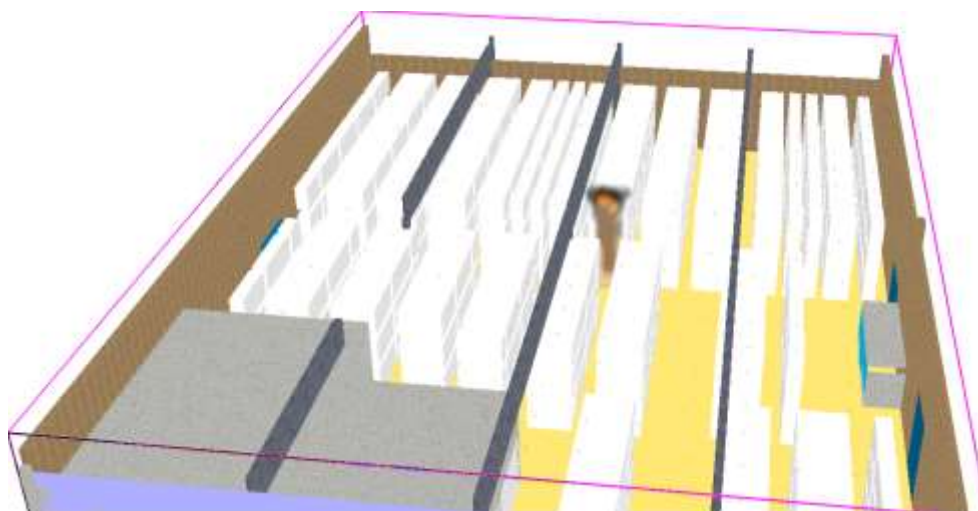


Figura 5.53 – Evolução das chamas aos 40 segundos

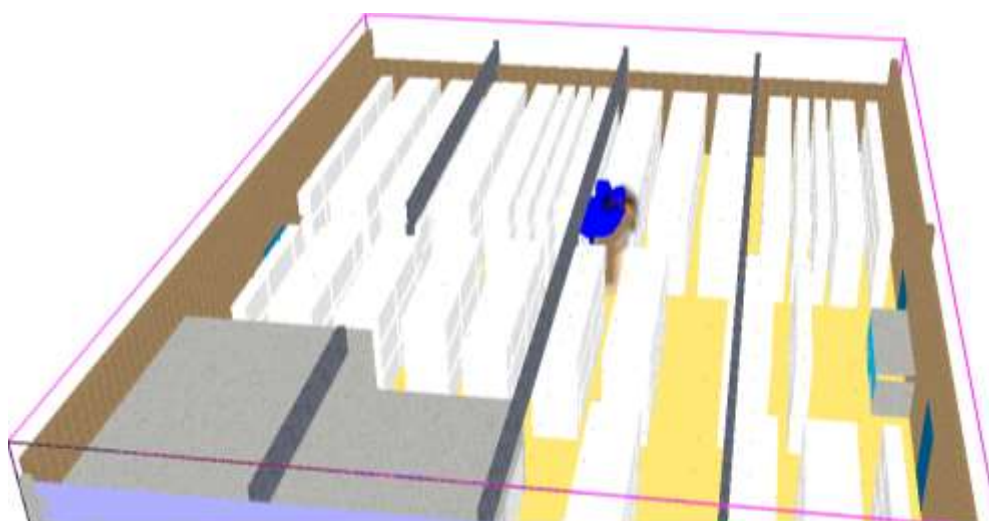


Figura 5.54 – Evolução das chamas aos 52 segundos com sprinklers

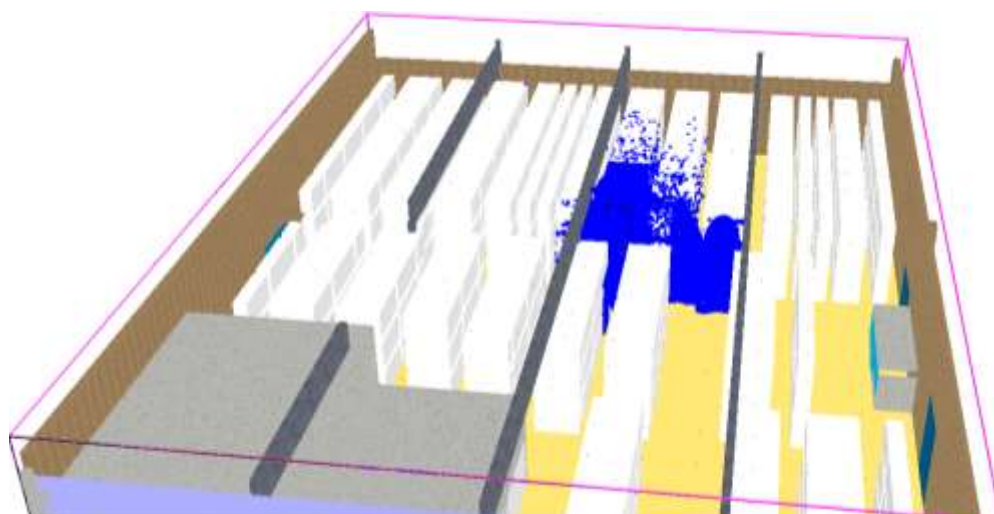


Figura 5.55 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers

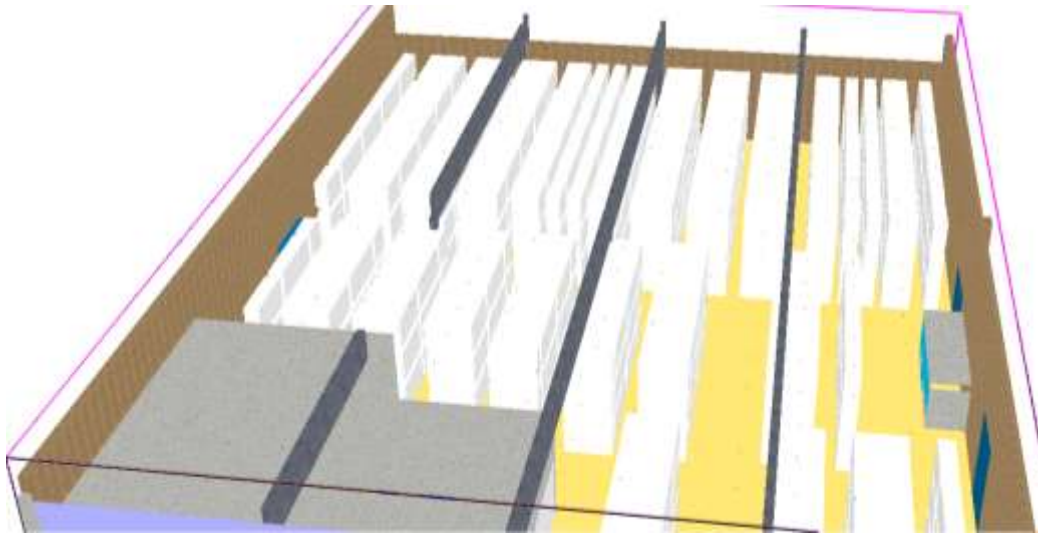


Figura 5.56 – Evolução das chamas aos 290 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.57, 5.58 e 5.59 pode observar-se a evolução do fumo, apesar do incêndio ser controlado pelos sprinklers, neste cenário o incêndio leva mais tempo a ser extinto, devido à disposição das embalagens de cartão nas estantes, o que faz com que as embalagens de cartão que estão mais por baixo continuem a arder por mais tempo, acabando assim por encher o compartimento com fumo. Aos 20 segundos pode-se observar uma pequena nuvem de fumo que possibilita a evacuação das pessoas que se encontrem no armazém, pois a visibilidade ainda é grande. Aos 60 segundos já se observa uma nuvem maior que cobre cerca de metade da área do armazém, mas nas zonas mais afastadas do foco de incêndio mais concentrada na parte superior, o que continua a possibilitar a evacuação do armazém. Dos 60 até aos 290 segundos pode-se observar o armazém já todo coberto de fumo, ainda antes da extinção total do incêndio, o que dificulta muito a evacuação de alguma pessoa que ainda se encontre no armazém, pois a visibilidade já é muito reduzida.

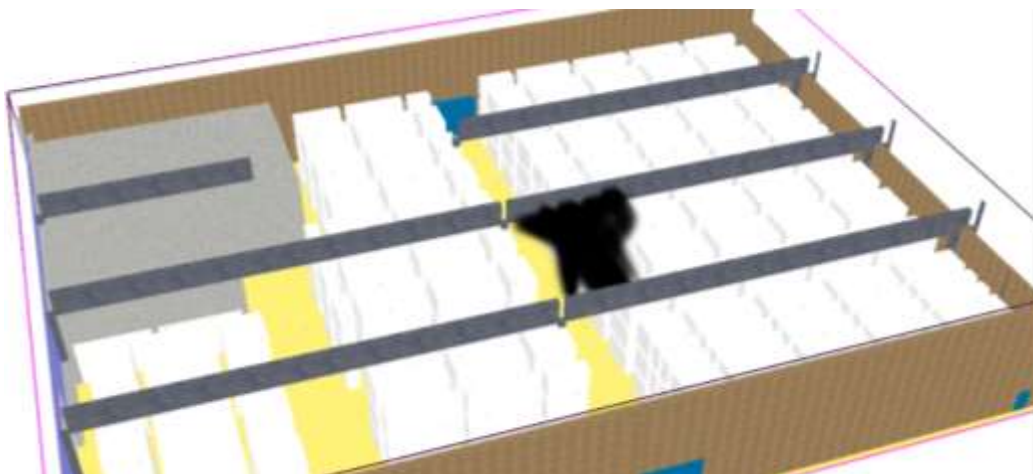


Figura 5.57 – Evolução do fumo aos 20 segundos

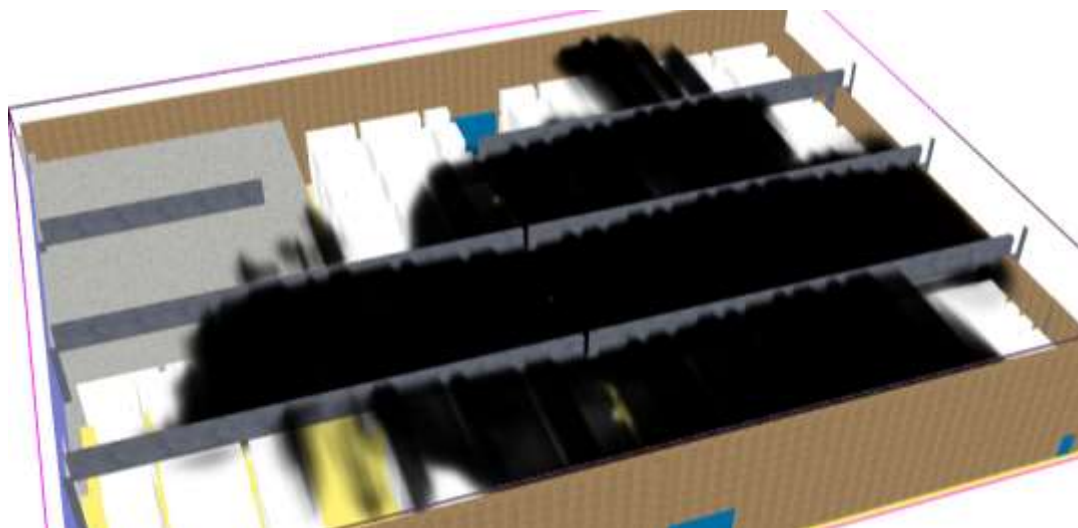


Figura 5.58 – Evolução do fumo aos 60 segundos

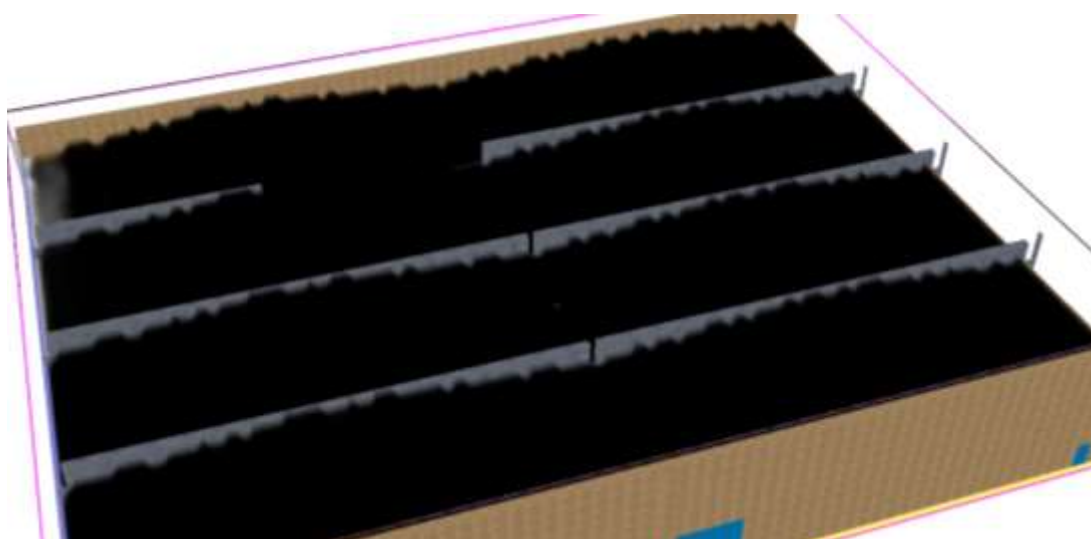


Figura 5.59 – Evolução do fumo aos 290 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas. Observando as figuras 5.60, 5.61 e 5.62 verifica-se uma temperatura máxima de 26°C, que se alastra um pouco até aos 55 segundos, mas possibilitando sempre a evacuação das pessoas que se encontrem no armazém, visto que a temperatura máxima além de não alastrar muito por todo o compartimento, não é elevada e é tolerada pelo ser humano. A partir dos 55 segundos a temperatura começa a baixar devido à atuação dos sprinklers, e aos 210 segundos, que é quando o incêndio é totalmente extinto, a temperatura já está praticamente normalizada. Verifica-se também que as temperaturas observadas não são suficientes para afetar a estrutura de aço que suporta o armazém.

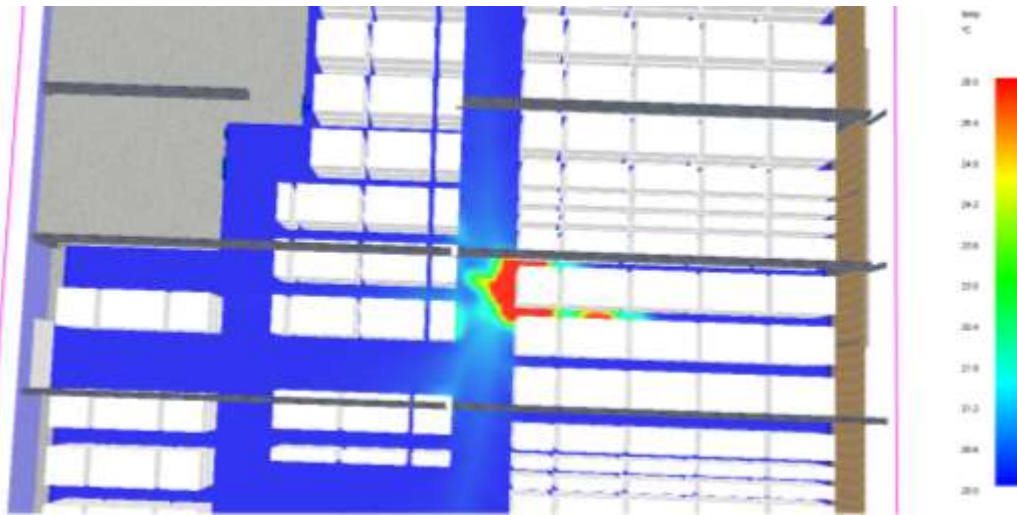


Figura 5.60 – Variação da temperatura aos 20 segundos

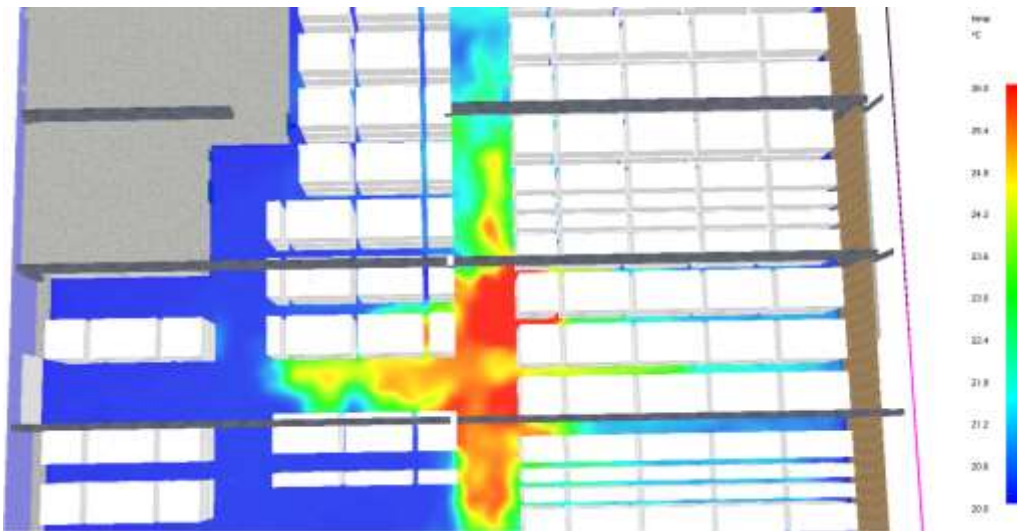


Figura 5.61 – Variação da temperatura aos 55 segundos

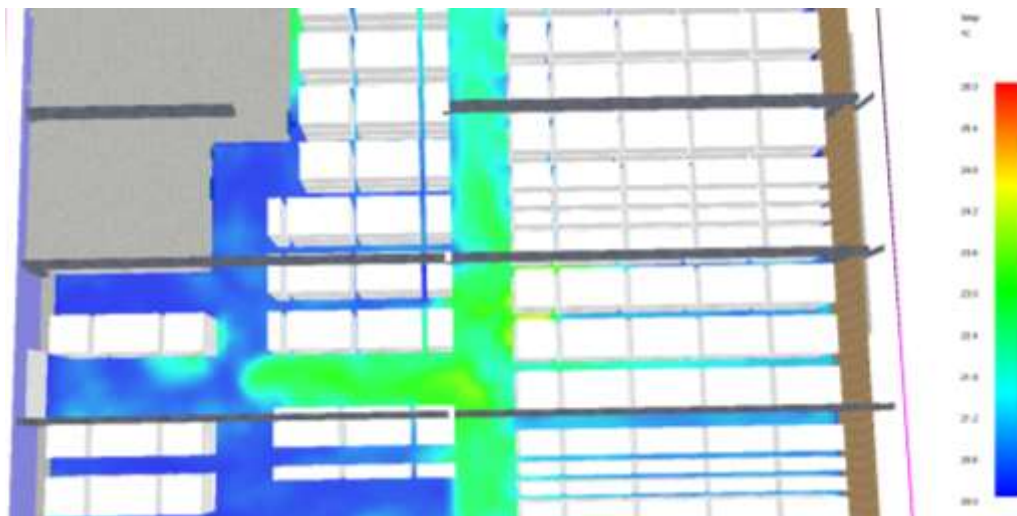


Figura 5.62 – Variação da temperatura aos 290 segundos

5.2.6 Cenário 6

No cenário 6 admitiu-se um incêndio no armazém de material de embalagem 2 (compartimento 6). Neste armazém existem várias estantes com material de embalagem, mais concretamente pilhas de papel com cerca de 7 metros de altura e também existem pilhas de paletes e cartão empilhadas mais ao lado. O armazém está todo coberto com sprinklers que atuam aos 68°C. Considerou-se o incêndio a começar com uma explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, que provoca a ignição de uma pilha de papel numa estante.

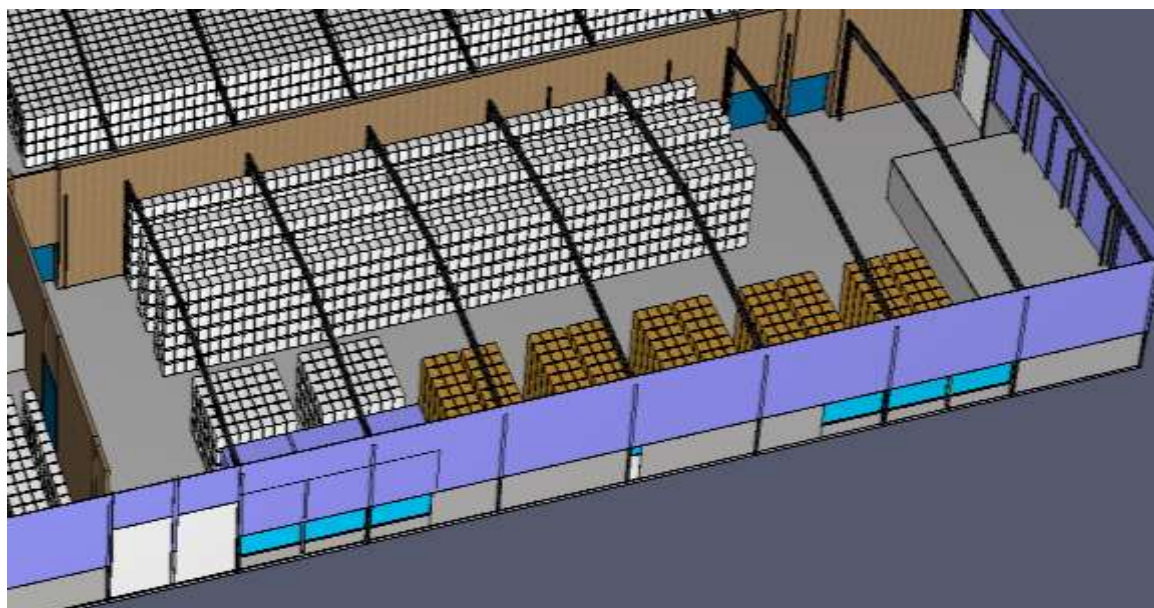


Figura 5.63 – Modelo do armazém de material de embalagem 2

- **Evolução das chamas**

Devido à explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, a pilha de papel entra em ignição. Após 50 segundos já se observa a pilha inteira em chamas, que vai aumentando até aos 60 segundos, neste instante os sprinklers que estão logo por cima da pilha de papel atingem uma temperatura de 68°C, que os faz entrar em funcionamento. Aos 100 segundos podemos ver os sprinklers já em pleno funcionamento e a pilha já toda coberta de água, verificando-se a extinção total do incêndio aos 310 segundos. Mais uma vez os sprinklers têm um papel fundamental no controlo do incêndio, impedindo a propagação do mesmo para o resto das pilhas de papel e para as pilhas de cartão e de paletes que estão mais ao lado. As figuras 5.64, 5.65, 5.66 e 5.67 mostram a evolução das chamas descrita.

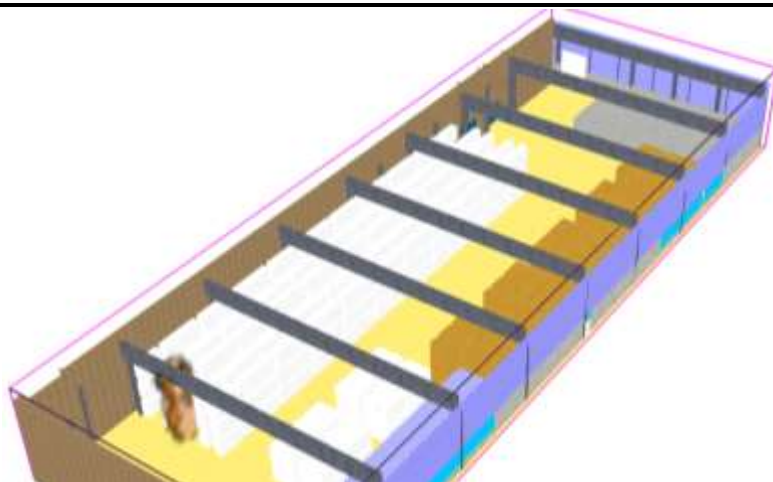


Figura 5.64 – Evolução das chamas aos 50 segundos

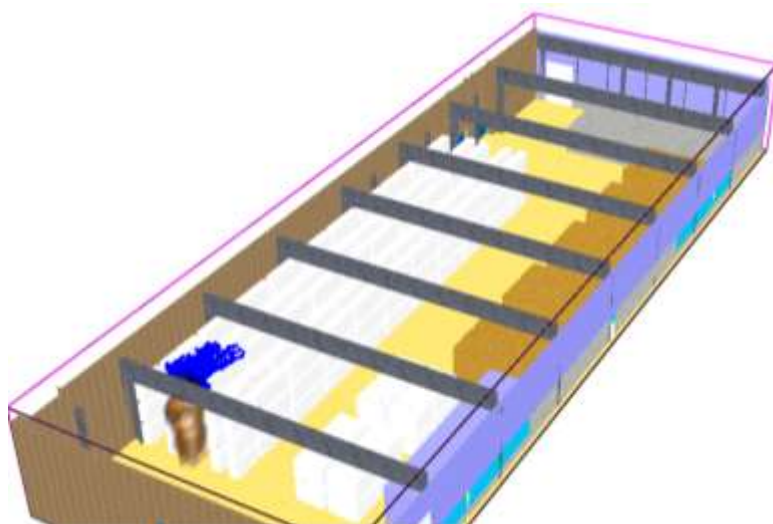


Figura 5.65 – Evolução das chamas aos 60 segundos com sprinklers

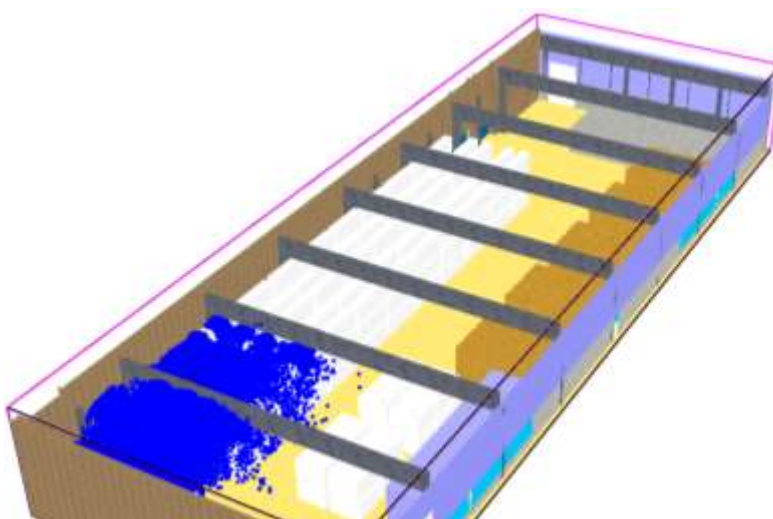


Figura 5.66 – Evolução das chamas aos 100 segundos com sprinklers

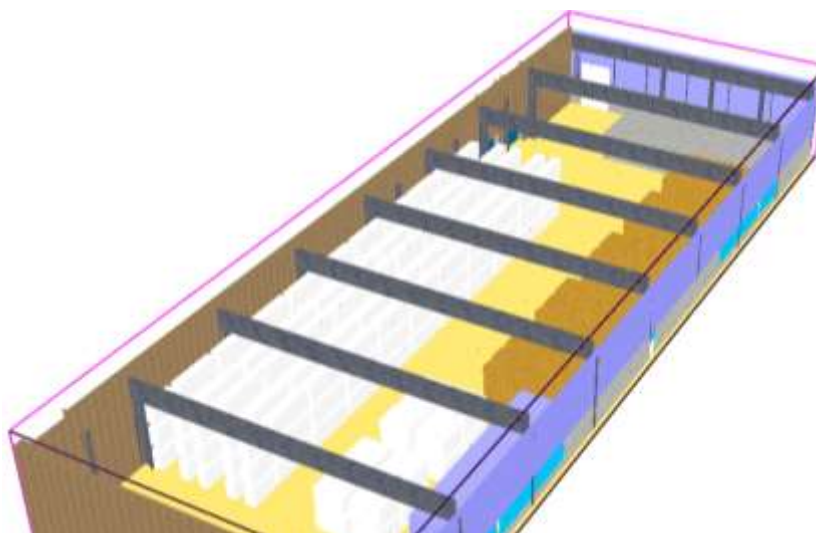


Figura 5.67 – Evolução das chamas aos 310 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.68, 5.69 e 5.70 pode observar-se a evolução do fumo, apesar do incêndio ser controlado pelos sprinklers, neste cenário o incêndio leva mais tempo a ser extinto, devido à disposição das pilhas de papel nas estantes, o que faz com que o papel que está mais por baixo continue a arder por mais tempo, ficando o armazém quase todo coberto de fumo. Aos 30 segundos pode-se observar uma pequena nuvem de fumo que possibilita a evacuação das pessoas que se encontrem no armazém, pois a visibilidade ainda é grande. Aos 60 segundos já se observa uma nuvem maior, mas nas zonas mais afastadas do foco de incêndio mais concentrada na parte superior, o que continua a possibilitar a evacuação do armazém. Dos 60 até aos 310 segundos pode-se observar o armazém já quase todo coberto de fumo, mas na zona mais afastada do foco de incêndio existe só uma pequena nuvem de fumo na parte superior, o que ainda possibilita a evacuação de alguém que se encontre naquela zona. Na metade do armazém que está toda coberta de fumo a evacuação já se torna muito difícil.

