



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Luís Filipe Lança Polidoro Duarte

**CONCEÇÃO, DIMENSIONAMENTO E
INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE AUTOPROTEÇÃO
DE EDIFÍCIOS CONTRA INCÊNDIOS RURAIS**

VOLUME 1

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica no ramo de Produção e Projeto orientada pelo Professor Doutor José Carlos Miranda Góis e pelo Professor Doutor Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida e apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra ao Departamento de Engenharia Mecânica.

Agosto de 2023

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Conceção, dimensionamento e instalação de sistemas de autoproteção de edifícios contra incêndios rurais

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto.

Design, scaling and installation of self-protecting systems in buildings against rural fires

Autor

Luís Filipe Lança Polidoro Duarte

Orientadores

José Carlos Miranda Góis

Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida

Júri

Presidente	Professor Doutor Almerindo Domingues Ferreira Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra Professor Doutor Miguel Abrantes de Figueiredo Bernardo de Almeida
Orientador	Professor convidado da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Auxiliar Carlos Xavier Pais Viegas Professor convidado da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Coimbra, agosto, 2023

Agradecimentos

O trabalho aqui apresentado só foi possível com a ajuda de várias entidades e pessoas, às quais não posso deixar de prestar o meu profundo agradecimento e apreço.

Em primeiro lugar, gostava de agradecer o apoio do projeto “House Refuge”, projeto onde se integra esta dissertação, desenvolvido pela ADAI, e que proporcionou os meios para a realização deste trabalho.

Em segundo lugar, gostava de deixar uma nota de agradecimento aos dois orientadores que me guiaram ao longo deste projeto. O Professor Doutor José Carlos Góis e ao Professor Doutor Miguel Abrantes de Almeida por todo o incentivo, apoio e disponibilidade que me conseguiram oferecer desde o primeiro dia de desenvolvimento até à conclusão deste trabalho.

Queria também agradecer ao Professor Doutor Carlos Xavier Viegas pela formação dada acerca da navegação e filmagem utilizando um drone, muito importante para a análise das envolventes das habitações abrangidas por este projeto. Gostava ainda de agradecer ao técnico João Carvalho pelo apoio incansável nos ensaios realizados no LEIF.

Aos meus Pais, Irmão e à minha Família ficarei eternamente grato por terem tornado possível este capítulo da minha vida e proporcionarem sempre as condições necessárias para o meu desenvolvimento como ser humano e como profissional.

Finalmente, queria agradecer especialmente aos colegas e amigos, principalmente a Anthony Silva, Armando Pimenta, Daniel Alves, João Maia, Luís Fernandes e à namorada Inês Figueiredo por terem sido a minha segunda família na cidade de Coimbra e por terem sempre acreditado em mim ao longo deste percurso.

Muito Obrigado.

Resumo

Os incêndios rurais constituem um dos obstáculos à sustentabilidade da floresta e dos ecossistemas, devido ao efeito destrutivo que causam. Deixam animais sem *habitat*, aruínam os recursos naturais da floresta e contribuem para a diminuição da produção de oxigénio a nível global pois as florestas são o “pulmão” do Mundo. Por vezes atingem habitações e zonas de cultivo nas imediações provocando sérios problemas económicos e sociais. Atualmente, os incêndios rurais têm sido mais frequentes, sejam provocados por atividades do ser humano, sejam por causas naturais. A proteção das habitações é fundamental para evitar que as pessoas tenham prejuízos significativos e sejam obrigadas a abandonar esses territórios.

Este trabalho visa a conceção e dimensionamento de sistemas de autoproteção, que possam ser instalados em habitações isoladas localizadas em zonas rurais, que possam estar sujeitos à ação de incêndios vindo do exterior. Este trabalho integra-se no projeto “House Refuge”, sob coordenação da ADAI, e baseia-se no conceito de que um qualquer edifício, desde que devidamente preparado e equipado com sistemas de autoproteção poder servir de refúgio em caso de incêndio, quer de pessoas, bens ou animais.

Este trabalho analisa os modelos de autoproteção já desenvolvidos pela comunidade científica, a legislação em vigor em Portugal relacionada com a proteção contra incêndios rurais e os principais fatores de risco de incêndio na proximidade de habitações localizadas nessas áreas. É projetado e dimensionado um sistema de autoproteção, baseado em aspersores de água, para aplicação em duas habitações com características distintas, para servir de modelo a outras aplicações. É descrita a instalação do sistema numa das habitações e são apresentados os resultados do ensaio de modo a comprovar o seu correto dimensionamento, assim como a sua operacionalidade na proteção da habitação contra com a aproximação de um incêndio. Para que este tipo de sistema possa ser adotado pela comunidade é apresentado um programa de dimensionamento de sistemas de aspersão por água, elaborado em folha de Excel, que permite o dimensionamento para o mesmo tipo de materiais usados neste projeto ou outros compatíveis, sendo para tal necessário fornecer as características dos materiais.

Palavras-Chave: sistemas de aspersão, aspersores, água, incêndio rural, autoproteção de habitações

Abstract

Rural fires have always been one of the obstacles against forest and ecosystem sustainability because of their destructive effect. They destroy animal *habitats*, ruin the forest's natural resources, and contribute to lower the global levels of oxygen production as forests are the “lungs” of our world. Sometimes fires reach homes and nearby cultivation areas causing serious economic and social problems. Nowadays, rural fires have been more frequent, whether caused by human activities or by natural causes. The protection of the houses is essential to prevent people from suffering unaffordable loss and ultimately being forced to leave these territories.

This work aims to design and scale self-protection systems, which can be installed in isolated houses located in rural areas, which can be affected by fires coming from the outside. This work is part of the “House Refuge” project, under the coordination of ADAI, and is based in the concept that any building, as long as it is properly prepared and equipped with self-protection systems, can serve as a refuge to people, animals or goods in case of a fire.

This work analyses the self-protection models already developed by the scientific community, the current legislation in Portugal related to protection against rural fires and the main fire risk factors in the proximity of homes located in these areas. A self-protection system, based on water sprinklers, is designed and sized, for application in two buildings with different characteristics, to serve as a model for other applications. The installation of the system in one of the houses is described, and the results obtained in the test of the protections systems are presented in order to prove its correct scaling as well as its reliability in the protection of the designated building against the approach of fire.

So that this type of system to be adopted by the community, is presented a software for the scaling of water sprinkler systems, using an Excel sheet, which allows the scaling for similar materials used in this project or other compatible ones, in that case with the need to provide the characteristics of the materials.

Keywords: sprinkler systems, sprinklers, water, rural fires, building self-protection

Índice

Índice de Figuras	vii
Índice de Tabelas	x
Simbologia e Siglas	xi
Simbologia.....	xi
Siglas	xi
1. Introdução.....	1
1.1. Medidas legislativas.....	1
1.2. Medidas de informação direcionadas à comunidade que reside em zonas rurais... 4	
1.3. Projetos nacionais e internacionais de investigação de sistemas de autoproteção contra incêndio de habitações localizadas em espaços rurais.....	6
1.4. Objetivos de investigação	12
2. Fundamentos sobre sistemas de aspersão de água.....	0
2.1. Sistemas de aspersão de água	0
2.1.1. Tipos de sistemas de aspersão e tipo de aspersores.....	1
2.1.2. Fonte de abastecimento de água	4
2.1.3. Rede de distribuição	5
2.1.4. Sistema de pressurização	6
2.1.5. Válvulas	7
2.1.6. Sistema de ativação	9
2.2. Vulnerabilidades dos edifícios contra incêndios rurais	9
2.3. Localização típica dos sistemas de aspersores em função da sua tipologia.....	11
3. Análise dos casos de estudo	15
4. Cálculo hidráulico do sistema de aspersão	18
4.1. Perdas de carga	18
4.1.1. Perdas por elevação manométrica	19
4.1.2. Perdas dinâmicas	19
4.1.3. Perdas localizadas.....	21
4.2. Microsoft Excel ® para dimensionamento	22
4.3. Utilização e programação da folha de cálculo em Microsoft Excel ®	24
5. Dimensionamento do sistema de aspersão para a habitação II (aljezur).....	33
5.1. Material escolhido.....	33
5.2. Testes à rede de distribuição de água.....	34
5.3. Opções consideradas.....	35
5.3.1. Opção A.....	35
5.3.2. Opção B	35
5.4. Resultados analíticos.....	36
6. Dimensionamento do sistema de aspersão para a habitação I (Viseu).....	38
6.1. Material escolhido.....	38
6.2. Ensaio à rede de distribuição de água	38
6.2.1. Medição do caudal volúmico.....	38

6.2.2. Medição de pressão	39
6.3. Opções consideradas	40
6.3.1. Opção A	40
6.3.2. Opção B	40
6.3.3. Opção C	41
6.4. Resultados analíticos.....	42
6.5. Ensaio prévios ao funcionamento do sistema de aspersão	42
6.6. Resultados dos ensaios em laboratório	45
6.7. Instalação do sistema de aspersão na habitação I (Viseu)	50
7. Conclusões.....	53
Referências bibliográficas	55
Apêndice A.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Carta de Perigosidade de Incêndio Rural de 2023 em Portugal Continental [3]	3
Figura 1.2. Logótipo dos Programas Aldeia Segura e Pessoas Seguras [4].	5
Figura 1.3. Esquema geral de divulgação do Projeto “House Refuge” [6]	6
Figura 1.4. Ensaios de campo e de laboratório do projeto desenvolvido por Pedro Rodrigues [7]	7
Figura 1.5. Aspersores instalados na aldeia de Travessas, concelho de Arganil [11]	8
Figura 1.6. Aspersor instalado no projeto GUARDIAN, ampliado à direita [11]	9
Figura 1.7. Imagem Aérea dos danos causados em redor à aldeia de Carxaixent em oposição às imediações. [16]	10
Figura 1.8. Esquema de Funcionamento do Sistema FrontLine Wildfire Defense [14]	11
Figura 2.1. Esquema geral de funcionamento de um sistema de aspersão.	1
Figura 2.2. Instalação de um sistema húmido e o modelo da descarga de um aspersor [21].	2
Figura 2.3. Descarga de sistemas de dilúvio (aspersão convencional) [21].	2
Figura 2.4. Descarga de um sistema de neblina [21].	3
Figura 2.5. Descarga de um sistema de cortina (aspersão plana) [44].	3
Figura 2.6. Aspersores mais comuns utilizados na proteção de edifícios contra incêndios. a) Aspersor de borboleta; b) Aspersor de impacto; c) Aspersor de aspersão plana; d) Aspersor cónico [23].	4
Figura 2.7. Gama de tubos de aço de acordo com a norma EN 10255:2004 [30].	6
Figura 2.8. Pormenores do interior de válvulas de bloqueio. a)Válvula de gaveta; b)Válvula de globo; c)Válvula de borboleta [21].	8
Figura 2.9. Pormenor do interior de uma válvula de retenção. [21].	8
Figura 2.10. Exemplos de habitações que arderam pelo telhado [34].	10
Figura 2.11. Exemplos de Elementos com alguns danos, sem ignição do edifício [34]	11
Figura 2.12. Principais aplicações de sistemas de aspersão nos edifícios [adaptado de 29]	12
Figura 2.13. Esquema da Aplicação de Aspersores de impacto e de borboleta na cumieira da estrutura [adaptado de 35].	13
Figura 2.14. Esquema da aplicação de aspersores de borboleta, em tirantes verticais, próximo do edifício [adaptado de 35].	14
Figura 2.15. Esquema da Aplicação de aspersão plana diretamente abaixo dos beirais e direcionados à habitação [adaptado de 35].	14

Figura 3.1. Vista aérea das habitações I e II. a) Viseu (I); B) Aljezur (II). [36-37]	15
Figura 3.2. Localização das habitações modelo, assinaladas pelo retângulo dentro do mapa da perigosidade de incêndio rural [38]	16
Figura 4.1. Critérios para Classificação dos Regimes de Escoamento [40]	20
Figura 4.2. Separador “Instruções” e botão “Reiniciar”	24
Figura 4.3. Botões com opções no separador “Aspersores” e características do aspersor. 25	
Figura 4.4. Botões e Local introdução dados do separador “Fonte de abastecimento de água”	26
Figura 4.5. Definição de Intersecções e Saídas no separador “Detalhes Geométricos”	26
Figura 4.6. Local de introdução das elevações manométricas dos aspersores e intersecções	27
Figura 4.7. Local de Introdução dos coeficientes de perda localizada e botão de escolha. 27	
Figura 4.8. Local Introdução dos comprimentos de cada secção, total e abaixo do solo... 27	
Figura 4.9. Exemplo de caixa de validação dos tubos usados, verde válido, vermelho inválido.	28
Figura 4.10. Local de escolha dos diâmetros dos tubos, acima aço recomendado, abaixo outro material.	28
Figura 4.11. Verificação da necessidade de pressão adicional e detalhes da bomba hidráulica.	29
Figura 4.12. Lista de verificação dos requisitos fundamentais de projeto	30
Figura 4.13. Exemplo de sistema dimensionado incorretamente e lista de erros correspondente.....	30
Figura 4.14. Exemplo de sistema dimensionado corretamente	30
Figura 4.15. Exemplo de lista de materiais necessários para o sistema dimensionado	31
Figura 4.16. Separador “Conversor de Unidades” [40].....	31
Figura 5.1. Aspersor de Impacto de Latão de ½”, (Hidraulicart) [43].....	34
Figura 5.2. Esquema de Funcionamento da Opção A, Aljezur.	35
Figura 5.3. Esquema de Funcionamento da Opção B, Aljezur.	36
Figura 5.4. Pressão em cada um dos aspersores, opção A.....	36
Figura 5.5. Pressão em cada um dos aspersores, opção B.....	37
Figura 6.1. Esquema de funcionamento da opção A, Viseu.....	40
Figura 6.2. Esquema de funcionamento da opção B, Viseu	41
Figura 6.3. Esquema de funcionamento da opção C, Viseu.	41
Figura 6.4. Pressões nos aspersores, opção A	42
Figura 6.5. Ensaio de aspersão realizado no LEIF, Lousã.	43
Figura 6.6. União em T dos aspersores.	43

Figura 6.7. Representação da trajetória de aspersão (Não está à escala).....	44
Figura 6.8. Ensaio de verificação da distribuição espacial da água aspergida.	44
Figura 6.9. Vista em planta do ensaio de distribuição espacial da água aspergida.	46
Figura 6.10. Mapa 2D da quantidade de água recolhida, em mL, por recipiente ao fim de 5 minutos	47
Figura 6.11. Mapa 3D da quantidade de água depositada, em mL, por recipiente.	47
Figura 6.12. Vista em planta da área do ensaio e da área total de aspersão	49
Figura 6.13. Vista em planta da área onde se deposita 70,1% da água aspergida para um círculo completo	49
Figura 6.14. Parede este da habitação em Viseu e local da instalação do sistema	50
Figura 6.15. Detalhes da instalação do sistema	51
Figura 6.16. Uniões em T do sistema	51
Figura 6.17. Válvula de borboleta	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1. Resultados Obtidos para a habitação II, Aljezur.	36
Tabela 6.1. Resultados obtidos nas medições de caudal nas fontes A,B e C.	39
Tabela 6.2. Resultados das medições de pressão.....	39
Tabela 6.3. Resultados Obtidos nas Medições de Pressão.	42
Tabela 6.4. Quantidade de água em mL, depositados por recipiente no ensaio de 5 minutos.	46
Tabela 6.5. Quantidade de água em litros, estimada por recipiente após 1 hora de aspersão	48

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

P – Pressão

ρ – Densidade

V – Velocidade

g – Aceleração da Gravidade

Z – Altura

Δ – Variação

H_f – Perdas de Carga Dinâmicas

H_k – Perdas de Carga Localizadas

f – Coeficiente de Atrito

L – Comprimento

d – Diâmetro

ε – Rugosidade

e – espessura

k – Rugosidade relativa

D_i – Diâmetro Interno

Re_D – Número de Reynolds

ν – Viscosidade Dinâmica

K_n – Fator de Perda de Carga Localizada

Siglas

ADAI – Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial

AGIF – Associação para a Gestão Integrada de Fogos Rurais

ANAFRE-Associação Nacional de Freguesias

ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil

ANMP-Associação Nacional de Municípios Portugueses

AAPS-Áreas Prioritárias de Prevenção e Segurança
APSEI – Associação Portuguesa de Segurança de Empresas ou Indivíduos
APTA – Associação Portuguesa de Tubos de Aço
ASTM – American Society for Testing and Materials
DEM – Departamento de Engenharia Mecânica
DGT-Direção Geral do Território
DL-Decreto-Lei
EN-European Normative
FCTUC – Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
GUARDIAN-Green Urban Actions for Resilient Fire Defense of the Interface Area
ICNF – Instituto da Conservação da Natureza e Floresta
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISR – Instituto de Sistemas e Robótica
LEIF-Laboratório de Estudos sobre Incêndios Florestais
NFPA-National Fire Protection Association
NPT – National Pipe Thread
PVC-Policloreto de Vinilo
SGIFR-Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais
UC – Universidade de Coimbra
UIA-Urban Innovative Actions
WUIPROTECT-Wildland Urban Interface Defense System

1. INTRODUÇÃO

Os incêndios rurais são considerados catástrofes graves pelos danos causados a nível ambiental, económico e social, e por vezes causando perdas humanas. Nas últimas décadas esta situação tem ganho maior relevância na sociedade, nos meios de comunicação social e merecido uma maior atenção pelos governos e autoridades de proteção civil. A intervenção humana é fundamental na prevenção e combate, nomeadamente com a aplicação de medidas de prevenção e preparação, onde se incluem as medidas ativas de proteção.

Ao longo dos anos, o estudo, desenvolvimento e implementação de medidas para reagir a esta catástrofe levou à criação de um sistema público de gestão de incêndios rurais, complementado por entidades de outros setores, (e.g., científico), que vêm desenvolvendo soluções para a extinção e proteção contra o fogo, e ao desenvolvimento de sistemas de vigilância e monitorização da floresta, entre outras medidas.

Em Portugal continental, a tragédia resultante dos incêndios de 2017, que vitimaram mais de 100 pessoas, provocou um forte impacto na população e nos decisores políticos. Assim, foram tomadas diversas medidas para prevenir semelhante tragédia, desde a implementação e revisão da legislação de prevenção e combate de fogos rurais, divulgação de informação à comunidade para os perigos dos incêndios rurais e o apoio a projetos de investigação orientados para a vigilância e monitorização, desenvolvimento de medidas de autoproteção e combate de incêndios rurais. Para que se possa conhecer e perceber a dimensão dos desenvolvimentos mais significativos, nas três áreas atrás referidas, apresenta-se um breve resumo das medidas legislativas e informativas dos projetos de investigação implementados.

1.1. Medidas legislativas

Em Portugal, o diploma legal mais recente em matéria de prevenção e combate de incêndios rurais é o Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro [1], e que estabelece o Sistema de Gestão Integrada de Fogos Rurais (SGIFR) no território continental e define as suas regras

de funcionamento. Deste Decreto-Lei (DL) importa destacar para o contexto desta dissertação:

O artigo 22 “Deveres dos proprietários de edifícios”, estabelece a importância do proprietário de um edifício adotar as melhores práticas de autoproteção e redução de ignições, procurando impedir a entrada de material incandescente. O proprietário deve também executar a gestão de combustível de proteção do edifício garantindo que no seu exterior não existam depósitos contíguos de material altamente inflamável. Em caso de incêndio, os danos devem ser reportados à câmara municipal.

Os artigos 41, 42 e 43 definem a cartografia de risco de incêndio rural em Portugal Continental, como sendo a combinação da carta de perigosidade de incêndio rural (Figura 1.1) com a carta de risco de incêndio rural. A carta de risco de incêndio rural identifica a presença de valor económico tangível e intangível, e orienta as políticas de salvaguarda de pessoas e bens, enquanto a carta de perigosidade identifica os territórios de Portugal Continental onde os incêndios são mais prováveis e podem ser mais severos [2]. A elaboração da cartografia de risco é realizada pelo ICNF em articulação com a Associação Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), a Direção Geral do Território (DGT) e a Agência para a Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF).

O território de Portugal Continental está mapeado em cinco classes de perigosidade de incêndio rural: “muito baixa”, “baixa”, “média”, “alta” e “muito alta”. Os territórios identificados com as classes de perigosidade “alta” e “muito alta” constituem as Áreas Prioritárias de Prevenção e Segurança (APPS).