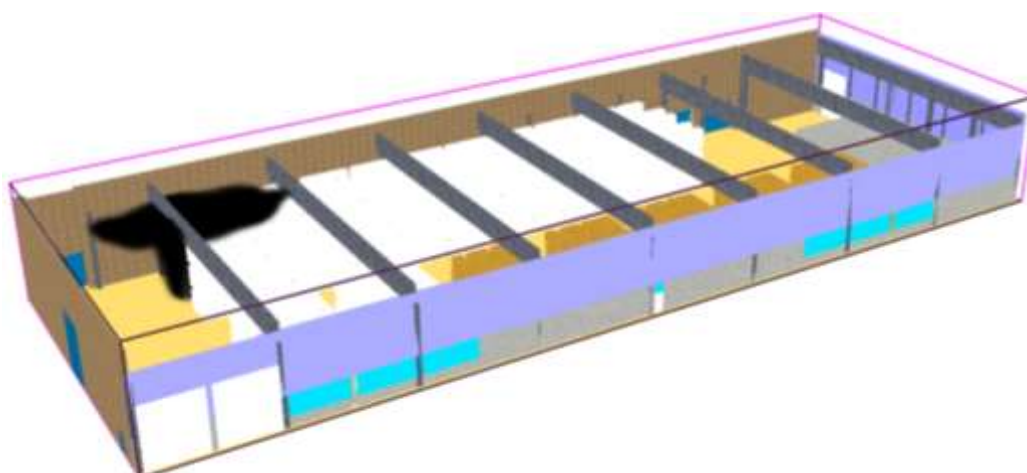


Figura 5.68 – Evolução do fumo aos 30 segundos

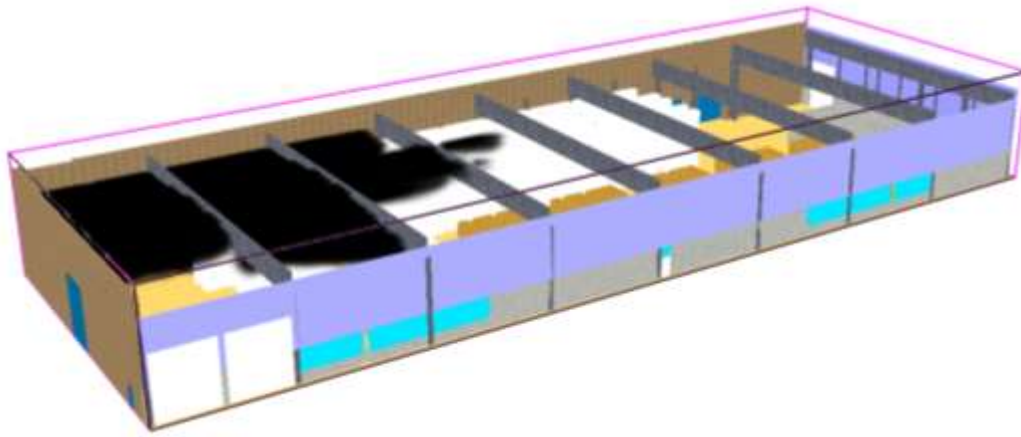


Figura 5.69 – Evolução do fumo aos 60 segundos

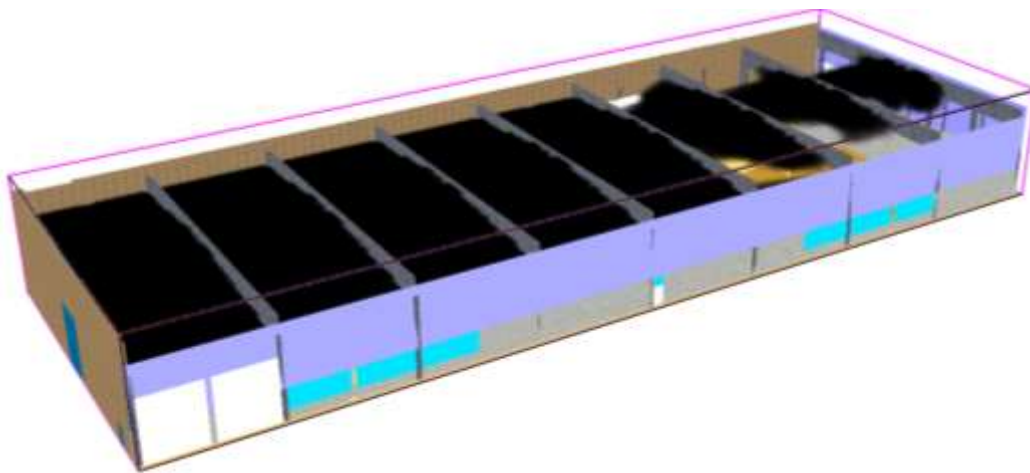


Figura 5.70 – Evolução do fumo aos 310 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas. Observando as figuras 5.71, 5.72 e 5.73, verifica-se uma temperatura máxima de 35°C, que se alastra um pouco até aos 60 segundos, mas possibilitando sempre a evacuação das pessoas que se encontrem no armazém, visto que a temperatura máxima além de não alastrar muito por todo o compartimento, não é elevada e é tolerada pelo ser humano. A partir dos 60 segundos a temperatura começa a baixar devido à atuação dos sprinklers, e aos 310 segundos, que é quando o incêndio é totalmente extinto, a temperatura já está praticamente normalizada. Verifica-se também que as temperaturas observadas não são suficientes para afetar a estrutura de aço que suporta o armazém.

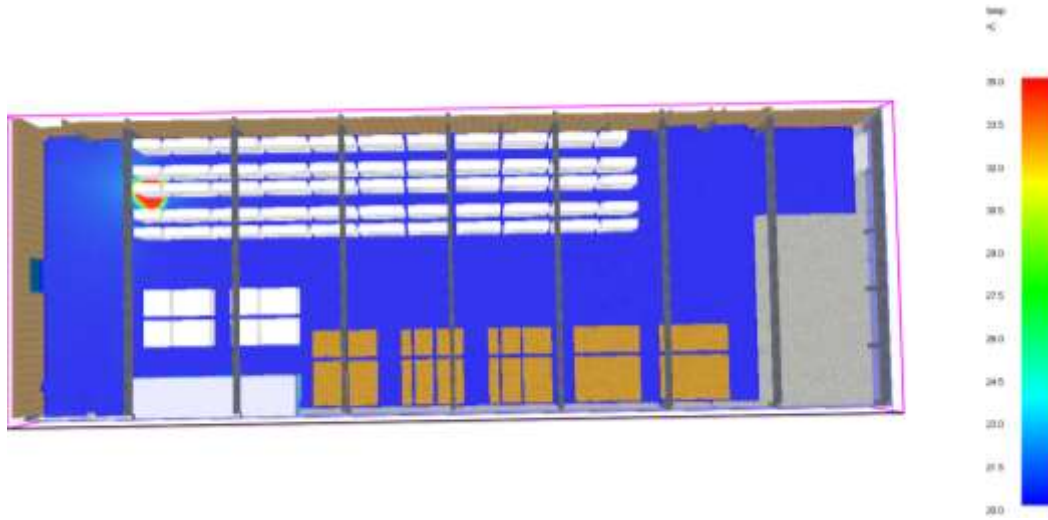


Figura 5.71 – Variação da temperatura aos 30 segundos

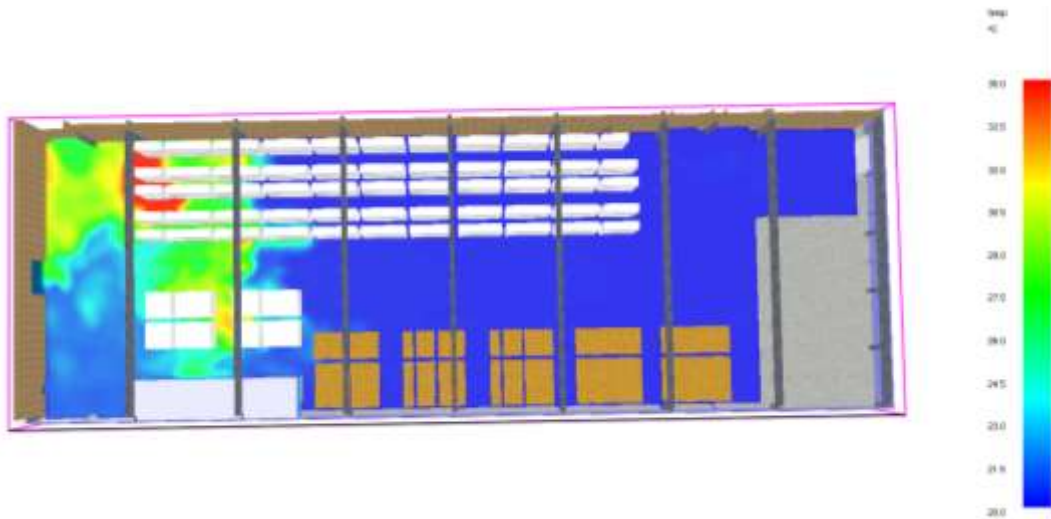


Figura 5.72 – Variação da temperatura aos 60 segundos

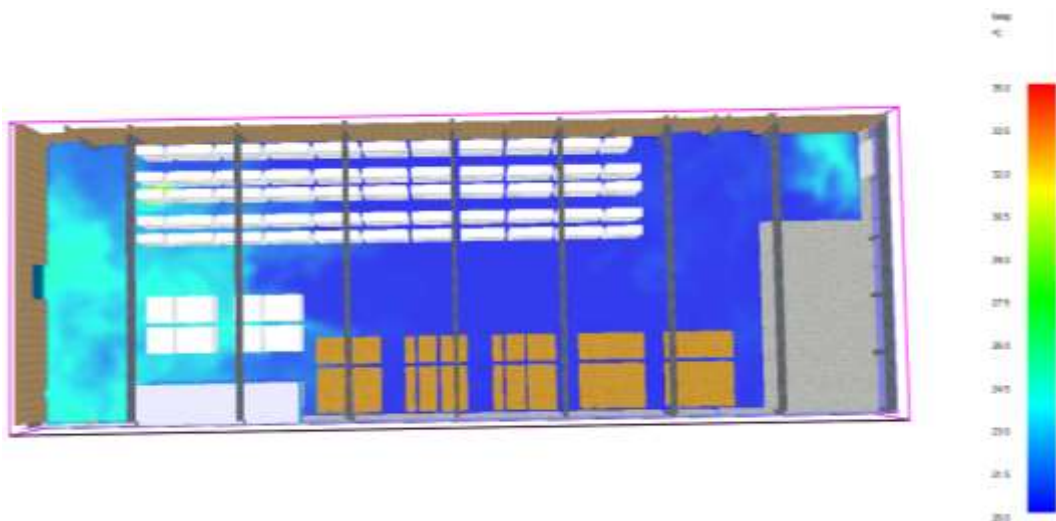


Figura 5.73 – Variação da temperatura aos 310 segundos

5.2.7 Cenário 7

No cenário 7 admitiu-se um incêndio no armazém convencional de expedição de papel 2 (compartimento 7). Este armazém é composto por pilhas de papel e não tem sprinklers. Considerou-se o incêndio a começar com uma explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, que provoca a ignição de uma pilha de papel.

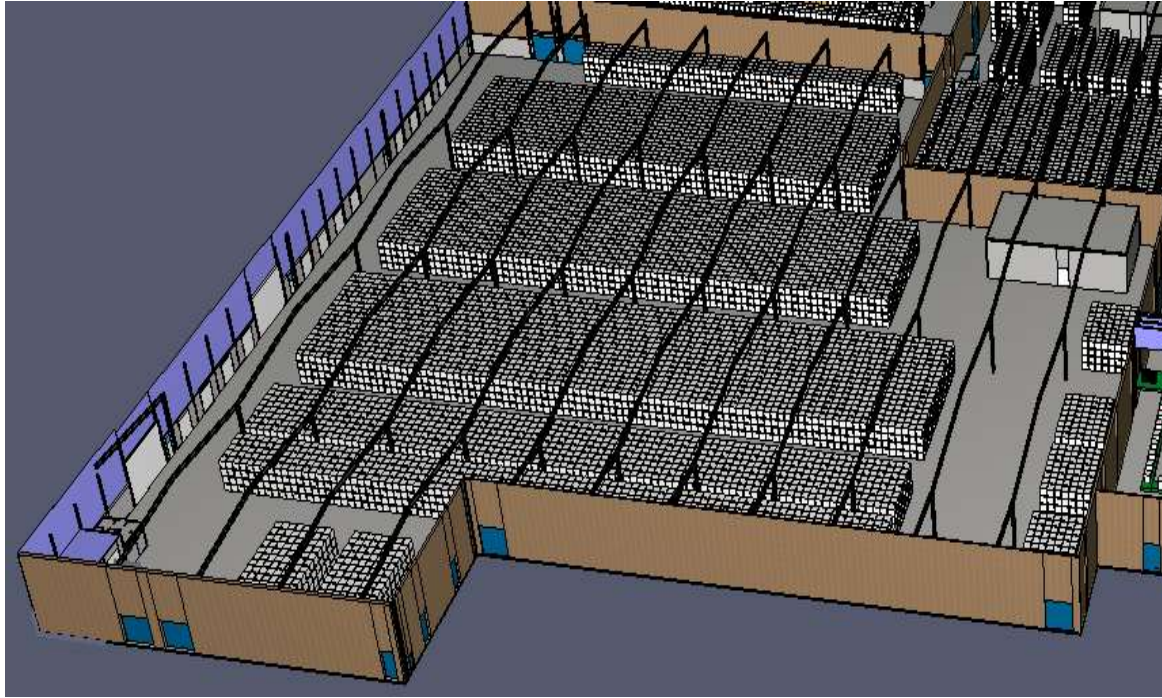


Figura 5.74 – Modelo do armazém convencional de expedição de papel 2

- **Evolução das chamas**

Devido à explosão de uma garrafa de gás propano de um empilhador, a pilha de papel entra em ignição. Após 30 segundos já se observa a pilha inteira em chamas, como não existe nenhum meio de extinção automática as chamas começam a propagar-se, e aos 180 segundos já se verifica um pequeno alastramento do incêndio. Aos 600 segundos o incêndio já está completamente descontrolado e já alastrou a cerca de metade do armazém. Por fim, aos 900 segundos já se pode observar todo o material armazenado em chamas. Neste compartimento a evolução das chamas é muito mais rápida do que no compartimento 4, pois a carga de incêndio é mais elevada e está mais junta. As figuras 5.75, 5.76, 5.77 e 5.78 mostram a evolução das chamas descrita.

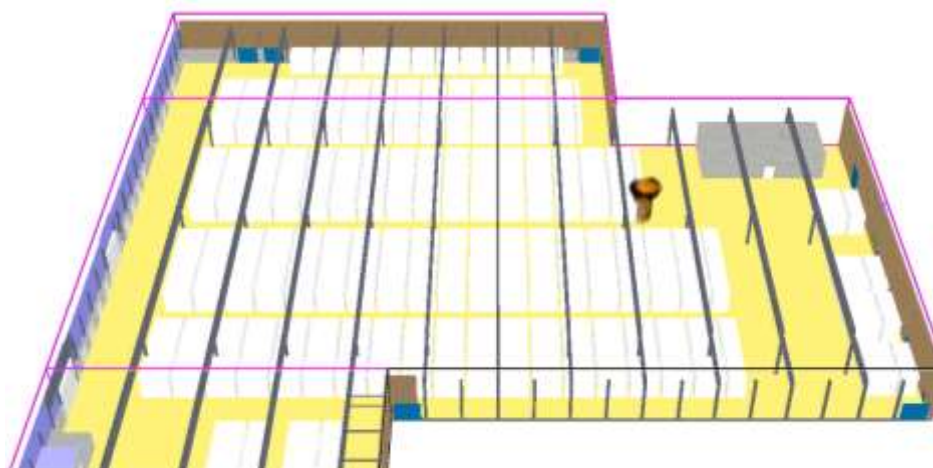


Figura 5.75 – Evolução das chamas aos 30 segundos

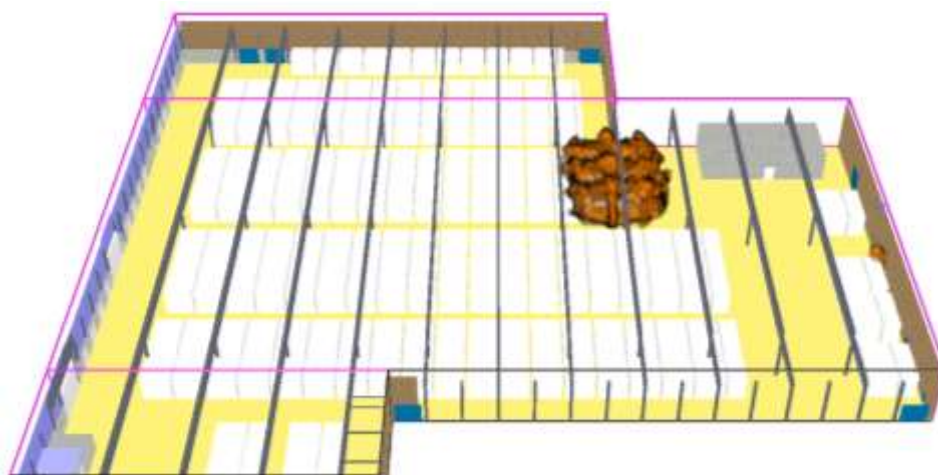


Figura 5.76 – Evolução das chamas aos 180 segundos

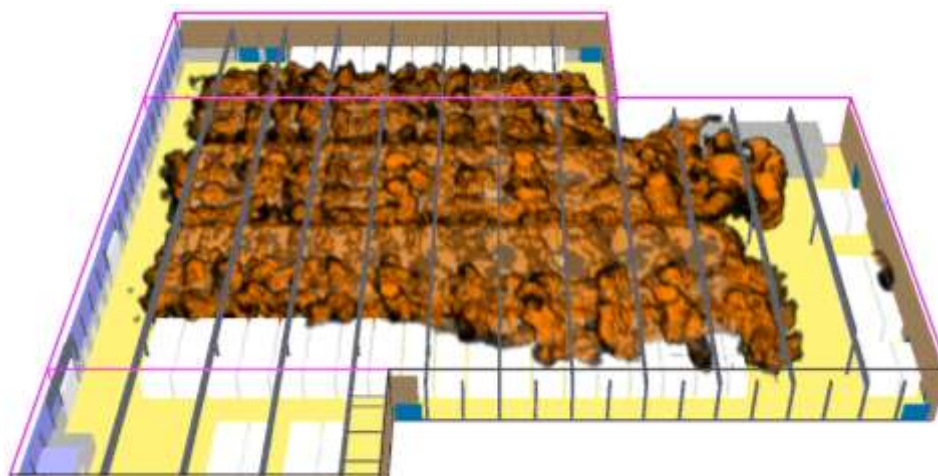


Figura 5.77 – Evolução das chamas aos 600 segundos

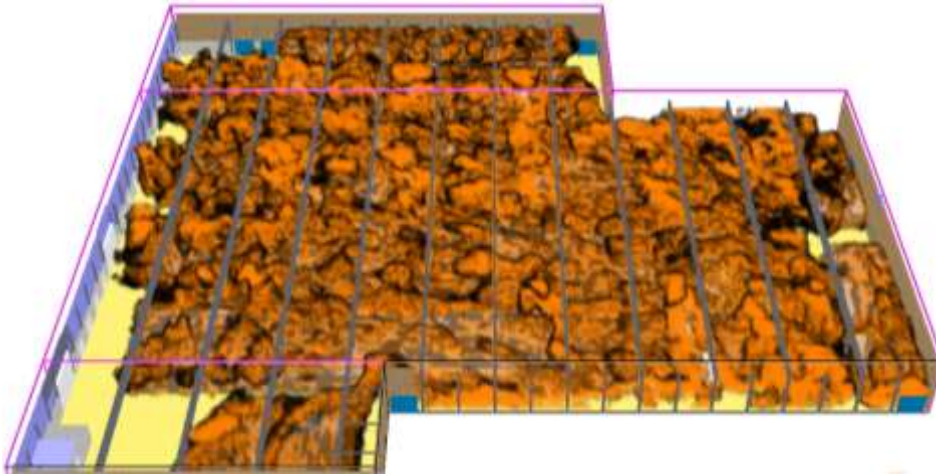


Figura 5.78 – Evolução das chamas aos 900 segundos

- **Evolução do fumo**

Nas figuras 5.79, 5.80 e 5.81 pode observar-se a evolução do fumo, aos 30 segundos já se observa uma pequena nuvem mas que possibilita a evacuação das pessoas do armazém. As pessoas que ainda se encontrem no armazém deverão efetuar a evacuação o mais depressa possível, pois aos 300 segundos já se observa cerca de metade do armazém coberto de fumo, o que dificulta um pouco a evacuação de pessoas do edifício. A brigada de incêndio que esteja no local a tentar combater as chamas, convém evacuar nesta altura pois dos 300 aos 500 segundos o armazém fica todo coberto de fumo o que torna muito difícil a evacuação.

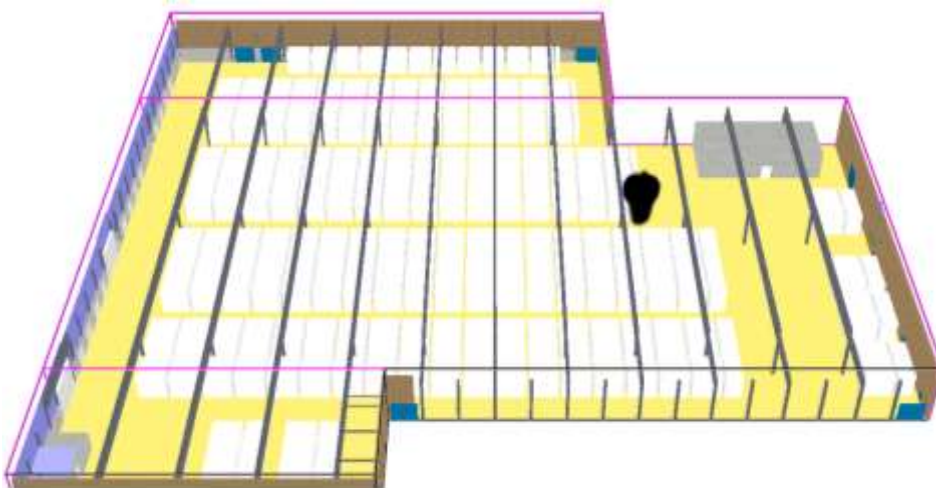


Figura 5.79 – Evolução do fumo aos 30 segundos

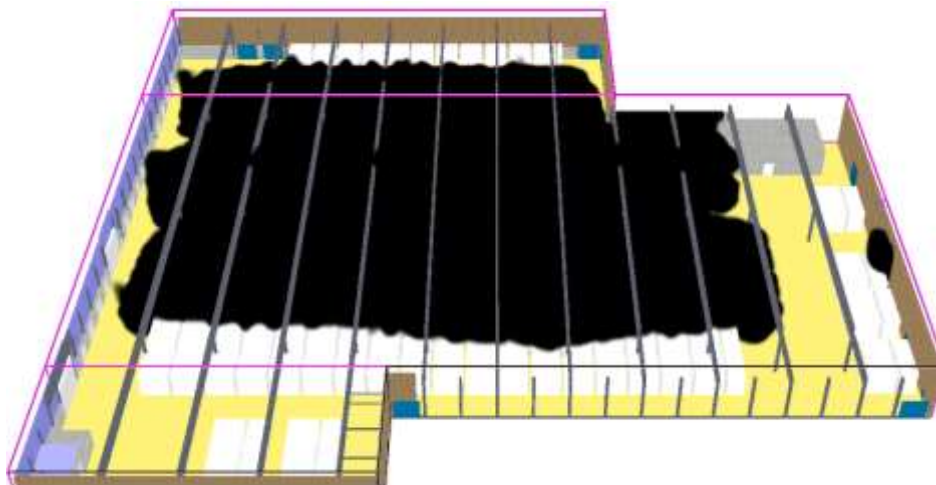


Figura 5.80 – Evolução do fumo aos 300 segundos

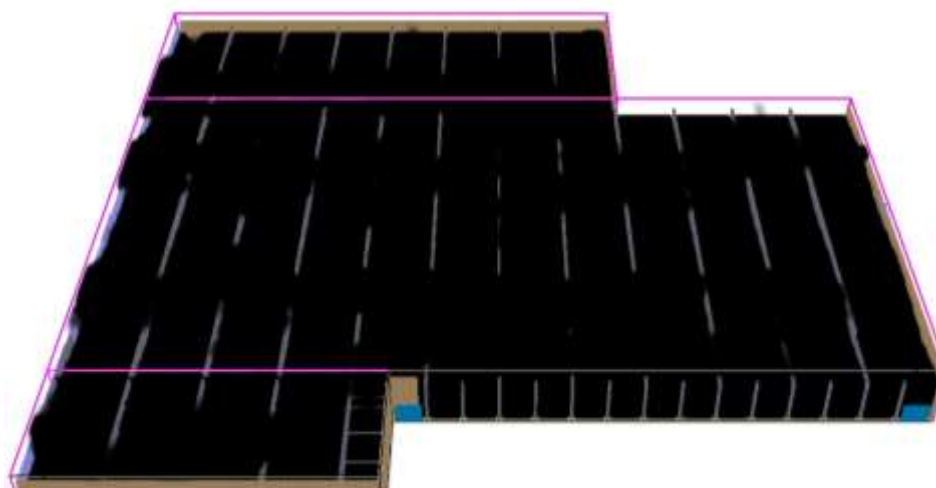


Figura 5.81 – Evolução do fumo aos 500 segundos

- **Variação da temperatura**

Colocou-se uma fatia (slice) a 1 metro de altura para observar a variação da temperatura e poder relacionar essa temperatura com a evacuação das pessoas e com a atuação da brigada de incêndio. Observando as figuras 5.82, 5.83 e 5.84, verifica-se aos 180 segundos temperaturas máximas de 1200°C junto do papel que está a arder e estima-se temperaturas a rondar os 150°C no resto do armazém. Aconselha-se por isso que a evacuação das pessoas seja efetuada logo que se observe os primeiros sinais de incêndio aos 20, 30 segundos, não deixando prolongar até aos 180 segundos. A brigada de incêndio, com os meios próprios de combate a incêndio ainda pode permanecer até aos 180 segundos, mas não arriscando mais que isso porque a partir dos 180 segundos as temperaturas vão alastrar mais e vão verificar-se temperaturas máximas superiores a 1000°C em várias zonas o que já torna impossível a permanência da brigada de incêndio no local. A única alternativa é o incêndio ser combatido pelo exterior. As altas temperaturas observadas são suscetíveis de afetar a estabilidade da estrutura metálica.