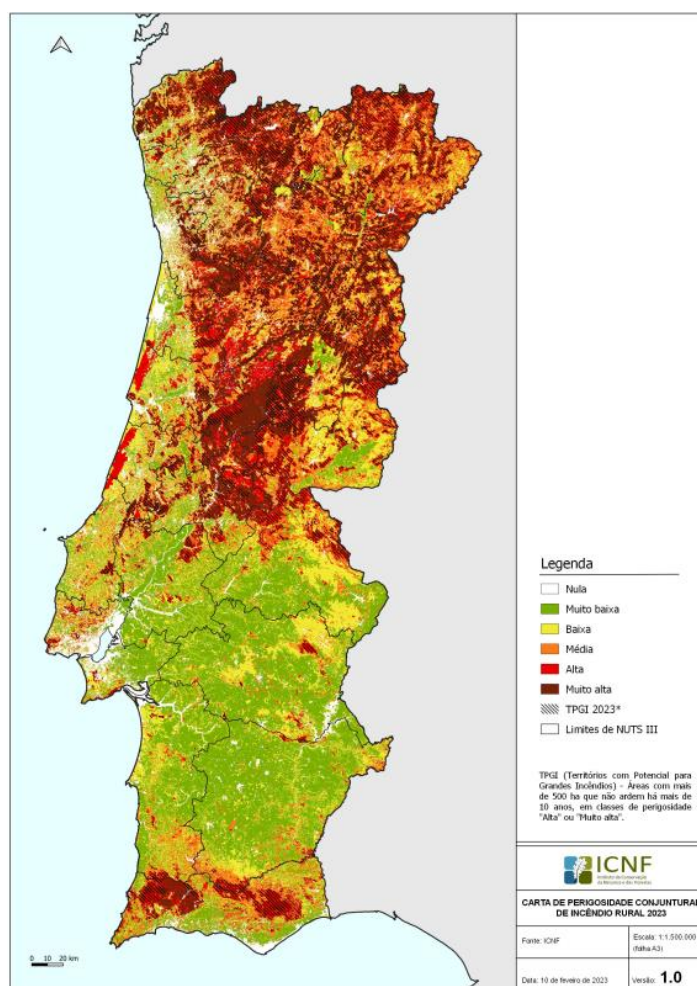


Figura 1.1. Carta de Perigosidade de Incêndio Rural de 2023 em Portugal Continental [3]

Para as APPS estão previstas medidas especiais de proteção, estabelecidas no artigo 60º e 68º do referido DL. De acordo com o artigo 60º são interditos os usos e as ações de iniciativa pública ou privada que se traduzam em operações de loteamento e obras de edificação. Na ausência de alternativas de relocalização para fora das APPS existem algumas recomendações, que quando aplicadas corretamente podem constituir uma exceção ao artigo 60º. Importa referir a imposição de medidas para minimizar o risco de incêndio rural, com a criação de uma faixa de gestão de combustível de 50 m em redor do edifício, a adoção de medidas de proteção relativas à resistência do edifício à passagem do fogo e ainda a adoção de medidas relativas à contenção de possíveis fontes de ignição. As APPS também estabelecem restrições quanto à sua utilização, pelo artigo 68, que limita atividades que necessitem de concentração de pessoas em território florestal, proibindo a utilização de

máquinas e equipamentos industriais de recreio, assim como a circulação ou permanência de pessoas em área florestal e ainda a utilização de aeronaves não tripuladas.

O artigo 61º estabelece que as edificações fora das APPS, mas que se situem em território florestal ou a menos de 50 metros, também devem aplicar medidas de proteção relativas à resistência do edifício à passagem do fogo e à contenção das possíveis fontes de ignição.

1.2. Medidas de informação direcionadas à comunidade que reside em zonas rurais

O governo, em Conselho de Ministros n.º 157-A/2017 de 27 de outubro, estabeleceu um conjunto de medidas destinadas a “introduzir uma reforma sistémica na prevenção e combate aos incêndios florestais, estendendo-se a outras áreas de proteção e socorro”.

Dois programas de cariz público (Figura 1.2): (1) Aldeia Segura e (2) Pessoas Seguras [4] foram criados como resposta à tragédia do incêndio de 2017, em Pedrogão Grande, o incêndio considerado mais trágico registado em Portugal, que provocou inúmeras perdas de vidas humanas e danos materiais irreparáveis, sendo apontadas falhas nas medidas de prevenção e socorro.

O programa “Aldeia Segura” é definido como um “Programa de Proteção de Aglomerados Populacionais e de Proteção Florestal” e estabelece “medidas para a proteção de pessoas e bens, e dos edificados na interface urbano-florestal, com a implementação e gestão de zonas de proteção aos aglomerados e de infraestruturas estratégicas, identificando pontos críticos e locais de refúgio”.

O programa “Pessoas Seguras” promove “ações de sensibilização para a prevenção de comportamentos de risco, medidas de autoproteção e realização de simulacros de planos de evacuação, em articulação com as autarquias locais”.

A aplicação destes programas decorre ao abrigo de um Protocolo entre a ANEPC, a Associação Nacional de Municípios Portugueses (ANMP) e a Associação Nacional de Freguesias (ANAFRE) e tem como finalidade desenvolver ações nos seguintes níveis:

- Proteção dos aglomerados: ações que visam a gestão de zonas de proteção aos aglomerados localizadas na interface urbano-florestal, de modo a reduzir a possibilidade de afetação das edificações por incêndios rurais;
- Prevenção de comportamentos de risco: ações de sensibilização destinadas a reduzir o número de ignições causados por comportamentos de risco associados ao uso de fogo;
- Sensibilização e aviso à população: ações visando sensibilizar e informar a população acerca do risco de incêndio rural vigente e das condutas de autoproteção a adotar em caso de possibilidade de aproximação de um incendio rural;
- Evacuação de aglomerados: ações destinadas a preparar e executar uma evacuação espontânea ou deliberada de um aglomerado face à aproximação de um incêndio rural;
- Locais de abrigo e de refúgio: ações destinadas a selecionar e preparar espaços ou edifícios de um determinado aglomerado para servirem de abrigo (em espaço fechado) ou refúgio (em espaço aberto) durante a passagem de um incêndio rural, nos casos em que tal seja a opção mais viável ou a única possível.



Figura 1.2. Logótipo dos Programas Aldeia Segura e Pessoas Seguras [4].

1.3. Sistemas de autoproteção contra incêndios

O projeto de investigação House Refuge, no qual se integra esta dissertação, assenta no conceito de que um edifício desde que devidamente preparado e equipado pode servir de local de refúgio em caso de emergência devido a um incêndio. [6]. É um projeto que vem reforçar o conceito de que a população deve-se munir de sistemas de autoproteção, porque em cenários de catástrofe, os meios de proteção civil poderão não ser suficientes. Deste modo, pretende-se criar um modelo que, com base no comportamento do fogo, em função da meteorologia típica e topografia, permita determinar a área de gestão e combustíveis que melhor se adequa a cada local, assim como a possibilidade de utilização de sistemas de aspersores que permitam mitigar o risco de incêndio quando as medidas passivas são insuficientes ou difíceis de cumprir, por questões de urbanização, ou valor ecológico. A presente dissertação prende-se na conceção, dimensionamento e instalação desses mesmos sistemas de autoproteção em duas habitações com características distintas e na sua eventual aplicabilidade a outras habitações.

A Figura 1.3 descreve os principais objetivos do projeto House Refuge e as entidades parceiras nas investigações.



Figura 1.3. Esquema geral de divulgação do Projeto "House Refuge" [6]

Associado a este projeto, foi desenvolvido por Rodrigues (2022), um estudo que efetua uma análise da eficiência de sistemas de autoproteção de incêndios na interface

urbano-florestal [7]. Este estudo consistiu na montagem de vários aspersores canhão, aspersores Super-Cris [8], para a realização de diversos ensaios de campo e de laboratório (Figura 1.4).



Figura 1.4. Ensaios de campo e de laboratório do projeto desenvolvido por Pedro Rodrigues [7]

Este estudo revelou que os referidos aspersores apresentarem uma boa eficiência na diminuição da frente de chama, podendo levar à sua extinção nos casos em que o sistema seja ativado em devido tempo. Mostrou também que a eficiência destes sistemas de aspersão é bastante afetada pelas condições meteorológicas, principalmente a velocidade e ocorrência de rajadas de vento. Evidenciou ainda a importância da utilização de tubos rígidos entre aspersores, de forma a mitigar as perdas de carga entre os mesmos, assim como a importância da utilização de reservatórios de água e fontes de energia elétrica independentes, com o uso de geradores elétricos, já que em caso de incêndio rural é muito provável haver falha na rede elétrica ou no abastecimento de água.

O projeto FireProtect, concluído em 2019, visou a criação de sistemas de proteção de pessoas e elementos críticos expostos a incêndios florestais, e teve como objetivo aumentar a segurança de bens e populações face à aproximação de um incêndio florestal, facilitando assim a atuação dos agentes de combate ao fogo [9].

O projeto foi desenvolvido pela Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI) e pelo Instituto de Sistemas e Robótica (ISR), com a parceria da Universidade de Coimbra, do Instituto da conservação da Natureza e Florestas (ICNF), da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) e ainda da Associação para a Gestão Integrada de Fogos Rurais (AGIF). Inserido neste projeto, foi desenvolvido pela

ADAI, sob coordenação do Professor Domingos Xavier Viegas, um sistema de proteção contra incêndio, constituído por uma linha de aspersores de água (Figura 1.5), repartidos em quatro módulos localizados na aldeia de Travessas, no concelho de Arganil [10]. Este sistema de aspersão de água utilizava aspersores canhão que foram instalados na periferia da aldeia de Travessas, contribuindo para a segurança de pessoas e bens em situação de ameaça, tendo os habitantes recebido formação sobre o funcionamento dos aspersores de modo a conseguirem ativar o sistema em caso de emergência.



Figura 1.5. Aspersores instalados na aldeia de Travessas, concelho de Arganil [11]

O objetivo principal destes aspersores é diminuir a intensidade de chama na aproximação à aldeia, tentando assim prevenir ignições ou atenuar a intensidade do fogo. As conclusões desse projeto foram que os sistemas de aspersores seriam uma boa solução para aumentar a segurança das aldeias e bens, sendo sistemas económicos, simples, que podem ser comandados remotamente e proporcionar autonomia em termos de proteção das populações locais.

O projeto “Green Urban Actions for Resilient Fire Defence of the Interface Area” (GUARDIAN), desenvolvido pela “Urban Innovative Actions” (UIA), foi criado com o intuito de proporcionar segurança adicional aos habitantes de uma pequena aldeia, Ribaroja, perto de Valência, em território espanhol [15].

Consistiu num conjunto de torres muito semelhantes aos postes de iluminação noturna, mas com aspersores de canhão de água de elevado caudal instalados no topo (Figura 1.6), de forma a humidificar as árvores e vegetação em seu redor com o intuito de reduzir a intensidade de fogo e assim facilitar a proteção da aldeia aos meios de socorro. [16]



Figura 1.6. Aspersor instalado no projeto GUARDIAN, ampliado à direita [11]

O sistema é composto por quarenta torres equipadas e localizadas estrategicamente à volta da aldeia e reutiliza a água das casas que se situam perto das torres. Isto permite um melhor aproveitamento da água, que já foi utilizada nas casas e que é depois encaminhada para a sua segunda função, humidificar a vegetação, atrasando o avanço e a intensidade do fogo.

O sistema dispõe ainda de uma segunda linha de defesa, o sistema de sensores de humidade instalados nas proximidades das torres de aspersão, e que proporcionam informações 24 horas por dia acerca dos níveis de humidade e correspondente risco de incêndio. Baseando-se nestes dados, o sistema pode ser colocado num nível de alerta superior, se o risco de incêndio aumentar.

Em junho de 2023, foi feito um estudo sobre a atratividade económica deste tipo de solução, tendo-se chegado à conclusão de que o sistema era competitivo economicamente, visto que os benefícios ambientais e sociais ultrapassam em muito os custos do projeto, e

persistem durante um período longo de tempo [17]. Contudo, o projeto GUARDIAN ainda não foi posto à prova, desde a sua implementação em 2022, no entanto, um projeto muito semelhante a este, criado em 2006, foi testado em 2016 em condições reais durante um incêndio rural.

Em Carxaixent, perto de Valência, foi implementado o projeto Wildland Urban Interface Defense System (WUIPROTECT) que pode ser consultado em: [18]. A principal diferença deste projeto para o projeto GUARDIAN é que utilizava água potável, o que encarece o custo do processo. Durante um incêndio o sistema foi ativado horas antes da aproximação do incêndio, tendo contribuído para a diminuição dos riscos da população e dos profissionais intervenientes através da diminuição da temperatura e da radiação incidente e para a extinção de ignições secundárias. Imagens aéreas dos danos causados pelo incêndio em redor da aldeia de Carxaixent, que escapou aos efeitos mais devastadores, são uma boa prova de que o sistema proporciona uma boa proteção (Figura 1.7). No entanto, sem a presença dos profissionais de emergência, o cenário poderia ter sido diferente [19].

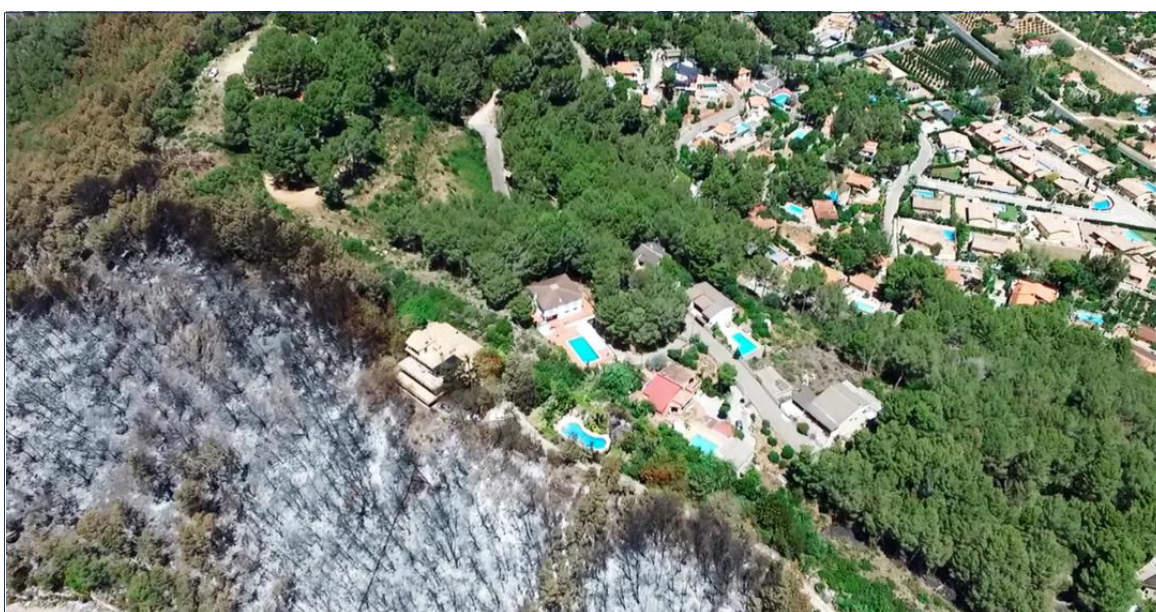


Figura 1.7. Adaptado da imagem aérea dos danos causados em redor à aldeia de Carxaixent em oposição às imediações (perímetro de aspersores representado a vermelho) [16]

A Frontline WildFire Defense é uma empresa norte americana, criada em 2012 em Jackson Hole, Wysoconsin cujo objetivo sempre foi o desenvolvimento de sistemas de

proteção contra o fogo que fossem eficazes na proteção de pessoas e bens, mas também com a finalidade de proteger a natureza e os seus processos naturais [12].

Um sistema de aspersores (Figura 1.8) localizados em locais estratégicos do edifício, geralmente na cobertura, para aspersão de espumas, criado pela empresa norte americana “Frontline WildFire Defense” [12, 13] tem a desvantagem de ser economicamente mais caro por comparação com os aspersores de água e além disso são menos eficientes, devido ao tamanho de gota ser bastante reduzido quando se utiliza este tipo de espumas. O tamanho de gota é um fator importante, pois a influencia do vento reduz à medida que o tamanho de gota vai aumentando [24],[25] e [26].

Este sistema tem incorporado um sistema de ativação remoto, muito importante para o utilizador poder proteger a sua casa mesmo à distância, através de uma ligação Wi-Fi à internet, não colocando em risco a sua segurança e garantindo uma resposta mais rápida. Para além disso, também permite a monitorização dos incêndios ativos na zona circundante do edifício, enviando alertas ao utilizador e permitindo que este ative o sistema no momento que for mais adequado [13]. Porém, em situações de incêndio rural, a ligação à internet pode ser comprometida, pelo que seria aconselhado outro tipo de ativação/monitorização neste sistema.

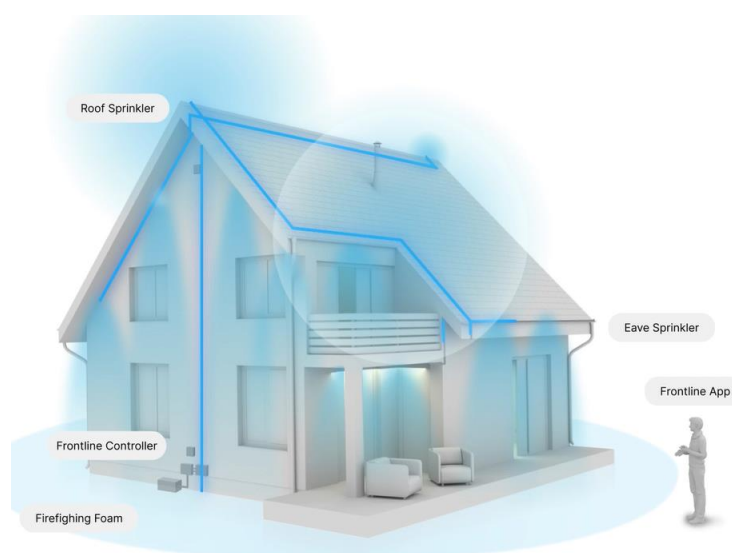


Figura 1.8. Esquema de Funcionamento do Sistema FrontLine Wildfire Defense [14]

Após analisar as legislações mais importantes e os principais projetos desenvolvidos neste ramo da proteção de edifícios contra incêndios rurais, é evidente que é uma área sub-

desenvolvida, com poucos estudos efetuados. Existem sim, patentes e estudos na proteção de edifícios contra o fogo com ignição no interior do mesmo, no entanto quando o incêndio é proveniente do exterior da habitação os mesmos tornam-se ineficientes e inutilizáveis por diversos fatores.

Refletindo mais uma vez acerca da seriedade da problemática dos incêndios rurais e à pouca informação fidedigna existente acerca da proteção de edifícios contra os mesmos, torna-se cada vez mais urgente o estudo e o teste dos mais diversos sistemas de aspersão que existem no mercado, a sua eventual aplicabilidade e a eficiência dos mesmos para a extinção das fontes de ignição.

1.4. Objetivos de investigação

A presente dissertação prende-se na conceção, dimensionamento e instalação de um sistema de proteção contra incêndios rurais por aspersão de água, semelhante aos revistos anteriormente, em duas habitações com características distintas e na sua eventual aplicabilidade a outras habitações.

Pretende-se que esse sistema de aspersão seja o mais eficiente e seguro possível, utilizando os materiais mais aconselhados para a proteção contra incêndios, desde aspersores até tubos, bombas e válvulas. Ao mesmo tempo pretende-se que o sistema seja o mais simples possível, de maneira a reduzir ao máximo o fator económico e apelar á reprodutibilidade do sistema.

Um dos objetivos principais desta dissertação é testar a eficácia do sistema de aspersão aqui concebido. Para tal o sistema irá ser testado previamente em vários fatores. Os principais serão a área de aspersão, e a taxa de deposição e homogeneidade da água aspergida. Estes fatores serão depois comparados com outros estudos que foram já efetuados neste ramo, e prever assim a real eficácia do sistema de aspersão desenvolvido.

Finalmente, esta dissertação passa também pela criação de um programa em Microsoft Excel®, da versão 2308, capaz de prever as perdas de pressão para um sistema de aspersores semelhante ao desenvolvido nesta dissertação, com o intuito de ajudar futuros projetistas que pretendam instalar este sistema de proteção.

Com o desenvolvimento do programa de dimensionamento, e devido ao baixo custo económico do sistema, estão reunidas as condições ideais para que o sistema desenvolvido nesta dissertação possa chegar ao público geral, por forma a garantir alguma autonomia em termos de proteção contra incêndios rurais, em caso de catástrofe, não deixando esse mesmo público totalmente dependente da intervenção dos meios de socorro e emergência.

2. FUNDAMENTOS SOBRE SISTEMAS DE ASPERSÃO DE ÁGUA

2.1. Sistemas de aspersão de água

Neste capítulo procede-se a uma atualização da revisão bibliográfica acerca dos sistemas de aspersores de água estudados em outros trabalhos e outros disponíveis no mercado, refletindo sobre as vantagens e desvantagens de cada um, assim como a sua possibilidade de aplicação na proteção de edifícios contra os incêndios rurais.

Os sistemas de aspersão de água são essencialmente constituídos por [20]:

- Aspersores;
- Fonte de abastecimento de água;
- Rede de distribuição;
- Sistemas de pressurização;
- Válvulas de controlo ou/de seccionamento;
- Sistema de alarme;
- Sistema de ativação.

Os aspersores podem ser instalados na rede urbana de abastecimento de água ou a fonte própria de abastecimento. Se a fonte de abastecimento de água não tiver uma pressão suficiente para o correto funcionamento dos aspersores, deve ser utilizado um sistema de pressurização, com a instalação de bomba hidráulica. Para controlar a circulação da água na rede de distribuição devem ser usadas válvulas.

Na Figura 2.1 é apresentado um esquema geral do funcionamento de um sistema de aspersão de água, evidenciando a fonte de alimentação, a rede de distribuição, o sistema de pressurização e os aspersores.

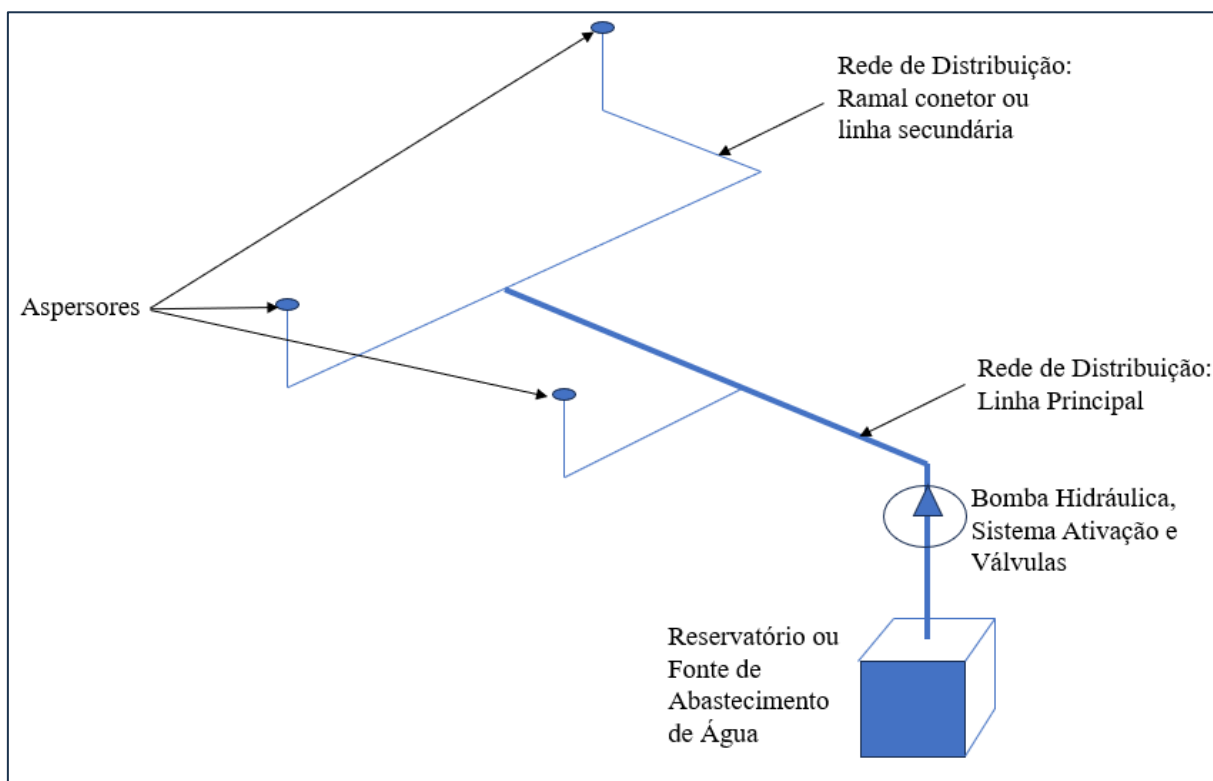


Figura 2.1. Esquema geral de funcionamento de um sistema de aspersão.

2.1.1. Tipos de sistemas de aspersão e tipo de aspersores

Existem essencialmente quatro tipos de configurações de aspersão de água. Os sistemas do tipo: (1) húmido, (2) dilúvio, (3) neblina e (4) de cortina. Os três primeiros contribuem para a extinção de um incêndio através da redução da temperatura, redução da intensidade de chamas na aproximação ao edifício e extinção de possíveis ignições no exterior do edifício e na sua proximidade, enquanto os sistemas de cortina de água proporcionam uma barreira física entre o fogo e a zona a ser protegida [21].

Os sistemas do tipo húmido (Figura 2.2) são sistemas que se caracterizam por manterem permanentemente água pressurizada na rede de distribuição aos aspersores. Os aspersores funcionam de forma independente, e efetuam a descarga quando o alarme é ativado. Ao ser efetuada a descarga, ocorre uma perda de pressão no sistema, que é automaticamente ativado de forma a compensar e repor esta perda. Este tipo de sistema é usado em geral em edifícios industriais, de serviços ou mesmo comerciais.

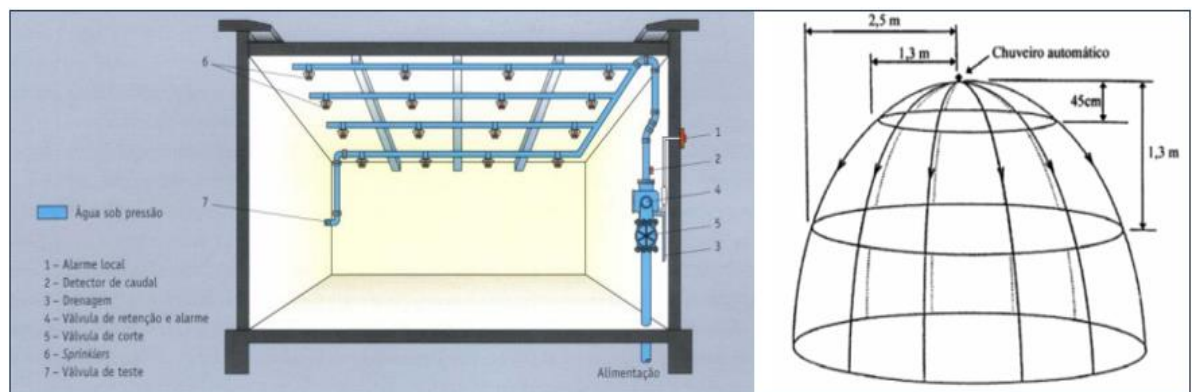


Figura 2.2. Instalação de um sistema húmido e o modelo da descarga de um aspersor [21].

Os sistemas do tipo dilúvio caracterizam-se essencialmente por utilizarem os aspersores mais comuns do mercado, alguns até utilizados para irrigação na agricultura, com diferentes geometrias e características de aspersão (Figura 2.3). Este tipo de sistemas têm os aspersores permanentemente abertos. O controlo é efetuado por válvulas, mantendo-se a circulação da água na rede fechada até ser detetado o incêndio e ser feita a ativação. Geralmente, por questões de segurança, é usual utilizar-se um comando manual, em paralelo com o acionamento automático, de forma a permitir a ativação manual do sistema em caso de falha dos outros métodos de ativação [21].



Figura 2.3. Descarga de sistemas de dilúvio (aspersão convencional) [21].

Os sistemas de neblina (Figura 2.4) são sistemas muito semelhantes aos de dilúvio, diferenciando-se destes pela dimensão das gotas projetadas. Os sistemas de neblina geralmente possuem gotas com um tamanho na ordem dos 0,01 mm a 0,1 mm, enquanto os aspersores convencionais tendem a projetar gotas que podem chegar a atingir 1 mm (designadas por gotas gordas). Em regra, para atingir gotas de uma ordem tão reduzida, os sistemas de aspersão de neblina requerem pressões de trabalho superiores às expectáveis

para os aspersores convencionais, de dilúvio, constituindo por isso uma desvantagem em relação aos outros sistemas.



Figura 2.4. Descarga de um sistema de neblina [21].

Os sistemas de cortina (Figura 2.5) operam segundo um princípio diferente dos anteriores, geralmente são utilizados para assegurar uma maior resistência à passagem do fogo, constituindo assim uma barreira entre a frente de chamas e as paredes do edifício ou a zona que se pretende proteger. Usualmente estes aspersores são aplicados na vertical, próximos das paredes, mas podem ser aplicados diretamente contra as paredes em questão, criando, por efeito da gravidade, um “filme” fino de água à superfície da parede, que permite a absorção de calor gerado pelo incêndio [22].

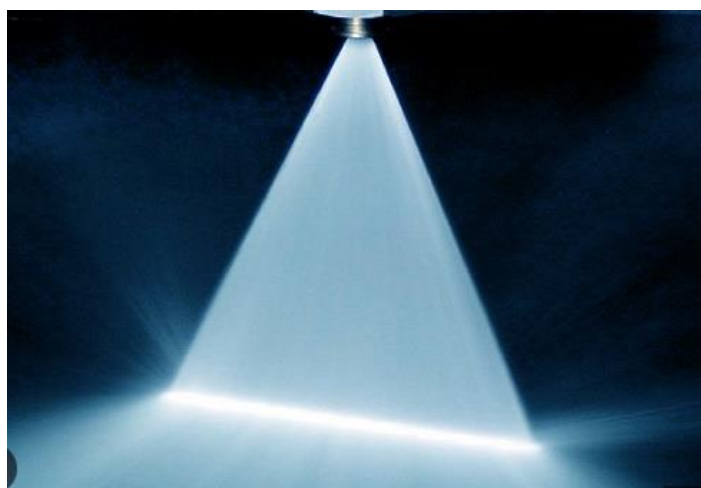


Figura 2.5. Descarga de um sistema de cortina (aspersão plana) [44].

Para estes sistemas de aspersão existem já muitos aspersores no mercado, com caudais e alcances diferentes. A Figura 2.6 identifica alguns dos aspersores mais comuns existentes no mercado utilizados em sistemas de dilúvio (a), (b), (d), e de aspersão plana (c).



Figura 2.6. Aspersores mais comuns utilizados na proteção de edifícios contra incêndios. a) Aspersor de borboleta; b) Aspersor de impacto; c) Aspersor de aspersão plana; d) Aspersor cônico [23].

Como já referido anteriormente, uma das principais diferenças entre cada um destes aspersores, para além do caudal alcance, é a homogeneidade da dispersão da água e o tamanho de gota. Não existem muitos estudos que relacionem o tamanho de gota com a homogeneidade da água aspergida na área abrangida pelos aspersores, no entanto, vários autores tendem a recomendar a utilização de aspersores de gota gorda para evitar que fatores como o vento, e as suas rajadas súbitas, influenciem no comportamento e na distribuição espacial da água [24-26]. De acordo com o procedimento experimental efetuado por Alan Green [26], existe uma diferença considerável no arrasto provocado pelo vento entre as gotas finas e gotas gordas. Para as gotas mais gordas foi verificado que mesmo em casos em que a aspersão é efetuada no sentido contrário ao vento, as mesmas conseguem atingir vários metros de alcance. Por sua vez, as gotas mais finas sofreram um desvio de trajetória acentuado, com situações em que após percorrerem 0,5 metros as gotas passavam a ser direcionadas essencialmente pelo vento. Outra conclusão importante deste estudo foi que a influência do vento também pode ser reduzida quando os aspersores são instalados no edifício, no lado sotavento da estrutura.

2.1.2. Fonte de abastecimento de água

A fonte de abastecimento de água pode ser pública, utilizando a água da rede pública, de cariz privativo em que são utilizados reservatórios privados e ainda do tipo misto, em que

se utilizam os dois . Para a escolha da fonte de abastecimento de água é fundamental saber que durante um incêndio rural, há muitas vezes perdas de pressão na rede pública de água, assim como cortes no fornecimento de energia elétrica aos edifícios. Como tal, é recomendado que sistemas de aspersores instalados com o intuito de proteger os edifícios dos incêndios rurais tenham a sua própria fonte de abastecimento de água e fonte de energia elétrica, se os sistemas de acionamento forem elétricos [23], [25].

Os reservatórios de água podem ser instalados de três formas distintas: elevado, à superfície ou enterrado. Nas situações em que os reservatórios sejam colocados no terreno, quer à superfície, quer enterrados, é recomendado proceder a sua instalação num local próximo ao grupo hidráulico, de preferência a um nível elevado relativamente a este último, para garantir em permanência à carga em qualquer condição de solicitação do sistema. Para tornar o sistema resistente ao incêndio, é recomendado a utilização de reservatórios de metal ou cimento, podendo ainda serem utilizados reservatórios de polietileno, caso se admita que a intensidade do incêndio seja baixa [27]. Em relação à fonte de abastecimento, recomenda-se a instalação de um sistema que permita fornecer água à rede de aspersores através de outros meios, como autotanques, bocas de incêndio ou marcos de água. Para além disso, é recomendado que os reservatórios de água tenham capacidade para suportar o funcionamento do sistema, desde uma duração mínima de 30 minutos até um máximo de 90 minutos, de acordo com a tipologia e carga térmica dos materiais combustíveis na envolvente do edifício [28].

2.1.3. Rede de distribuição

A rede de distribuição é constituída essencialmente por tubos, que transportam a água desde a fonte de abastecimento até aos aspersores, e que podem ser de diversos materiais. Divide-se a rede de distribuição em linha principal, linhas secundárias ou ramais e sub-ramais, onde se encaixam os aspersores [29]. Muitas vezes são aconselhados tubos rígidos de maneira a reduzir as perdas de carga dinâmica ao longo da rede. Em Portugal, geralmente são utilizados tubos de aço inoxidável, de acordo com a norma EN 10255:2004 (Figura 2.7), conforme definido pela Associação Portuguesa de Tubos de Aço (APTA), por conferirem não só resistência à oxidação, como também possuírem boa resistência a altas temperaturas [30].

Dimensão nominal (DN)	Dimensão da rosca (R)	Dimensão exterior (D) mm	Espessura da Parede (T) mm																			
			1,8	2,0	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4,0	4,5	5,0	5,4									
DN 10	3/8	17,2	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
DN 15	1/2	21,3	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
DN 20	3/4	26,9	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
DN 25	1	33,7	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
DN 32	1 1/4	42,4	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
DN 40	1 1/2	48,3	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
DN 50	2	60,3	○	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
DN 65	2 1/2	76,1	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●
DN 80	3	88,9	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
DN 100	4	114,3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DN 125	5	139,7	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
DN 150	6	165,1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

● Série Média (M) ● Série Pesada (H) ○ Tipo Ligeiro 1 (L1) ● Tipo Ligeiro 2 (L2)

Estado das extremidades: lisas, ranhuradas ou roscadas.

Figura 2.7. Gama de tubos de aço de acordo com a norma EN 10255:2004 [30]

Contudo, muitas vezes são utilizados tubos em PVC. Os tubos de PVC não são aconselhados para sistemas que estejam sujeitos à ação de temperaturas elevadas, no entanto, são os mais utilizados na agricultura devido ao facto de serem muito baratos em comparação com outros materiais, e pelo facto de serem materiais com rugosidade interna bastante reduzida [31]. Isto faz com que as perdas de carga contínuas tenham valores reduzidos, contribuindo para baixar a perda de carga total. Assim, apesar de não serem aconselhados para sistemas sujeitos a temperaturas elevadas nas imediações, poderão eventualmente ser uma boa opção a aplicar nos ramais que estejam localizadas abaixo do nível do solo. O solo tem, neste caso, função de isolante térmico para estas partes da tubulação, permitindo a sua utilização.

2.1.4. Sistema de pressurização

O sistema de pressurização é constituído principalmente por uma bomba hidráulica principal, um coletor de aspiração, um coletor de impulsão, válvulas de secionamento e de controlo e aparelhagem de medição de sinal de incêndio na proximidade e de acionamento do sistema, seja automaticamente com base neste sinal seja por outra ordem automática ou manual [32]. Para sistemas húmidos, que funcionam por descarga de água, é necessária a utilização de uma bomba-jockey. O objetivo da bomba-jockey é evitar a operação indevida da bomba principal para compensar pequenos e eventuais vazamentos que possam ocorrer

na rede. A bomba-jockey tem a função de manter a água da rede do sistema de aspersores a jusante da bomba principal, a uma pressão imediatamente superior à pressão máxima de funcionamento da bomba principal quando não ocorre descarga [29].

Sendo as bombas um elemento fundamental para o funcionamento destes sistemas e de muito outros sistemas hidráulicos, existem várias opções disponibilizadas no mercado, das quais se destacam [32]:

- Bombas centrífugas de eixo-horizontal com câmara bi-partida;
- Bombas centrífugas normalizadas do tipo “end-suction”;
- Bombas submersíveis de coluna;
- Bombas multicelulares horizontais com múltiplas saídas (aplicação em edifícios altos);
- Bombas de carroto para espuma;
- Bombas multicelulares verticais.

As bombas hidráulicas dependem diretamente do fornecimento de energia elétrica, que pode ser interrompido durante um incêndio, pelo que para a sua utilização em sistemas de combate a incêndio deve ser previstos geradores elétricos capazes de fornecer energia elétrica em caso de interrupção da energia da rede elétrica . Outra opção consiste ainda na utilização de um conjunto moto-bomba, capaz de funcionar de forma autónoma.

2.1.5. Válvulas

As válvulas permitem controlar a circulação de água na rede. As válvulas mais utilizadas em sistemas automáticos de aspersão de água são as seguintes [32]:

- Válvulas de bloqueio;
- Válvulas de retenção;
- Válvulas de automáticas de controlo;
- Válvulas de controlo de pressão.

As válvulas de bloqueio têm como função bloquear e desbloquear a circulação de água na rede, sempre que se pretenda ligar ou desligar o sistema, de forma a permitir reparações ou manutenções do sistema. As principais válvulas de bloqueio no mercado são as válvulas de gaveta, de globo e de borboleta. A válvula de globo, é das três a que tem associada a maior perda de carga localizada. As válvulas de gaveta e de borboleta diferenciam-se pelo

facto da gaveta permitir apenas o fecho ou abertura total da circulação de água na rede enquanto a de borboleta permitir regular o nível de bloqueio.

A Figura 2.8. mostra os pormenores do interior das três válvulas de bloqueio acima descritas.

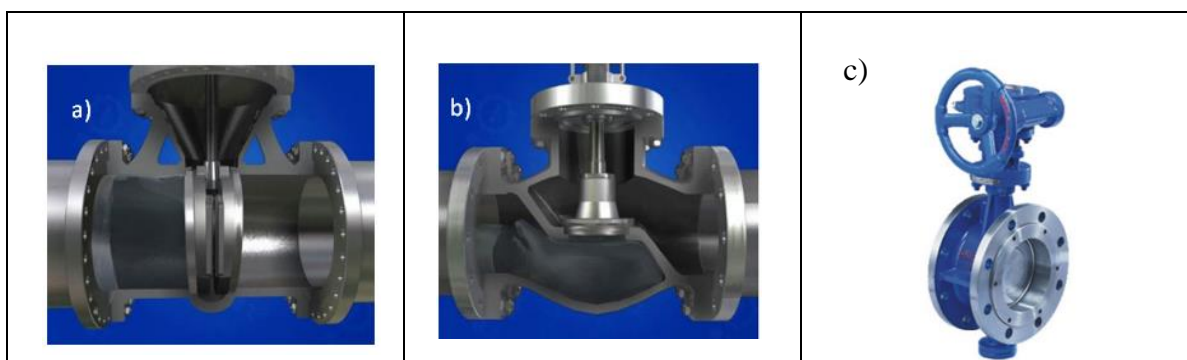


Figura 2.8. Pormenores do interior de válvulas de bloqueio. a) Válvula de gaveta; b) Válvula de globo; c) Válvula de borboleta [21]

As válvulas de retenção permitem que o escoamento se movimente apenas num sentido, importante em alguns sistemas hidráulicos. As mais utilizadas são as de portinhola e as de pistão ou levantamento. A Figura 2.9 mostra o interior de uma válvula de retenção.



Figura 2.9. Pormenor do interior de uma válvula de retenção. [21]

As válvulas automáticas de controlo são basicamente válvulas de retenção, que permitem a passagem da água do reservatório para a rede de distribuição. Estas válvulas podem ser comandadas por diversos meios, sejam eles: mecânicos, elétricos, pneumáticos ou hidráulicos.

Para regular o excesso de pressão da água na rede existem as válvulas de controlo de pressão, das quais se destacam as válvulas de segurança e as válvulas redutoras de pressão. As válvulas redutoras de pressão, como o nome indica, têm a função de regular automaticamente a pressão da água na rede imediatamente a jusante da mesma. Por sua vez, as válvulas de segurança têm a funcionalidade de reduzir a pressão caso a pressão suba até valores próximos do máximo permitido para a rede.

2.1.6. Sistema de ativação

A ativação do sistema pode ser conseguida de três formas diferentes: (1) por acionamento manual, (2) comando remoto ou (3) por sistema de alarme.

O sistema de alarme geralmente é constituído por sensores de temperatura instalados nos próprios aspersores, que ativam o sistema assim que se ultrapassa uma determinada temperatura.

Para o sistema ser ativado através de controlo remoto, é necessária a utilização de eletroválvulas. Existem eletroválvulas com ligação via radio, ou também por internet sem fios.