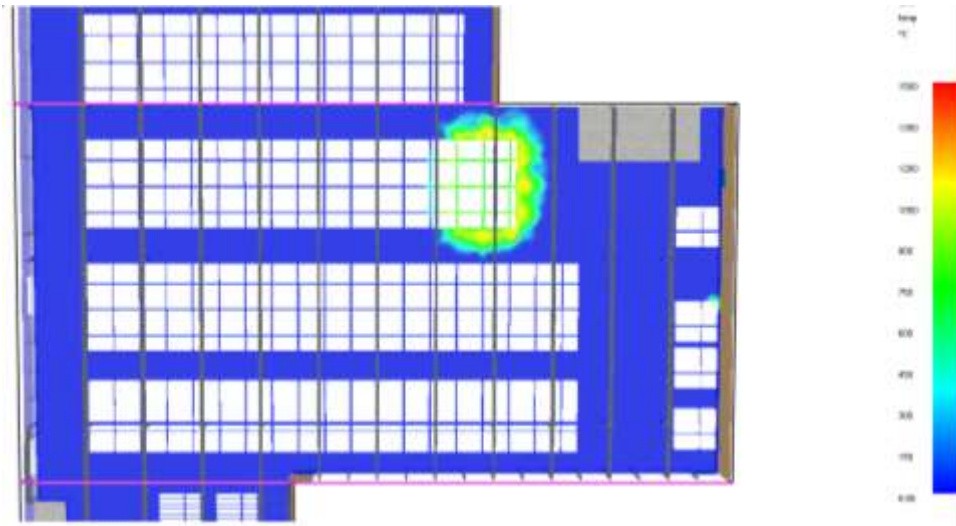


Figura 5.82 – Variação da temperatura aos 180 segundos

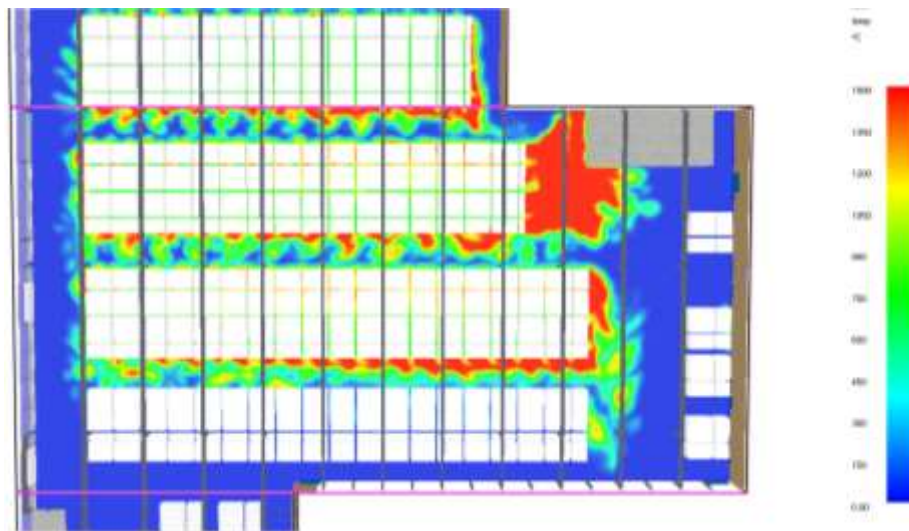


Figura 5.83 – Variação da temperatura aos 500 segundos

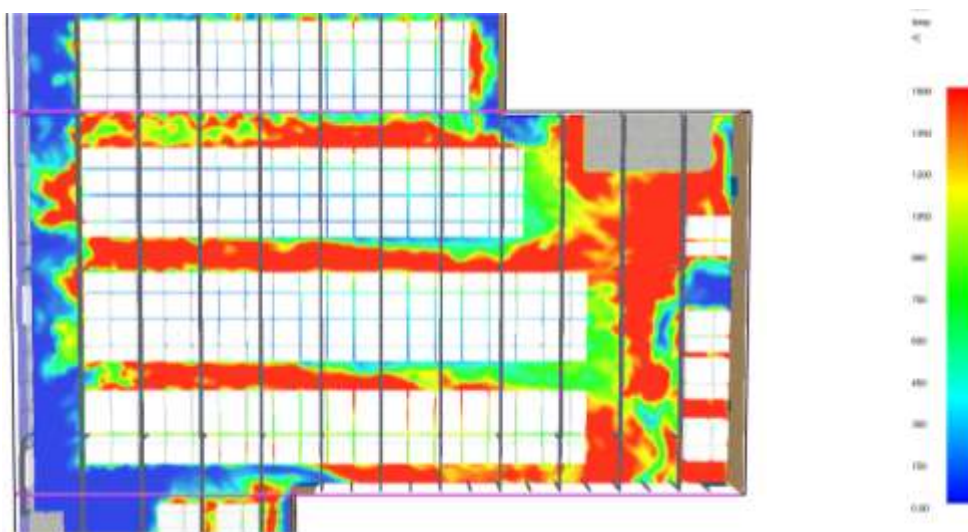


Figura 5.84 – Variação da temperatura aos 800 segundos

- **Varição da temperatura na estrutura metálica**

Com a finalidade de obter as temperaturas nas vigas e nos pilares foram colocados dispositivos nas faces dos mesmos. Escolheu-se um pilar e uma viga da cobertura situados a meio do armazém, para colocar os dispositivos, como se pode observar na figura 5.85.

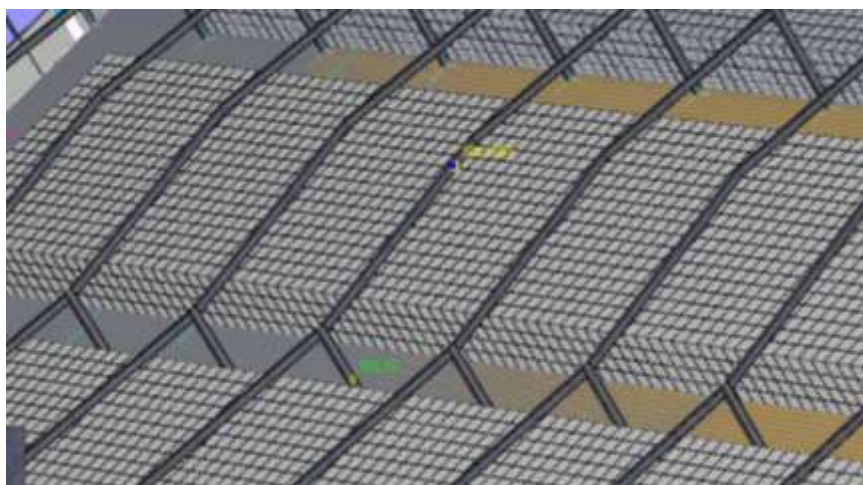


Figura 5.85 – Colocação dos dispositivos

Segundo a literatura da especialidade sobre resistência ao fogo de pilares e vigas de aço não protegidas (Vila Real, 2009 e Correia, 2011), as temperaturas críticas destes elementos são da ordem dos 600°C e 700°C respetivamente. Como se pode observar nos gráficos das figuras seguintes, as temperaturas no pilar e na viga atingiram valores superiores a 600°C e 700°C respetivamente.

No gráfico da figura 5.86, pode observar-se que a temperatura no pilar atingiu um máximo de 1400°C entre os 800 e os 1200 segundos.

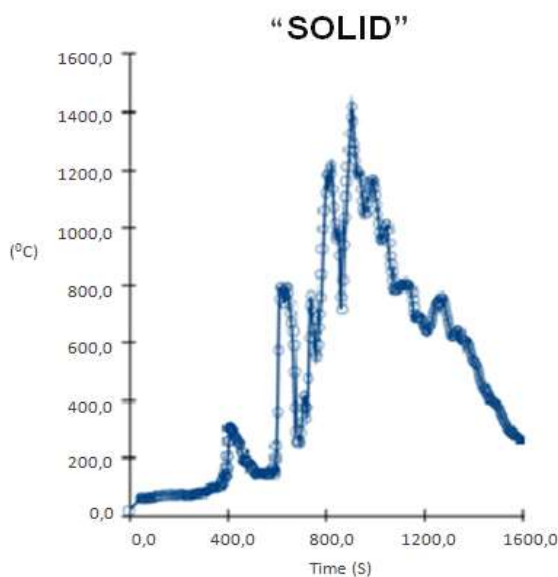


Figura 5.86 – Evolução das temperaturas no pilar

No gráfico da figura 5.87, pode observar-se que a temperatura na viga atingiu os 1400°C entre os 800 e os 1200 segundos, e que entre os 1200 e os 1600 segundos a temperatura aumentou para os 1600°C.

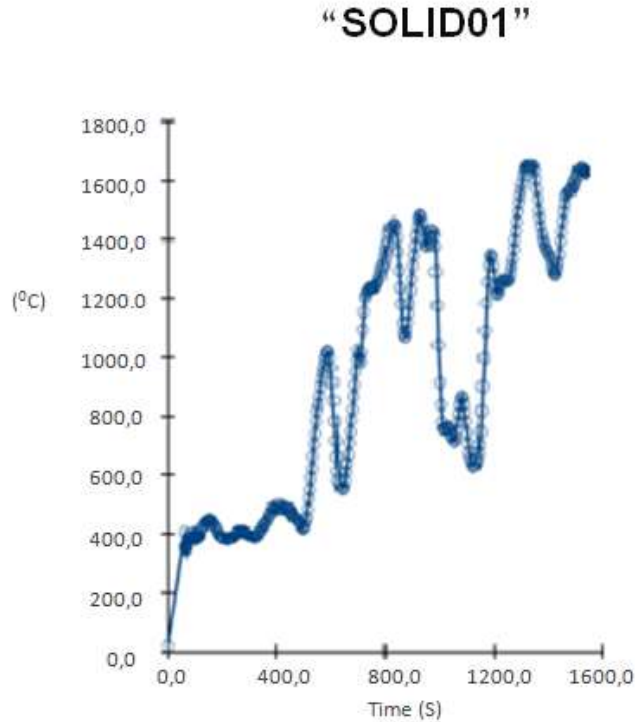


Figura 5.87 – Evolução das temperaturas na viga

Após análise dos gráficos, podemos concluir que a temperatura observada no pilar vai exceder bastante a sua temperatura crítica de 600°C, o que significa que o pilar vai perder a sua resistência e vai colapsar. Em relação à viga da cobertura também concluímos que a temperatura observada na viga vai exceder bastante a sua temperatura crítica de 700°C, o que significa que a viga vai perder a sua resistência e vai colapsar.

6. ANÁLISE DO EDIFÍCIO SEGUNDO O REGULAMENTO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

6.1. Introdução

A realização da análise ao edifício em estudo foi baseada em vários documentos constantes no regulamento de segurança contra incêndios, nomeadamente o regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios, regulamento técnico de segurança contra incêndios em edifícios e toda a legislação complementar.

Relativamente às medidas de segurança contra incêndios expressas no regulamento, têm como principais objetivos, limitar o risco de ocorrência e desenvolvimento de um incêndio, facilitar a evacuação das pessoas, favorecer a intervenção dos bombeiros e disponibilizar meios de extinção de incêndio.

6.2. Caracterização do edifício

Segundo o regulamento de segurança contra incêndios, os edifícios e recintos são classificados com uma utilização-tipo de I a XII, segundo o regulamento de segurança contra incêndios. No caso do edifício em estudo enquadra-se na utilização-tipo XII «industriais, oficinas e armazéns» (alínea m) do ponto 1 do artigo 8º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

No que diz respeito à sua natureza de risco, os edifícios e recintos são classificados de A a F mediante as atividades neles desenvolvidas, estando o edifício em questão identificado como Local de risco C, dado que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, a atividades nele desenvolvidas, e às características dos produtos, materiais ou equipamentos existentes, designadamente à carga de incêndio (alínea c) do ponto 1 do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

Quanto à categoria de risco, os edifícios industriais são classificados da 1ª à 4ª categoria de risco tendo em conta o número de pisos ocupados pela utilização-tipo abaixo do plano de referência e a carga de incêndio modificada (Quadro X do Anexo III do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro).

Os critérios técnicos para a determinação do cálculo da densidade de carga de incêndio modificada do Despacho n.º 2074/ 2009, preveem dois métodos, o método de cálculo determinístico e o método de cálculo probabilístico.

A utilização do método de cálculo determinístico requer o conhecimento prévio da quantidade e qualidade dos materiais existentes no compartimento em causa, enquanto o método de cálculo probabilístico é baseado em resultados estatísticos do tipo de atividade exercida.

Face à dificuldade de quantificar os materiais existentes na utilização-tipo em estudo, optou-se pela utilização do método de cálculo probabilístico.

No cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo, exceto o armazenamento, utilizou-se a seguinte fórmula (alínea a) do ponto 2 do n.º 3 do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_a} q_{si} S_i C_i R_{ai}}{S} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (6.1)$$

Onde:

q_{si} – densidade de carga de incêndio relativa ao tipo de atividade (i), em MJ/m², calculada nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009;

S_i – área afeta à zona de atividade (i), em m²;

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade do constituinte combustível de maior risco de combustibilidade presente na zona de atividade (i), calculado nos termos do n.º 6º do Despacho n.º 2074/ 2009;

R_{ai} – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível (i), calculado nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009, em função do tipo de atividade da zona (i);

N_a – número de zonas de atividades distintas.

A densidade de carga de incêndio modificada para atividade de armazenamento foi calculada utilizando a seguinte fórmula (alínea b) do ponto 2 do n.º 3 do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q_s = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ar}} q_{vi} h_i S_i C_i R_{ai}}{S} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (6.2)$$

Onde:

q_{vi} – densidade de carga de incêndio por unidade de volume relativa à zona de armazenamento (i), em MJ/m³, calculada nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009;

h_i – altura de armazenagem da zona de armazenamento (i), em m;

S_i – área afeta à zona de armazenamento (i), em m²;

C_i – coeficiente adimensional de combustibilidade relativo ao constituinte combustível armazenado na zona de atividade (i), calculado nos termos do n.º 6º do Despacho n.º 2074/ 2009;

R_{ai} – coeficiente adimensional de ativação do constituinte combustível armazenado na zona (i), calculado nos termos do n.º 7º do Despacho n.º 2074/ 2009, em função do tipo de atividade da zona (i);

N_{ar} – número de zonas de armazenamento distintas.

Abaixo, encontra-se o quadro com os cálculos efetuados para a determinação da carga de incêndio modificada para o caso em estudo.

Para efeito de cálculo, considera-se o nome dos compartimentos apresentados na figura 4.9 do capítulo 4.

Quadro 6.1 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento

Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada de cada compartimento corta-fogo (Despacho n.º 2074/ 2009)								
Localização	Atividade	Fabricação e reparação q_{si} (MJ/m ²)	Armazenamento q_{vi} (MJ/m ³)	h_i (m)	s_i (m ²)	C_i	R_{ai}	q_s (MJ/m ²)
Compartimento 1	Armazenamento de papel	-	10000	23	2052	1,3	3	897000
Compartimento 2	Fabrico de papel	700	-	-	4300	1,3	1,5	1365
Compartimento 3	Armazenamento de papel	-	4200	6	1200	1	3	75600
Compartimento 4	Fabrico de papel	700		-	10400	1,3	1,5	1365
Compartimento 5	Armazenamento de papel	-	10000	5	2500	1,3	3	195000
Compartimento 6	Armazenamento de papel	-	10000	5	2300	1,3	3	195000
Compartimento 7	Armazenamento de papel	-	10000	7	7200	1,3	3	273000

No cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade da utilização-tipo, utilizou-se a seguinte fórmula do n.º 4º do Despacho n.º 2074/ 2009):

$$q = \frac{\sum_{k=1}^N q_{sk} S_k}{\sum_{k=1}^N S_k} \text{ (MJ/m}^2\text{)} \quad (6.3)$$

Onde:

q_{sk} – densidade de carga de incêndio modificada), em MJ/m², de cada compartimento corta-fogo (k), calculada nos termos do n.º 3º do Despacho n.º 2074/ 2009;

S_k – área útil de cada compartimento corta-fogo (k), em m²;

N – número de compartimentos corta-fogo.

Quadro 6.2 – Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada do edifício

Cálculo da densidade de carga de incêndio modificada da totalidade da utilização tipo (Despacho n.º 2074/ 2009)			
Localização	q_s (MJ/m ²)	S (m ²)	q (MJ/m ²)
Compartimento 1	897000	2475,2	127663,9761
Compartimento 2	1365	7410	
Compartimento 3	75600	1917,5	
Compartimento 4	1365	14328	
Compartimento 5	19500	3008	
Compartimento 6	19500	3072	
Compartimento 7	273000	11000	

Analisando o quadro X do Anexo III do Decreto-Lei n.º 220/2008 de 12 de Novembro, podemos concluir que o edifício em estudo se trata de um edifício da 4ª categoria de risco ($q > 15.000 \text{ MJ/m}^2$).

6.3. Verificação segundo o regulamento técnico de segurança contra incêndio

6.3.1. Condições exteriores comuns

- **Condições exteriores de segurança e acessibilidade**

O edifício em estudo tem uma altura inferior a 9 m, é circundado por uma estrada pavimentada com largura útil mínima de 8 m, sem limite de altura nesta zona, com uma inclinação máxima inferior a 15%. As vias de acesso possibilitam o estacionamento a distâncias inferiores a 30 m das vias de evacuação. Analisando o artigo 3º e 4º do RT-SCIE verifica-se que são cumpridas as condições exteriores de segurança e acessibilidade.

- **Limitações à propagação do incêndio pelo exterior**

O edifício em análise está integrado num corpo de edifício de maiores dimensões que no seu conjunto se encontra isolado dos restantes edifícios do complexo industrial, não existindo vãos de fachadas em confronto. Verifica-se assim que o edifício cumpre o artigo 7º do RT-SCIE.

- **Abastecimento e prontidão dos meios de socorro**

O fornecimento de água para veículos de socorro e para o combate ao incêndio pelo exterior das instalações é assegurado por rede de incêndio com hidrantes do tipo marco de incêndio húmido com cabeça saliente do solo, num total 23 hidrantes com 2 saídas C52 e 1 saída B75 para a zona da Fábrica de Papel, garantindo uma pressão de serviço de 784 KPa e débito de 311 l/s. O abastecimento é efetuado a partir de um reservatório com capacidade para 30 000

m³ de água tratada e que garante um terço deste volume em exclusivo para a rede de incêndio, por desnível de captação, podendo adicionalmente, alimentar-se a rede através de uma ligação existente com a rede pública. Verifica-se assim que é cumprido o artigo 12º do RT-SCIE. No anexo 4 pode-se observar uma planta com a rede de incêndio.

O socorro do exterior é efetuado pelas corporações de Bombeiros da Figueira da Foz, que atuarão em caso de serem solicitados, com um tempo de resposta de cerca de 20 minutos. Estas corporações conhecem as instalações e possuem pessoal com treino que já participou em simulacros.

Em situações normais, apenas as Brigadas Internas de Combate a incêndio atuarão em caso de sinistro, possuindo treino, e meios de intervenção móveis (um jipe Land-Rover, com atrelado de equipamento médio de combate, e um veículo pesado de combate a incêndio). A sua prontidão é bastante boa (inferior a 5 minutos), pois estão dentro das instalações, divididos pelas áreas e em permanência total, pois a empresa labora em regime de laboração contínua, e as Brigadas tem igual representatividade qualquer que seja o turno presente. Verifica-se assim que é cumprido o artigo 13º do RT-SCIE.

6.3.2. Condições de comportamento ao fogo, isolamento e proteção

- **Resistência ao fogo de elementos estruturais e incorporados**

Sobre a segurança e proteção passiva contra incêndio dos elementos estruturais utilizados na área da direção de Transformação, foi efetuada a consulta da memória descritiva do projeto inicial, tendo sido obtidas as seguintes informações.

Os edifícios da Direção de Transformação de Papel, estão realizados numa estrutura de pórtico de pilares e vigas metálicas com lajes térreas em betão e cobertura leve apoiada em asnas metálicas.

As lajes de pavimento e tetos apresentam uma resistência ao fogo não inferior a REI 60. As portas corta-fogo apresentam uma resistência ao fogo não inferior a EI 90. As paredes foram realizadas em bloco simples de 0,20 m maciço REI 240, de bloco vazado de 0,20 m REI 60, bloco duplo de 0,15 m maciço em parede autoportante com lã de rocha de 60 mm de espessura REI 240 e em painel prefabricado em betão de 0,20 m REI 240.

O artigo 15º do RT-SCIE exige uma resistência ao fogo padrão mínima de REI 180 para a 4ª categoria de risco das utilizações-tipo XII. Verifica-se que os materiais com resistência ao fogo padrão mínima de REI 240 cumprem o exigido, mas no caso dos materiais com resistência padrão mínima de REI 60 as exigências não são cumpridas.

Todas as portas corta-fogo industriais de fecho automático estão adicionalmente protegidas com uma linha de extinção de sprinklers de ambos os lados, que formam uma cortina de água, com o objetivo de arrefecer ou isolar a porta em caso de fogo, o que vai aumentar a sua resistência ao fogo.

De acordo com trabalhos de investigação realizados na universidade de Coimbra sobre resistência ao fogo de pilares de aço (Correia, 2011), a resistência ao fogo de um pilar metálico sem qualquer isolamento térmico poderá não ser superior a 15 ou 20 minutos.

Concluímos assim que no caso da estrutura de pórtico de pilares e vigas metálicas existentes no edifício em estudo, a sua resistência padrão mínima ao fogo é bastante inferior a R 180, não cumprindo assim o nº 1 do artigo 14.



Figura 6.1 – Porta corta-fogo com sprinklers; Pormenor dos sprinklers da porta corta-fogo

- **Compartimentação geral de fogo**

Analisando os artigos 301º e 302º do RT-SCIE, verificamos que o edifício em estudo pertence ao caso IV e que as áreas máximas são cumpridas, pois para o caso IV a área máxima é sem limite.

O edifício em estudo possui uma elevada volumetria, e encontra-se compartimentado por forma a fracionar a carga de incêndio e as diferentes atividades. Deste modo, um incêndio num compartimento que afete a estabilidade da estrutura, não afeta o edifício contíguo. Verifica-se assim que o edifício cumpre os critérios de segurança definidos nos nºs 2 e 4 do artigo 14º do RT-SCIE.

No entanto, existe um túnel abaixo do plano de referência com aberturas verticais, transversal ao compartimento 2 e 4 da figura 4.8, onde funcionam transportadores para recolha e encaminhamento para reciclagem dos desperdícios de papel produzidos nas cortadoras. Este túnel retira a “compartimentação” destes locais, já que cria uma passagem aberta entre os compartimentos, contudo o local foi por isso alvo de medidas complementares, com a instalação de cordão sensor térmico ligado à central de deteção existente, para comando de válvula de controlo para sistema de extinção automática do tipo “dilúvio”, dificultando assim a propagação do fogo de um compartimento para o outro.

- **Isolamento e proteção de canalizações e condutas**

Todas as condutas de ventilação que atravessam paredes com função de suporte e compartimentação possuem registos corta-fogo. As esteiras de cabos e restantes condutas de água ou de fluidos do processo (todos incombustíveis), possuem selagens corta-fogo devidamente certificadas.

Verifica-se assim o cumprimento dos artigos 30º e 31º do RT-SCIE.

6.3.3. Condições gerais de evacuação

- **Efetivo**

Segundo o artigo 51º, n.º 2, alínea e) do RT-SCIE, o cálculo do efetivo nos arquivos e espaços não acessíveis a público e afetos à utilização-tipo XII, deve respeitar o efetivo declarado pela entidade exploradora, mas com um mínimo de 0,03 pessoas por metro quadrado de área útil, obtendo-se assim um efetivo de 1440 pessoas. Porém o efetivo declarado pela entidade exploradora foi de 190 pessoas, o que representa um enorme desfasamento da realidade. Para efeito de verificação do regulamento considera-se o que existe na realidade, que são 190 pessoas.

- **Evacuação dos locais**

Devido à volumetria e amplitude da superfície não se encontram caminhos de evacuação evidenciados, todo o espaço livre serve para caminho de evacuação.

Relativamente ao número de saídas, distribuição e localização das saídas o edifício cumpre o exigido nos artigos 54º e 55º do RT-SCIE.

A distância máxima a percorrer até à saída mais próxima em alguns compartimentos não cumpre os requisitos exigidos no nº1 do artigo 304º do RT-SCIE, devido ao facto de alguns compartimentos terem uma superfície muito grande.

Relativamente à largura das saídas, a largura mínima exigida no artigo 56º do RT-SCIE é de 2 UP, que corresponde a 1,40 metros. Verificou-se que apenas duas saídas para o exterior apresentam essa largura, as restantes saídas para o exterior só têm 1 metro de largura. Segundo o artigo 54º do RT-SCIE o número mínimo de saídas é de uma saída, e como no edifício em estudo existem duas saídas com largura superior a 1,40 metros, pode dizer-se que o edifício cumpre o artigo 56º. No anexo 4 pode observar-se as plantas com as saídas e caminhos de evacuação.

6.3.4. Condições gerais das instalações técnicas

- **Instalações de energia elétrica**

As salas dos transformadores são independentes, com paredes de betão a separar de outras partes do edifício, comunicam e ventitam diretamente para o exterior. O acesso é sinalizado como reservado a pessoal técnico autorizado. Verifica-se assim o cumprimento dos artigos 69º, 70º e 71º do RT-SCIE.

Existem como fontes centrais de energia de emergência, um grupo gerador diesel para serviços de emergência e sistemas essenciais de segurança e sinalização das instalações, com arranque automático imediato em caso de falha de energia da rede elétrica, complementado ainda por uma UPS (fonte de alimentação ininterrupta) formada por um grupo de 3 baterias, para situações limite para serviços de emergência e alimentação dos sistemas informáticos vitais. Verifica-se assim o cumprimento do artigo 72º do RT-SCIE.

- **Instalações de aquecimento, ventilação e condicionamento de ar**

As únicas zonas que têm condicionamento de ar e ventilação são os compartimentos 2 e 4 que são destinados ao corte e embalagem. As zonas de armazenamento e expedição não têm qualquer tipo de ventilação nem de condicionamento de ar. Nos compartimentos 2 e 4 existe um ventilador de grande potência que insufla o ar pelas condutas de exaustão e a depressão obtida na sala de ventilação extrai de novo o ar pelas condutas de extração. Não existem equipamentos de produção de calor com recurso a combustíveis ou a energia elétrica, pois a energia térmica necessária para aquecer o ar é obtida pela circulação de água quente que resulta do condensado de vapor usado no processo de fabrico, e que é proveniente das caldeiras. O ventilador e as condutas de distribuição de ar estão instalados conforme as exigências do artigo 97º do RT-SCIE.