O acionamento manual consiste na abertura manual da válvula de bloqueio, sendo este o sistema de ativação mais comum. É bastante útil devido à sua fiabilidade e pode ser instalado em paralelo com a ativação por alarme ou por controlo remoto, permitindo assim garantir a ativação do sistema em caso de falha no sistema de alarme ou na comunicação remota.

2.2. Vulnerabilidades dos edifícios contra incêndios rurais

Os incêndios de Pedrogão Grande, foram catastróficos, não só devido às fatalidades, mas também devido às inúmeras perdas materiais. Contudo, são incêndios como este que permitem à comunidade científica fazer uma recolha de dados significativa, contribuindo para a conceção e desenvolvimento de soluções de proteção da comunidade e bens materiais para fazer face a eventos futuros. Prova disso foi o estudo “The large fires of Pedrogão Grande (Portugal) and its impact on structures” [33] onde foram analisadas cerca de 1043 edificações. Deste estudo concluiu-se que as condições de manutenção e o cumprimento da

limpeza obrigatória dos terrenos têm pouca influência quando se analisaram as condições que levaram à destruição dos edifícios. Para grande parte das casas analisadas neste estudo nem sequer as condições mínimas de limpeza e manutenção na envolvente das casas eram cumpridas.

Das 1043 estruturas analisadas, a fonte de ignição principal foram as fagulhas, muitas vezes transportadas pelo vento, correspondendo a um total de 61% das casas ardidas. Apenas 21% das estruturas analisadas foram destruídas devido ao impacto direto do incêndio e 13% das estruturas foram destruídas devido ao depósito indevido de materiais inflamáveis nas imediações do edifício.

As zonas mais vulneráveis das estruturas analisadas foram os telhados ou coberturas, onde teve início 62% das ignição dos casos estudados, seguidos das janelas com 16%. A Figura 2.10 mostra exemplos de habitações que sofreram danos consideráveis e cuja ignição ocorreu pelo telhado ou cobertura das mesmas.



Figura 2.10. Exemplos de habitações que arderam pelo telhado [34].

Grande parte das ignições pelas janelas deve-se às más condições das mesmas, muitas vezes partidas ou cujas estruturas não tinham vidro. As portas, paredes e ventilações também constituem locais vulneráveis, de destacar principalmente as com ventilações mais antigas, sem sistema de retenção de partículas, e que constituíram um local de entrada para as fagulhas e posterior ignição em 19 dos casos. É importante ainda salientar que em vários dos casos em que a ignição ocorreu nas janelas portas e ventilações, em grande parte dos casos, as estruturas não foram totalmente destruídas, ficando apenas com alguns impactos, como mostra a Figura 2.11.



Figura 2.11. Exemplos de Elementos com alguns danos, sem ignição do edifício [34]

Uma importante conclusão deste estudo é o facto das 66 fatalidades que ocorreram nesse incêndio, apenas 4 ocorreram dentro das habitações. Essas quatro pessoas pertenciam a grupos de populações de risco, de idade avançada, e que deveriam ter sido transportadas para um local seguro caso as condições o tivessem permitido. Outra conclusão importante é que grande parte das habitações das vítimas deste incêndio não sofreram danos que pudessem pôr em causa as suas vidas, caso estas tivessem decidido ficar, desta forma reforçando a ideia de que as habitações podem ser um bom local de refúgio em caso de ausência de alternativas.

2.3. Localização típica dos sistemas de aspersores em função da sua tipologia

Com o intuito de reduzir as vulnerabilidades dos edifícios aos incêndios rurais existem várias configurações de aplicação de aspersores [35]. Essas configurações resumem-se na utilização de aspersores de impacto, aspersores de borboleta e aspersores de água fina (neblina). Os aspersores de impacto são geralmente utilizados nas cumieiras dos edifícios ou então nas proximidades dos mesmos, quer instalados ao nível do solo e com incidência direta

na edificação ou instalados em tirantes verticais e direcionados à vegetação em redor. Os aspersores de borboleta também são utilizados quer nas cumieiras, quer em tirantes verticais localizados próximos do edifício, mas localizados mais perto do edifício. Podem também ser aplicados nos beirais da cobertura. Por sua vez, os aspersores de neblina, apenas são recomendados para utilização na cumieira e beirais da edificação, preferencialmente direcionados para a própria cobertura ou parede lateral devido à elevada interferência do vento neste tipo de aspersão. A Figura 2.12 mostra uma representação esquemática dos tipos de configurações de sistemas de aspersão atrás descritos.

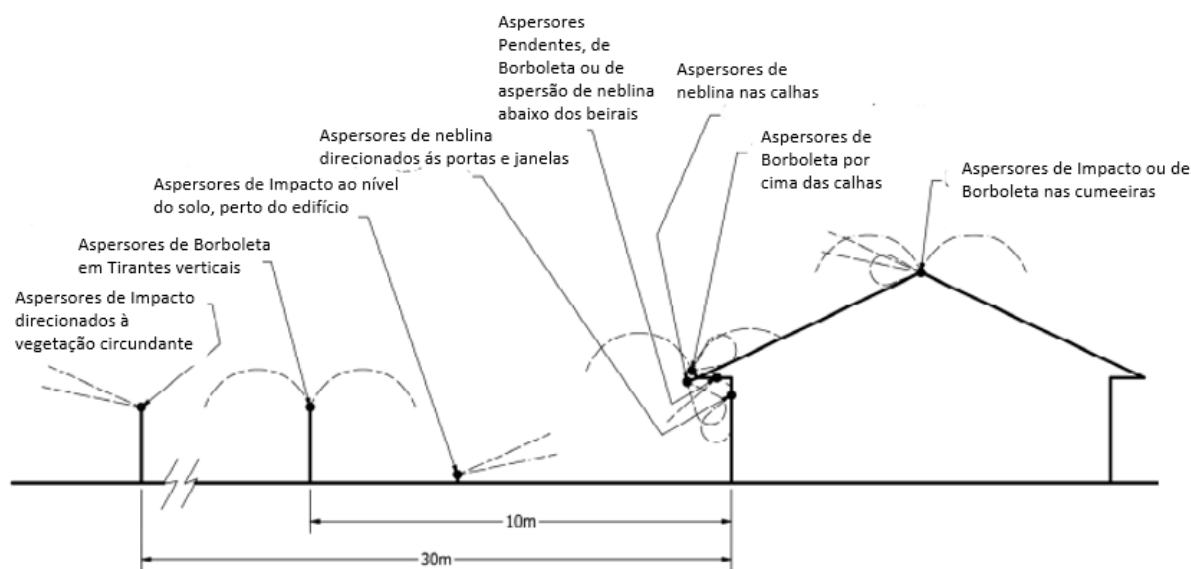


Figura 2.12. Principais aplicações de sistemas de aspersão nos edifícios [adaptado de 29]

Apesar de não terem sido referidos, nem constarem na figura anterior, também podem ser utilizados aspersores de aspersão plana, com aplicação direta abaixo dos beirais e com incidência direta nas paredes laterais exteriores com o intuito de criar o efeito de “cortina de água” referido anteriormente [22].

Estas configurações foram já ensaiadas em alguns estudos quanto à quantidade de água que é aspergida para a cobertura, para o chão nas proximidades do edifício, tanto a barlavento como a sotavento, para as paredes exteriores, para os beirais e à quantidade que se perdeu por evaporação [35].

Os aspersores com maior utilização na cobertura dos edifícios são os aspersores de impacto e os de borboleta, instalados nas cumieiras dos edifícios, em que grande parte da água aspergida fica na própria cobertura com algum excesso a ter incidência no solo nas imediações do edifício, aumentando o perímetro de proteção do mesmo. A Figura 2.13 representa um esquema da aplicação desses aspersores.

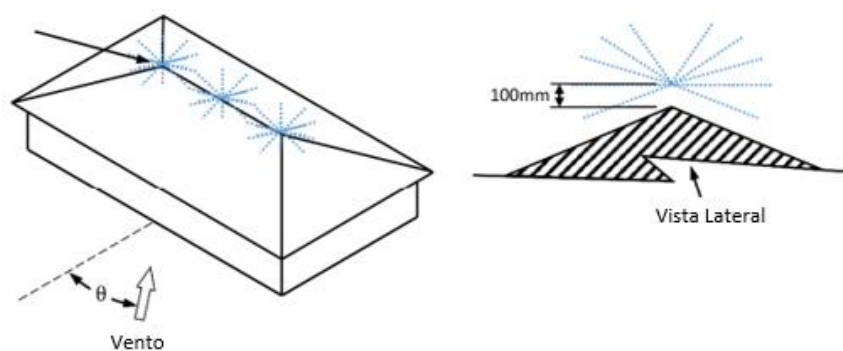


Figura 2.13. Esquema da Aplicação de Aspersores de impacto e de borboleta na cumieira da estrutura [adaptado de 35].

Em relação à proteção das paredes do edifício, assim como elementos presentes nas mesmas (janelas, portas), os melhores aspersores a implementar seriam os de aspersão plana aplicados diretamente abaixo dos beirais, pendentes, de forma a produzir o efeito de “cortina de água” [23]. A aplicação de aspersores de borboleta em tirantes verticais perto do edifício ou de aspersores de impacto no solo direcionados diretamente ao edifício são as duas técnicas mais eficientes para a proteção das paredes exteriores para além da aspersão plana. São muitas vezes utilizados estes aspersores de impacto ou de borboleta devido ao facto da aspersão plana necessitar de caudais e número de aspersores superior, logo ser economicamente menos viável.

As figuras 2.14. e 2.15. mostram esquemas da aplicação das duas técnicas de proteção das paredes exteriores referidas anteriormente.

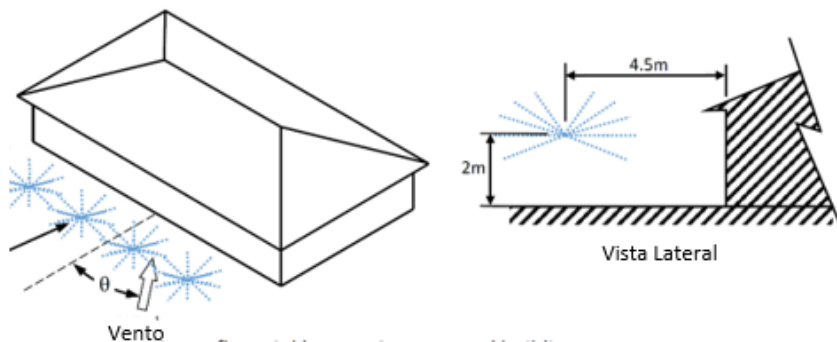


Figura 2.14. Esquema da aplicação de aspersores de borboleta, em tirantes verticais, próximo do edifício [adaptado de 35].

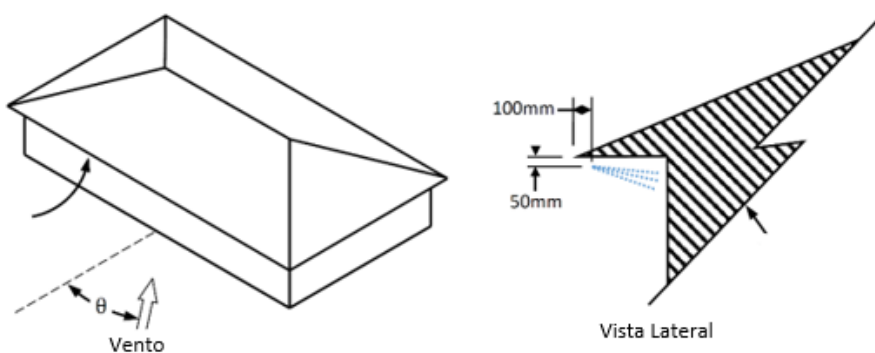


Figura 2.15. Esquema da Aplicação de aspersão plana diretamente abaixo dos beirais e direcionados à habitação [adaptado de 35].

3. ANÁLISE DOS CASOS DE ESTUDO

O sistema de autoproteção a desenvolver neste trabalho irá ser aplicado a duas habitações com diferentes localizações e com distintas características de construção, bem como diferente grau de perigosidade de incêndio. O propósito é ensaiar o seu funcionamento e o desempenho do sistema projetado em dois cenários distintos. Se o sistema funcionar corretamente, a expectativa é que possa ser aplicado a outras habitações em Portugal aumentando assim a segurança das populações/proprietários e prolongar o tempo até à intervenção dos meios de socorro em caso incêndio.

A Figura 3.1 representa uma vista aérea das duas habitações selecionadas para este caso de estudo e da sua envolvente, assim como a sua localização em Portugal Continental.



Figura 3.1. Vista aérea das habitações I e II. a) Viseu (I); B) Aljezur (II). [36-37]

A habitação I, que serviu de base para a conceção e dimensionamento do sistema de proteção, é uma casa de madeira situada na aldeia de Couto de Cima, freguesia de Couto de Cima e Couto de Baixo, no concelho de Viseu. A segunda habitação (II) localiza-se na região do Algarve, no concelho e freguesia de Aljezur é constituída essencialmente por quatro estruturas independentes.

O primeiro passo desta análise foi a verificação das zonas de perigosidade de incêndio em que se inserem cada uma das habitações. Constatou-se que as duas habitações estão inseridas em locais com categorias de perigosidade diferentes.

A habitação do concelho de Viseu, insere-se parcialmente numa classe de perigosidade baixa e na proximidade de uma zona de perigosidade média a noroeste da habitação, pelo que não constitui uma APPS.

Por sua vez, a habitação no concelho de Aljezur, constitui uma APPS pelo facto de estar inserida, na sua totalidade, numa zona cuja classe de perigosidade corresponde ao nível “alto”, estando ainda rodeada de zonas de nível “muito alto” a nordeste e a oeste. Sendo considerada uma APPS têm de se aplicar as medidas especificadas no Decreto-Lei N° 82/2021, de 13 de outubro, descritas anteriormente, sendo ainda recomendada a aplicação de sistemas de autoproteção contra incêndios nas habitações/estruturas incluídas nessas áreas.

A Figura 3.2 foi obtida por consulta da carta de perigosidade nas localizações das duas habitações selecionadas para este estudo.

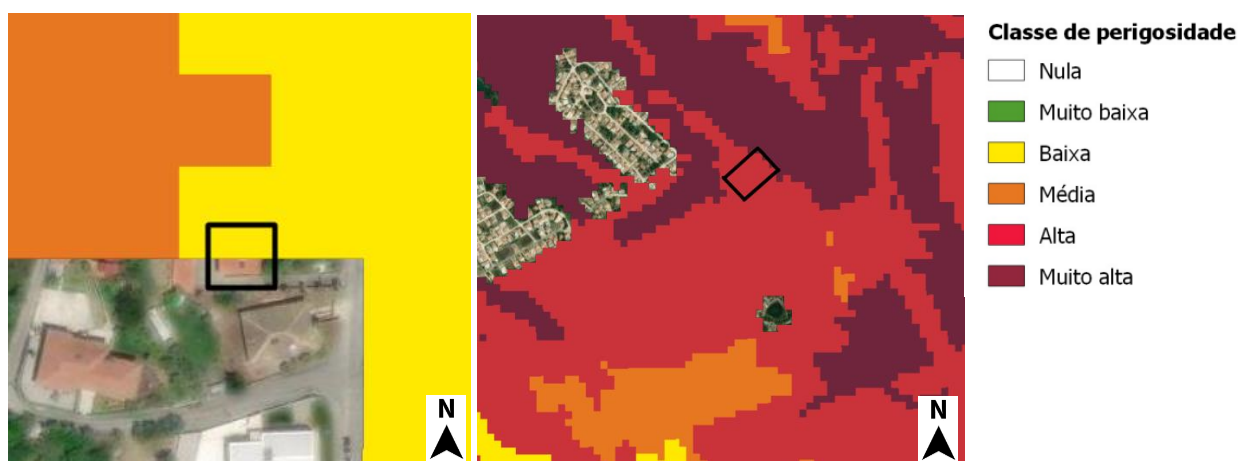


Figura 3.2. Localização das habitações modelo, assinaladas pelo retângulo dentro do mapa da perigosidade de incêndio rural [38]

Percebe-se, a partir da imagem acima, que para a habitação no concelho de Viseu, a vertente sul é a que representa um menor perigo para a habitação. A oeste, apesar de estar próximo de uma zona de alta perigosidade, a habitação está distanciada da envolvente florestal pela existência de outras estruturas no local. Conclui-se, portanto, que para a habitação no concelho de Viseu, as vertentes prioritárias em termos de proteção contra um eventual incêndio, estão localizadas a norte e a este da mesma. Como se verifica nas fotografias de campo apresentadas seguidamente, estas vertentes apresentam alguns fatores de risco, nomeadamente a existência de materiais combustíveis, como árvores altas, assim como um mau estado de limpeza da vegetação.

Já para a habitação, constituída por 4 estruturas, no concelho de Aljezur, tendo em conta o mapa de perigosidade de incêndio na zona de implantação e a envolvente, concluiu-se que as quatro estruturas existentes têm elevado risco de incêndio associado, no entanto, é de destacar a vertente noroeste, que se situa no limite de uma zona de perigosidade “muito alta”. Nesta vertente é de salientar a existência de um declive acentuado, nas proximidades do edifício pelo que o perigo de impacto direto das chamas é mais acentuado e de maior intensidade [7].

Através do relatório de impactos do incêndio nas estruturas localizadas em Pedrogão Grande é sabido que as zonas mais vulneráveis para ignição e destruição das habitações são as coberturas ou telhados, assim como as paredes exteriores e elementos construtivos que possam estar aplicados nessas paredes (portas, janelas, condutas ventilação) [34]. Cruzando esta informação com as principais superfícies expostas ao fogo na envolvente das 2 habitações descritas nos parágrafos anteriores (I e II), foi possível concluir quais as zonas mais importantes a proteger em cada habitação.

Na habitação I verificou-se que os principais elementos a proteger seriam a cobertura, considerada de maior importância, e as paredes exteriores, nomeadamente a frente da casa (este) e a parede norte exterior. Os elementos construtivos que estejam aplicados nessas paredes exteriores (portas, janelas, ventilação) também são uma possível localização para ignição, no entanto são de menor importância em relação às próprias paredes e à cobertura devido ao facto de apesar de haver ignição, muitas vezes não haver destruição da habitação quando a ignição ocorre nesses elementos, como analisado no relatório dos danos causados pelo incêndio em Pedrogão Grande. [34]

Para a habitação II, as principais vulnerabilidades das quatro estruturas são essencialmente as coberturas e as paredes exteriores, como no caso de Viseu, porém é de salientar a importância da cobertura e parede exterior da estrutura situada a nordeste, devido ao facto de estar na iminência do declive referido anteriormente e da zona de perigosidade ser “muito alta”.

4. CÁLCULO HIDRÁULICO DO SISTEMA DE ASPERSÃO

4.1. Perdas de carga

Os sistemas de aspersão de água são sistemas bastantes simples, baseando-se no princípio do transporte de água dentro de tubos, através da ação de uma bomba hidráulica a instalar na fonte, ou através da própria pressão disponível na rede de abastecimento. A água transportada pode ser aspergida por um ou mais aspersores localizados em sítios estratégicos para prevenir a ignição de um incêndio no edifício.

Teoricamente, as limitações do sistema estão diretamente relacionadas às perdas de pressão que vão ocorrer desde a fonte até aos aspersores, sendo de prever que o ponto mais afetado será o aspersor mais distante e/ou mais elevado em relação à fonte (bomba hidráulica ou ponto de entrada de água na rede de tubagens)

As diferenças de pressão que existem nos diversos pontos do sistema de aspersão foram calculadas através da equação de Bernoulli, que estabelece para um fluxo sem viscosidade, que o aumento da velocidade do fluido corresponde à diminuição da pressão ou energia potencial do fluido. A equação relaciona a pressão, velocidade e altura de dois pontos diferentes do mesmo escoamento da seguinte forma [39]:

$$\frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} + Z_0 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1. \quad (4.1)$$

Esta equação é válida para uma situação específica, em que o escoamento se encontra em regime permanente, sem viscosidade, ou seja, sem atrito das paredes exteriores da tubulação e ainda considerando o fluido como incompressível [39]. Como é necessário ter em consideração as diferentes perdas de pressão que vão ocorrer ao longo do percurso do fluido é preciso complementar a equação de Bernoulli da seguinte forma [39]:

$$\frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + \Delta Z + \text{Perdas de pressão} \quad (4.2)$$

Sendo:

$$\text{Perdas de pressão} = \sum H_f + \sum H_k \quad (4.3)$$

A perda de pressão de um ponto da tubulação em relação a um ponto mais próximo da fonte depende do somatório das perdas de pressão por elevação manométrica, ΔZ , das perdas dinâmicas, H_f , e das perdas localizadas, H_k .