6.3.5. Condições gerais dos equipamentos e sistemas de segurança

- **Sinalização**

No edifício em estudo podemos encontrar diversos tipos de sinalização de segurança, segundo os critérios gerais definidos no artº108 do RT-SCIE. Existe sinalização para identificar e localizar os meios de intervenção e os diversos equipamentos de segurança presentes, assim como os percursos de evacuação e as saídas de emergência. Existe também sinalização de segurança relativa a obrigações, perigos, cuidados e referentes ao uso obrigatório ou aconselhado de equipamento de proteção individual. A sinalização cumpre o exigido nos artigos 110º, 111º e 112º do RT-SCIE.



Figura 6.2 – Sinalização dos meios de intervenção

- **Iluminação de emergência**

Todas as instalações da empresa são equipadas com uma rede de iluminação de emergência ligada ao circuito de alimentação elétrica ininterrupta. Esta rede, constituída por luminárias do tipo armadura com duas lâmpadas fluorescentes, percorre as divisórias dos compartimentos e os pilares de apoio intermédios, para obtenção de níveis regulares de iluminação ambiente (a iluminação servida pelo circuito de alimentação ininterrupta está permanentemente ligado, nos espaços interiores, e existe uma rotina periódica de substituição de material com defeito), efetua a iluminação das saídas de emergência e vias de evacuação e possibilita as manobras de utilização dos sistemas de segurança das instalações, conforme o exigido no artigo 113º do RT-SCIE.

Existem também blocos autónomos com sinalização de segurança, para balizagem e circulação dos caminhos e saídas de emergência, conforme o exigido no artigo 114º do RT-SCIE.

Existem ainda blocos autónomos de iluminação do tipo permanente, em todos os locais, gabinetes e WC's, conforme o exigido no artigo 115º do RT-SCIE.



Figura 6.3 – Iluminação de emergência

- **Deteção, alarme e alerta**

O edifício em análise é servido por uma central de deteção e alarme do tipo Central Analógico-endereçável, com difusão geral (sonora e ótica), indicação do dispositivo ou alarme atuado, indicação da zona possuindo central repetidora instalada noutra local. As centrais de deteção existentes, para além de estarem instaladas em locais permanentemente vigiados, possuem estações repetidoras instaladas nas portarias de acesso (Posto de segurança).

Existem vários difusores sonoros e óticos de alarme associado, distribuídos pelos vários compartimentos ou espaços, de modo que os utilizadores sejam alertados de forma uniforme,

cujo som emitido é inconfundível e audível em todos os locais, cumprindo o exigido no artigo 121º do RT-SCIE.

Existem dispositivos de deteção automática do tipo ótico ou ótico/térmico em todas as salas de cabos, elétricas, gabinetes, salas de ventilação, conforme o artigo 120º do RT-SCIE.

O transportador de quebras, equipamento que existe abaixo do nível do piso, e que funciona num túnel transversal a todos os compartimentos das zonas de corte está equipado com cabo sensor térmico para atuação da válvula de abertura do sistema de Sprinklers local.

O Armazém Convencional de Papel II está equipado com detetores do tipo linear por reflexão de feixe de infravermelhos, endereçáveis.

Os armazéns de material de embalagem 1 e 2 estão equipados por sistemas de deteção automática por sprinklers.

As naves 2 e 3 da transformação estão equipadas por sistemas de deteção automática por sprinklers, mas só nas zonas das cortadoras de papel e de armazenamento de paletes.

Todos os compartimentos são providos de dispositivos de acionamento manual do alarme, que se encontram em geral instalados nos caminhos horizontais de evacuação, sempre que possível junto às saídas dos pisos e a locais sujeitos a riscos especiais, a cerca de 1,5 m do pavimento e devidamente sinalizados, estando assim de acordo com o artigo 119º RT-SCIE.

Analisando o quadro XXXVI do artigo 125º do RT-SCIE podemos concluir que o edifício é servido por uma instalação de alarme com a configuração do tipo 3, cumprindo assim o artigo 131º do RT-SCIE, embora o parâmetro “proteção total” deva neste caso considerar-se “proteção parcial”, visto que as naves 2 e 3 da transformação não têm deteção automática na área toda.

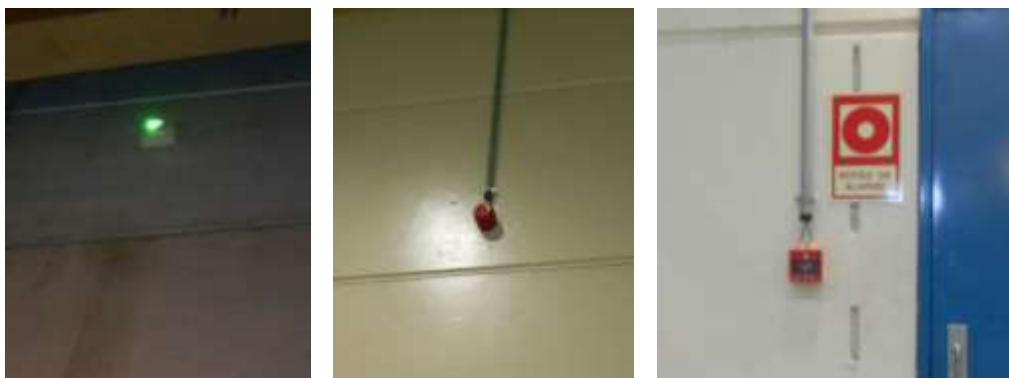


Figura 6.4 – Detetor de incêndio; Sinal sonoro; Botão de alarme

6.3.6. Controlo de fumos

O edifício em estudo não possui sistemas específicos para controlo de fumo ou desenfumagem em caso de incêndio.

Os sistemas usados para ventilação e ar condicionado, possuem extração, que pode ajudar na desenfumagem em caso de incêndio, mas que não foi previsto para atuar em caso de incêndio e não cumpre as exigências do Capítulo IV do RT-SCIE.

6.3.7. Meios de intervenção

As instalações em análise dispõem de meios de intervenção, devidamente sinalizados, e distribuídos pelas instalações segundo critérios de risco avaliados para os locais, verificando assim o cumprimento do artigo 162º do RT-SCIE.

Como meios de 1ª intervenção encontram-se distribuídos pelas instalações extintores portáteis e móveis (do tipo CO₂ e pó químico ABC) e redes de incêndio armadas do tipo carretel. Os extintores não cumprem as exigências dos n.ºs 1 e 2 do artigo 163º do RT-SCIE. As bocas de incêndio do tipo carretel têm 30 metros de comprimento, são do tipo homologado e cumprem as exigências definidas nos artigos 164º, 165º, 166º e 167º do RT-SCIE.

Apesar de os extintores não verificarem as exigências do RT-SCIE, a conjugação destes dois meios de 1ª intervenção permite afirmar que, de um modo geral, o edifício está razoavelmente coberto por meios de 1ª intervenção.

Como meios de 2ª intervenção encontra-se uma rede húmida alimentada a partir de reservatório com capacidade para 30 000 m³ de água tratada e que garante um terço deste volume em exclusivo para a rede de incêndio, e que alimenta uma rede de bocas de incêndio armadas do tipo teatro com ligações do tipo Storz para mangueiras de Ø 45. Desta forma em todas as localizações de bocas de incêndio do tipo carretel, existem também bocas de incêndio armadas do tipo teatro. Os meios de 2ª intervenção cumprem as exigências dos n.ºs 2 e 4 do artigo 168º, e do artigo 170º do RT-SCIE. O depósito e a central de bombagem, garantem grande disponibilidade de água e excedem as exigências do n.º 3 do artigo 171º do RT-SCIE. No anexo 4 pode observar-se as plantas com a disposição dos meios de 1ª intervenção.



Figura 6.5 – Extintor; Boca de incêndio do tipo carretel e do tipo teatro

6.3.8. Sistemas fixos de extinção automática de incêndios

O edifício em estudo possui sistemas de extinção automática por sprinklers no armazém automático PRS2, no armazém de paletes, nos armazéns de material de embalagem 1 e 2, no transportador de quebras, na sala de cabos, na zona de armazenamento de paletes da nave 2 da transformação e nas zonas das cortadoras de papel das naves 2 e 3 da transformação. Os únicos sítios onde não existem sistemas de extinção automática são o armazém convencional

de expedição de papel 2 e as zonas de embalagem das naves 2 e 3. Os sistemas automáticos de extinção de água existentes encontram-se de acordo com as exigências dos artigos 172º, 173º e 174º do RT-SCIE.



Figura 6.6 – Sprinklers da nave 2; Sprinklers do armazém de material de embalagem 2

6.3.9. Posto de segurança

Existem duas portarias, com vigilância permanente, que garantem o controlo dos acessos, as comunicações por voz e a centralização das informações em articulação com os responsáveis das áreas e o Responsável de Segurança. Ambas as portarias são edifícios independentes, situados nos acessos principais do recinto industrial e centralizam os meios de receção e difusão de alarme. As portarias são responsáveis pela vigilância das instalações não permanentemente ocupadas, nos períodos de encerramento das mesmas, bem como o chaveiro das instalações. Possuem comunicação oral com todos os setores fabris através da rede telefónica interna e dos rádios de emergência. Em ambas as portarias são efetuadas ações de vigilância permanente das instalações, quer com recurso a rondas periódicas, quer com recurso a sistemas de vigilância por circuito fechado de televisão.

Em cada setor fabril existem supervisores de turno responsáveis pela coordenação dos meios para a gestão da emergência, podendo considerar-se então como posto de segurança todos os locais de supervisão que centralizam a informação e as comunicações na empresa, e de onde são efetuados o controlo e gestão dos diversos sistemas e equipamentos relacionados com os meios e instalações técnicas de segurança contra incêndios. Os postos de segurança existentes cumprem as exigências do artigo 190º do RT-SCIE.

6.3.10. Condições gerais de autoproteção

Existem instruções de segurança destinadas aos ocupantes do edifício, que contêm os procedimentos de prevenção e os procedimentos em caso de emergência, mas que não se encontram afixadas em locais visíveis, encontram-se só disponíveis no Documentum da empresa, que se trata de um repositório digital para acesso e atualização dos procedimentos associados a certificações dos Sistemas de Gestão, acessível em todos os terminais informáticos da empresa e a todos os trabalhadores. No entanto, nas plantas de emergência afixadas encontra-se alguma informação com procedimentos em caso de emergência, mas

mesmo assim não sendo suficiente. Verifica-se assim que o edifício cumpre a alínea a) do n° 2 do artigo 199° do RT-SCIE mas não cumpre a alínea b) do referido número.

Em relação à organização da segurança, a equipa responsável pela segurança na empresa é constituída por oito elementos, complementada ainda por 20 elementos correspondentes à brigada de incêndio, verificando-se assim o cumprimento do artigo 200° do RT-SCIE.

Verifica-se a existência das medidas de autoproteção exigidas no artigo 198° do RT-SCIE, que são:

- Registos de Segurança
- Plano de Prevenção
- Plano de Emergência Interno
- Ações de Sensibilização e Formação
- Simulacros

As medidas de autoproteção exigidas cumprem o exigido nos artigos 201°, 203°, 205° e 206°, com exceção dos simulacros, que não cumprem o artigo 207° do RT-SCIE, que exige uma periodicidade anual para UT XII, 4ª categoria de risco, e na realidade verifica-se uma periodicidade bienal, segundo o Plano de emergência interno.

Importa referir que a unidade industrial analisada neste trabalho não está vinculada ao cumprimento do RSCIE, pois já está abrangida pelo DL 254/2007 com base na Diretiva Seveso II. Para os edifícios abrangidos por este Decreto-Lei, o RJ-SCIE prevê apenas que estejam sujeitos ao regime de segurança em matéria de acessibilidades de meios de socorro e de disponibilidade de água para combate a incêndio, aplicando-se nos demais aspetos os respetivos regimes específicos. Relativamente às acessibilidades de meios de socorro e de disponibilidade de água verificou-se que a unidade industrial analisada cumpre o RJ-SCIE. Considerando no entanto a importância económica e a dimensão da empresa, entendeu-se como melhor abordagem preventiva efetuar o estudo de aplicação do RJ-SCIE.

7. CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE MELHORIA

7.1. Conclusões

Nesta dissertação foram utilizadas três metodologias distintas de avaliação da segurança contra incêndios em edifícios. Uma metodologia de análise quantitativa do risco de incêndio pelos métodos de Gretener e FRAME, outra consistindo na modelação do incêndio através do programa Pyrosim e outra consistindo na análise do edifício segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios.

Antes da aplicação de qualquer metodologia verificou-se que o edifício em estudo é compartimentado, sendo constituído por sete compartimentos, o que contribui bastante para a segurança contra incêndio do edifício, pois mesmo que haja um compartimento que não verifique a segurança contra incêndio, o edifício pode considerar-se na generalidade em segurança, pois teoricamente o incêndio não vai propagar de um compartimento para o outro.

Através da aplicação do método de Gretener concluiu-se que só o armazém convencional de expedição de papel 2 (compartimento 7) é que não verifica a segurança contra incêndio. As principais razões de este compartimento não verificar os critérios de segurança, são o facto de a carga de incêndio ser muito elevada, o fator da área (g) também ser elevado, não existirem meios de extinção automática (sprinklers) nem existir sistema de desenfumagem próprio para incêndio. Apesar do armazém convencional de expedição de papel 2 não verificar a segurança contra incêndio pode-se considerar na generalidade que o edifício está em segurança, pois o edifício está compartimentado.

Através da aplicação do método de FRAME conclui-se que só o armazém convencional de expedição de papel 2 (compartimento 7) é que não verifica a segurança contra incêndio, e que a nave 2 da transformação (compartimento 4) apesar de verificar a segurança, os valores do risco estão muito próximos do valor limite. O armazém convencional de expedição de papel 2 não verifica a segurança contra incêndio pelas mesmas razões de não verificar o método de Gretener, anteriormente referidas. A nave 2 da transformação apresenta os valores do risco muito próximo do limite devido ao facto de ter um fator de área (g) elevado, de ter sistema de extinção automática (sprinklers) parcial e não ter sistema de desenfumagem próprio para incêndio. Apesar destes resultados podemos considerar na generalidade que o edifício está em segurança.

Através da modelação de incêndio com o programa Pyrosim concluiu-se que o edifício de um modo geral está em segurança, pois a maioria dos compartimentos estão protegidos com sistemas de extinção automática (sprinklers), o que é fundamental para controlar o incêndio logo na fase inicial e evitar a sua propagação.

Na nave 2 da transformação (compartimento 4) existem sprinklers só em alguns locais mais sensíveis, e através da simulação verificou-se a propagação do incêndio por todo o compartimento exceto nas zonas protegidas com sprinklers. Como o incêndio se descontrolou nas zonas sem sprinklers, verificaram-se temperaturas muito elevadas em algumas zonas e o compartimento todo coberto de fumo. Verificou-se também que os pilares da estrutura e as vigas do teto falso podem entrar em colapso devido às altas temperaturas.

Conclui-se assim, que segundo a simulação de incêndio, a nave 2 da transformação não se encontra em segurança.

No armazém convencional de expedição de papel 2 não existem sprinklers e através da simulação verificou-se a propagação do incêndio por todo o compartimento e o incêndio completamente descontrolado, observando-se temperaturas muito elevadas e o armazém todo coberto de fumo. Verificou-se também que os pilares e as vigas da estrutura podem entrar em colapso devido às altas temperaturas. Conclui-se assim, que segundo a simulação de incêndio o armazém convencional de expedição de papel 2 não se encontra em segurança.

Através da análise do edifício segundo o Regulamento de Segurança Contra Incêndios (RSCIE) em Edifícios, conclui-se que o edifício de um modo geral se encontra em segurança e em conformidade parcial com as exigências do RSCIE, apesar de existirem algumas lacunas.

7.2. Propostas de melhoria

Com o objetivo de melhorar a segurança do edifício e tendo em conta as conclusões anteriores, recomendam-se as seguintes propostas de melhoria:

- Colocar sprinklers no armazém convencional de expedição de papel (compartimento 7) por forma a cobrir a totalidade do compartimento e compartimentar o mesmo armazém, pelo menos em dois compartimentos com o objetivo de diminuir o fator de área que se verificou elevado nos métodos de Gretener e FRAME;
- Colocar sprinklers na nave 2 da transformação (compartimento 4), nas zonas onde ainda não existem, com o objetivo do compartimento ficar com proteção total de meios de extinção automática (sprinklers) e também de meios de deteção automática;
- Pintar a estrutura metálica (vigas e pilares) com tintas intumescentes, ou proteger a estrutura com painéis de silicato de cálcio com o objetivo de aumentar a sua resistência ao fogo, principalmente no armazém convencional de expedição de papel 2, e na nave 2 da transformação;
- Instalar sistemas de desenfumagem apropriados para incêndio;
- Reforçar os extintores;
- Fazer simulacros com periodicidade anual.

BIBLIOGRAFIA

Correia, António José Pedroso de Moura (2011). *Fire Resistance of steel and composite steel-concrete columns*. Phd theses, Universidade de Coimbra.

De Smet, Eric (1999). *Handbook for the Use of This Fire Assessment Method for Engineering*. Tweede Uitgave, Belgium.

Ferreira, Álvaro Gomes (2012). *Impacto da Aplicação de uma Regulamentação de Segurança Contra Incêndios Baseada no Desempenho com a de uma de Natureza Prescritiva*. Dissertação de Mestrado, DEC-FCTUC, Coimbra.

Gaspar, Ana Telma S. (2014). *Análise do Risco de Incêndio de uma Unidade Industrial de Fabricação de Produtos Petrolíferos Refinados-Refinaria de Matosinhos*. Dissertação de Mestrado, ISEC, Coimbra.

Lemos, Alfredo Manuel F. Tovar; Neves, Ildefonso Cabrita (2004). *Avaliação do Risco de Incêndio do Método de Gretener – Método de Cálculo*. Gabinete de Apoio da Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Macedo, Mário José de Magalhães (2008). *Método de Gretener*. Verlag Dashöfer, Lisboa.

Matias, Ana M. S. L. (2010). *Segurança Contra Incêndios de um Edifício Municipal - Casa Municipal da Cultura – Estudo comparativo entre os resultados de Métodos de Análise de Risco e da aplicação da Legislação*. Dissertação de Mestrado, ISEC, Coimbra.

Sobral, Mafalda S. A. R. (2012). *Análise do Risco de Incêndio de uma Fábrica de Biocombustíveis*. Dissertação de Mestrado, DEC-FCTUC, Coimbra.

Vila Real, Paulo (2009). *Incêndios em estruturas metálicas- Cálculo estrutural*. Edições Orion.

- **Referências de websites visitados**

[1] <http://www.cetesb.sp.gov.br/gerenciamento-de-riscos/Emeg?ncias-Qu?micas/14-Normas-CETESB-p4261>

[2] <http://noticias.sapo.pt/infolocal/artigo/1176494>

[3] <http://www.tecnologia.com.pt/2012/10/fogo-destruiu-fabrica-de-feltros-para-colchoes-em-estarreja/>

[4] <http://www.bombeiros.pt/fotoreportagem/incendio-industrial-joviflex-em-avanca.html/>

[5] <http://www.terrasdafeira.pt/%22http://%22http://?action=noticias&seccaoid=1&id=10054>

[6] <http://www.bvesmoriz.pt/index.php/galeria/incendios-urbanos-e-industriais/category/12-papeleira-portuguesa.html>

[7] <http://www.google.maps.com>

[8] http://www.jn.pt/paginainicial/pais/concelho.aspx?Distrito=Porto&Concelho=Matosinhos&Option=Interior&content_id=2415593

[9] <http://tarrenego.blogspot.pt/2012/04/incendio-no-porto-de-leixoes.html>

[10] <http://sicnoticias.sapo.pt/pais/2012-04-12-um-dos-feridos-no-incendio-no-porto-de-leixoes-vai-ser-operado-hoje>

[11] <http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/golfo-do-mexico-e-palco-de-um-dos-piores-desastres>

[12] https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_dynamics_simulator

[13] <http://www.usp.br/nutau/CD/71%20196.pdf>

[14] <http://www.tvi24.iol.pt/internacional/mar-caspio/incendio-em-plataforma-de-petroleo-faz-mais-de-30-mortos>

[15] <http://bomberosenaccion132.blogspot.pt/2015/12/incendio-en-plataforma-petrolera-en-mar.html>

- **Legislação**

Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro - Regime Jurídico da Segurança contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE)

Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro - Regime Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE)

Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro - Regime Técnico de Segurança contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE)

ANEXOS

ANEXO 1 – Cálculos e tabelas do Método de Gretener

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GRETENER				
Caracterização da secção				
Compartimento	1			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l =	88,400 (m)	AB = AZ = 2475,200 (m ²)	
	largura: B = b =	28,000 (m)	A/B = 3,157	
Tipo de construção	Área das janelas: AF =	23,500 (m ²)	AF/AZ = 0,009	
Tipo de Conceito	tipo =	G		
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Qm (MJ/m ²) = 10000	
		Combustibilidade	q = 2,10	
		Perigo de fumo	c = 1,00	
		Perigo de corrosão	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	i = 1,00	
Nível de Andar		e = 1,50		
Amplidão da superfície		g = 1,20		
Perigo Potencial (P)		$P = q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g = 4,158$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 1,00	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 0,80	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5 = 0,800$	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,20	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 2,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6 = 4,608$		
Medidas de Construção	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 = 1,100$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)		$M = N \cdot S \cdot F = 4,055$		
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)		$B = P/M = 1,025$		
Perigo de Ativação (A)		$A = 1,00$		
Risco de Perigo Efetivo (R)		$R = B \cdot A = 1,025$		
Exposição de Pessoas ao Perigo (P_{HE})		$P_{HE} = 1,00$		
Risco Admissível (R_u)		$R_u = 1,3 \cdot P_{HE} = 1,300$		
Segurança Contra Incêndio (γ)		$\gamma = R_u/R = 1,268$		
Verifica				
Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$		Edifício Inseguro		
Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$		Edifício Seguro		

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER				
Caracterização da secção				
Compartimento	2			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l =	114,000 (m)	AB = AZ = 7410,000 (m ²)	
	largura: B = b =	65,000 (m)	A/B = 1,754	
Tipo de construção	Área das janelas: AF =	41,200 (m ²)	AF/AZ = 0,006	
Tipo de Conceito	tipo =	G		
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Qm (MJ/m ²) = 500	
		Combustibilidade	q = 1,30	
		Perigo de fumo	c = 1,20	
		Perigo de corrosão	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	k = 1,00	
Nível de Andar		i = 1,00		
Amplidão da superfície		e = 2,00		
Perigo Potencial (P)			$P = q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g = 3,432$	
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 1,00	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 1,00	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5 = 1,000$	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,20	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 2,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6 = 4,608$		
Medidas de	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 = 1,000$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)			$M = N \cdot S \cdot F = 4,608$	
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)			$B = P/M = 0,745$	
Perigo de Ativação (A)			A = 1,00	
Risco de Perigo Efetivo (R)			$R = B \cdot A = 0,745$	
Exposição de Pessoas ao Perigo (P _{HE})			P _{HE} = 1,00	
Risco Admissível (R _u)			$R_u = 1,3 \cdot P_{HE} = 1,300$	
Segurança Contra Incêndio (γ)			$\gamma = R_u/R = 1,745$	
Verifica				
Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$ Edifício Inseguro				
Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$ Edifício Seguro				

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER				
Caracterização da secção				
Compartimento	3			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l = 65,000 (m)	AB = AZ = 1917,500 (m ²)		
	largura: B = b = 29,500 (m)	A/B = 2,203		
Tipo de construção	Área das janelas: AF = 0,000 (m ²)	AF/AZ = 0,000		
Tipo de Conceito	tipo = G			
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Qm (MJ/m ²) = 4200	
		Combustibilidade	q = 1,90	
		Perigo de fumo	c = 1,20	
		Perigo de corrosão	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	i = 1,00	
		Nível de Andar	e = 1,30	
Amplidão da superfície		g = 1,10		
Perigo Potencial (P)		P = q*c*r*k*i*e*g = 3,586		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 0,90	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 0,80	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		N = n1*n2*n3*n4*n5 = 0,720	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,20	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 2,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		S = s1*s2*s3*s4*s5*s6 = 4,608		
Medidas de Construção	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		F = f1*f2*f3*f4 = 1,100		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)		M = N*S*F = 3,650		
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)		B = P/M = 0,983		
Perigo de Ativação (A)		A = 1,00		
Risco de Perigo Efetivo (R)		R = B*A = 0,983		
Exposição de Pessoas ao Perigo (P_{HE})		P_{HE} = 1,00		
Risco Admissível (R_u)		R_u = 1,3*PHE = 1,300		
Segurança Contra Incêndio (γ)		γ = Ru/R = 1,323		
Verifica				
Se γ < 1,00 → Edifício Inseguro				
Se γ ≥ 1,00 → Edifício Seguro				

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER				
Caracterização da secção				
Compartimento:	4			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l =	142,000 (m)	AB = AZ = 13632,000 (m ²)	
	largura: B = b =	96,000 (m)	A/B = 1,479	
Tipo de construção	Área das janelas: AF =	1,500 (m ²)	AF/AZ = 0,000	
Tipo de Conceito	tipo =	G		
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Qm (MJ/m ²) = 500	
		Combustibilidade	q = 1,30	
		Perigo de fumo	c = 1,20	
		Perigo de corrosão	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	i = 1,00	
Nível de Andar		e = 1,00		
Amplidão da superfície		g = 3,00		
Perigo Potencial (P)		$P = q * c * r * k * i * e * g = 5,148$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 1,00	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 1,00	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		$N = n_1 * n_2 * n_3 * n_4 * n_5 = 1,000$	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,20	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 2,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		$S = s_1 * s_2 * s_3 * s_4 * s_5 * s_6 = 4,608$		
Medidas de Construção	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		$F = f_1 * f_2 * f_3 * f_4 = 1,100$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)		$M = N * S * F = 5,069$		
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)		$B = P/M = 1,016$		
Perigo de Ativação (A)		A = 1,00		
Risco de Perigo Efetivo (R)		$R = B * A = 1,016$		
Exposição de Pessoas ao Perigo (P _{HE})		P _{HE} = 1,00		
Risco Admissível (R _u)		$R_u = 1,3 * P_{HE} = 1,300$		
Segurança Contra Incêndio (γ)		$\gamma = R_u/R = 1,280$		
Verifica				
Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$ Edifício Inseguro				
Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$ Edifício Seguro				

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER				
Caracterização da secção				
Compartimento	5			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l =	64,000 (m)	AB = AZ = 3008,000 (m ²)	
	largura: B = b =	47,000 (m)	A/B = 1,362	
Tipo de construção	Área das janelas: AF =	0,000 (m ²)	AF/AZ = 0,000	
Tipo de Conceito	tipo =	G		
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Q _m (MJ/m ²) = 10000	
			q = 2,10	
		Combustibilidade	c = 1,20	
		Perigo de fumo	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	i = 1,00	
Nível de Andar		e = 1,30		
Amplidão da superfície		g = 1,30		
Perigo Potencial (P)		P = q*c*r*k*i*e*g = 4,685		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 1,00	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 1,00	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		N = n1*n2*n3*n4*n5 = 1,000	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,20	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 2,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		S = s1*s2*s3*s4*s5*s6 = 4,608		
Medidas de Construção	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		F = f1*f2*f3*f4 = 1,100		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)		M = N*S*F = 5,069		
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)		B = P/M = 0,924		
Perigo de Ativação (A)		A = 1,00		
Risco de Perigo Efetivo (R)		R = B*A = 0,924		
Exposição de Pessoas ao Perigo (P_{HE})		P_{HE} = 1,00		
Risco Admissível (R_u)		R_u = 1,3*PHE = 1,300		
Segurança Contra Incêndio (γ)		γ = R_u/R = 1,407		
Verifica				
Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$ Edifício Inseguro Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$ Edifício Seguro				

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER																	
Caracterização da secção																	
Compartmento	6																
Compartmentação de incêndio	comprimento: $A = l = 96,000$ (m) $AB = AZ = 3072,000$ (m ²) largura: $B = b = 32,000$ (m) $A/B = 3,000$																
Tipo de construção	Área das janelas: $AF = 68,400$ (m ²) $AF/AZ = 0,022$																
Tipo de Conceito	tipo = G																
Perigos Potenciais	Conteúdo																
	Edifício																
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 60%;">Carga de incêndio mobiliária</td> <td style="text-align: right;">Q_m (MJ/m²) = 10000</td> </tr> <tr> <td>Combustibilidade</td> <td style="text-align: right;">$q = 2,10$</td> </tr> <tr> <td>Perigo de fumo</td> <td style="text-align: right;">$c = 1,20$</td> </tr> <tr> <td>Perigo de corrosão</td> <td style="text-align: right;">$r = 1,10$</td> </tr> <tr> <td>Carga de incêndio imobiliária</td> <td style="text-align: right;">$k = 1,00$</td> </tr> <tr> <td>Nível de Andar</td> <td style="text-align: right;">$i = 1,00$</td> </tr> <tr> <td>Amplidão da superfície</td> <td style="text-align: right;">$e = 1,30$</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">$g = 1,20$</td> </tr> </table>		Carga de incêndio mobiliária	Q_m (MJ/m ²) = 10000	Combustibilidade	$q = 2,10$	Perigo de fumo	$c = 1,20$	Perigo de corrosão	$r = 1,10$	Carga de incêndio imobiliária	$k = 1,00$	Nível de Andar	$i = 1,00$	Amplidão da superfície	$e = 1,30$		$g = 1,20$
Carga de incêndio mobiliária	Q_m (MJ/m ²) = 10000																
Combustibilidade	$q = 2,10$																
Perigo de fumo	$c = 1,20$																
Perigo de corrosão	$r = 1,10$																
Carga de incêndio imobiliária	$k = 1,00$																
Nível de Andar	$i = 1,00$																
Amplidão da superfície	$e = 1,30$																
	$g = 1,20$																
Perigo Potencial (P) $P = q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g = 4,324$																	
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais																
	Extintores portáteis	$n_1 = 1,00$															
	Bocas de incêndio armadas	$n_2 = 1,00$															
	Abastecimento de água	$n_3 = 1,00$															
	Conduta transporte	$n_4 = 1,00$															
	Pessoal instruído	$n_5 = 1,00$															
Medidas Normais (N) $N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5 = 1,000$																	
Medidas Especiais	Medidas Especiais (S)																
Detecção do fogo	$s_1 = 1,20$																
Transmissão do alerta	$s_2 = 1,20$																
Bombeiros	$s_3 = 1,60$																
Escalão de intervenção	$s_4 = 1,00$																
Instalação de intervenção	$s_5 = 2,00$																
Evacuação de fumo e calor	$s_6 = 1,00$																
Medidas Especiais (S) $S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6 = 4,608$																	
Medidas de Construção	Medidas de Construção (F)																
Estrutura resistente	$f_1 = 1,00$																
Elementos de fachadas	$f_2 = 1,10$																
Compartmentação Vertical	$f_3 = 1,00$																
Superfícies das janelas/superfície do compartimento	$f_4 = 1,00$																
Medidas de Construção (F) $F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 = 1,100$																	
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M) $M = N \cdot S \cdot F = 5,069$																	
Exposição ao Perigo de Incêndio (B) $B = P/M = 0,853$																	
Perigo de Ativação (A) $A = 1,00$																	
Risco de Perigo Efetivo (R) $R = B \cdot A = 0,853$																	
Exposição de Pessoas ao Perigo (P_{HE}) $P_{HE} = 1,00$																	
Risco Admissível (R_u) $R_u = 1,3 \cdot P_{HE} = 1,300$																	
Segurança Contra Incêndio (γ) $\gamma = R_u/R = 1,524$																	
Verifica																	
<p>Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$ Edifício Inseguro</p> <p>Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$ Edifício Seguro</p>																	

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO MÉTODO DE GREENER				
Caracterização da secção				
Compartimento	7			
Compartimentação de incêndio	comprimento: A = l =	144,000 (m)	AB = AZ = 15984,000 (m ²)	
	largura: B = b =	111,000 (m)	A/B = 1,297	
Tipo de construção	Área das janelas: AF =	25,400 (m ²)	AF/AZ = 0,002	
Tipo de Conceito	tipo =	G		
Perigos Potenciais	Conteúdo	Carga de incêndio mobiliária	Qm (MJ/m ²)= 10000	
		Combustibilidade	q = 2,10	
		Perigo de fumo	c = 1,20	
		Perigo de corrosão	r = 1,10	
	Edifício	Carga de incêndio imobiliária	i = 1,00	
Nível de Andar		e = 1,30		
Amplidão da superfície		g = 3,80		
Perigo Potencial (P)		$P = q \cdot c \cdot r \cdot k \cdot i \cdot e \cdot g = 13,694$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio	Medidas Normais	Extintores portáteis	n ₁ = 1,00	
		Bocas de incêndio armadas	n ₂ = 1,00	
		Abastecimento de água	n ₃ = 1,00	
		Conduta transporte	n ₄ = 1,00	
		Pessoal instruído	n ₅ = 1,00	
	Medidas Normais (N)		$N = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot n_4 \cdot n_5 = 1,000$	
	Medidas Especiais	Deteção do fogo	s ₁ = 1,45	
		Transmissão do alerta	s ₂ = 1,20	
		Bombeiros	s ₃ = 1,60	
		Escalão de intervenção	s ₄ = 1,00	
Instalação de intervenção		s ₅ = 1,00		
Evacuação de fumo e calor		s ₆ = 1,00		
Medidas Especiais (S)		$S = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5 \cdot s_6 = 2,784$		
Medidas de Construção (F)	Estrutura resistente	f ₁ = 1,00		
	Elementos de fachadas	f ₂ = 1,10		
	Compartimentação Vertical	f ₃ = 1,00		
	Superfícies das janelas/superfície do compartimento	f ₄ = 1,00		
Medidas de Construção (F)		$F = f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 = 1,100$		
Medidas contra o Desenvolvimento do Incêndio (M)		$M = N \cdot S \cdot F = 3,062$		
Exposição ao Perigo de Incêndio (B)		$B = P/M = 4,472$		
Perigo de Ativação (A)		$A = 1,00$		
Risco de Perigo Efetivo (R)		$R = B \cdot A = 4,472$		
Exposição de Pessoas ao Perigo (P _{HE})		$P_{HE} = 1,00$		
Risco Admissível (R _u)		$R_u = 1,3 \cdot P_{HE} = 1,300$		
Segurança Contra Incêndio (γ)		$\gamma = R_u/R = 0,291$		
Não Verifica				
Se $\gamma < 1,00 \rightarrow$ Edifício Inseguro				
Se $\gamma \geq 1,00 \rightarrow$ Edifício Seguro				

Tabela 1.1: Carga de incêndio mobiliária e fatores de influência para diversos usos

CARGAS DE INCÊNDIO MOBILIÁRIAS E FACTORES DE INFLUÊNCIA PARA DIVERSOS USOS												
USO	PRODUÇÃO/VENDA							DEPÓSITO/ARMAZENAGEM				
	Q_m	q	c	r	k	A	P	Q_m	c	r	k	A
	MJ/m^2						Cat	MJ/m^3				
Lares para crianças	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	2					
Lares para pessoas idosas	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	3					
Latoarias	100	0,8	1,0	1,0	1,0	1,20	-					
Lavandarias	200	1,0	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Legumes frescos, venda	200	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	-					
Legumes secos	1.000	1,5	1,2	1,0	1,0	1,00	-	400	1,2	1,0	1,0	0,85
Leite condensado	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-	9.000	1,0	1,0	1,0	0,85
Leite em pó	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-	10.500	1,0	1,0	1,0	0,85
Levedura	800	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Licores	400	1,2	1,6	1,0	1,0	1,45	-	800	1,2	1,0	1,0	1,00
Limpeza química	300	1,1	1,2	1,0	1,0	1,45	1					
Linóleo	500	1,3	1,2	1,2	1,0	1,20	-					
Livrarias	1.000	1,5	1,2	1,0	1,0	0,85	-					
Locais de resíduos diversos	500	1,3	1,2	1,2	1,0	1,00	-					
Lojas, grandes	400	1,2	1,2	1,2	1,2	1,00	1					
Loja de capelista, venda	700	1,4	1,2	1,0	1,0	0,85	-	1.300	1,0	1,2	1,0	0,85
Louças de barro	200	1,0	1,0	1,0	1,0	0,85	-					
Louça de barro, artigos de	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Louças de barro de arte	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Lúpulo								1.700	1,2	1,0	1,0	0,85
Luvras	500	1,3	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Madeira, aparas								2.100	1,2	1,0	1,0	1,00
Madeira, artigos em, carpintaria	700	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, artigos em, desbaste e recorte	500	1,3	1,2	1,0	1,0	1,45	-					
Madeira, artigo em, envernizamento	500	1,3	1,6	1,2	1,0	1,80	-					
Madeira, artigos em, expedição	600	1,3	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Madeira, artigos em, impregnação	3.000	1,8	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Madeira, artigos em, marcenaria	700	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, artigos em, modelos	600	1,3	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, artigos em, polidura	200	1,0	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, artigos em, recortagem	700	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, artigos em, secagem	800	1,4	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Madeira, artigos em, serração	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Madeira, artigos em, torneamento	500	1,3	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Madeira, resíduos								2.500	1,2	1,0	1,0	0,85
Madeiras, vigas e pranchas								4.200	1,0	1,0	1,0	0,85
Madeira para aquecimento								2.500	1,2	1,0	1,0	0,85
Madeira cruzada	800	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-	4.200	1,2	1,0	1,0	0,85
Madeira grossa								6.300	1,0	1,0	1,0	0,85
Madeiramentos de telhado	600	1,3	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Malte								13.400	1,0	1,0	1,0	0,85
Manteiga	700	1,4	1,0	1,0	1,0	1,00	-	4.000	1,0	1,0	1,0	0,85
Máquinas	200	1,0	1,0	1,0	1,1	1,20	-					
Máquinas de coser	300	1,1	1,0	1,0	1,2	1,20	-					
Máquinas de coser, venda a	300	1,1	1,2	1,0	1,0	0,85	-					
Máquinas de escritório	300	1,1	1,2	1,0	1,2	1,00	-					

CARGAS DE INCÊNDIO MOBILIÁRIAS E FACTORES DE INFLUÊNCIA PARA DIVERSOS USOS												
USO	PRODUÇÃO/VENDA						P Cat	DEPÓSITO/ARMAZENAGEM				
	Q_m	q	c	r	k	A		Q_m	c	r	k	A
	MJ/m^2							MJ/m^3				
Óleos, mineral, vegetal, animal								18.900	1,2	1,2	1,0	0,85
Óleos comestíveis	1.000	1,5	1,4	1,2	1,0	1,20	-	18.900	1,2	1,2	1,0	0,85
Óleos comestíveis, expedição	900	1,5	1,2	1,2	1,0	1,00	-					
Ourivesaria	200	1,0	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Padarias, laboratórios	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Padarias, lojas	300	1,1	1,2	1,0	1,0	0,85	-					
Padarias industriais	1.000	1,5	1,2	1,2	1,0	1,20	-					
Painéis em madeira aglomerada	300	1,1	1,2	1,0	1,0	1,20	-	6.700	1,2	1,0	1,0	0,85
Painéis em madeira aglomerada, placas	800	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Palha, artigos em	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Palha, embalagens em	400	1,2	1,2	1,0	1,0	2,00	-					
Palhetas em madeira	1.000	1,5	1,2	1,0	1,0	1,20	-	1.300	1,0	1,0	1,0	0,85
Palhinha	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Palitos de dentes	500	1,3	1,2	1,0	1,0	1,45	-					
Papel	200	1,0	1,2	1,0	1,0	1,00	-	10.000	1,0	1,0	1,0	0,85
Papel, preparação	500	1,3	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Papel, preparação da madeira e materiais celulósicos	80	0,8	1,0	1,0	1,0	0,85	-					
Papel, resíduos comprimidos								2.100	1,2	1,0	1,0	0,85
Papel, tratamento	700	1,4	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Papel, velho, a granel								8.400	1,4	1,0	1,0	1,00
Papelaria, venda	700	1,4	1,2	1,0	1,0	0,85	-					
Papelarias	800	1,4	1,2	1,0	1,0	1,00	-	1.100	1,2	1,0	1,0	0,85
Pasta de cartão	300	1,1	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Pastas alimentícias	1.300	1,6	1,2	1,0	1,0	1,20	-	1.700	1,2	1,0	1,0	0,85
Pastas alimentícias, expedição	1.000	1,5	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Pedras artificiais	40	0,6	1,0	1,0	1,0	0,85	-					
Pedras preciosas, lapidação	80	0,8	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Pedras refractárias, artigos em	200	1,0	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Pelaria, produtos de	500	1,3	1,0	1,0	1,0	1,00	-	1.200	1,0	1,2	1,0	0,85
Peles, depósito								1.200	1,0	1,2	1,0	0,85
Peles, venda	200	1,0	1,2	1,0	1,0	0,85	-					
Pensos	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	-	800	1,2	1,0	1,0	0,85
Perfumaria, artigos de	300	1,1	1,6	1,0	1,0	1,45	-	500	1,2	1,0	1,0	0,85
Perfumaria, venda de artigos	400	1,2	1,2	1,0	1,0	1,00	-					
Pilhas secas	400	1,2	1,0	1,2	1,0	1,00	-	600	1,2	1,0	1,0	0,85
Pincéis	700	1,4	1,2	1,0	1,0	1,45	-					
Pinturas em cera	2.000	1,7	1,4	1,2	1,0	1,20	1	5.000	1,4	1,2	1,0	0,85
Placas de fibras moles	300	1,1	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Placas de resina sintética	300	1,1	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Planadores	600	1,3	1,2	1,0	1,0	1,20	-					
Pneus	700	1,4	1,2	1,2	1,0	1,20	-	1.800	1,2	1,2	1,0	0,85
Pneus de viaturas	700	1,4	1,2	1,2	1,0	1,20	-	500	1,2	1,2	1,0	0,85
Porcelana	200	1,0	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Portas em madeira	800	1,4	1,2	1,0	1,0	1,20	-	1.800	1,0	1,0	1,0	0,85
Portas em plástico	700	1,4	1,2	1,2	1,0	1,45	-	4.200	1,0	1,2	1,0	0,85
Produtos em amianto	80	0,8	1,0	1,0	1,0	1,00	-					
Produtos de conservação de calçado	800	1,4	1,4	1,2	1,0	1,45	1	2.100	1,4	1,2	1,0	0,85

Tabela 1.2: Carga de incêndio mobiliária – q

Carga de incêndio mobiliária, factor q					
Qm (MJ/m ²)	q	Qm (MJ/m ²)	q	Qm (MJ/m ²)	q
Até 50	0,6	401 – 600	1,3	5001 – 7000	2,0
51 - 75	0,7	601 – 800	1,4	7001 - 10000	2,1
76 - 100	0,8	801 – 1200	1,5	10001 - 14000	2,2
101 - 150	0,9	1201 – 1700	1,6	14001 – 20000	2,3
151 - 200	1,0	1701 – 2500	1,7	20001 - 28000	2,4
201 - 300	1,1	2501 – 3500	1,8	mais de 28000	2,5
301 - 400	1,2	3501 - 5000	1,9		

Tabela 1.3: Combustibilidade – c

Combustibilidade	Graus de combustibilidade	c
Altamente inflamável	1	1,6
Facilmente inflamável	2	1,4
Inflamável, facilmente combustível	3	1,2
Normalmente combustível	4	1,0
Difícilmente combustível	5	1,0
Incombustível	6	1,0

Tabela 1.4: Perigo de fumo – r

Classificação dos materiais e mercadorias	Grau de fumo (ensaio)	Perigo devido ao fumo	r
Fu	3	Normal	1,0
	2	Médio	1,1
	1	Grande	1,2

Tabela 1.5: Perigo de corrosão/toxicidade – k

Classificação dos materiais e mercadorias	Grau de perigo	k
Co	Normal	1,0
	Médio	1,1
	Grande	1,2

Tabela 1.6: Carga de incêndio imobiliária – i

Estrutura resistente	Elementos das fachadas, coberturas	Betão Tijolo Metal	Componentes de fachadas multicamadas com camadas exteriores incombustíveis*	Madeira Matérias sintéticas
		Incombustível	Combustível/Protegida	Combustível
	Betão, tijolo, aço, outros materiais, Incombustível	1,0	1,05	1,1
	Construção em madeira: -F 30 cb -madeira / revestimento F 30 -maciça combustível: As dimensões cumprem os regulamentos	1,1	1,15	1,2
	Construção em madeira: Não cumprem regulamentos	1,2	1,25	1,3

*É autorizada parte da camada exterior combustível se não for possível a propagação vertical do incêndio.

Tabela 1.7: Edifícios de vários andares – e

Edifícios de vários andares					
Andar				E	e
Desde	o	andar	andar	Cota do nível do pavimento	
		11°	andar	≤ 34m	2,00
“	“	8°	“	≤ 25m	1,90
“	“	7°	“	≤ 22m	1,80
“	“	6°	“	≤ 19m	1,85
“	“	5°	“	≤ 16m	1,75
“	“	4°	“	≤ 13m	1,65
“	“	3°	“	≤ 10m	1,50
“	“	2°	“	≤ 7m	1,30
“	“	1°	“	<4m	1,00
r/chão					1,00

Tabela 1.8: Edifícios de um só piso – e

Edifícios de um só piso			
Altura local E **	e		
	Qm Pequena *	Qm Média *	Qm Grande *
Mais do que 10 m	1,00	1,25	1,50
Até 10 m	1,00	1,15	1,30
Até 7m	1,00	1,00	1,00

* pequena – $Q_m \leq 200$ MJ/m²; média - $Q_m \leq 1000$ MJ/m²; grande - $Q_m > 1000$ MJ/m²

** Altura útil por exemplo até à ponte rolante, ou aresta inferior da asna tipo shed.

Tabela 1.9: Edifícios com pisos enterrados

Pisos enterrados		
1ª Cave	3m	1,00
2ª Cave	6m	1,90
3ª Cave	9m	2,60
4ª Cave	12m	3,00

Tabela 1.10: Amplitude dos compartimentos de incêndio – g

	Relação entre o comprimento e a largura do compartimento de incêndio l/b								g
	8:1	7:1	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1	1:1	
Superfície do compartimento de incêndio AB, em m ²	800	770	730	680	630	580	500	400	0,4
	1200	1150	1090	1030	950	870	760	600	0,5
	1600	1530	1450	1370	1270	1150	1010	800	0,6
	2000	1900	1800	1700	1600	1450	1250	1000	0,8
	2400	2300	2200	2050	1900	1750	1500	1200	1,0
	4000	3800	3600	3400	3200	2900	2500	2000	1,2
	600	5700	5500	5100	4800	4300	3800	3000	1,4
	8000	7700	7300	6800	6300	5800	5000	4000	1,6
	10000	9600	9100	8500	7900	7200	6300	5000	1,8
	12000	11500	10900	10300	9500	8700	7600	6000	2,0
	14000	13400	12700	12000	11100	10100	8800	7000	2,2
	16000	15300	14500	13700	12700	11500	10100	8000	2,4
	18000	17200	16400	15400	14300	13000	11300	9000	2,6
	20000	19100	18200	17100	15900	14400	12600	10000	2,8
	22000	21000	20000	18800	17500	15900	13900	11000	3,0
	24000	23000	21800	20500	19000	17300	15100	12000	3,2
	26000	24900	23600	22200	20600	18700	16400	13000	3,4
	28000	26800	25400	23900	22200	20200	17600	14000	3,6
	32000	30600	29100	27400	25400	23100	20200	16000	3,8
	36000	34400	32700	30800	28600	26000	22700	18000	4,0
40000	38300	36300	35300	31700	28800	25200	20000	4,2	
44000	42100	40000	37600	34900	31700	27700	22000	4,4	
52000	49800	47200	44500	41300	37500	32800	26000	4,6	
60000	57400	54500	51300	47600	43300	37800	30000	4,8	
68000	65000	61800	58100	54000	49000	42800	34000	5,0	

Tabela 1.11: Medidas Normais

Medidas Normais				n
n₁	Extintores portáteis			
	Suficientes			1,00
	Insuficientes			0,90
n₂	Bocas-de-incêndio armadas			
	Suficientes			1,00
	Insuficientes			0,80
n₃	Fiabilidade do sistema de abastecimento de água			
	Risco grande	> 3600 l/min	> 480 m ³	
	Risco médio	> 1800 l/min	> 250 m ³	
	Risco pequeno	> 900 l/min	> 120 m ³	
		Pressão de saída no hidrante		
		< 2 bar	> 2 bar	> 4 bar
	Reservatório elevado independente da rede elétrica	0,70	0,85	1,00
	Reservatório elevado, sem reserva para incêndio, independente da rede elétrica	0,65	0,75	0,90
	Bomba, independente da rede elétrica, sem reservatório	0,60	0,70	0,85
	Bomba, dependente da rede elétrica, sem reservatório	0,50	0,60	0,70
Aguas naturais	0,50	0,55	0,6	
n₄	Comprimento da conduta de transporte			
	Comprimento da conduta < 70 m			1,00
	Comprimento da conduta 70 – 100 m			0,95
	Comprimento da conduta >100 m			0,90
n₅	Pessoal Instruído			
	Disponível e treinado			1,00
	Inexistente			0,80

Tabela 1.12: Medidas especiais

Medidas Especiais						s
s ₁	Deteção do fogo					
	Vigilância 2 rondas durante a noite					1,05
	Vigilância com rondas de 2 em 2 horas					1,10
	SADI					1,45
	Sprinklers					1,20
s ₂	Transmissão de alerta ao posto de alerta de incêndio					
	Posto ocupado em permanência					1,05
	Posto ocupado em permanência com 2 pessoas					1,10
	Alerta automático pela central					1,45
	Alerta automático pela central, com linha telefónica controlada					1,20
s ₃	Bombeiros oficiais (CB) e de empresa (BE)					
	Bombeiros Oficiais	Bombeiros de empresa				inexistente
		1º	2º	3º	4º	
	Corpo de bombeiros	1,20	1,30	1,40	1,50	1,00
	1ª categoria	1,30	1,40	1,50	1,60	1,15
	2ª categoria	1,40	1,50	1,60	1,70	1,30
	4ª categoria	1,45	1,55	1,65	1,75	1,35
	5ª categoria	1,50	1,60	1,70	1,80	1,40
	6ª categoria	1,55	1,65	1,75	1,85	1,45
Bombeiros profissionais	1,70	1,75	1,80	1,90	1,60	
s ₄	Escalões de Intervenção dos corpos locais de Bombeiros					
	Tempo	Sprinklers	BE 1º + 2º	BE 3º	BE 4º	Ausência de BE
	< 15 min	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	< 30 min	1,00	0,90	0,95	1,00	0,80
> 30 min	0,95	0,75	0,90	0,95	0,60	
s ₅	Instalação de Sprinkler					
	Sprinklers					2,00
	Instalação dilúvio, de água ou espuma					1,70
	Instalação automática de extinção por gás					1,35
s ₆	Sistema de desenfumagem natural ou forçada					1,20

Tabela 1.13: Medidas inerentes à construção

Medidas inerentes à construção				f			
f ₁	Estrutura resistente (paredes resistentes: paredes, vigas, pilares)						
	EF 60				1,30		
	EF 30/EF 30 cb				1,20		
	< EF 30				1,00		
f ₂	Fachadas						
	Altura das janelas: 2/3 da altura do andar						
	EF 60				1,15		
	EF 30 / EF 30 cb				1,10		
< EF 30				1,00			
f ₃	Lajes						
	Pavimentos:** elementos de separação horizontal	N.º Andares	Ligações verticais				
			Z+G	V	V		
			Nenhuma ou isoladas	Protegidas*	Não protegidas		
	EF 60	2	1,20	1,10	1,00		
		>	1,30	1,15	1,00		
	EF 30	2	1,15	1,05	1,00		
		>	1,20	1,10	1,00		
	EF 30 cb	2	1,10	1,05	1,00		
		>	1,15	1,10	1,00		
< EF cb	2	1,05	1,00	1,00			
	>	1,10	1,05	1,00			
f ₄	Superfícies das células						
	Células corta-fogo providas de divisórias CF 30, CF 30 cb, portas PC 30						
	Relação de áreas AF/AZ		10%	< 10%	< 5%		
	AZ < 50m ²	EF 30	1,40	1,30	1,20		
		EF 30	1,30	1,20	1,10		
	AZ < 100m ²	EF 30	1,30	1,20	1,10		
		EF 30	1,20	1,10	1,00		
	AZ 200m ²	EF 30	1,20	1,10	1,00		
EF 30		1,10	1,00	1,00			

F30cb – resistência ao fogo de 30 minutos para estruturas de madeira

*Aberturas protegidas no seu contorno por uma instalação sprinkler reforçada ou por uma instalação de dilúvio ou por cortina pára-fumo.