4.1.1. Perdas por elevação manométrica

Estas perdas por elevação remetem para a energia que é desperdiçada pelo fluido para conseguir vencer a elevação que lhe é imposta, perdendo energia cinética em troca de um aumento na sua energia potencial. Se o ponto mais afastado da fonte for numa elevação mais baixa existe um ganho de energia cinética, pelo que as perdas terão valor negativo, ou seja, serão favoráveis para o sistema. Estas perdas ou ganhos de pressão são quantificadas na equação 4.2 pela diferença de alturas em metros de um ponto da tubulação para outro, ΔZ .

4.1.2. Perdas dinâmicas

As perdas dinâmicas são as perdas que existem devido ao escoamento do próprio fluido dentro de um ou mais tubos, dependendo diretamente da velocidade do escoamento, assim como da natureza do material (rugosidade) e tamanho da tubagem por onde se escoo o fluido.

Para conseguir calcular estas perdas, recorre-se à seguinte equação:

$$H_f = f * \frac{\Delta L}{d} * \frac{V^2}{2g} \quad (4.4)$$

Da equação acima descrita, ΔL representa o comprimento de cada secção de tubulação, d o diâmetro das mesmas, V a velocidade do escoamento nessa secção e g a aceleração da gravidade. O fator de atrito f ou coeficiente de Darcy-Weisbach é um parâmetro adimensional cujo cálculo é influenciado diretamente pelo número de Reynolds que caracteriza o tipo de escoamento de um fluido consoante a velocidade de escoamento e a rugosidade do interior das tubulações. A Figura 4.1. apresenta os critérios para a classificação dos regimes de escoamento consoante o número de Reynolds do escoamento.

Critérios	Regime de fluxo do escoamento
$Re_y < 2.000$	Laminar
$2.000 \leq Re_y \leq 4.000$	Transitório
$Re_y > 4.000$ e $\left[Re_y \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\frac{\epsilon}{Di} \right) \right] < 14,14$	Turbulento liso
$Re_y > 4.000$ e $14,14 \leq \left[Re_y \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\frac{\epsilon}{Di} \right) \right] \leq 198$	Turbulento transitório
$\left[Re_y \cdot \sqrt{f} \cdot \left(\frac{\epsilon}{Di} \right) \right] > 198$	Turbulento rugoso

Figura 4.1. Critérios para Classificação dos Regimes de Escoamento [40]

O número de Reynolds é calculado através da equação abaixo, na qual V é a velocidade de escoamento, d o diâmetro interno do tubo e ν a viscosidade cinemática da água.

$$Re_D = \frac{V * d}{\nu} \tag{4.5}$$

Dependendo do número de Reynolds, ou seja, dependendo do regime de escoamento do fluido, de laminar a turbulento completamente desenvolvido, existem diversas expressões analíticas para o cálculo do fator de atrito f [40].

- Escoamento em regime laminar (eq. Hangen-Poisele):

$$f = \frac{64}{Re_D} \tag{4.6}$$

- Escoamento em regime transitório (eq. Swamee)

$$f = \left\{ \left(\frac{64}{Re_D} \right)^8 + 9,5 * \left[\ln \left(\frac{e}{3,7 * D} + \frac{5,74}{Re_D^{0,9}} \right) - \left(\frac{2500}{Re_D} \right)^6 \right]^{-16} \right\}^{0,125} \tag{4.7}$$

- Escoamento em regime turbulento liso (eq. Von Kármán)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 * \log (Re_D * \sqrt{f}) - 0,8 \tag{4.8}$$

- Escoamento em regime turbulento transitório (eq. Colebrook-White)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{e}{3,71 * D} + \frac{2,51}{Re_D * \sqrt{f}} \right) \quad (4.9)$$

- Escoamento em regime turbulento rugoso (eq. Nikuradse)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1,74 - 2 * \log \left(\frac{2 * e}{D} \right) \quad (4.10)$$

Como se pode verificar pelas equações de cálculo do fator de atrito acima, para o regime laminar e transitório o fator de atrito f está explícito nas equações e o seu cálculo é bastante direto. Para o regime turbulento, excetuando a equação de Nikuradse as equações descritas são implícitas, pelo que o seu cálculo deve ser feito iterativamente. Para o cálculo iterativo é necessário algum poder computacional, dependente do critério de paragem desse processo iterativo, pelo que foram já desenvolvidas por vários investigadores algumas equações explícitas para o cálculo do fator de atrito. No entanto, todas essas equações têm um erro associado e superior ao apresentado pelas equações implícitas de Colebrook-White e de Von Kármán. De entre as equações explícitas desenvolvidas por vários autores destacam-se:

- Equação de Sousa Cunha Marques (1999)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \ln \left[\frac{k}{3,7D} - \frac{5,16}{Re_D} * \ln \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{5,09}{Re_D^{0,87}} \right) \right] \quad (4.11)$$

- Equação de Haaland (1983)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 * \ln \left[\left(\frac{k}{3,7D} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re_D} \right] \quad (4.12)$$

- Equação de Churchill (1973)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \ln \left[\frac{k}{3,7D} + \left(\frac{7}{Re_D} \right)^{0,9} \right] \quad (4.13)$$

4.1.3. Perdas localizadas

As perdas localizadas devem-se a fatores fixos ao sistema, isto é, dependem das mudanças de direção, dos estreitamentos e alargamentos das tubulações, da aplicação de

válvulas, bombas, aspersores e outros acessórios. O fator K do componente utilizado é fornecido geralmente pelos fabricantes, sendo H_k expresso pela seguinte equação:

$$H_k = \sum K_n * \frac{V^2}{2g} \quad (4.6)$$

Muitas vezes, quando se efetua o cálculo hidráulico, não se sabe exatamente o número nem o tipo desses componentes do sistema que irão causar perdas localizadas, pelo que é comum ser utilizada uma estimativa para as perdas localizadas, igual a uma percentagem das perdas dinâmicas (geralmente entre 10 e 25% das perdas dinâmicas).

4.2. Microsoft Excel[®] para dimensionamento

Neste trabalho foi criado em Microsoft Excel[®] (versão 2308), uma folha de cálculo capaz de prever as necessidades de pressão de um sistema de aspersão até 5 aspersores, para instalações com semelhanças às duas do caso de estudo. Esta folha de cálculo foi concebida com o intuito de poder servir de instrumento de apoio a projetistas que no futuro queiram proceder ao dimensionamento e instalação de um sistema de aspersores semelhante.

A folha de cálculo foi criada com objetivos específicos, respeitando critérios de dimensionamento semelhantes aos adotados nas duas habitações usadas como caso de estudo, mas deixando também margem para alterações que possam ser do interesse do projetista. Os principais objetivos/funcionalidades deste programa são:

- Cálculo das perdas de pressão ao longo do sistema de aspersores de acordo com o capítulo 4.1.
- Cálculo da pressão disponível em cada aspersor do sistema;
- Respeito incondicional dos critérios chave de projeto;
- Simplicidade de utilização, como forma de encorajar outros projetistas à sua utilização (Instruções de Utilização);
- Aconselhamento na escolha dos componentes do sistema;
- Disponibilidade de diferentes opções para cada elemento do sistema, criando margem de manobra para o projetista;
- Indicação da necessidade ou não da instalação de uma bomba hidráulica no sistema, indicando os critérios mínimos para a escolha a mesma.

- Lista de materiais necessários para o projeto completo (Bill of Materials).

Como referido acima, um dos objetivos da folha de cálculo é dar ao utilizador alguma liberdade no que toca à escolha dos elementos a utilizar no sistema, pelo que se optou pela disponibilização das seguintes opções:

- Fonte de abastecimento:
 - Rede pública;
 - Reservatório de água ou furo.
- Tipo e diâmetro dos tubos utilizados:
 - Aço inoxidável da norma EN 10245:2011 (recomendado);
 - Plástico PVC (apenas enterrados);
 - Outro material (necessidade fornecimento da rugosidade interior do material do tubo).
- Número e tipo de aspersores a utilizar
 - Recomendação de um aspersor;
 - Utilização de outro aspersor;
 - Número de aspersores de 1 até 5 unidades.

Apesar de existirem diversas opções para a constituição do sistema de aspersão, os critérios chave de projeto abaixo apresentados não variam e têm de ser respeitados incondicionalmente:

- Pressão em todos os aspersores dentro do intervalo [Pressão mínima de funcionamento do aspersor; Pressão máxima de funcionamento do aspersor] (divulgadas pelo fabricante).
- Pressão dentro dos tubos sempre menor que a pressão máxima suportada pelos mesmos (informação obtida junto do fabricante)
- Velocidade do escoamento dentro dos tubos dentro do intervalo [0,5 m/s; 1,5m/s] (evitando fenômenos de golpe de ariete [41])
- Volume de água suficiente para o tempo e caudal de aspersão pretendidos (no caso de ser utilizado um reservatório).

4.3. Utilização e programação da folha de cálculo em Microsoft Excel[®]

A folha de cálculo desenvolvida neste trabalho está dividida nos seguintes separadores, ou páginas, mostrados na sua totalidade em apêndice deste trabalho:

- Instruções
- Aspersores
- Fonte de Abastecimento de Água
- Detalhes Geométricos
- Tubos
- Bomba Hidráulica
- Resultados
- Lista de Materiais
- Conversor de Unidades

O separador “Instruções” tem o objetivo de guiar o utilizador na utilização da folha de cálculo. É instruído ao utilizador que deve navegar sequencialmente pelos restantes separadores até chegar aos “Resultados” e à “Lista de Materiais” para o sistema de aspersão pretendido. Foi ainda incluído um botão de “Reiniciar” (Figura 4.2), utilizando a programação em Visual Basic, que permite ao utilizador apagar todos os registos que efetuou no programa e começar do início a dimensionar o seu sistema de aspersão.

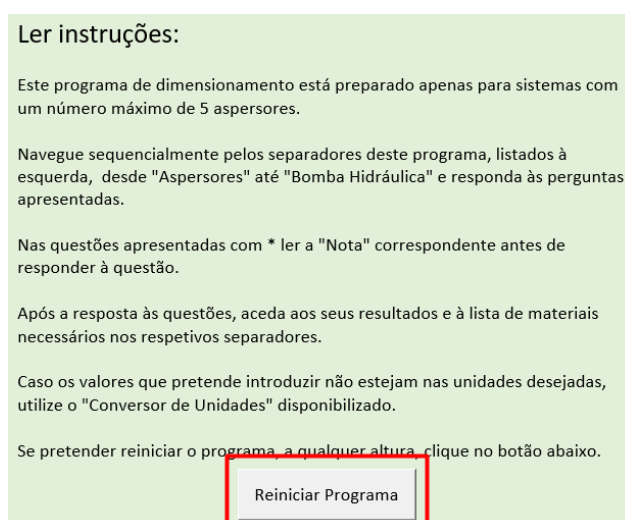


Figura 4.2. Separador “Instruções” e botão “Reiniciar”

Na página “Aspersores” o utilizador define o número e tipo de aspersores que pretende para o seu sistema. É recomendado o aspersor de impacto da Hidraulicart, contudo o utilizador dispõe de um botão em que pode selecionar que pretende utilizar outro aspersor. Para essa opção funcionar, é pedido ao utilizador que defina o alcance, caudal, pressões máxima e mínima de funcionamento, para ser possível efetuar os cálculos necessários caso seja essa a opção tomada pelo projetista. Existe ainda outro botão em que o utilizador escolhe o número pretendido de aspersores, mas só após consultar as disposições geométricas recomendadas para os seus aspersores. É ainda aconselhado um mínimo de um aspersor por edifício, a ser aplicado à cobertura do mesmo (elemento mais vulnerável). A Figura 4.3 apresenta os botões deste separador e o local de introdução de dados caso seja utilizado outro aspersor.

1.1.* Pretende utilizar o aspersor recomendado?			Sim
1.2.* Características do Aspersor			
1.2.1.	Raio de Alcance		Metros
1.2.2.	Caudal		Metros ³ /seg
1.2.3.	Pressão Mínima		Bares
1.2.4.	Pressão Máxima		Bares
1.3. Nº Aspersores			
1.3.1.	Nº de Edifícios	1	Edifícios
A. Nº Mínimo Aspersores		1	Aspersores
1.3.2.*	Nº Aspersores Pretendidos	1	Aspersores

Figura 4.3. Botões com opções no separador “Aspersores” e características do aspersor

A “Fonte de Abastecimento de Água” (Figura 4.4) é a página mais simples da folha de cálculo, expondo ao utilizador as opções possíveis para o abastecimento de água do seu sistema, e dispondo da opção de utilizar a rede pública de distribuição de água mediante o fornecimento da pressão e o caudal disponíveis na mesma.

2. Fonte de Abastecimento de Água		
2.1 Pretende utilizar a rede de abastecimento pública de água?		Sim
2.2.* Características da rede pública no local		
2.2.1.	Pressão disponível na fonte de abastecimento	Bares
2.2.2.	Caudal disponível na fonte de abastecimento	Litros/Hora

Figura 4.4. Botões e Local introdução dados do separador “Fonte de abastecimento de água”

O separador “Detalhes Geométricos” é aquele em que o utilizador é orientado para efetuar um esquema simples do sistema de aspersores que pretende. Neste separador é necessário selecionar o número de intersecções da linha principal da tubagem, assim como o número de saídas para ramais secundários dessas mesmas intersecções (Figura 4.5).

3.1. Número de intersecções da Linha Principal		2
3.2 Nº de saídas por intersecção		
3.2.1.	Intersecção 1	2 Saídas
3.2.2.	Intersecção 2	2 Saídas
3.2.3.	Intersecção 3	1 Saídas
3.2.4.	Intersecção 4	1 Saídas

Figura 4.5. Definição de Intersecções e Saídas no separador “Detalhes Geométricos”

O intuito destas informações é conseguir calcular os caudais correspondentes em cada secção de tubagem e as uniões que serão necessárias para a construção do sistema, quer sejam uniões em “T” como em uniões em “+”. Neste separador também é pedido ao utilizador que introduza as alturas respetivas de cada um dos aspersores que pretende utilizar e das intersecções da linha principal, considerando a fonte de abastecimento como o zero absoluto, com o objetivo de assim conseguir efetuar o cálculo às perdas por elevação manométrica (Figura 4.6).

3.3*.Elevações manométricas			
3.3.1.	Aspersor 1		Metros
3.3.2.	Aspersor 2		Metros
3.3.3.	Aspersor 3		Metros
3.3.4.	Aspersor 4		Metros
3.3.5.	Aspersor 5		Metros
3.3.6.	Intersecção 1		Metros
3.3.7.	Intersecção 2		Metros
3.3.8.	Intersecção 3		Metros
3.3.9.	Intersecção 4		Metros
3.3.10.	Fonte	0	Metros

Figura 4.6. Local de introdução das elevações manométricas dos aspersores e intersecções

Finalmente, o utilizador é introduzido à noção de perda de carga localizada, e tem ao seu dispor a possibilidade de cálculo através de uma estimativa (25% das perdas dinâmicas), ou através do fornecimento dos coeficientes de perda de carga localizada dos elementos presentes no seu sistema (Figura 4.7).

3.4.* Perdas Localizadas							
3.4.1. Pretende calcular as perdas localizadas por estimativa?							<input type="text" value="Sim"/>
3.4.2.							
Linha Principal		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	$\sum K_n$
	Fonte-1ª Intersecção						0
	1ª-2ª Intersecção						0
	2ª-3ª Intersecção						0
	3ª-4ª Intersecção						0
Ramais conetores							
	Conetor 1						0
	Conetor 2						0
	Conetor 3						0
	Conetor 4						0
	Conetor 5						0

Figura 4.7. Local de Introdução dos coeficientes de perda localizada e botão de escolha

No separador “Tubos” é onde o utilizador define os comprimentos e diâmetros dos tubos utilizados em cada secção da linha principal e dos ramais secundários/conetores (Figura 4.8).

4.4. Comprimento dos ramais conetores		Comprimento Total	Comprimento abaixo do solo	
4.4.1.	Ramal conetor do aspersor 1	Metros	4.4.1.*	Metros
4.4.2.	Ramal conetor do aspersor 2	Metros	4.4.2.*	Metros
4.4.3.	Ramal conetor do aspersor 3	Metros	4.4.3.*	Metros
4.4.4.	Ramal conetor do aspersor 4	Metros	4.4.4.*	Metros
4.4.5.	Ramal conetor do aspersor 5	Metros	4.4.5.*	Metros
4.5. Comprimento da linha principal				
4.5.1.	Fonte-1ª Intersecção	Metros	4.5.1.*	Metros
4.5.2.	1ª-2ª Intersecção	Metros	4.5.2.*	Metros
4.5.3.	2ª-3ª Intersecção	Metros	4.5.3.*	Metros
4.5.4.	3ª-4ª Intersecção	Metros	4.5.4.*	Metros

Figura 4.8. Local Introdução dos comprimentos de cada secção, total e abaixo do solo

Através da disponibilidade de vários botões, são recomendados os tubos de aço inoxidável da norma 10255:2004 mas é permitida a utilização de outros tubos, mediante o fornecimento do seu coeficiente de rugosidade. É ainda sugerida ao utilizador a utilização de PVC nos segmentos abaixo do nível do solo, e apresentadas as respetivas vantagens/desvantagens. Se for pretendido utilizar o PVC é necessária a introdução do comprimento respetivo da secção de tubagem que está abaixo do solo. O diâmetro de cada uma das secções da tubagem tem de ser definida neste separador, e influencia diretamente a velocidade do escoamento nessa secção. A velocidade de escoamento não deve ser inferior a 0,5m/s nem superior a 1,5m/s para evitar fenómenos de pancada de ariete. Como tal, o utilizador é guiado a escolher o diâmetro adequado para cada uma das secções mediante uma tabela de cores, que fica a verde caso os diâmetros sejam adequados e a vermelho se não o forem (Figura 4.9).

Velocidade	
0,2548063	m/s
0,7392707	m/s
0,2556521	m/s
0,9956941	m/s
0,8877133	m/s

Figura 4.9. Exemplo de caixa de validação dos tubos usados, verde válido, vermelho inválido.

No caso do utilizador decidir utilizar os tubos recomendados, são fornecidos todos os diâmetros disponíveis na norma EN 10255:2004 mas caso o utilizador não pretenda utilizar esses tubos, pode inserir manualmente os diâmetros pretendidos para cada secção (Figura 4.10).

4.6.* Diâmetros dos tubos			
4.6.1. Diâmetros Genéricos			Diâmetro
4.6.1.1.	Fonte-1ª Intersecção (Linha Principal)	1'	polegadas
4.6.1.2.	1ª-2ª Intersecção (Linha Principal)	1'	polegadas
4.6.1.3.	2ª-3ª Intersecção (Linha Principal)	1'	polegadas
4.6.1.4.	3ª-4ª Intersecção (Linha Principal)	1 1/2'	polegadas
4.6.1.5.	Ramais conetores (Secundários)	1/2'	polegadas
4.6.2. Outros Diâmetros			Diâmetro
4.6.2.1.	Fonte-1ª Intersecção (Linha Principal)		milímetros
4.6.2.2.	1ª-2ª Intersecção (Linha Principal)		milímetros
4.6.2.3.	2ª-3ª Intersecção (Linha Principal)	5	milímetros
4.6.2.4.	3ª-4ª Intersecção (Linha Principal)		milímetros
4.6.2.5.	Ramais conetores (Secundários)		milímetros

Figura 4.10. Local de escolha dos diâmetros dos tubos, acima aço recomendado, abaixo outro material.

A página “Bomba Hidráulica” expõe ao projetista se o seu sistema necessita ou não de pressão adicional para funcionar corretamente. Caso o sistema não necessite de pressão adicional está concluído o dimensionamento e o utilizador pode prosseguir para os resultados do seu sistema. Se o sistema necessitar de pressão adicional, é pedido ao utilizador que indique a profundidade do furo de extração de água e é fornecida a elevação manométrica a adicionar ao sistema para o correto funcionamento (Figura 4.11).

5.1. Necessidade de Pressão Adicional no Sistema?		⇒	Sim/Não
			Sim
5.2.* Bomba Hidráulica			
	C. Altura mínima de elevação manométrica a fornecer:		20 Metros
5.2.1.	Profundidade do furo		Metros
5.2.2.*	Altura de elevação manométrica escolhida:		Metros
5.2.3.	Rendimento da bomba		%

Figura 4.11. Verificação da necessidade de pressão adicional e detalhes da bomba hidráulica.

Nesta fase é exposto ao utilizador o conceito da utilização de um reservatório de água elevado em relação à altura considerada previamente como fonte de abastecimento no separador “Detalhes Geométricos”, sendo nesse caso apenas necessário fornecer a elevação do tanque e ser superior à mínima elevação manométrica que o sistema necessita.

Através das funções de programação disponíveis no Microsoft Excel e através das escolhas efetuadas em grande parte por meio de botões ao longo da utilização do programa, a folha de cálculo está apta a efetuar os cálculos das perdas de pressão em cada secção da tubagem, assim como as pressões disponíveis em cada um dos aspersores, utilizando as equações definidas no capítulo 4.1.