** Não é válido para telhados.

Tabela 1.14: Perigo de Ativação – A

Factor A	Perigo de activação	Exemplos
0,85	Fraco	Museus
1,00	Normal	Apartamentos, hotéis, fabricação de papel
1,20	Médio	Fabricação de máquinas e aparelhos
1,45	Elevado	Laboratórios químicos, oficinas de pintura
1,80	Muito elevado	Fabricação de fogos de artifício, fabricação de vernizes e pinturas

Tabela 1.15: Fatores de correção – P_{HE}

	Categoria de exposição ao perigo												P _{HE}
	1				2				3				
	r/c + 1°	2° ao 4°	5° ao 7°	8° e +	r/c + 1°	2° ao 4°	5° ao 7°	8° e +	r/c + 1°	2° ao 4°	5° ao 7°	8° e +	
Número admissível de pessoas no compartimento	>10 ³	30			>10 ³				>10 ³				1,00
		100				30							0,95
		300				100							0,90
		10 ³	30			300				30			0,85
		>10 ³	100			10 ³	30			100			0,80
			300			>10 ³	100			300			0,75
			10 ³	30			300			10 ³	30		0,70
			>10 ³	100			10 ³	30		>10 ³	100		0,65
				300			>10 ³	100			300		0,60
				10 ³				300			10 ³	30	0,55
				>10 ³				10 ³			>10 ³	100	0,50
								>10 ³				300	0,45
												10 ³	0,45
												>10 ³	0,40

Anexo 2 – Cálculos e tabelas do Método de FRAME

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO - MÉTODO DE FRAME					
		Compartmento 1	Compartmento 2	Compartmento 3	Compartmento 4
RISCO POTENCIAL (P)	Qi - Carga de Incêndio Imóvel	0,000	0,000	0,000	0,000
	Qm - Carga de Incêndio Móvel	2000,000	750,000	2000,000	750,000
	q - Carga de Incêndio	1,651	1,367	1,651	1,367
	T - Temperatura de Destruição	200,000	200,000	200,000	200,000
	m - Dimensão do conteúdo	1,000	0,010	0,300	0,010
	M - Classes de Propagação da Chama	3,000	3,000	3,000	3,000
	i - Fator de propagação	1,100	1,300	1,152	1,300
	l - Comprimento	88,400	114,000	65,000	142,000
	b - Largura	28,000	65,000	29,500	96,000
	g - Fator de área	1,167	2,285	1,107	3,215
	E - Número de Níveis	0,000	0,000	0,000	0,000
	e - Fator de nível	1,000	1,000	1,000	1,000
	k - Razão fumo/ventilação	0,010	0,015	0,000	0,005
	h - Altura	27,000	6,750	9,000	6,750
	v - Fator de ventilação	0,942	0,930	1,170	1,014
	Z - Nº de fachadas acessíveis	2,000	2,000	2,000	2,000
	H+ - Distância vertical até ao piso mais alto	0,000	0,000	0,000	0,000
	H- - Distância vertical até ao piso mais baixo da cave	0,000	0,000	0,000	0,000
	z - Fator de acesso	1,035	1,081	1,037	1,120
	P	2,066	4,082	2,555	6,483
P1	1,771	1,787	2,308	2,017	
P2	1,252	2,987	1,548	4,744	
NÍVEIS DE ACEITABILIDADE (A)	a1 - Atividade principal	0,400	0,400	0,400	0,400
	a2 - Atividade secundária	0,100	0,100	0,000	0,100
	a3 - Sistemas de aquecimento	0,000	0,000	0,000	0,000
	a4 - Instalações elétricas	0,000	0,000	0,000	0,000
	a5 - Poeiras, gases e líquidos inflamáveis	0,000	0,000	0,000	0,000
	a - Fator de ativação	0,500	0,500	0,400	0,500
	X - Nº de pessoas	7,000	11,000	6,000	20,000
	x - Nº de unidades de passagem	5,000	9,000	3,000	17,000
	K - Nº de direções de evacuação distintas	1,000	2,000	1,000	3,000
	p - Fator de mobilidade	1,000	1,000	1,000	1,000
	t - Tempo de evacuação	0,106	0,081	0,087	0,071
	c2 - Valor do conteúdo	0,000	0,000	0,000	0,000
	c1 - Valor de substituição do edifício e conteúdo	0,000	0,000	0,000	0,000
	c - Valor do Edificado	0,000	0,000	0,000	0,000
r - Fator Ambiental	0,300	0,300	0,300	0,300	

	d - Fator de Dependência	0,450	0,450	0,100	0,450
	A	0,994	1,019	1,113	1,029
	A1	0,694	0,719	0,813	0,729
	A2	0,650	0,650	1,100	0,650
RO	fs - Resistência ao fogo de elementos estruturais	15,000	15,000	15,000	15,000
	F0 - Resistência ao fogo estrutural	1,149	1,149	1,149	1,149
	R0 - Risco Inicial	1,808	3,485	1,997	5,484
NÍVEIS DE PROTEÇÃO (D)	w1 - Reservas de água	0,000	0,000	0,000	0,000
	w2 - Capacidade de reservas de água	0,000	0,000	0,000	0,000
	w3 - Rede de distribuição	0,000	0,000	0,000	0,000
	w4 - Hidrantes	1,000	1,000	1,000	1,000
	w5 - Pressão	3,000	3,000	3,000	3,000
	W - Fator de Abastecimento e Água	0,815	0,815	0,815	0,815
	n1 - Guarda de serviço	0,000	0,000	0,000	0,000
	n2 - Primeira intervenção	2,000	0,000	2,000	0,000
	n3 - Brigada de intervenção	0,000	0,000	0,000	0,000
	n4 - Formação	0,000	0,000	0,000	0,000
	N - Proteção Normal	0,903	1,000	0,903	1,000
	s1 - Detecção automática	4,000	4,000	4,000	4,000
	s2 - Abastecimento de água	5,000	5,000	5,000	5,000
	s3 - Proteção automática	14,000	14,000	14,000	14,000
	s4 - Brigada de incêndio	14,000	14,000	14,000	14,000
	S - Proteção Especial	6,081	6,081	6,081	6,081
	ff - Resistência ao fogo das paredes exteriores	30,000	30,000	30,000	120,000
	fd - Resistência ao fogo do teto ou telhado	30,000	30,000	30,000	30,000
	fw - Resistência ao fogo das paredes interiores	120,000	120,000	120,000	120,000
	f - Média	33,750	33,750	33,750	56,250
	F - Fator de resistência ao fogo	1,162	1,162	1,162	1,343
	u1 - Detecção automática	4,000	4,000	4,000	4,000
	u2 - Meios de evacuação	8,000	8,000	8,000	8,000
	u3 - Compartimentação	0,000	0,000	0,000	0,000
	u4 - Proteção	10,000	5,000	10,000	5,000
	u5 - Brigadas de incêndio	5,000	5,000	5,000	5,000
	U - Fator de evacuação	3,733	2,925	3,733	2,925
	y1 - Proteção física	5,000	5,000	5,000	5,000
	y2 - Organização	3,000	3,000	3,000	3,000
	Y - Fator de salvados	1,477	1,477	1,477	1,477
	D	5,194	5,755	5,194	6,654
	D1	3,369	2,925	3,369	2,925
D2	6,605	7,318	6,605	7,318	
RISCO	R - Risco para o edificado e o seu conteúdo	0,400	0,696	0,442	0,947
	R1 - Risco para os ocupantes	0,757	0,849	0,842	0,946
	R2 - Risco para a atividade	0,292	0,628	0,213	0,997

AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO - MÉTODO DE FRAME				
		Compartmento 5	Compartmento 6	Compartmento 7
RISCO POTENCIAL (P)	Qi - Carga de Incêndio Imóvel	0,000	0,000	0,000
	Qm - Carga de Incêndio Móvel	6750,000	6750,000	6750,000
	q - Carga de Incêndio	2,003	2,003	2,003
	T - Temperatura de Destruição	200,000	200,000	200,000
	m - Dimensão do conteúdo	1,000	1,000	1,000
	M - Classes de Propagação da Chama	3,000	3,000	3,000
	i - Fator de propagação	1,100	1,100	1,100
	l - Comprimento	64,000	96,000	110,000
	b - Largura	47,000	32,000	100,000
	g - Fator de área	1,537	1,314	3,081
	E - Número de Níveis	0,000	0,000	0,000
	e - Fator de nível	1,000	1,000	1,000
	k - Razão fumo/ventilação	0,001	0,020	0,010
	h - Altura	9,000	9,000	9,000
	v - Fator de ventilação	1,168	0,978	1,050
	Z - Nº de fachadas acessíveis	2,000	2,000	2,000
	H+ - Distância vertical até ao piso mais alto	0,000	0,000	0,000
	H- - Distância vertical até ao piso mais baixo da cave	0,000	0,000	0,000
	z - Fator de acesso	1,059	1,040	1,125
	P	4,189	2,944	8,015
P1	2,725	2,241	2,602	
P2	2,092	1,470	4,002	
NÍVEIS DE ACEITABILIDADE (A)	a1 - Atividade principal	0,400	0,400	0,400
	a2 - Atividade secundária	0,100	0,100	0,100
	a3 - Sistemas de aquecimento	0,000	0,000	0,000
	a4 - Instalações elétricas	0,000	0,000	0,000
	a5 - Poeiras, gases e líquidos inflamáveis	0,000	0,000	0,000
	a - Fator de ativação	0,500	0,500	0,500
	X - Nº de pessoas	9,000	9,000	15,000
	x - Nº de unidades de passagem	5,000	5,000	13,333
	K - Nº de direções de evacuação distintas	2,000	1,000	1,000
	p - Fator de mobilidade	1,000	1,000	1,000
	t - Tempo de evacuação	0,051	0,116	0,189
	c2 - Valor do conteúdo	0,000	0,000	0,000
	c1 - Valor de substituição do edifício e conteúdo	0,000	0,000	0,000
	c - Valor do Edificado	0,000	0,000	0,000
	r - Fator Ambiental	0,300	0,300	0,300
	d - Fator de Dependência	0,100	0,100	0,100
	A	1,049	0,984	0,911
A1	0,749	0,684	0,611	
A2	1,000	1,000	1,000	
RO	fs - Resistência ao fogo de elementos estruturais	15,000	15,000	15,000

	F0 - Resistência ao fogo estrutural	1,149	1,149	1,149
	R0 - Risco Inicial	3,474	2,605	7,655
NÍVEIS DE PROTEÇÃO (D)	w1 - Reservas de água	0,000	0,000	0,000
	w2 - Capacidade de reservas de água	0,000	0,000	0,000
	w3 - Rede de distribuição	0,000	0,000	0,000
	w4 - Hidrantes	1,000	1,000	1,000
	w5 - Pressão	3,000	3,000	3,000
	W - Fator de Abastecimento e Água	0,815	0,815	0,815
	n1 - Guarda de serviço	0,000	0,000	0,000
	n2 - Primeira intervenção	0,000	0,000	0,000
	n3 - Brigada de intervenção	0,000	0,000	0,000
	n4 - Formação	0,000	0,000	0,000
	N - Proteção Normal	1,000	1,000	1,000
	s1 - Detecção automática	4,000	4,000	2,000
	s2 - Abastecimento de água	5,000	5,000	5,000
	s3 - Proteção automática	14,000	14,000	0,000
	s4 - Brigada de incêndio	14,000	14,000	14,000
	S - Proteção Especial	6,081	6,081	2,786
	ff - Resistência ao fogo das paredes exteriores	15,000	15,000	15,000
	fd - Resistência ao fogo do teto ou telhado	30,000	30,000	30,000
	fw - Resistência ao fogo das paredes interiores	120,000	120,000	120,000
	f - Média	30,000	30,000	30,000
	F - Fator de resistência ao fogo	1,131	1,131	1,237
	u1 - Detecção automática	4,000	4,000	2,000
	u2 - Meios de evacuação	8,000	8,000	8,000
	u3 - Compartimentação	0,000	0,000	0,000
	u4 - Proteção	10,000	10,000	0,000
	u5 - Brigadas de incêndio	5,000	5,000	5,000
	U - Fator de evacuação	3,733	3,733	2,079
y1 - Proteção física	5,000	5,000	0,000	
y2 - Organização	3,000	3,000	3,000	
Y - Fator de salvados	1,477	1,477	1,158	
D	5,600	5,600	2,808	
D1	3,733	3,733	2,079	
D2	7,318	7,318	2,627	
RISCO	R - Risco para o edificado e o seu conteúdo	0,713	0,534	3,133
	R1 - Risco para os ocupantes	0,974	0,878	2,048
	R2 - Risco para a atividade	0,286	0,201	1,523

Tabela 2.1: Estimativa de valores para a carga de incêndio imobiliária

Tipo de construção	Mj/m²
Construção inteiramente incombustível	0
Construção incombustível, com um máximo de 10% de materiais combustíveis	100
Estrutura de madeira com cobertura incombustível	300
Construção resistente ao fogo com pavimentos de madeira	300
Elementos estruturais incombustíveis, restantes elementos combustíveis	1000
Construção combustível	1500

Tabela 2.2: Estimativa de valores para a carga de incêndio mobiliária

Tipo de ocupação	Mj/m²
Carga de incêndio muito reduzida	200 a 400
Carga de incêndio reduzida	75
Carga de incêndio normal	150
Carga de incêndio elevada	200
Carga de incêndio muito elevada	250

Tabela 2.3: Estimativa de valores para T

	T (°C)
Líquidos inflamáveis	0
Plásticos, materiais eletrônicos	100
Têxteis, madeira, papel, comida	200
Materiais mais comuns em habitações	250
Máquinas, aparelhos eletrodomésticos	300
Metais	400
Materiais de construção incombustíveis	500

Tabela 2.4: Valores do fator de ativação

Atividade Principal	a1
Carga de incêndio reduzida e baixo n.º de fontes de ignição (habitação, escritórios, etc.)	0
Carga de incêndio reduzida e n.º moderado de fontes de ignição (indústrias de produtos incombustíveis)	0
Carga de incêndio moderada e n.º moderado de fontes de ignição (indústrias, grandes superfícies)	0,2
Carga de incêndio elevada e n.º moderado de fonte de ignição (indústrias de produtos combustíveis)	0,4
Carga de incêndio elevada e n.º baixo de fontes de ignição (armazéns)	0
Atividade secundária	a2
Soldadura complementar	0,1
Trabalho com madeiras ou plásticos suplementares	0,1
Pintura ou envernizamento com produtos inflamáveis:	
Numa sala separada e ventilada	0,05
Num espaço separado sem ventilação	0,1
Sem separação	0,2
Riscos agravados (fumadores)	0,1
Sistemas de aquecimento	a3
Inexistência de sistema de aquecimento	0
Transferência de calor através de água, vapor de água ou sólidos	0
Transferência de calor através de óleo ou circulação de ar	0,05
Gerador de calor numa sala separada	0,1
Gerador de calor num compartimento próprio	0
Fonte de energia: eletricidade, carvão, gasóleo	0
Fonte de energia: gás	0,1
Fonte de energia: madeira	0,15
Instalações elétricas	a4
De acordo com a regulamentação e verificada periodicamente	0
De acordo com a regulamentação e sem verificação periódica	0,1
Incumprimento da regulamentação	0,2
Gases, líquidos e poeiras inflamáveis	a5
Risco de explosão permanente	0,3
Risco de explosão em condições normais	0,2
Risco ocasional de explosão	0,1
Risco de explosão de poeiras	0,2
Produção de poeiras combustíveis sem extração	0,1

Tabela 2.5: Índices de ocupação de acordo com a utilização

	Pessoas/m ²
Locais de reunião, com lugares em pé	3
Locais de reunião, com elevadas concentrações (igrejas, discotecas, etc.)	1,5
Locais de reunião normais (salas de conferência, restaurantes, etc.)	0,6
Salas de aula	0,5
Creches	0,3
Escolas	0,2
Instituições de saúde	0,1
Prisões	0,1
Edifícios de habitação (casa, hotéis, pensões)	0,05
Lojas, nível de referência e inferior	0,4
Lojas, pisos superiores	0,2
Escritórios	0,1
Fábricas	0,03
Armazenamento	0,003

Tabela 2.6: Fator de mobilidade – p

	<i>p</i>
Pessoas sem limites na mobilidade e independentes (trabalhadores)	1
Pessoas sem limites na mobilidade mas dependentes (crianças)	2
Pessoas com mobilidade condicionada (doentes, pessoas de idades, bebés)	8
Não existe plano de evacuação	+2
Existe possibilidade de se criar pânico	+2
Pessoas com perceção condicionada como doentes, pessoas idosas, clientes de hotéis	+2

Tabela 2.7: Valores típicos de d*

	<i>d</i>
Indústria de alta tecnologia e serviços	0,7 a 0,9
Indústria de produtos de consumo (automóveis, aparelhos eletrodomésticos)	0,45 a 0,7
Indústria (construção de máquinas)	0,25 a 0,45
Companhias comerciais, armazéns	0,05 a 0,15
Escritórios	0,8

* Se não se souber os valores para calcular *d*, é recomendado a utilização de $d=0,3$.

Tabela 2.8: Abastecimento de água

Tipo de reserva	w1
Reserva de abastecimento público e de incêndio, automático	0
Reserva de abastecimento público e de incêndio, manual	4
Sem reserva de água	10
Capacidade da reserva de água	w2
Volume em m ³ $0,25 \times (Q_i + Q_m)$	0
Até <10%	1
Até <20%	2
Até <30%	3
<30%	4
Rede de distribuição	w3
Adequada	0
Diâmetro das tubagens inferior ao necessário	2
Sem rede de distribuição	6
Hidrantes	w4
Uma ligação de 65 mm por 50 m de perímetro do compartimento	0
Uma ligação de 65 mm por 50 a 100 m do perímetro do compartimento	1
Menos que uma ligação de 65 mm por 100 m de perímetro	3
Pressão	w5
Pressão estática é de $H + 35m$	0
Pressão inferior a $H + 35m$	3

Tabela 2.9: Medidas normais de proteção

Serviço de vigilância	n₁
Sistema de vigilância humano organizado, com alerta aos bombeiros e aviso aos ocupantes manualmente	0
Sem presença humana organizada	2
Sem sistema manual de aviso e alerta	2
Sem sistema de alerta aos bombeiros	2
Sem sistema de aviso aos ocupantes	2
Meios de primeira intervenção	n₂
Extintores apropriados	0
Número inadequado de extintores	2
Carreteis de calibre reduzido adequado	0
Número inadequado de carreteis de calibre reduzido adequado	2
Inexistência de Carreteis de calibre reduzido	4
Corpo de bombeiros	n₃
Chegada da primeira brigada de intervenção em menos de 10 minutos	0
Entre 10 e 15 minutos	2
Entre 15 e 30 minutos	5
Mais de 30 minutos	10
Hidrantes	n₄
Todos os ocupantes sabem utilizar os meios de primeira intervenção	0
Apenas um número limitado de pessoas tem o treino básico	2
Não existe treino básico	4

Tabela 2.10: Medidas especiais de proteção

Deteção automática	s₁
Com sprinklers	4
Com detetores térmicos	5
Com detetores de fumo ou de chama	8
Sistema analógico	2
Sistema endereçável	2
Abastecimento de água	s₂
Reservas de água inesgotáveis (quatro vezes o necessário)	3
Exclusivamente para o combate a incêndios	2
Sob controlo dos ocupantes do edifício	2
Fiabilidade máxima (sistema de bombagem duplo)	5
Reserva de água duplicada	12
Proteção automática	s₃
Sprinklers com um sistema de abastecimento público	11
Sprinklers com um sistema de abastecimento independente	14
Sprinklers com dois sistemas de abastecimento de água independentes	20
Sistemas de extinção automáticos distintos (CO ₂ ou espuma)	11
Brigada de incêndio	s₄
Brigada de incêndio privativa temporária	6
Brigada de incêndio permanente	14
Corporação de bombeiros profissional permanentemente disponível e devidamente equipada	8
Pequena corporação de bombeiros + voluntários	6
Pequena corporação de bombeiros voluntários permanentemente disponíveis	5
Brigada de incêndio pública e equipa de voluntários	2

Tabela 2.11: Medidas de proteção para a evacuação

Deteção automática	u1
Por sprinklers	4
Por detetores térmicos	5
Por detetores de chama ou de fumos	8
Sistema analógico	2
Sistema endereçável	2
Deteção em locais de elevado risco	2
Menos de 300 pessoas a avisar	2
Meios de evacuação	u2
Vias verticais de evacuação isoladas	2
Vias verticais de evacuação protegidas	4
Vias verticais de evacuação exteriores	8
Escorregas (apenas para 1º e 2º piso)	2
Capacidade das vias horizontais de evacuação para 50% dos ocupantes	2
Capacidade das vias horizontais de evacuação para 100% dos ocupantes	8
Plano de evacuação completo com sinalética adequada	4
Compartmentação	u3
Áreas compartimentadas com 1000 m ² no máximo separadas com elementos	2
Áreas compartimentadas com 1000 m ² no máximo separadas com elementos	4
Proteção	u4
Desenfumagem ativada pelo SADI	3
Sprinklers nos locais de risco agravado de incêndio	5
Sprinklers em todos os locais	10
Outros sistemas de extinção automáticos	4
Brigadas de incêndio	u5
Brigada de incêndio privativa	5
Brigada de incêndio pública e equipa de voluntários	2
Corporação de bombeiros profissional permanentemente disponível e devidamente equipada	8
Pequena corporação de bombeiros + voluntários	6
Pequena corporação de bombeiros voluntários permanentemente disponíveis	4

Tabela 2.12: Medidas de proteção para a atividade

Proteção	y1
Áreas compartimentadas com 1000 m ² no máximo separadas com elementos	2
Áreas compartimentadas com 1000 m ² no máximo separadas com elementos	4
Deteção automática parcial em áreas sensíveis	3
Extinção (sprinklers) automática parcial em áreas sensíveis	5
Extinção (outros agentes extintores) automática parcial em áreas sensíveis	4
Organização	y2
Informação económica e financeira salvaguardada	2
Acesso à substituição de peças simplificadas	4
Reparações possíveis sem muitos recursos exteriores	2
Medidas de produção em localizações alternativas	3
Capacidades de produção diversificada	3