O separador “Resultados” apresenta numérica e graficamente os resultados associados ao sistema de aspersores que foi escolhido. Para além disso, consoante os resultados obtidos, indica ao utilizador se o seu sistema está ou não corretamente dimensionado, e em caso de por alguma razão não estar bem dimensionado, apresenta uma lista do/s erro/s associados ao dimensionamento efetuado. Para verificar se o sistema está corretamente dimensionado, o sistema corre uma lista de verificação dos requisitos de projeto (Figura 4.12), também apresentada neste separador.

6.2. Requisitos de Projeto		Sim/Não
6.2.1.	Pressões nos aspersores enquadram-se dentro do intervalo de pressão de serviço?	Não
6.2.2.	Pressões dentro dos tubos sempre inferiores á pressão suportada pelos mesmos?	Sim
6.2.3.	Velocidades dos escoamentos dentro do intervalo recomendado?	Não
6.2.4.	Cálculo efetuado dentro dos limites de validação do programa?	Não
6.2.5.	Caudal da Fonte de Abastecimento é Suficiente?	Não
6.2.6.	Sistema bem dimensionado?	Não

Figura 4.12. Lista de verificação dos requisitos fundamentais de projeto

As Figuras 4.13 e 4.14 mostram dois exemplos, um em que o dimensionamento foi efetuado corretamente, e outro que não foi efetuado corretamente e os erros associados.

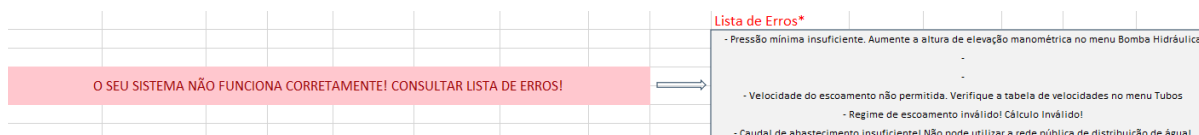


Figura 4.13. Exemplo de sistema dimensionado incorretamente e lista de erros correspondente

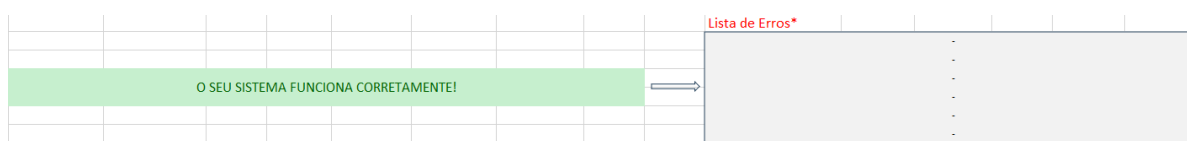


Figura 4.14. Exemplo de sistema dimensionado corretamente

O separador “Lista de Materiais” (Figura 4.15) basicamente é uma lista dos materiais necessários para o sistema de aspersão dimensionado, constituída basicamente através da compilação das escolhas efetuadas ao longo da folha de cálculo para os elementos do sistema, indicando as características/quantidades necessárias de cada um.

Item	Quantidade	Unidades	Especificações/Observações	Fabricante:	Hidraulicart				
Aspersor(es)	5	(-)	Aspersores de Impacto com as seguintes características:	Caudal:	700	Litros/Hora			
				Alcance:	9	Metros			
				Diâmetro:	16,7	Milímetros			
Tubos Aço-Inox	22,5	Metros	Geralmente fornecidos em tubos de 6m de comprimento.	Necessários:	4	Tubos			
Tubos PVC	105,5	Metros	Geralmente fornecidos em tubos de 6m de comprimento.	Necessários:	18	Tubos			
Bomba Hidráulica	1	(-)	Elevação escolhida para a bomba hidráulica:	40	Metros de Elevação Manométrica				
			Potência Imediatamente superior a:	0,587	KiloWatts	586,9 Watts			
Reservatório	1,75	Metros ³	Capacidade Mínima do Reservatório! Pode ser superior mas nunca inferior! (30 minutos aspersão)						
				Diâmetro das saídas:					
			União em:	Entrada	Saída	Lateral 1	Lateral 2		
Uniões em T	4	(-)	1ª Intersecção:	T	1 1/4'	1'	1/2'	(-)	Polegadas
Uniões em +	0	(-)	2ª Intersecção	T	1'	1'	1/2'	(-)	Polegadas
			3ª Intersecção	T	1'	3/4'	1/2'	(-)	Polegadas
			4ª Intersecção	T	3/4'	1/2'	1/2'	(-)	Polegadas

Figura 4.15. Exemplo de lista de materiais necessários para o sistema dimensionado

Finalmente, o utilizador tem ao seu dispor o separador “Convertor de Unidades” (Figura 4.16), que em caso de necessidade, consegue transformar as unidades de caudais, pressões e dimensões mais utilizadas pelos fabricantes e fornecedores dos elementos do sistema, nas unidades em que o programa necessita que os dados sejam introduzidos.

8. Conversor de Unidades				
Dimensões				
	pol.	para	mm	0
	pol.	para	m	0
	mm	para	pol.	0
	mm	para	m	0
	m	para	mm	0
	m	para	pol.	0
Pressões				
	bar	para	Pa	0
	bar	para	kPa	0
	bar	para	mca	0
	Pa	para	Bares	0
	Pa	para	kPa	0
	Pa	para	mca	0
	kPa	para	bar	0
	kPa	para	Pa	0
	kPa	para	mca	0
	mca	para	bar	0
	mca	para	Pa	0
	mca	para	kPa	0
Caudais				
	L/h	para	L/s	0
	L/h	para	m ³ /h	0
	L/h	para	m ³ /s	0
	L/s	para	L/h	0
	L/s	para	m ³ /h	0
	L/s	para	m ³ /s	0
	m ³ /h	para	L/h	0
	m ³ /h	para	L/s	0
	m ³ /h	para	m ³ /s	0
	m ³ /s	para	L/h	0
	m ³ /s	para	L/s	0
	m ³ /s	para	m ³ /h	0

Figura 4.16. Separador “Convertor de Unidades” [40]

5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ASPERSÃO PARA A HABITAÇÃO II (ALJEZUR)

5.1. Material escolhido

Para conseguir aplicar a folha de cálculo automático de dimensionamento descrita em 4.2 foi necessário escolher inicialmente tanto os aspersores que se pretendia utilizar como os respetivos tubos de transporte de água, desde a fonte até aos aspersores.

Os aspersores a utilizar no sistema de autoproteção pretendido serão aspersores de impacto, escolhidos pelo facto de proporcionarem um caudal adequado e área de aspersão relativamente próxima da que irá ser necessária, atingindo raios de espalhamento que podem ir desde os 8 m até aos 20 m. Para além disso são também o tipo de aspersores mais aconselhados para aplicação nas coberturas dos edifícios, podendo também ser aplicados para proteção das paredes exteriores, instalando-os no solo e direcionados diretamente à habitação [35].

É importante referir o facto de existirem no mercado aspersores de impacto em latão, material relativamente resistente à corrosão, dando durabilidade ao sistema, assim como resistente à ação da temperatura que durante um incêndio rural pode ser bastante elevada. [42].

O aspersor que se escolheu (Figura 5.1) foi assim um aspersor de impacto sectorial de $\frac{1}{2}$ ', em latão, com capacidade para um caudal volúmico de 600 L/hora e cujas pressão mínima e máxima de funcionamento são de 2,5 e 4,5 bar, conforme se pode consultar nas especificações do fabricante Hidraulicart. O raio de funcionamento pode variar desde os 8 aos 11 metros [43]. Este aspersor ficou posteriormente na posição de aspersor recomendado ou aspersor “base” na folha de cálculo criada.



Figura 5.1. Aspersor de Impacto de Latão de ½', (Hidraulicart) [43].

Para as tubulações do sistema, utilizaram-se os tubos recomendados na folha de cálculo desenvolvida, os tubos de aço da norma EN 10245:2011 [30] com a opção de utilização de tubos de plástico PVC nas secções da rede abaixo do nível do solo.

Para o bombeamento de água para o sistema, caso a fonte de abastecimento não disponha de uma pressão suficiente, foram escolhidas bombas da marca Hidroval, com uma vasta amplitude de funcionamento, dependendo diretamente da altura de elevação manométrica necessária para o sistema e do fluido utilizado.

Por fim, para conseguir aplicar corretamente a folha de cálculo, resta decidir acerca da melhor configuração e número de aspersores para aplicar à habitação I, os respetivos comprimentos e elevações dos tubos de cada configuração ponderada e ainda o caudal e a pressão disponível na fonte de água escolhida.

5.2. Testes à rede de distribuição de água

A rede de distribuição de água na habitação II, em Aljezur, não foi ensaiada quanto ao caudal de água nem à pressão disponível, pelo que obrigatoriamente a fonte de abastecimento considerada no cálculo tem de ser um reservatório de água ou um furo de extração de água do subsolo. Neste caso irá ser utilizado um furo já existente na propriedade onde se insere a habitação.

5.3. Opções consideradas

5.3.1. Opção A

A primeira opção, a opção A (Figura 5.2), considera a utilização de quatro aspersores, três dos quais localizados essencialmente nos pontos centrais das coberturas dos edifícios, garantindo a humedificação completa da cobertura e dos espaços envolventes como representado na figura seguinte. O restante aspersor localiza-se a nordeste do conjunto de edifícios, instalado sobre um tirante vertical como representado na figura.

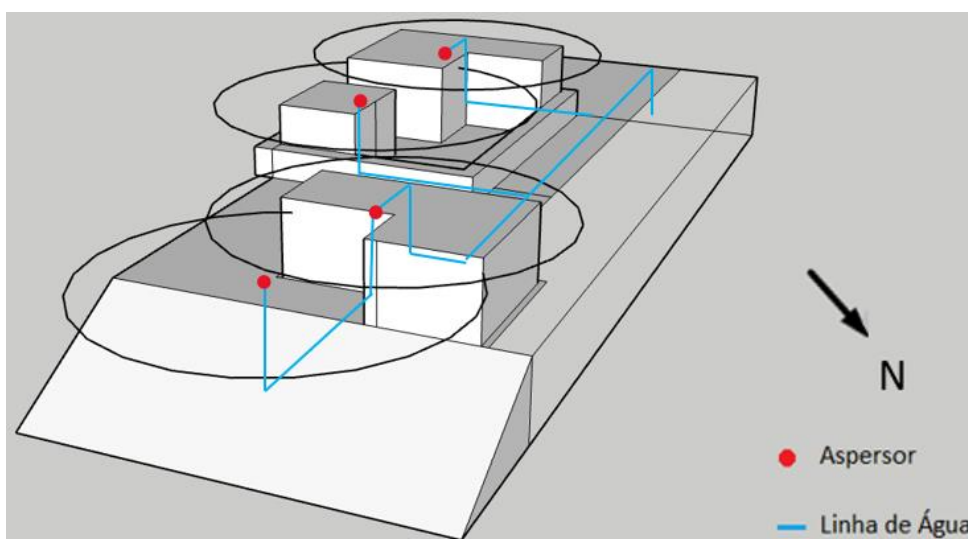


Figura 5.2. Esquema de Funcionamento da Opção A, Aljezur.

5.3.2. Opção B

Nesta opção (Figura 5.3), teve-se especial atenção ao edifício mais a oeste, que está situado no limite da zona de perigosidade de incêndio muito alta ou máxima e na proximidade de um declive acentuado. Assim, nesse edifício foram colocados dois aspersores, de maneira a garantir uma maior proteção devido à sobreposição das áreas de aspersão, como apresentado na figura abaixo. Dos restantes, dois aspersores foram colocados à semelhança da opção A, ou seja, nos centros geométricos das coberturas dos edifícios e o último instalado também à semelhança da opção A, num tirante vertical, a nordeste do conjunto de edifícios.

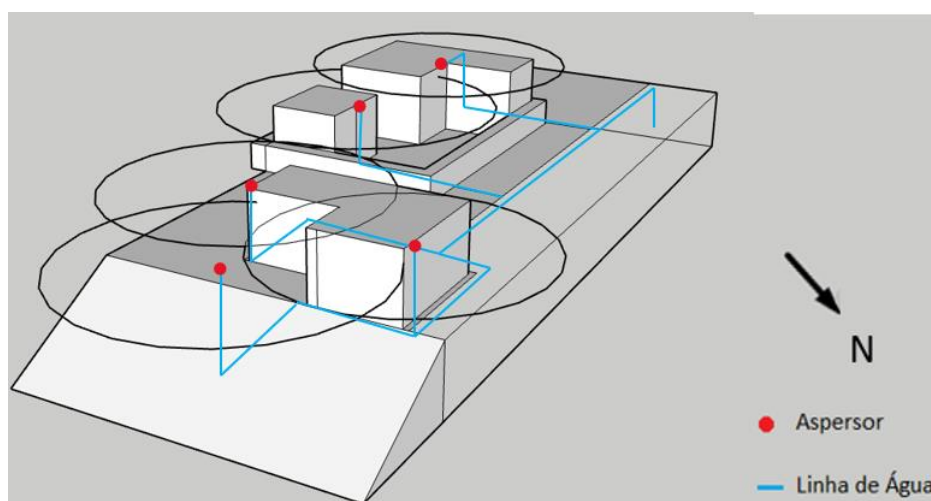


Figura 5.3. Esquema de Funcionamento da Opção B, Aljezur.

5.4. Resultados analíticos

Mediante a utilização da folha de cálculo foi possível chegar aos diferentes resultados associados a cada uma das opções analisadas anteriormente. A Tabela 5.1. e as Figura 5.4 e 5.5 expõem os resultados mais importantes obtidos para cada uma das opções acima descritas.

Tabela 5.1. Resultados Obtidos para a habitação II, Aljezur.

Opção	Pressão no Aspersor Crítico [bar]	Necessidade de Bomba Hidráulica	Caudal suficiente?
Opção A	2,58	Sim	Sim
Opção B	2,57	Sim	Sim

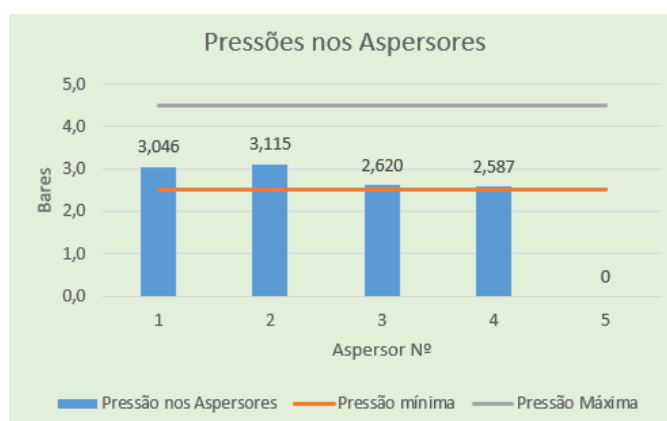


Figura 5.4. Pressão em cada um dos aspersores, opção A

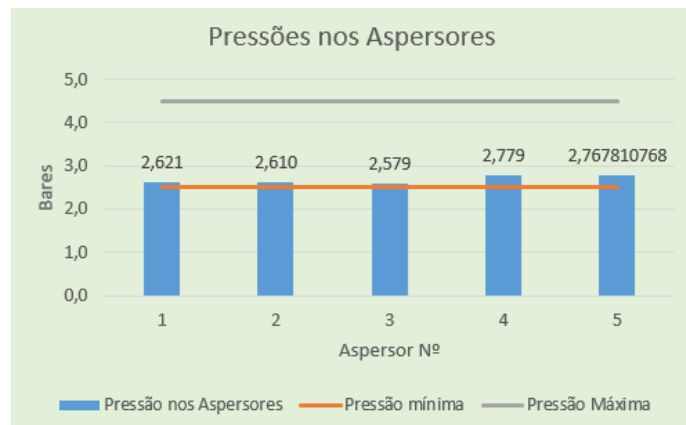


Figura 5.5. Pressão em cada um dos aspersores, opção B

6. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ASPERSÃO PARA A HABITAÇÃO I (VISEU)

6.1. Material escolhido

Os aspersores a utilizar no sistema de autoproteção pretendido serão os aspersores de impacto que foram utilizados para a habitação II, de ½ polegada da marca Hidraulicart [43].

Para as tubagens do sistema, apesar da folha de cálculo recomendar a utilização dos tubos de aço da norma EN 10245:2011 [30], utilizaram-se apenas tubos de aço inoxidável da série 304 com 2,6 mm de espessura e os da série 316 também com 2,6 mm de espessura para as secções da tubulação com rosca (Ex: ponteiros, curvas). Não foram utilizados tubos em PVC para as secções da rede de distribuição abaixo do solo.

Mais uma vez, para aplicar corretamente a folha de cálculo, analisaram-se várias configurações geométricas e efetuaram-se ensaios à rede de distribuição de água para averiguar a capacidade da sua utilização como fonte de abastecimento de água do sistema.

6.2. Ensaios à rede de distribuição de água

Foram executados dois ensaios hidráulicos à rede de distribuição, tendo sido feita a medição do caudal nas diferentes fontes de acesso à rede pública da habitação e ainda medida a pressão disponível.

6.2.1. Medição do caudal volúmico

Para a medição de caudal volúmico foi utilizado um método tradicional, através de um recipiente de volume conhecido e um cronómetro. Existem três fontes de abastecimento de água e para cada fonte foram efetuadas três medições, de maneira a conseguir minimizar o erro associado a este método de medição, sendo os resultados apresentados na Tabela 6.1 e a partir dos quais foi calculada a média do caudal em cada uma das três fontes de abastecimento (A, B e C).

Tabela 6.1. Resultados obtidos nas medições de caudal nas fontes A,B e C.

Fonte de Abastecimento de Água A	Caudal [L/s]
Ensaio 1	0,657
Ensaio 2	0,666
Ensaio 3	0,680
Média	0,668

Fonte de Abastecimento de Água B	Caudal L/s]
Ensaio 1	0,667
Ensaio 2	0,664
Ensaio 3	0,669
Média	0,667

Fonte de Abastecimento de Água C	Caudal [L/s]
Ensaio 1	0,657
Ensaio 2	0,668
Ensaio 3	0,666
Média	0,664

6.2.2. Medição de pressão

Para verificar a pressão disponível em cada uma das fontes de água A, B e C, recorreu-se à utilização de manómetro de pressão da marca WIKA [46]. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos nas medições efetuadas.

Tabela 6.2. Resultados das medições de pressão.

Pressão Disponível (bar)	Fonte de Água A	Fonte de Água B	Fonte de Água C
	4,4	4,4	4,4

Verifica-se que as pressões disponíveis nas diversas fontes de abastecimento de água são semelhantes, pelo que seria aconselhada a utilização da fonte de água localizada mais perto dos aspersores e com menor desnível relativamente aos mesmos.

Contudo, numa fase inicial de projeto, foram consideradas as três fontes de abastecimento de água como opções possíveis e viáveis para a instalação pretendida.

6.3. Opções consideradas

6.3.1. Opção A

A opção A (Figura 6.1) em termos de traçado permite um menor comprimento de tubos, reduzindo assim as perdas de pressão no circuito, sendo aquela cuja entrada na rede está localizada a uma cota mais elevada, reduzindo assim a altura manométrica necessária para elevação da água.

No entanto, inicialmente esta opção era aquela cuja pressão na fonte era mais reduzida, a fonte A com uma pressão disponível de cerca de 2,8 bar, pelo que foram analisadas outras opções.

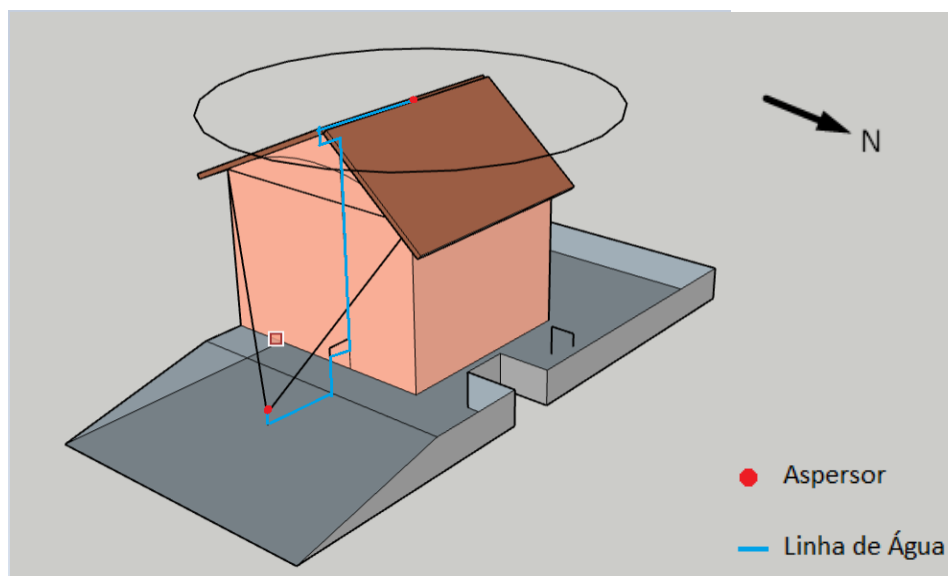


Figura 6.1. Esquema de funcionamento da opção A, Viseu

6.3.2. Opção B

Na opção B (Figura 6.2) a rede de aspersores está ligada a uma das fontes de 4,4 bar, à fonte de abastecimento de água B, o que deverá aumentar a pressão de entrega aos aspersores, apesar do aumento do comprimento de tubos.

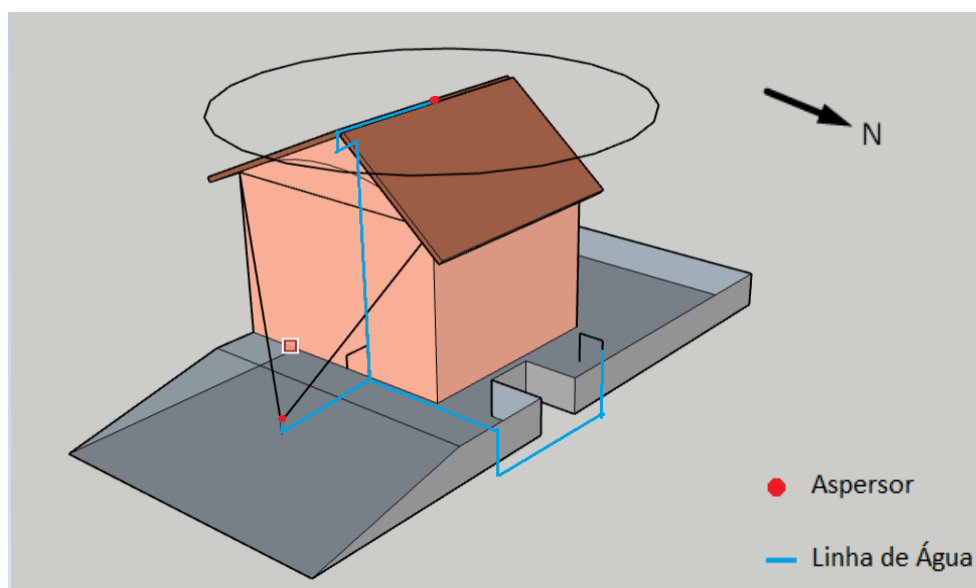


Figura 6.2. Esquema de funcionamento da opção B, Viseu

6.3.3. Opção C

Na opção C (Figura 6.3) são utilizadas duas fontes, B e C com uma pressão de 4,4 bares. É espectável que seja a opção com melhor eficiência de entre as três opções, no entanto para a sua construção é necessária a criação de dois circuitos de transporte de água, o que pode aumentar os custos da instalação, pois irão ser necessárias duas bombas hidráulicas, caso as pressões disponíveis nas fontes de abastecimento de água utilizadas não sejam suficientes e ainda de duas válvulas de acionamento.

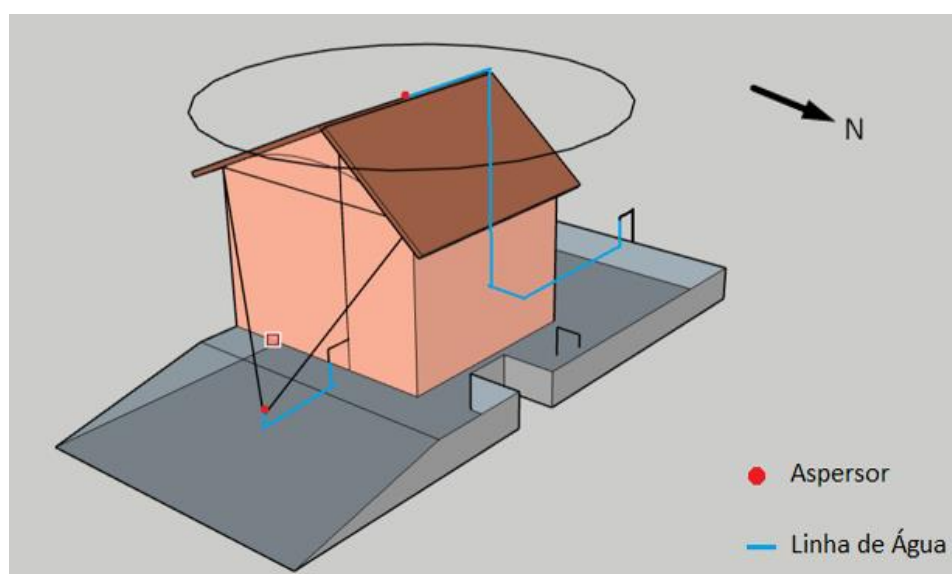


Figura 6.3. Esquema de funcionamento da opção C, Viseu.

6.4. Resultados analíticos

Através da utilização da folha de cálculo foi possível chegar aos diferentes resultados associados a cada uma das opções analisadas anteriormente. A Tabela 6.3 mostra os resultados mais importantes obtidos para cada uma dessas opções e a Figura 6.4 as pressões em cada aspersor da opção A.

Tabela 6.3. Resultados Obtidos nas Medições de Pressão.

Opção #	Pressão no Aspersor Crítico [bar]	Necessidade de Bomba Hidráulica	Caudal suficiente?
Opção A	4,42	Não	Sim
Opção B	2,92	Não	Sim
Opção C	3,39	Não	Sim

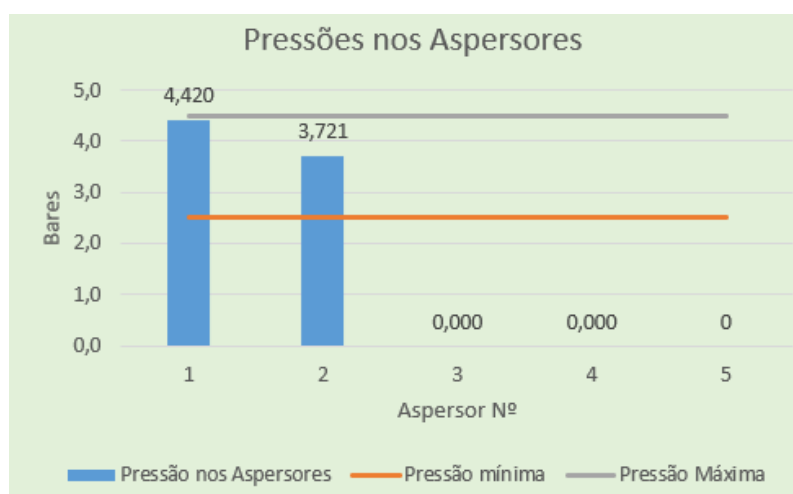


Figura 6.4. Pressões nos aspersores, opção A

6.5. Ensaios prévios ao funcionamento do sistema de aspersão

De modo a verificar o funcionamento do sistema de aspersores projetado, antes de instalar no local previsto, efetuou-se a sua montagem nas instalações do Laboratório de Estudos sobre Incêndios Florestais (LEIF), na Lousã.

A instalação (figuras 6.5 e 6.6) consistiu basicamente na montagem de dois aspersores a alturas diferentes do solo, através de uma mangueira e de uma união em T. O objetivo desta

instalação é recriar as condições do sistema projetado para a habitação I em Viseu. O sistema foi ligado a uma fonte de água com uma pressão de cerca de 2,8 bar, como previsto em Viseu, e instando os aspersores às alturas correspondentes às da instalação na habitação. Foram utilizados 25 m de mangueira não rígida, pelo que ocorrem perdas superiores às previstas para tubos rígidos de aço [7].



Figura 6.5. Ensaio de aspersão realizado no LEIF, Lousã.

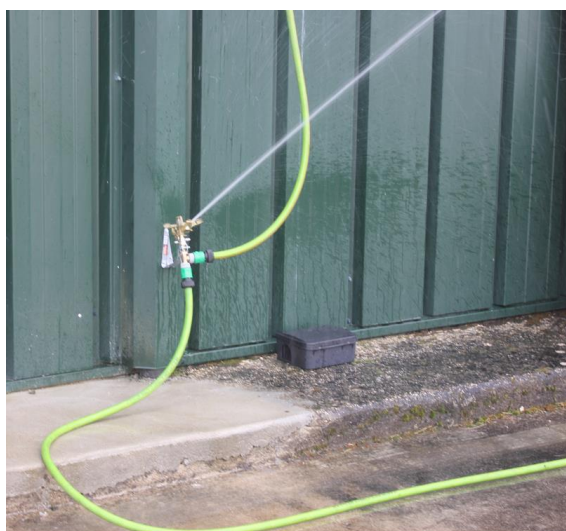


Figura 6.6. União em T dos aspersores.

Os parâmetros a verificar foram a área de cobertura da aspersão de cada um dos aspersores, a altura atingida pelo aspersor colocado mais abaixo e o alcance máximo (Figura 6.7)

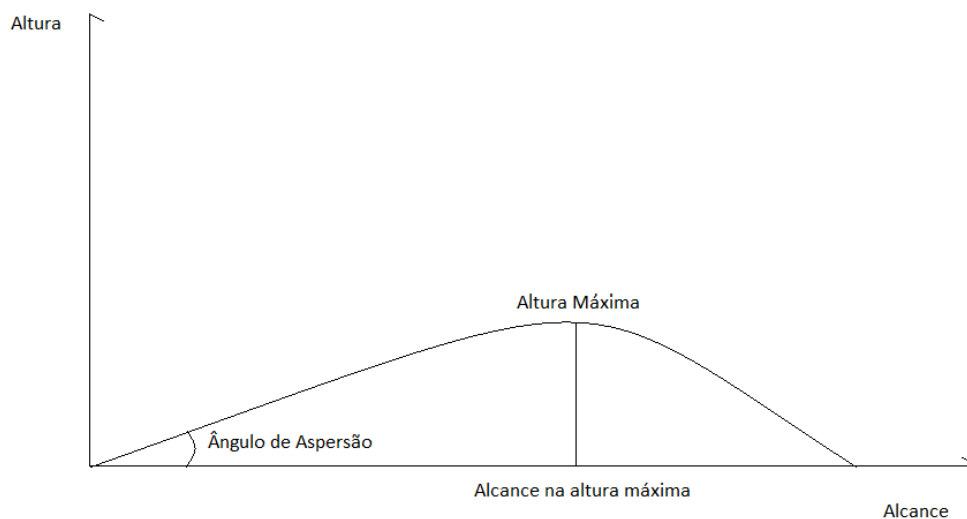


Figura 6.7. Representação da trajetória de aspersão (Não está à escala).

O último ensaio (Figura 6.8) consistiu na distribuição de pequenos recipientes, espaçados entre si de 1 m na área de espalhamento da água, de maneira a conseguir verificar a distribuição espacial da água aspergida por um aspersor. Para tal, o sistema foi posto em funcionamento sobre a área pretendida, e ao fim de dois períodos distintos, mediu-se a quantidade de água dentro de cada recipiente através de uma proveta volumétrica.



Figura 6.8. Ensaio de verificação da distribuição espacial da água aspergida.

6.6. Resultados dos ensaios em laboratório

Após os ensaios realizados e resultados apurados, foi possível verificar que o sistema foi corretamente dimensionado folha de cálculo em Microsoft Excel[®] criada e demonstrou ser perfeitamente funcional.

Verificou-se que os aspersores atingiram o alcance esperado, com cerca de 11 m de comprimento. O aspersor montado mais abaixo, com um ângulo de aspersão de 45° graus, atingiu uma altura de aspersão de cerca de 5,5 m e o respetivo alcance na altura máxima foi de aproximadamente 5 m.

Em relação ao ensaio de verificação da distribuição espacial da água aspergida, foi coberto um dos aspersores, para que os resultados obtidos para a distribuição de água sejam apenas referentes à aspersão de um único aspersor. É importante ainda salientar que o ensaio de aspersão apenas incidia sobre um quarto de círculo, ao invés do círculo completo como esperado para o funcionamento deste tipo de aspersores. Para os resultados apurados serem fidedignos tem de se ter em consideração que a água aspergida neste quarto de círculo será o quadruplo. Isto deve-se ao facto de na realidade o aspersor ter incidência num círculo completo, pelo que do tempo total de aspersão apenas um quarto desse tempo teria incidência nesse quarto de círculo enquanto no ensaio realizado a incidência nesse quarto de círculo ocorreu na totalidade do tempo de ensaio. A Figura 6.9 é uma representação esquemática da disposição dos recipientes medidores e do aspersor no ensaio realizado.

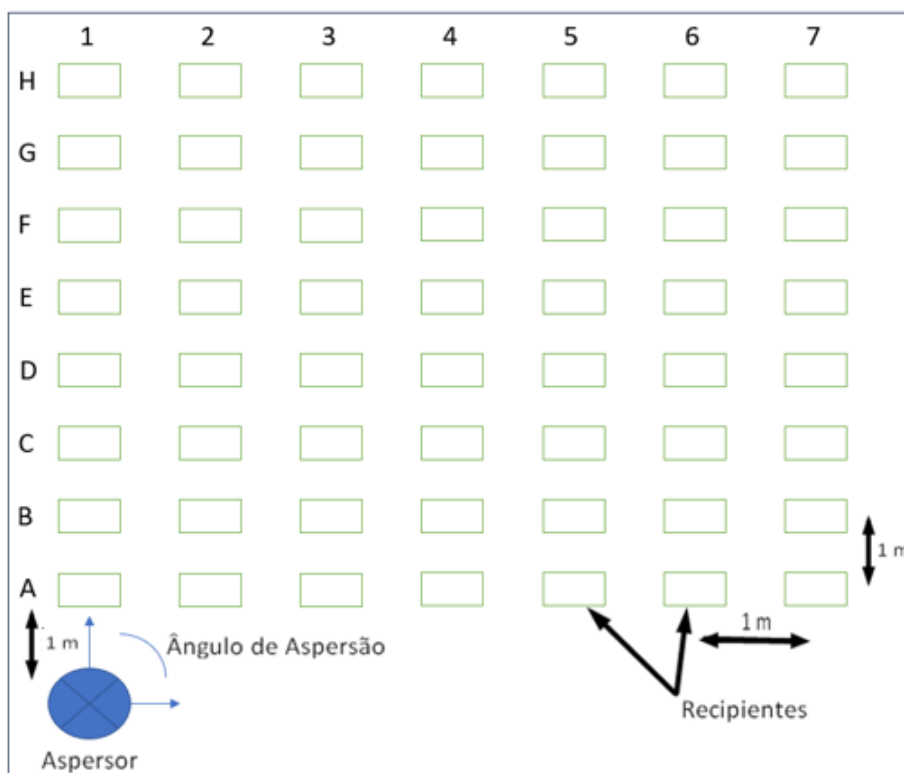


Figura 6.9. Vista em planta do ensaio de distribuição espacial da água aspergida.

A Tabela 6.4 apresenta a quantidade de água, em mL, que se recolheu em cada um dos recipientes do ensaio, com dimensões de 20x30x15 cm.

Tabela 6.4. Quantidade de água em mL, depositados por recipiente no ensaio de 5 minutos.

Recipiente	1	2	3	4	5	6	7
H	5	4	2	2	1	1	1
G	31	14	10	5	4	3	2
F	19	12	11	6	6	6	3
E	12	11	8	6	6	5	3
D	9	12	15	18	11	6	3
C	8	15	23	20	10	8	6
B	11	13	16	15	13	11	6
A	12	14	11	9	8	11	13

Como se pode verificar pelos gráficos das figuras 6.10 e 6.11, a distribuição de água apresenta alguma homogeneidade, diminuindo a quantidade de água coletada pelos recipientes medidores à medida que se afasta do aspersor, com exceção de uma zona com raio de aproximadamente 7 m, centrada no aspersor, em que a taxa de deposição de água

aumenta localmente. A partir dessa zona, ou seja, para alcance superior a 7 metros, a taxa de deposição de água começa a diminuir acentuadamente.

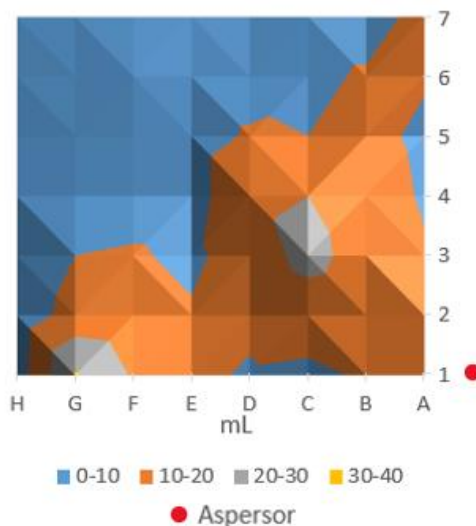


Figura 6.10. Mapa 2D da quantidade de água recolhida, em mL, por recipiente ao fim de 5 minutos

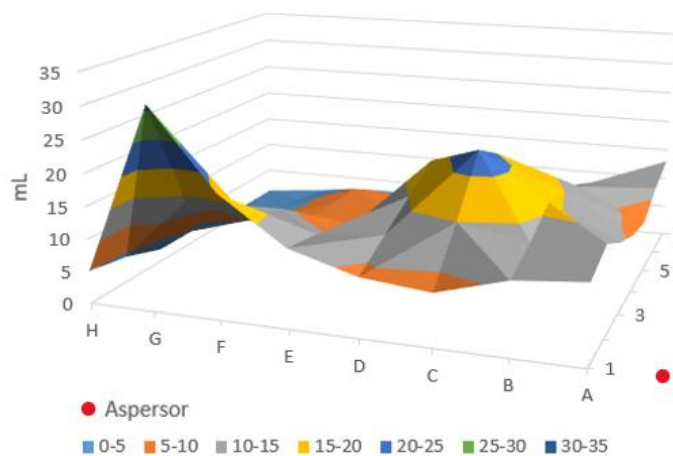


Figura 6.11. Mapa 3D da quantidade de água depositada, em mL, por recipiente.

A partir da quantidade de água, em mL, que se recolheu em cada recipiente, ao longo do ensaio de 5 minutos, calculou-se a taxa de deposição de água em litros por metro quadrado, assim como a taxa de aspersão na área abrangida.

A partir da Equação 5.1 calculou-se a quantidade de água, em litros, que se recolheu em cada recipiente, para uma hora de aspersão, ou seja, $5 \times 12 = 60$ min.

$$\frac{\text{Litros}}{\text{Hora}} = V_{H_2O}(\text{ml}) * 0,001 * 12 \tag{5.1}$$

A Tabela 6.5. apresenta a quantidade de água em litros em cada recipiente, ao fim de 1 hora de aspersão.

Tabela 6.5. Quantidade de água em litros, estimada por recipiente após 1 hora de aspersão

Recipiente	1	2	3	4	5	6	7
H	0,060	0,048	0,024	0,024	0,012	0,012	0,012
G	0,372	0,168	0,120	0,060	0,048	0,036	0,024
F	0,228	0,144	0,132	0,072	0,072	0,072	0,036
E	0,144	0,132	0,096	0,072	0,072	0,060	0,036
D	0,108	0,144	0,180	0,216	0,132	0,072	0,036
C	0,096	0,180	0,276	0,240	0,120	0,096	0,072
B	0,132	0,156	0,192	0,180	0,156	0,132	0,072
A	0,144	0,168	0,132	0,108	0,096	0,132	0,156

Efetuuou-se o somatório de cada uma das parcelas referentes a cada um dos recipientes e calculou-se a média da taxa de deposição por recipiente que tem o valor de 0,113 litros por hora. Tendo em conta que cada recipiente tem uma área de superfície de aproximadamente 0,06 metros quadrados pode fazer-se uma aproximação grosseira para obter a média da taxa de deposição por metro quadrado., dividindo a média obtida anteriormente pela área de um recipiente.

Obteve-se assim o valor de 1,88 L/h para cada metro quadrado da área de aspersão, equivalente a 105,28 litros de água na área do ensaio.

Considerando que o aspersor opera a um caudal de 600 L/h, num círculo completo, era pressuposto que num quarto de círculo o caudal total fosse de 150 L/h. Assim pode-se concluir que apenas 70,1% da água aspergida atingiu a área coberta pelo ensaio, o que significa que os restantes 29,9% da água aspergida tiveram incidência fora da área estudada, podendo mesmo ultrapassar o raio de alcance do aspersor, devido ao efeito de rajadas de ventos. Estes valores são resultado de uma aproximação grosseira pelo que apenas servem de referência e não devem ser tomados como valores absolutos.

A Figura 6.12 representa esquematicamente a área de aspersão e a respetiva percentagem de água depositada.