Anexo 3 – Pormenores da modelação do edifício

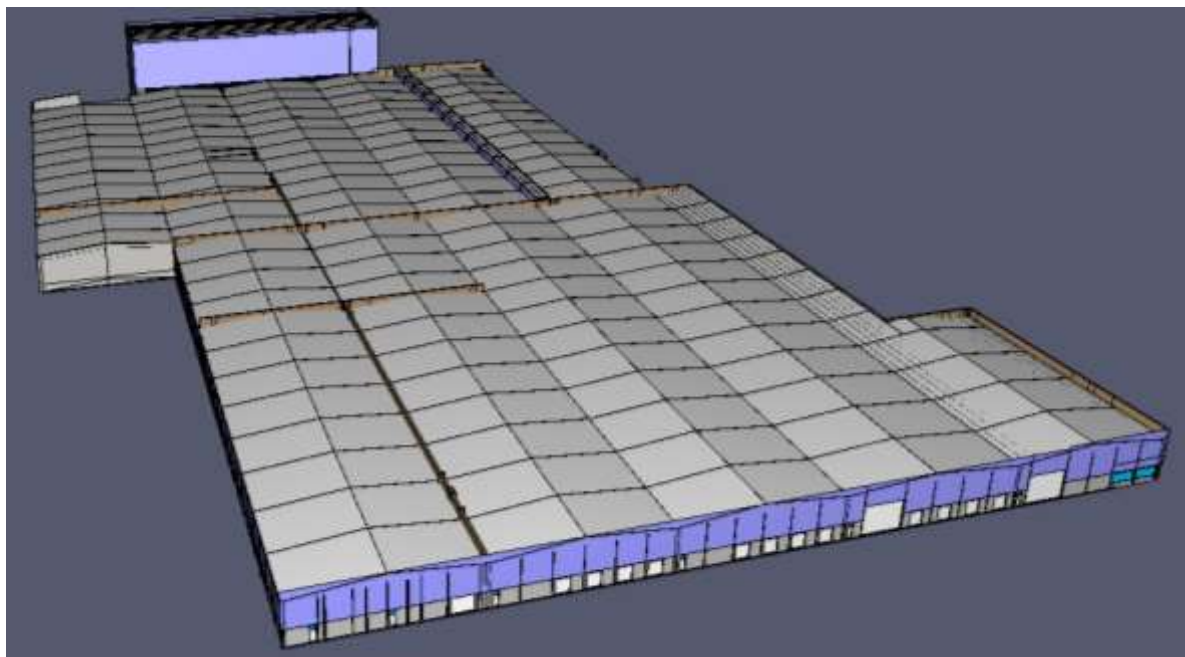


Figura A3.1 – Modelo do edifício com cobertura

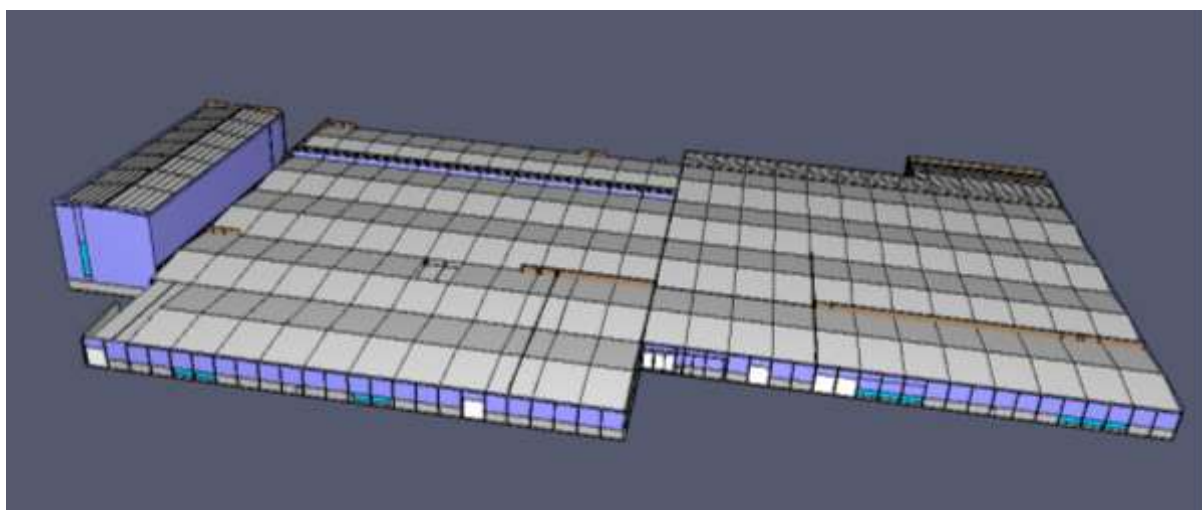


Figura A3.2 – Modelo do edifício com cobertura

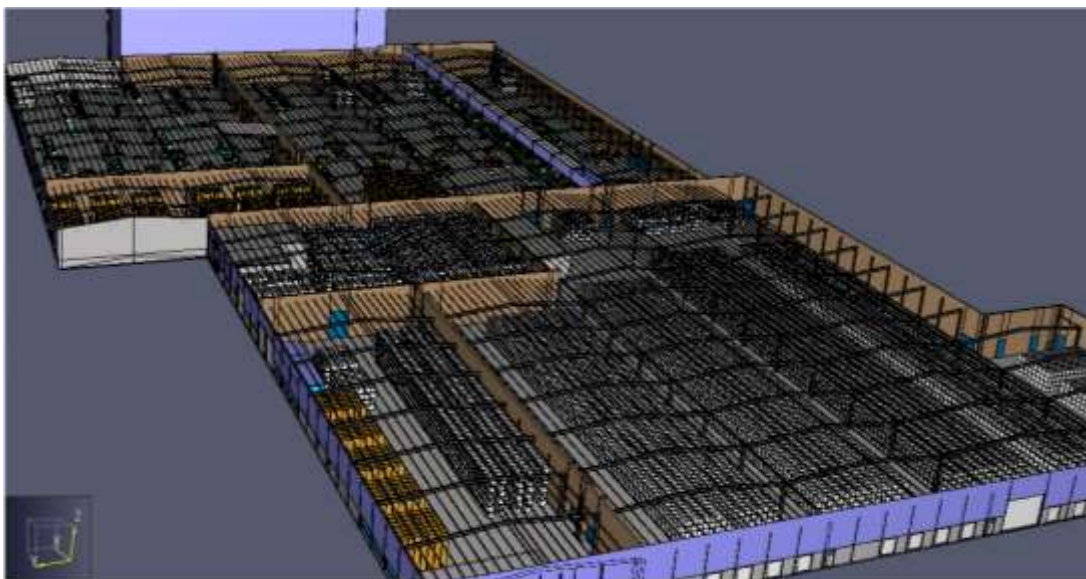


Figura A3.3 – Modelo do edifício com pórticos e madres da cobertura

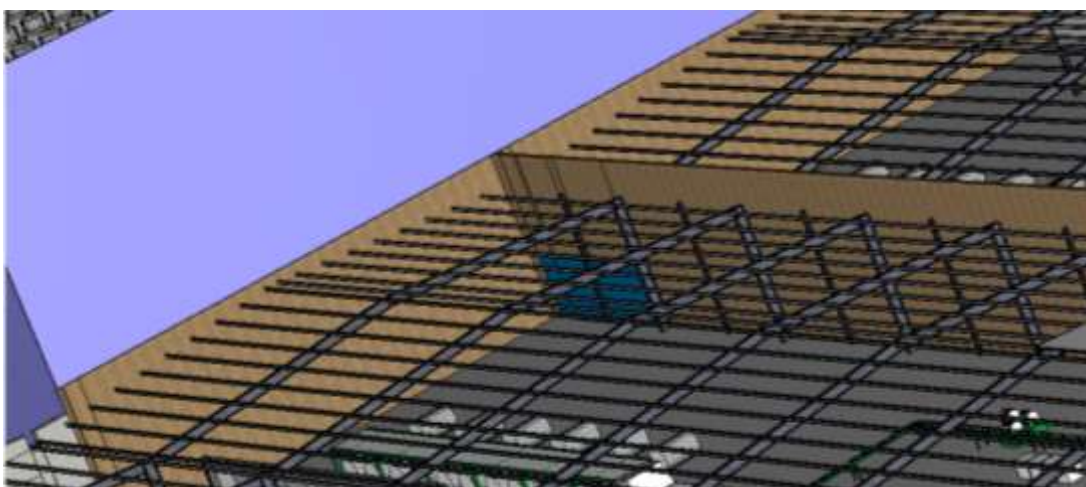


Figura A3.4 – Pormenor das madres da cobertura

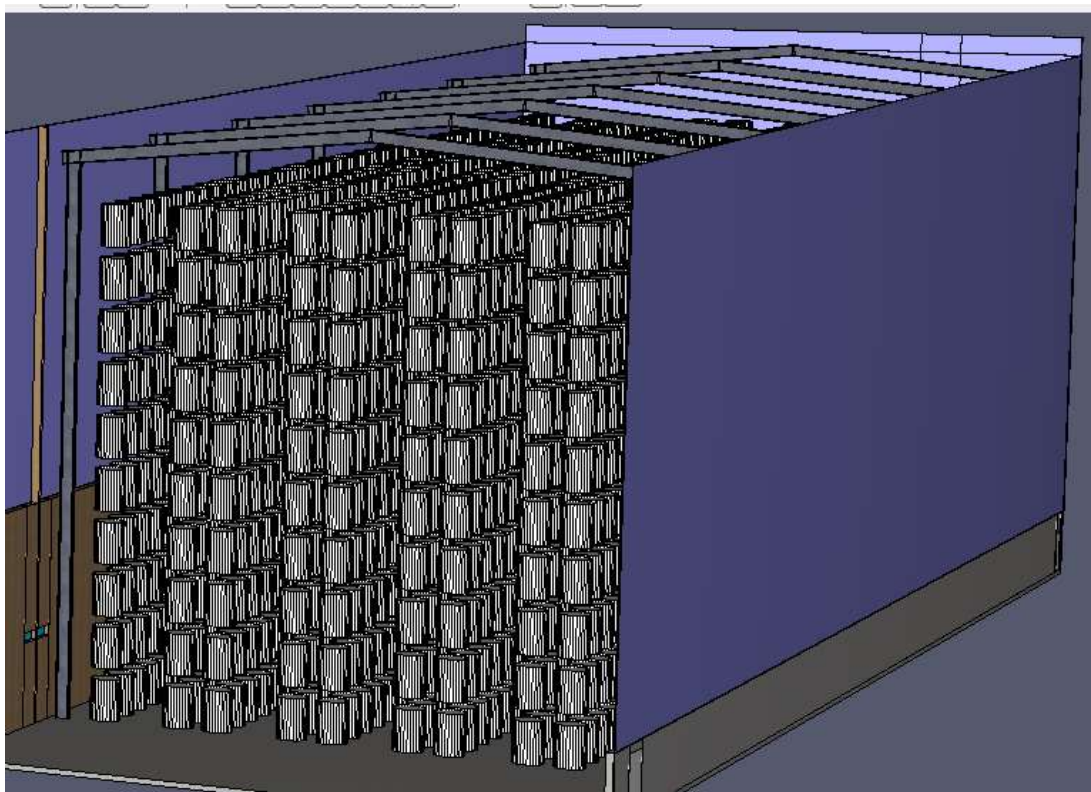


Figura A3.5 – Pormenor das bobinas do armazém PRS2

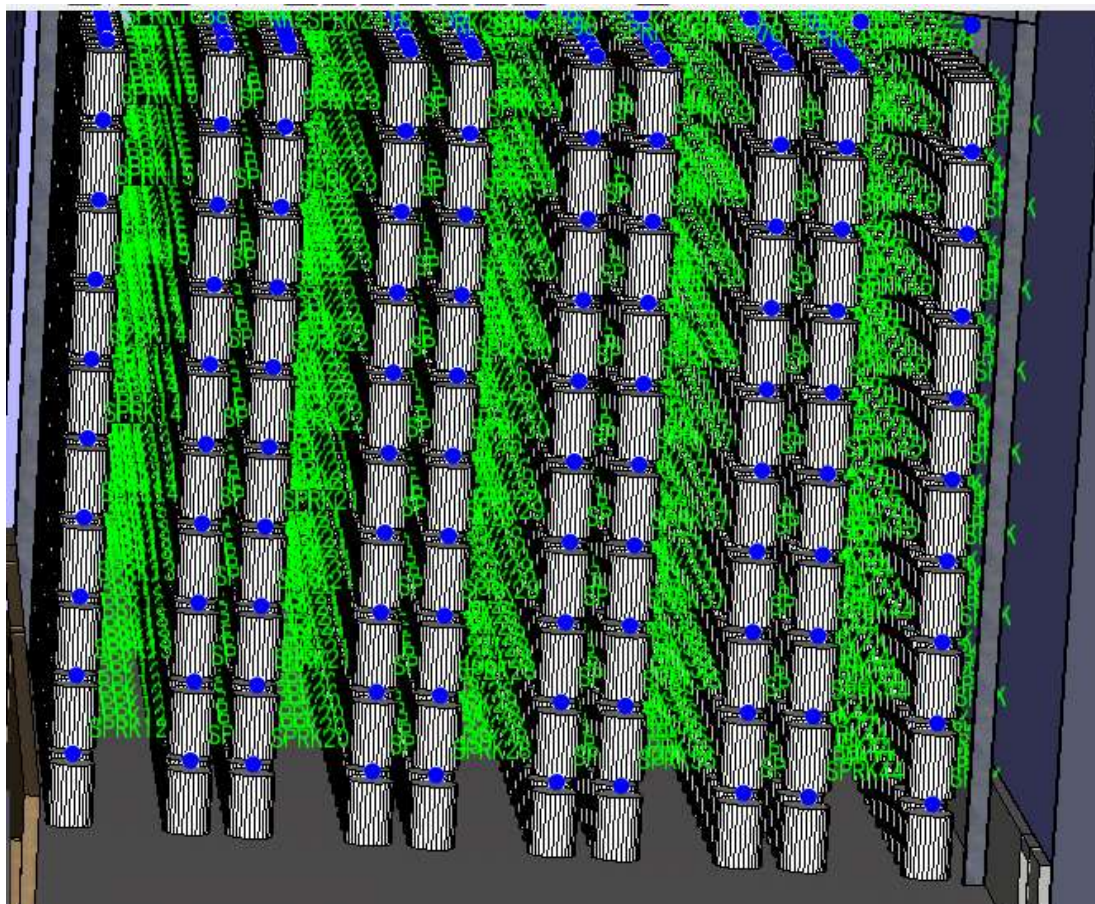


Figura A3.6 – Pormenor dos sprinklers no armazém PRS2

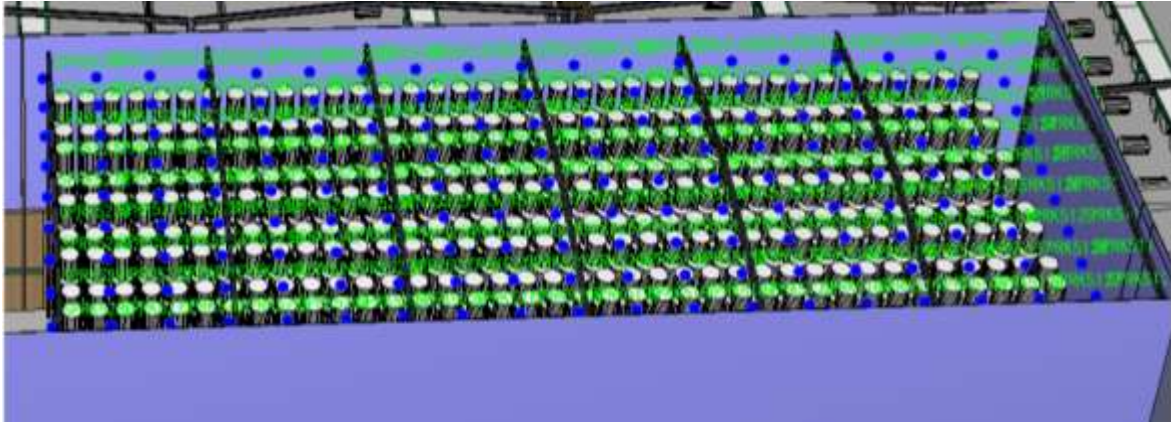


Figura A3.7 – Pormenor dos sprinklers da cobertura do armazém PRS2

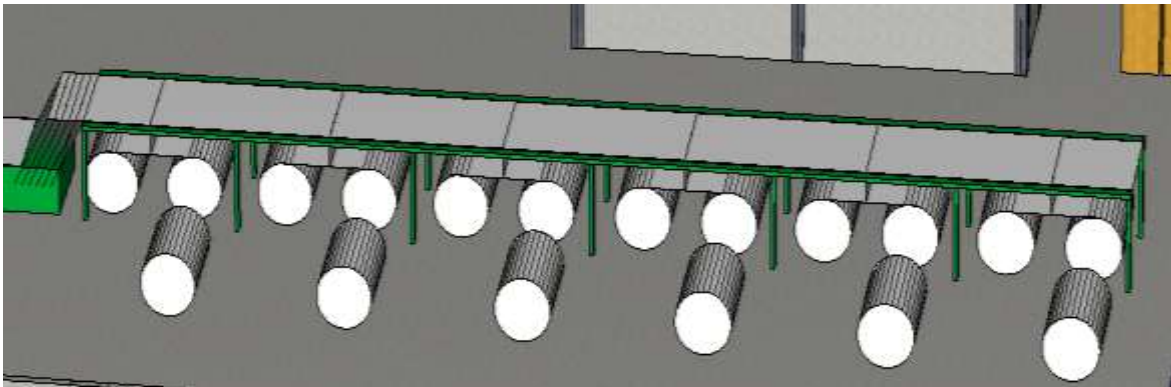


Figura A3.8 – Pormenor da cortadora de papel

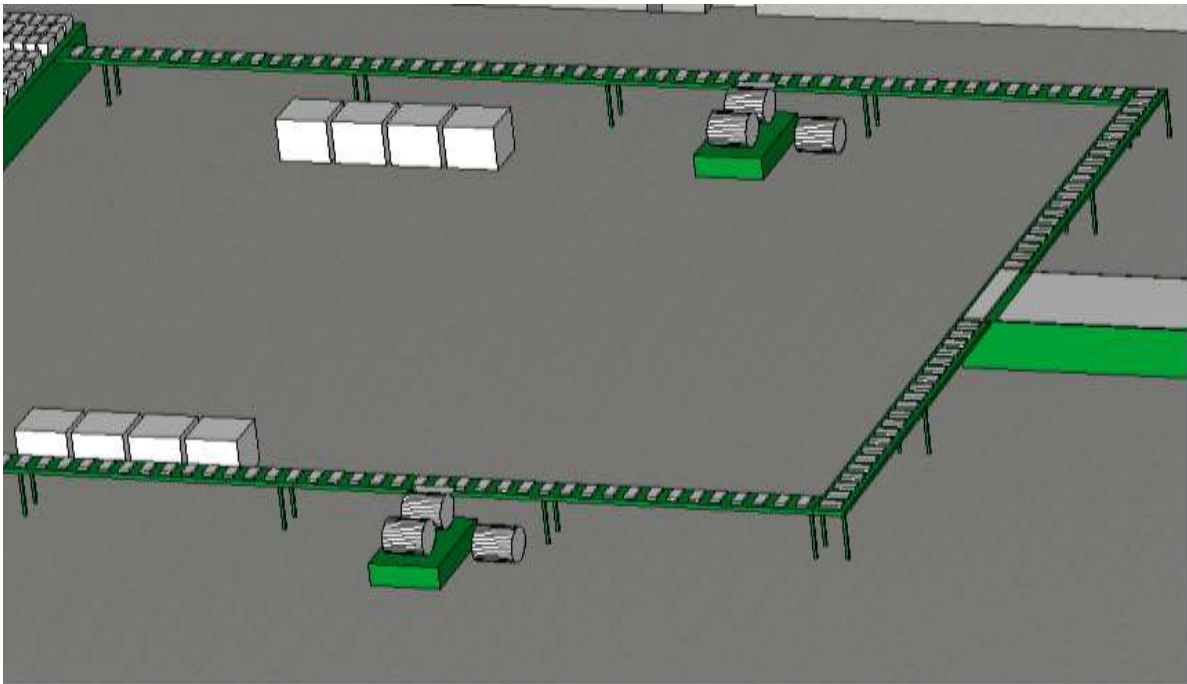


Figura A3.9 – Pormenor da linha de embalagem

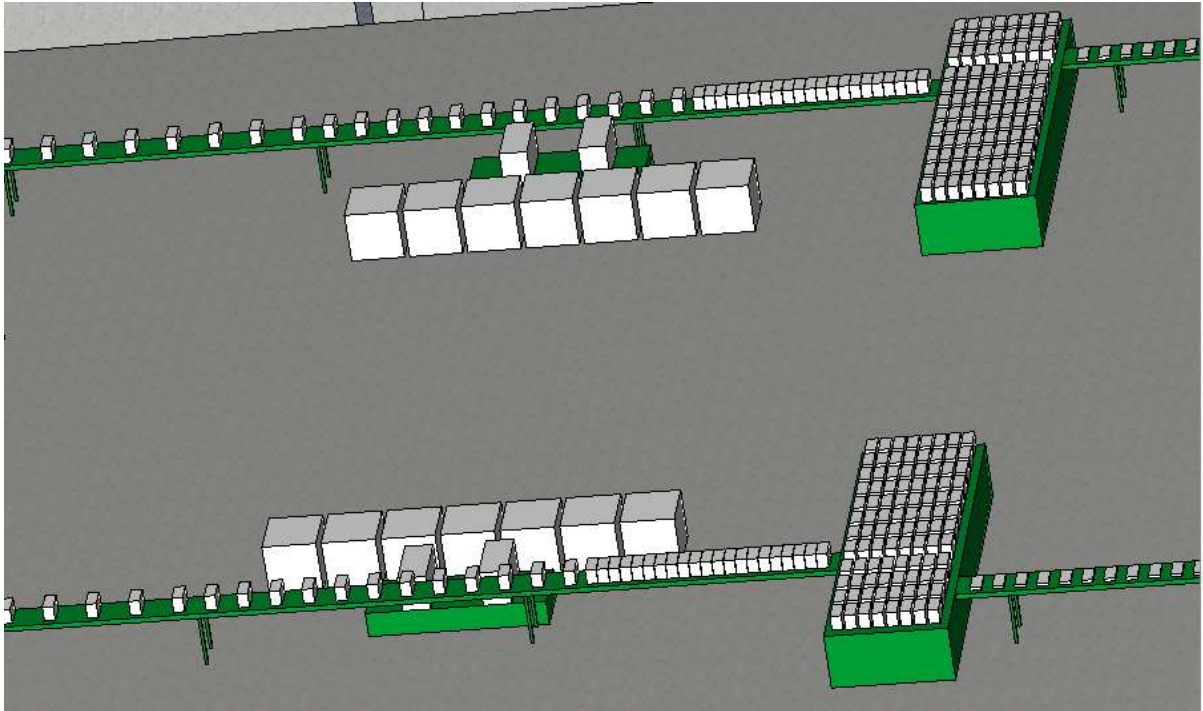


Figura A3.10 – Pormenor da linha de embalagem

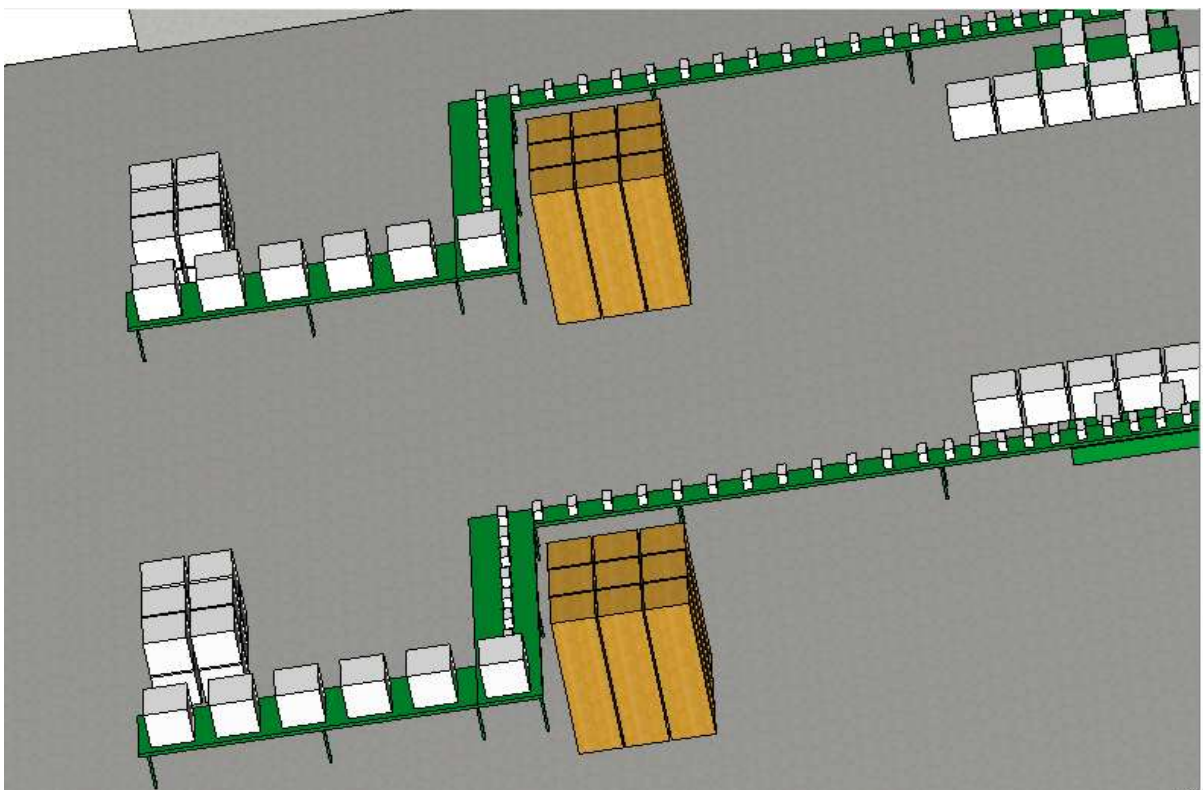


Figura A3.11 – Pormenor da linha de embalagem

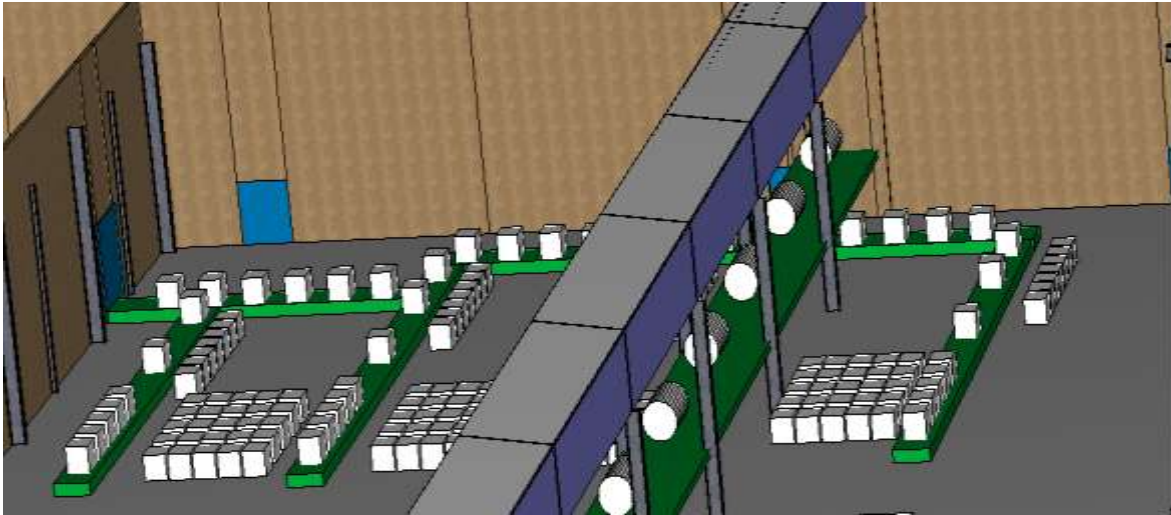


Figura A3.12 – Pormenor zona de embalagem para expedição



Figura A3.13 – Pormenor zona de embalagem para expedição

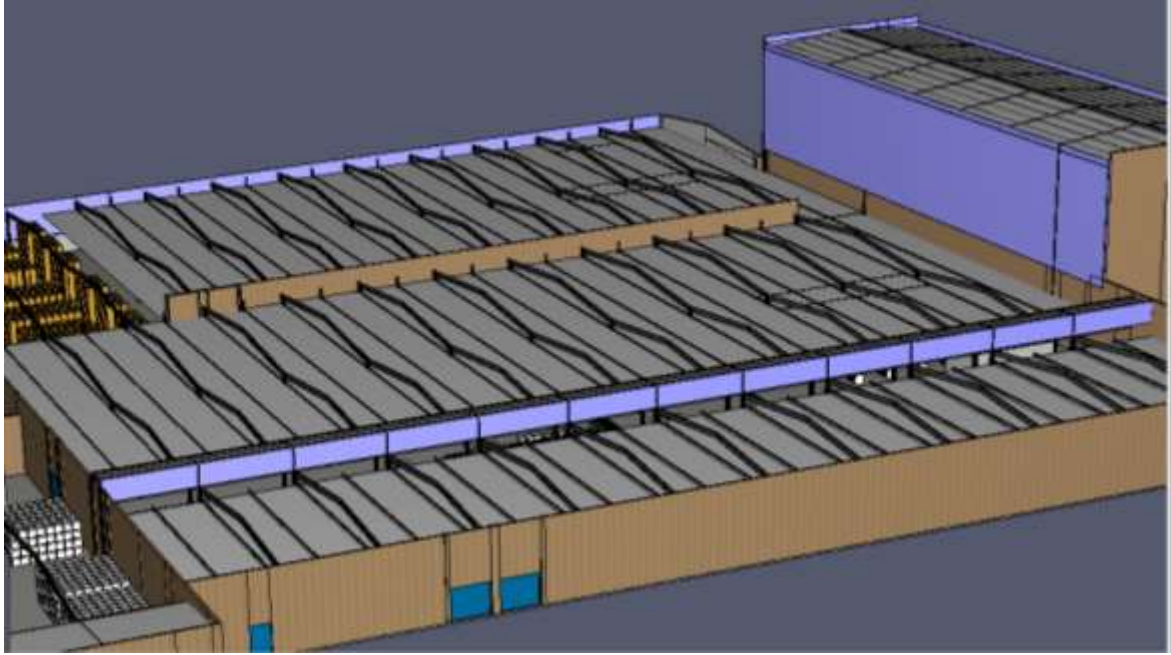


Figura A3.14 – Pormenor do teto falso



Figura A3.15 – Pormenor dos sprinklers da nave 3 da transformação



Figura A3.16 – Pormenor dos sprinklers da nave 2 da transformação

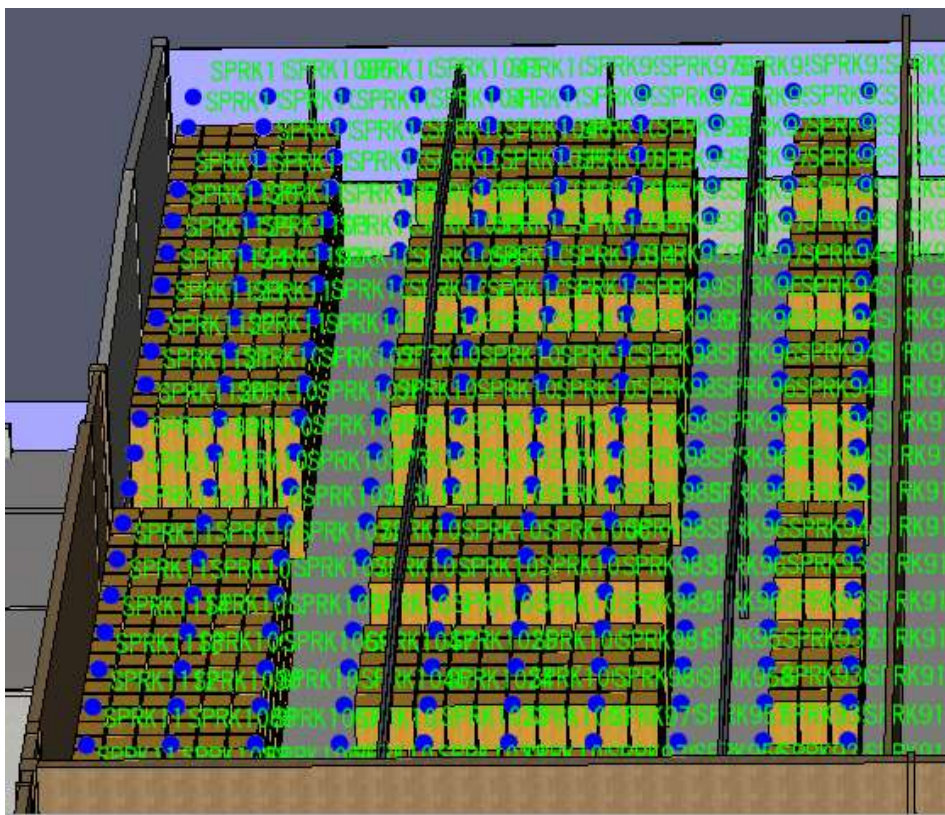


Figura A3.17 – Pormenor dos sprinklers do armazém de paletes

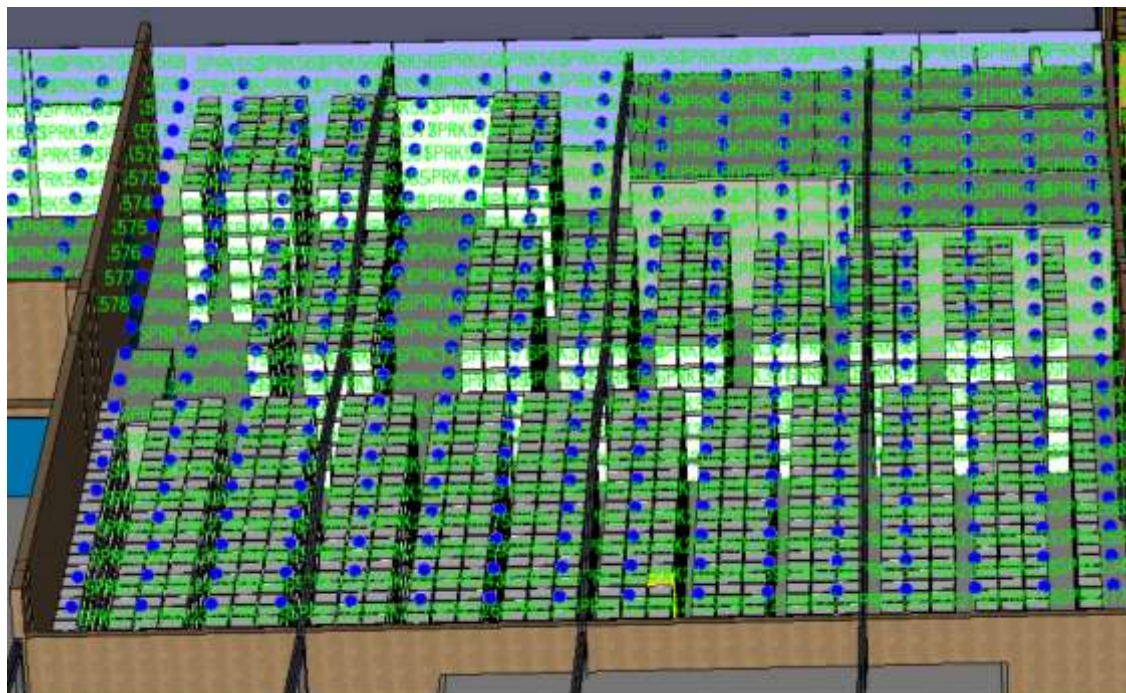


Figura A3.18 – Pormenor dos sprinklers do armazém de material de embalagem 1

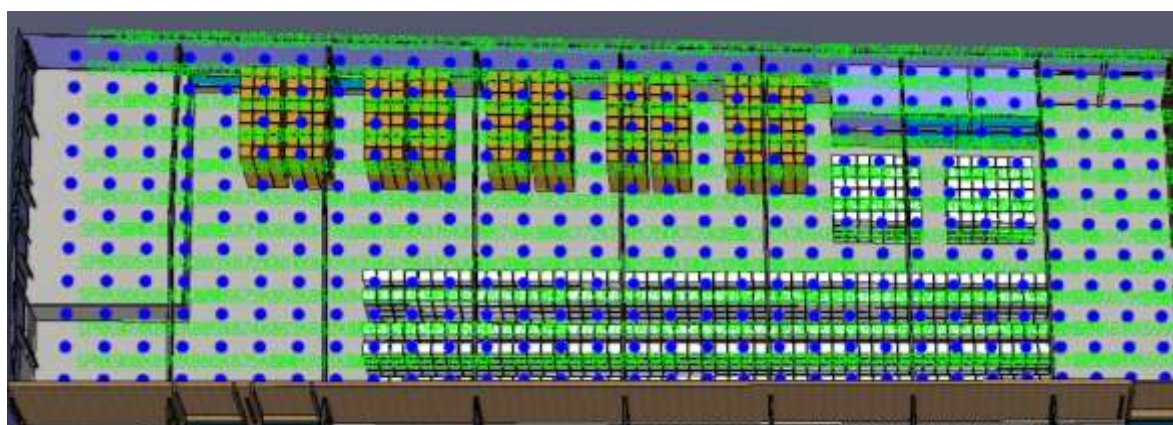


Figura A3.19 – Pormenor dos sprinklers do armazém de material de embalagem 2

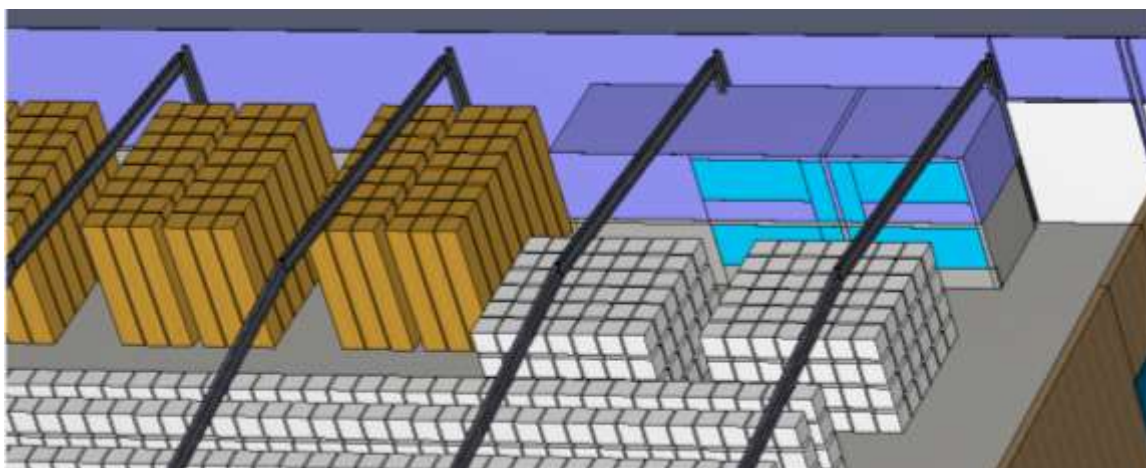


Figura A3.20 – Pormenor do armazém de material de embalagem 2



Figura A3.21 – Armazém automático PR2



Figura A3.22 – Nave 3 da Transformação de papel



Figura A3.23 – Cortadora de papel e linhas de embalagem da nave 2



Figura A3.24 – Nave 2 da Transformação de papel



Figura A3.25 – Armazém de paletes



Figura A3.26 – Armazém de material de embalagem 1

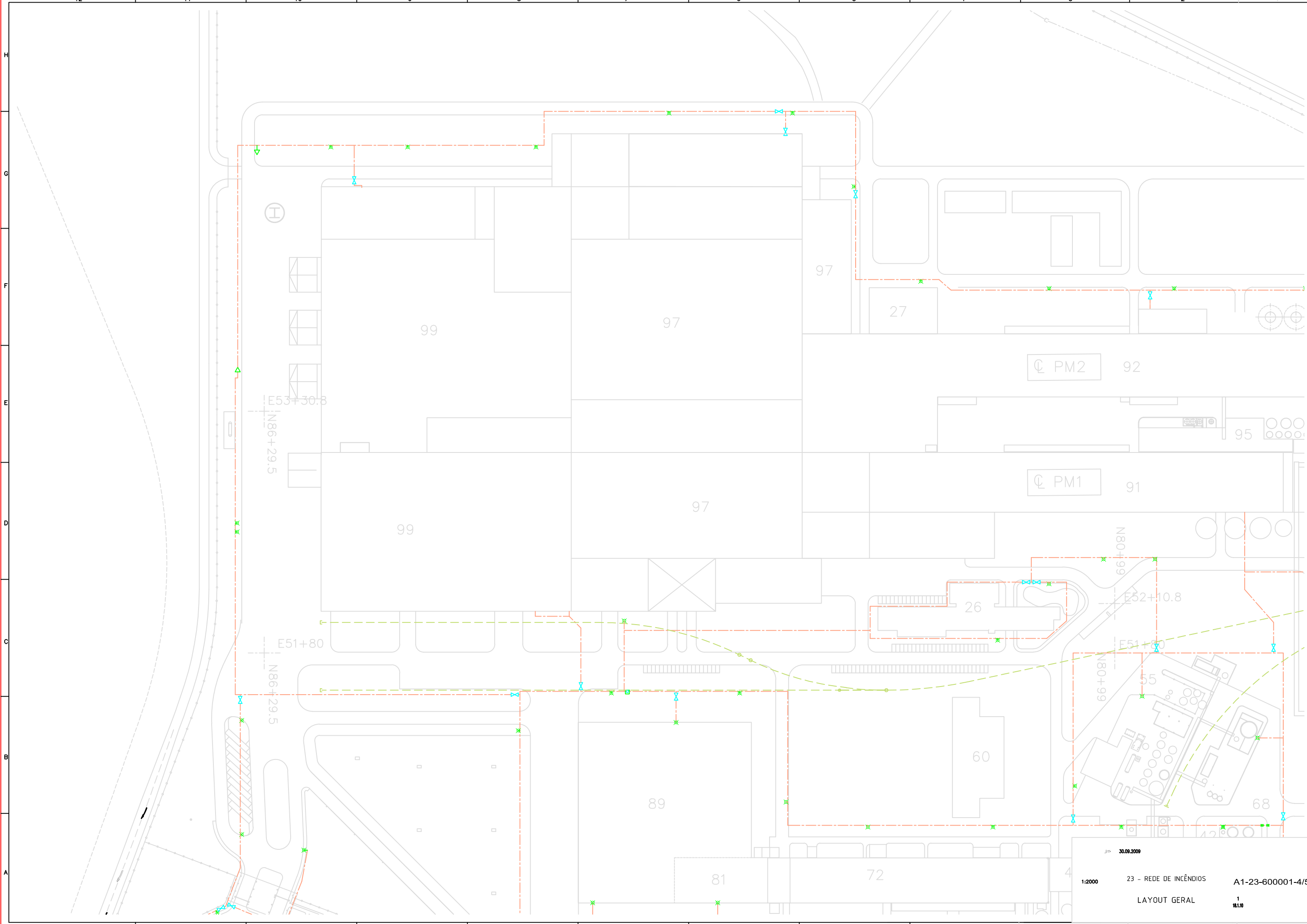


Figura A3.27 – Armazém de material de embalagem 2

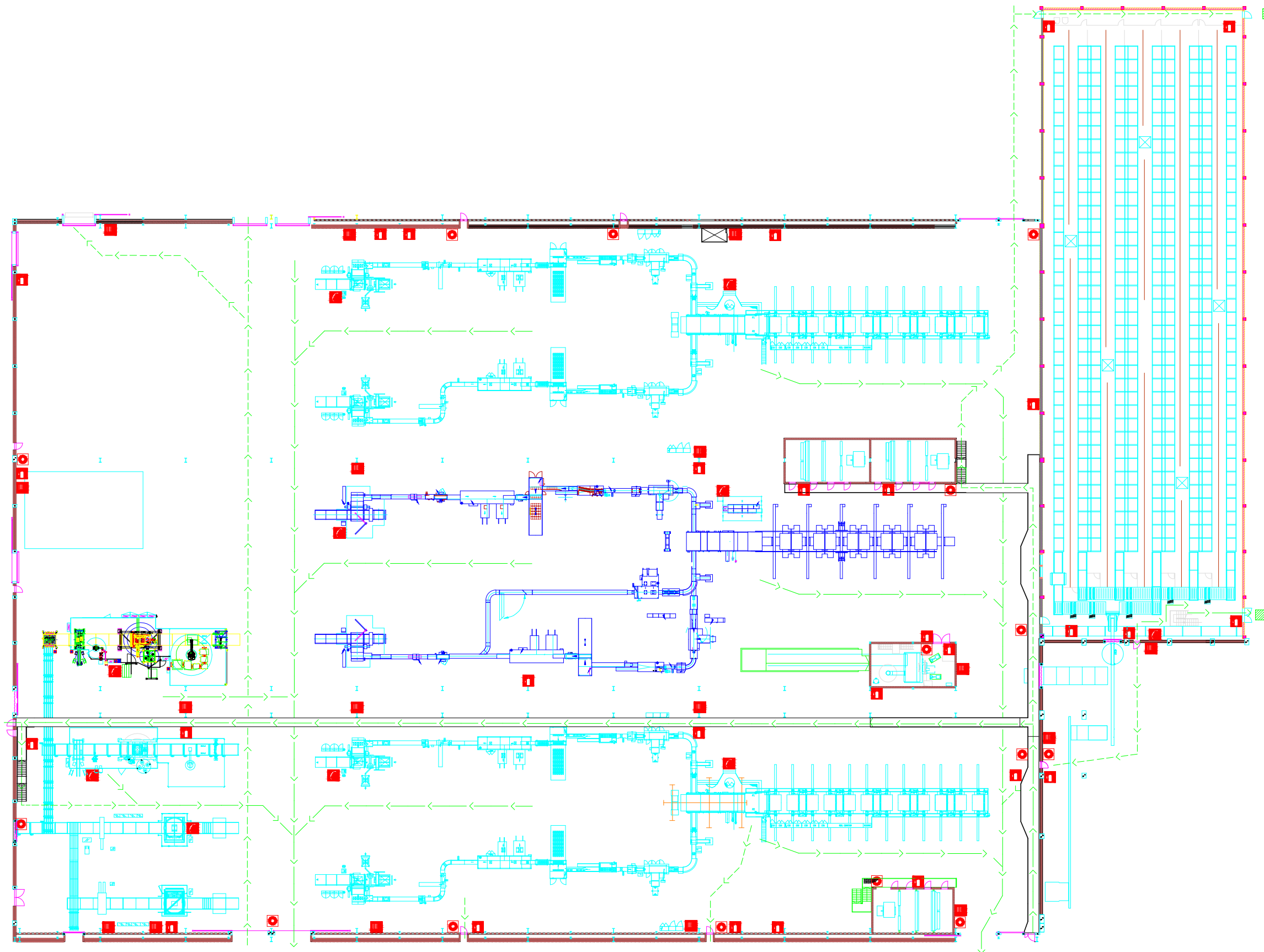


Figura A3.28 – Armazém convencional de expedição de papel 2

Anexo 4 – Plantas Autocad



30.09.2009
1:2000 23 - REDE DE INCÊNDIOS A1-23-600001-4/5
LAYOUT GERAL 1/10.110



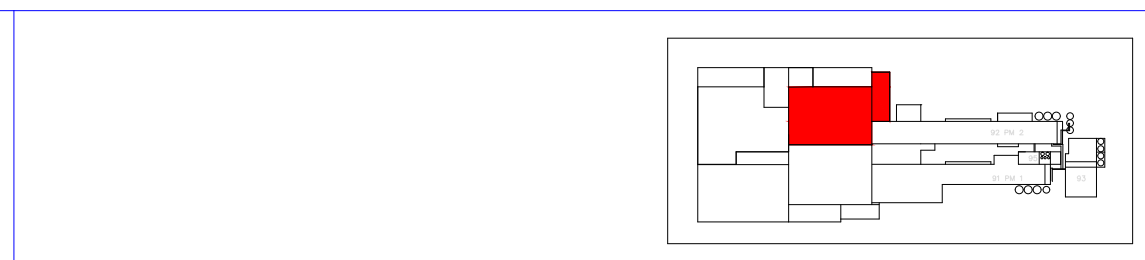
INSTRUÇÕES / INSTRUCTIONS

- INCENDIO:** Se descobrir um incêndio
 - Mantenha a calma. Não grite nem corra. Dê o alarme através do botão de alarme ou telefone mais próximo
 - Telefone de emergência: 112
 - Ataque o fogo com os meios ao seu alcance sem correr riscos
 - Se não conseguir apagar o fogo, abandone o local e evite respirar o fumo
 - Não utilize o elevador. Utilize as escadas
- EVACUAÇÃO**
 - Quando ouvir o sinal da Sirene
 - Dirija-se para a saída mais próxima. Siga a sinalização de segurança. Siga as instruções dadas pelo pessoal

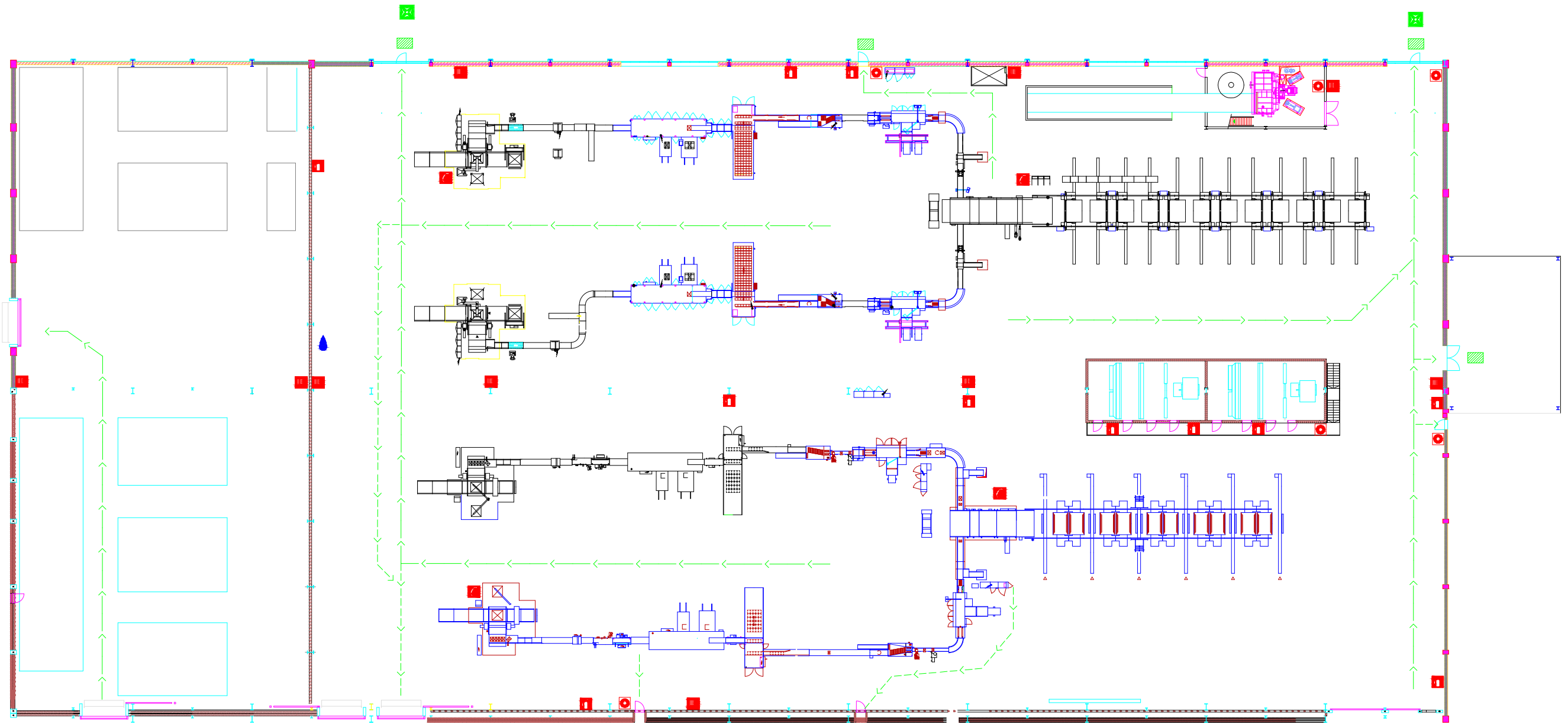
- FIRE:** IF you discover a fire
 - Keep calm, do not shout and do not run. Give the alarm using the alarm push-button or the nearest phone
 - Emergency phone: 112
 - Fight the fire with the available means without taking useless risks
 - If you cannot extinguish the fire, leave the place and avoid breathing the smoke
 - Do not use the lifts. Use the stairs
- EVACUATION**
 - If you hear the warning
 - Go to the nearest exit, following the emergency signs. Follow the instructions given by the personnel

LEGENDA / LEGEND

- Você está aqui / You are here
 Botão de alarme / Alarm push-button
 Extintor de incêndio / Fire extinguisher
 Boca de incêndio / Fire hose
 Percurso normal de evacuação / Main evacuation route
 Percurso alternativo de evacuação / Alternative evacuation route
 Saída de piso / para o exterior / Exit of floor / to the outside
 Ponto de reunião / Meeting point



 Sociedade Portuguesa de Papel S.A.	Scale	Designed	File	Phone
	1:650	Checked	Proj. N.º	Rev.
	Approved	N.º	Rev.	
PLANTA DE EMERGÊNCIA NAVE 2 TRANSFORMAÇÃO + PRS 2 Proposta - Prática Contexto Trabalho - ISLA Leiria +39.000		Escala: _____ Data: _____ Escala: _____		_____ _____ _____



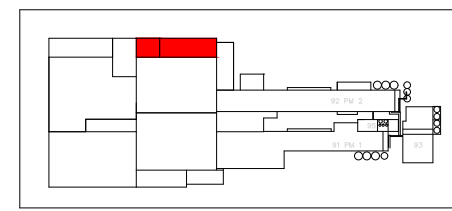
INSTRUÇÕES / INSTRUCTIONS

- INCENDIO:** Se descobrir um incêndio
- Mantenha a calma. Não grite nem corra. Dê o alarme através do botão de alarme ou telefone mais próximo
 - Telefone de emergência: **112**
 - Ataque o fogo com os meios ao seu alcance sem correr riscos
 - Se não conseguir apagar o fogo, abandone o local e evite respirar o fumo
 - Não utilize o elevador. Utilize as escadas
- EVACUAÇÃO**
- Quando ouvir o sinal da Sirene
 - Dirija-se para a saída mais próxima. Siga a sinalização de segurança. Siga as instruções dadas pelo pessoal

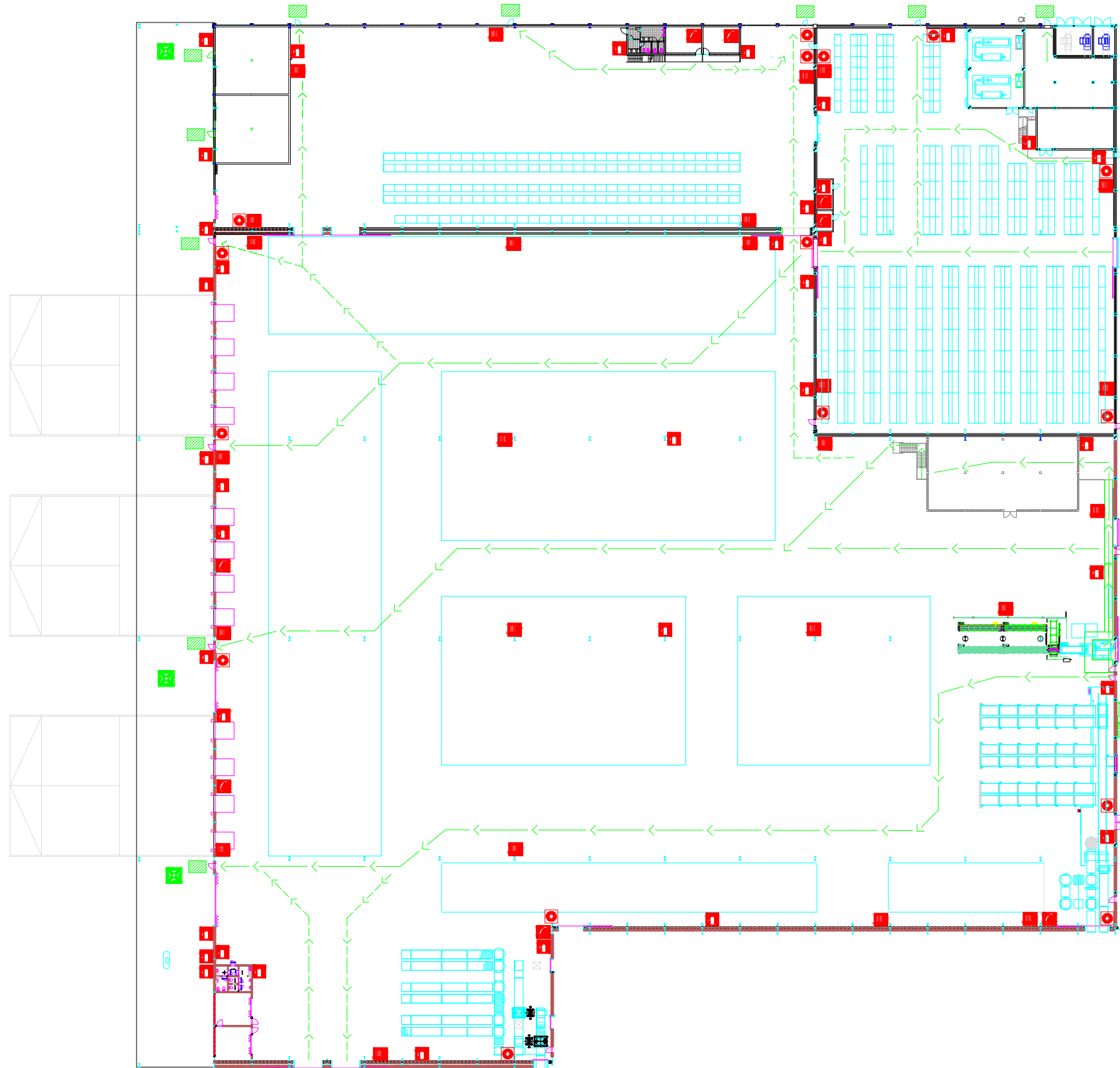
- FIRE:** If you discover a fire
- Keep calm, do not shout and do not run. Give the alarm using the alarm push-button or the nearest phone
 - Emergency phone: **112**
 - Fight the fire with the available means without taking useless risks
 - If you cannot extinguish the fire, leave the place and avoid breathing the smoke
 - Do not use the lifts. Use the stairs
- EVACUATION**
- If you hear the warning
 - Go to the nearest exit, following the emergency signs. Follow the instructions given by the personnel

LEGENDA / LEGEND

- Você está aqui / You are here
- Botão de alarme / Alarm push-button
- Extintor de incêndio / Fire extinguisher
- Boca de incêndio / Fire hose
- Percurso normal de evacuação / Main evacuation route
- Percurso alternativo de evacuação / Alternative evacuation route
- Saída de piso / para o exterior / Exit of floor / to the outside
- Ponto de reunião: / Meeting point:



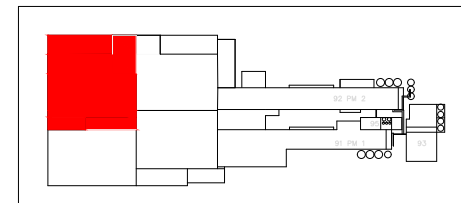
 Sociedade Portuguesa de Pipist S.A.	Scale	1:450	Designed	File	Phase
	Checked	Approved	Rev	Rev	Rev
PLANTA DE EMERGENCIA NAVE 3 TRANSFORMAÇÃO					
+39.000					



- INCENDIO:** Se descobrir um incêndio
- Mantenha a calma. Não grite nem corra. Dê o alarme através do botão de alarme ou telefone mais próximo
 - Telefone de emergência: 112
 - Ataque o fogo com os meios ao seu alcance sem correr riscos
 - Se não conseguir apagar o fogo, abandone o local e evite respirar o fumo
 - Não utilize o elevador. Utilize as escadas.
- EVACUAÇÃO**
- Quando ouvir o sinal da Sirene
 - Dirija-se para a saída mais próxima. Siga a sinalização de segurança. Siga as instruções dadas pelo pessoal

- INSTRUÇÕES / INSTRUCTIONS**
- FIRE:** If you discover a fire
- Keep calm, do not shout and do not run. Give the alarm using the alarm push-button or the nearest phone
 - Emergency phone: 112
 - Fight the fire with the available means without taking useless risks
 - If you cannot extinguish the fire, leave the place and avoid breathing the smoke
 - Do not use the lifts. Use the stairs
- EVACUATION**
- If you hear the warning
 - Go to the nearest exit, following the emergency signs. Follow the instructions given by the personnel

- LEGENDA / LEGEND**
- Você está aqui / You are here
 - Botão de alarme / Alarm push-button
 - Extintor de incêndio / Fire extinguisher
 - Boca de incêndio / Fire hose
 - Percurso normal de evacuação / Main evacuation route
 - Percurso alternativo de evacuação / Alternative evacuation route
 - Saída de piso / para o exterior / Exit of floor / to the outside
 - Ponto de reunião: / Meeting point:



Scale	Designed	Checked	Approved	File	Photo
1: 800				JF / C	Rev
					Rev
PLANTA DE EMERGÊNCIA ARMAZEM CONV. PAPEL 2					Subst
439.000					Subst