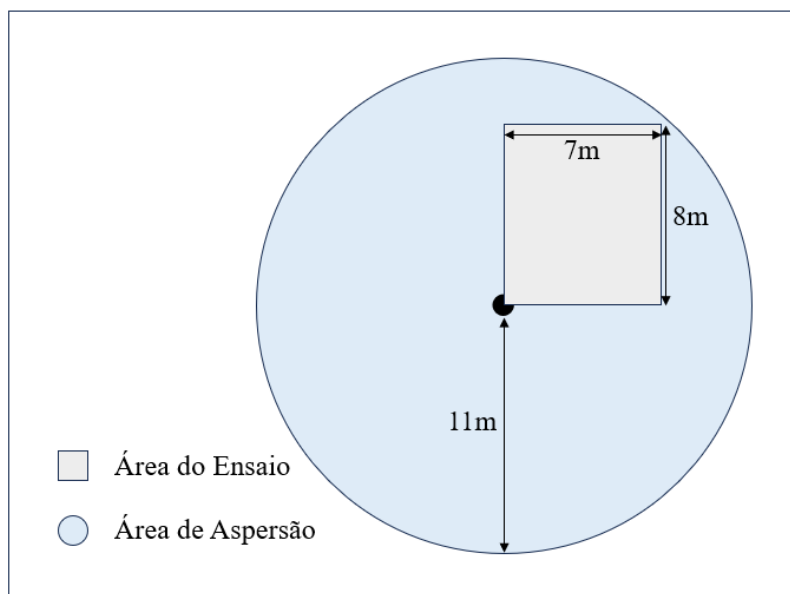


Figura 6.12. Vista em planta da área do ensaio e da área total de aspersão

Sabendo que no ensaio 70,1% da água aspergida para um quarto de círculo foi recolhida na área do ensaio, construiu-se a Figura 6.13, relativamente ao círculo completo de aspersão.

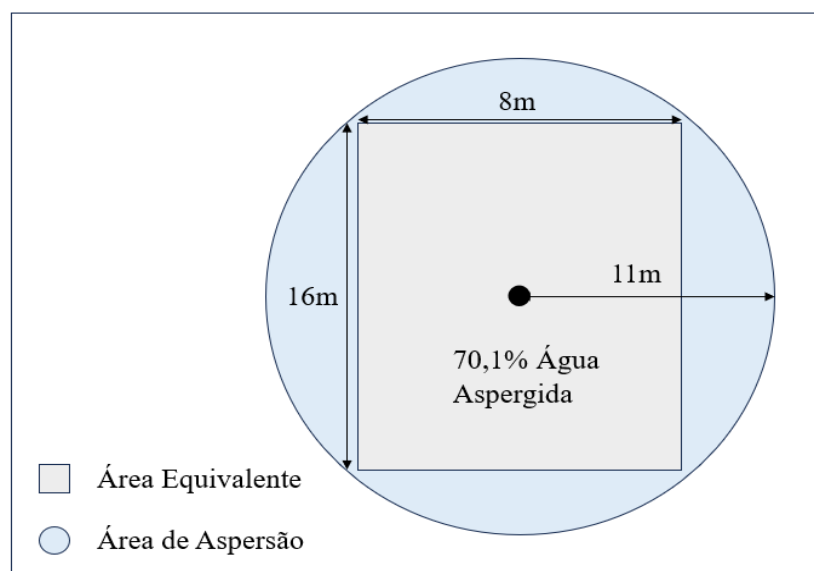


Figura 6.13. Vista em planta da área onde se deposita 70,1% da água aspergida para um círculo completo

Considerando o facto de que existem algumas zonas da área de aspersão com menor taxa de deposição de água em relação à média considerada, e também o facto de poder existir

a necessidade do sistema ser ativado múltiplas vezes, deu-se alguma margem de segurança, e considerou-se meia hora como o tempo de aspersão mínimo para evitar ignições. Este tempo de aspersão enquadra-se dentro do sugerido pela National Fire Protection Association (NFPA) para sistemas de extinção de incêndio [28], pelo que caso fosse utilizado um reservatório de água como fonte de abastecimento, o mesmo teria obrigatoriamente de cumprir essas exigências e possuir um mínimo de 600 Litros para suportar os 30 minutos de aspersão. É aconselhado, no entanto, que o reservatório tenha dimensões superiores e consiga suportar um tempo superior de funcionamento do sistema de maneira a garantir a continuidade no funcionamento do mesmo em caso de necessidade.

6.7. Instalação do sistema de aspersão na habitação I (Viseu)

A instalação do sistema de aspersão concebido para a habitação situada em Viseu (habitação I), foi efetuada conforme o previsto e sem grandes dificuldades.

Foi seguida a opção A, ilustrada na Figura 6.1, e utilizados os materiais especificados no subcapítulo 6.1. As figuras seguintes, figuras 6.14 a 6.16 representam o local da parede lateral este onde foi instalado o sistema, e os detalhes do mesmo já posteriormente instalado.



Figura 6.14. Parede este da habitação em Viseu e local da instalação do sistema

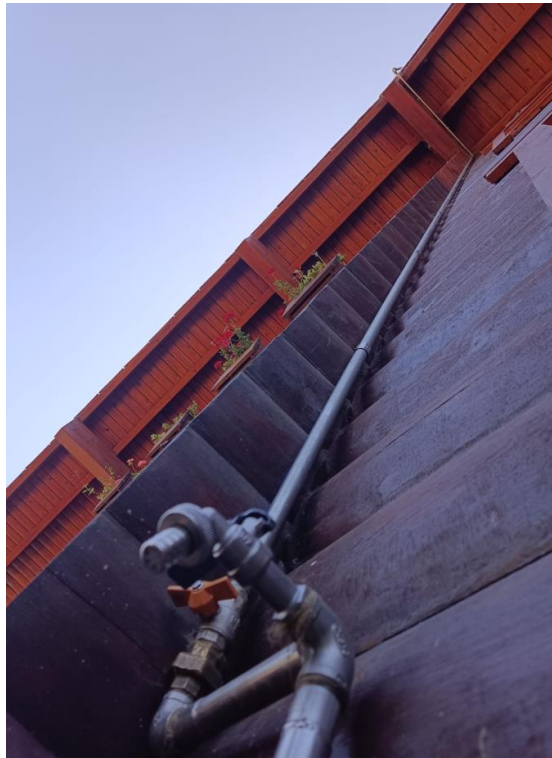


Figura 6.15. Detalhes da instalação do sistema

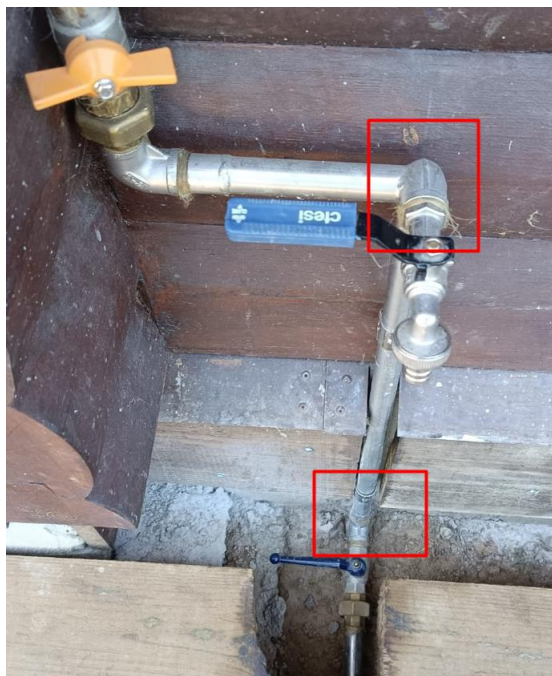


Figura 6.16. Uniões em T do sistema

Como se pode verificar na Figura 6.16. existem duas uniões em T ao invés de apenas uma como previsto. A união assinalada mais abaixo, é a união esperada, que separa os dois ramais de aspersores, após sair da rede de abastecimento. No entanto, a união em T acima, que não era prevista, foi colocada de forma a não inutilizar a torneira que já estava instalada nesse local.

Devido ao facto de o sistema de abastecimento dispor de uma pressão suficiente não foi necessária a instalação de uma bomba hidráulica no sistema.

. O acionamento do sistema ficou manual, utilizando uma válvula de borboleta, assinalada na Figura 6.17.



Figura 6.17. Válvula de borboleta

7. CONCLUSÕES

À semelhança de outros projetos desenvolvidos nesta área, a principal conclusão deste projeto é que um sistema de aspersores é aconselhado e deve ser instalado como um meio de combate ao fogo.

Numa fase inicial, concluiu-se com recurso aos dados obtidos após o grande incêndio de Pedrogão Grande que as principais fontes de ignições nas habitações ocorrem devido á projecção de fagulhas que podem ser transportadas grandes distâncias pelos ventos. Apenas 21% das habitações sofria ignição a partir do impacto direto das chamas. Seguidamente, com recurso ao mesmo estudo, verificou-se também que os elementos construtivos das habitações que são mais vulneráveis à ação do fogo são a essencialmente a cobertura, e as paredes laterais, incluindo os elementos que nestas se possam abrigar (Ex: janelas, portas, ventilações). De salientar que grande parte das habitações que sofreu danos nesses elementos, sofreram danos, mas não houve ignição, nem destruição total da habitação.

O sistema desenvolvido nesta dissertação, cujo objetivo era proteger esses elementos mais vulneráveis a ignições em duas habitações com características distintas, demonstrou ser eficaz. O aspersor que foi utilizado, do fabricante Hidraulicart, foi testado quanto à distribuição espacial da deposição de água e quanto à taxa de deposição de água. Comprovou-se que existe alguma homogeneidade na aspersão de água, garantindo a deposição de água em toda a área de aspersão.

Os materiais utilizados para os diversos elementos do sistema de aspersão são os mais recomendados para proteção contra incêndios, sendo resistentes tanto á ação da temperatura como à oxidação/corrosão, conferindo alguma resiliência ao sistema.

A ativação do sistema ficou apenas manual após a instalação do mesmo na habitação modelo I(Viseu), contudo é importar referir que seria bastante vantajoso a utilização de electroválvulas para o acionamento do sistema pelo facto de poderem ser ativadas à distância ou após um sinal de alarme, pelo que serão mais seguras para quem ativar o sistema. Nesse caso, deverá ser utilizada a ativação através de ondas rádio devido à sua grande fiabilidade por comparação com a ativação através de sinal Wi-Fi que é

facilmente comprometido em caso de incêndio. O funcionamento das electroválvulas deverá ainda ser garantido através de um gerador independente, caso o fornecimento de energia eléctrica também seja comprometido.

Do ponto de vista económico, o sistema de aspersão desenvolvido nesta dissertação é bastante acessível pelo facto de ser relativamente simples, utilizar materiais poucos dispendiosos e ainda pelo facto de utilizar água como o fluido de trabalho (rede de distribuição de água ou reservatório).

Finalmente, o programa criado em Microsoft Excel[®] para efetuar o dimensionamento de sistemas de aspersores com até cinco aspersores demonstrou ser bastante versátil e de grande utilidade na análise das diferentes opções consideradas para as duas habitações que serviram de modelo para o sistema de proteção. Assim é esperado que o programa desenvolvido possa também ser utilizado por outros projetistas, não só que pretendam dimensionar sistemas de aspersão para a proteção de edifícios contra os incêndios, mas também para outros projetos. Para esse efeito foram criadas no programa várias opções para os elementos do sistema, deixando assim ao abrigo do utilizador a escolha de todos os componentes e maximizando a área de abrangência do programa criado.

Com o sistema de proteção concebido nesta dissertação, e com a ajuda do programa de dimensionamento de um sistema de aspersão que foi criado, está ao alcance do público geral a implementação de um sistema de proteção da sua própria habitação contra as fontes de ignições nos locais mais vulneráveis da mesma. Em conjunto com as medidas legislativas em vigor, nomeadamente na limpeza dos terrenos da interface urbano-rural, este sistema tem capacidade de fornecer alguma proteção adicional às populações, deixando-as menos dependentes dos serviços de emergência e socorro em caso de catástrofe.

Num país empobrecido, afetado grave e anualmente por incêndios rurais, é cada vez mais importante o estudo e a divulgação de métodos e sistemas para reduzir os riscos e os danos causados por um incêndio, principalmente aqueles que forem mais fáceis de implementar de um ponto de vista económico e que confirmem alguma “autoproteção” às populações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Decreto-Lei nº 82/2021 de 13 de outubro. “Diário da República nº199/2021, Série I”. Acedido a 7 de novembro de 2022 em: [Decreto-Lei n.º 82/2021, de 13 de outubro | DRE](#).
- [2] ICNF, “Metodologia para a produção da Carta de Perigosidade de Incêndio Rural de cariz estrutural (2020). Acedido a 30 de maio de 2023 em: <https://portaldoadepto.incm.pt/siluc/detalhe/26542>.
- [3] ICNF, “Carta de Perigosidade Conjuntural de Incêndio Rural 2023” (2023). Acedido a 8 de agosto de 2023 em: <https://www.icnf.pt/api/file/doc/34d773ea038e45c7>.
- [4] ANEPC, programas “Aldeia Segura” e “Pessoas Seguras” (2017). Acedido a 2 de novembro de 2022 em: <https://aldeiasseguras.pt/programa/>.
- [5] Turismo de Portugal, “Aldeia Segura Pessoas Seguras | Safe Village Safe People” (2017). Acedido a 5 de dezembro de 2022 em: [Aldeia Segura Pessoas Seguras | Safe Village Safe People \(turismodeportugal.pt\)](#).
- [6] ADAI, “Melhores práticas para a proteção de infraestruturas face a incêndios rurais”, projeto House-Refuge (2020). Acedido a 2 de novembro de 2022 em: <https://adai.pt/houserefuge/sobre/>.
- [7] Rodrigues, Pedro (2022), “Incêndios Rurais: Análise da Eficiência de Sistemas de Autoproteção de Incêndios na Interface Urbano-Florestal” acedido a 2 de novembro em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/103040>.
- [8] Prilux (1992), “Aspersor Canhão Super Cris”. Acedido a 7 de novembro de 2022 em: <https://www.prilux.pt/pt/produto-detalhe/260/aspersor-canhao-super-cris>.
- [9] ADAI, projeto Fire Protect, ”Sistemas de Proteção de Pessoas e Elementos Críticos Expostos a Incêndios Florestais” acedido a 7 de novembro de 2022 em: <https://firehelp.wixsite.com/fireprotect>.
- [10] Pinto, C. (2020), “Sistema tecnológico de proteção contra incêndios rurais testado no concelho de Arganil”. Notícia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Acedido a 3 de novembro de 2022 em: [Faculdade de Ciências e Tecnologia da UC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra - Universidade de Coimbra](#)

-
- [11] Ambiente e saúde, Notícias (2020), Município de Arganil, “Concelho de Arganil recebe sistema piloto de proteção de povoações contra o risco de incêndio florestal”. Acedido a 3 de novembro de 2022 em: [Concelho de Arganil recebe sistema piloto de proteção de povoações contra o risco de incêndio florestal - Município de Arganil \(cm-arganil.pt\)](https://www.cm-arganil.pt).
- [12] Frontline (2022), “About Frontline”. Acedido a 2 de novembro de 2022 em: <https://www.frontlinewildfire.com/about-frontline-wildfire-defense/>.
- [13] Frontline (2020), “Introducing the Frontline Wildfire Defense System”. Acedido a 7 de novembro de 2022 em: <https://www.frontlinewildfire.com/>.
- [14] Frontline (2020), “Automated Wildfire sprinkler protection for your home”. Acedido a 7 de novembro de 2022 em: <https://www.frontlinewildfire.com/protect-home-with-roof-wildfire-sprinkler-system/>.
- [15] UIA, projeto GUARDIAN, “Green Urban Actions for Resilient fire Defence of the Interface Area” (2020). Acedido a 9 de novembro de 2022 em: <https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/ribaroja-de-turia>.
- [16] Kelly, Graham, “This Giant Sprinkler System Can Protect Cities From Wildfires”, revista Wired publicada a 24/08/2022. Acedido a 7 de novembro de 2022 em: [This Giant Sprinkler System Can Protect Cities From Wildfires | WIRED UK](https://www.wired.com/story/giant-sprinkler-system-protect-cities-wildfires/).
- [17] UIA, projeto GUARDIAN, “Demonstrating GUARDIAN Economic Feasibility”(2023). Acedido a 9 de novembro em: <https://www.uia-initiative.eu/en/news/demonstrating-guardian-economic-feasibility>.
- [18] Medi XXI GSA, projecto WUI-PROTECT (2006). Acedido a 9 de novembro de 2022 em: <https://www.wuiprotect.com/wui-protect-portable-version.html>.
- [19] Viegas, Domingos Xavier (2018), “Advances in Forest Fire Research: Carxaixent Fire Impact against a self-protected WUI zone. Lessons Learned”. Acedido a 9 de novembro de 2022 em: <https://ucdigitalis.uc.pt/pombalina/item/68862>.
- [20] Gonçalves, O., Feitosa, E., “Sistemas de Chuveiros Automáticos”, Texto Técnico, Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, 1998.
- [21] Silva, Ricardo Jorge Vaz, “Dimensionamento de redes de Sprinklers”(2012). Acedido a 11 de novembro de 2022 em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69314/1/000155125.pdf>.

- [22] FPAA (2000), “External water spray systems to aid building protection from wildfire”, Relatório da Associação de proteção de incêndios da Austrália.
- [23] Green, Alan (2019), “Sprinkler Systems for the Protection of Buildings from WildFire”. Acedido a 11 de novembro de 2022 em: <https://ro.uow.edu.au/theses1/617/>
- [24] Mitchell, JW 2006, 'Wind-enabled ember dousing', Fire Safety Journal, vol. 41, no. 6, p. 444-58.
- [25] Potter, M & Leonard, J, (2010), “Spray system design for ember attack - research findings and discussion paper”, Relatório no. D.06.10, CSIRO - Sustainable Ecosystems, Bushfire CRC.
- [26] Green, Alan(2019), “Sprinkler Systems for the Protection of Buildings from Wildfire” Capítulo 4, “Wind-Spray Interactions: Full-Scale Experiments”.Acedido a 11 de novembro de 2022 em: [Sprinkler systems for the protection of buildings from wildfire \(bnhcrc.com.au\)](http://Sprinkler%20systems%20for%20the%20protection%20of%20buildings%20from%20wildfire%20(bnhcrc.com.au).).
- [27] Blanchi, R, Leonard, J, White, N, Sargeant, A, Bicknell, A & Andersson, S (2007), “Research into the performance of water tanks in bushfire”, USP2007/014, BlueScope Steel Limited and CSIRO Sustainable Ecosystems (CSE) Urban Systems Program, St Lucia, Queensland.
- [28] National Fire Protection Association (NFPA 13), Standard for the Installation of Sprinkler Systems, 2002.
- [29] Trindade, Paula Alexandra Dias (2009), “Meio de Extinção de Incêndios: Sistemas Automáticos por Água”. Acedido a 11 de novembro de 2022 em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59398/1/000136758.pdf>.
- [30] APTA (2004), “A Norma Europeia EN 10255:2004: Tubos de Aço não ligado com aptidão para roscagem e soldadura-Condições técnicas de fornecimento”
- [31] Martins, J.N., Freire,E., Hemadipour, H (2009), “Applications and market of PVC for piping industry”. Acedido a 9 de novembro de 2022 em: <https://www.scielo.br/j/po/a/NRwcH3CbrZvmpNQgGJgKXVJ/?lang=en>.
- [32] Ferreira de Castro, Carlos, Barreira Abrantes, José, “Manual de Segurança contra Incêndio em Edifícios”. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra.
- [33] Ribeiro, L.M.; Rodrigues, A.; Lucas, D.; Viegas, D.X., “The large fire of Pedrógão Grande (Portugal) and its impact on structures”. Em “Advances in Forest Fire Research” (2018); Viegas, D.X., Ed.; Imprensa da Universidade de Coimbra: Coimbra, Portugal,

2018; pp. 852–858. Acedido a 9 de novembro de 2022 em :

<https://ucdigitalis.uc.pt/pombalina/item/68879>.

[34] Ribeiro, L.M.; Rodrigues, A.; Lucas, D.; Viegas, D.X., “The impact on structures of the Pedrogão Grande Fire Complex in June 2017”, *Fire Journal* (2020). Acedido a 9 de novembro de 2022 em: <https://www.mdpi.com/2571-6255/3/4/57>.

[35] Green, Alan (2019), “Sprinkler Systems for the Protection of Buildings from Wildfire” Capítulo 5, “Wildfire Sprinkler System Performance Comparison”. Acedido a 11 de novembro de 2022 em: [:Sprinkler systems for the protection of buildings from wildfire \(bnhcrc.com.au\)](https://www.bnhcrc.com.au).

[36] Google Earth (2023), Couto de Cima, Viseu, 40°40'23''N 8°00'06''W, Altitude 397M. Acedido a 10 de Agosto de 2023 em: <https://earth.google.com/web/@40.67297174,-8.0017133,396.99052288a,359.24776054d,30.00006624y,359.99960221h,0t,0r>.

[37] Google Earth (2023), Aljezur, 37°18'25''N 8°50'01''W, Altitude 100M. Acedido a 10 de Agosto de 2023 em: <https://earth.google.com/web/@37.30698558,-8.83350533,96.40254781a,464.8953145d,30.00006624y,359.99959965h,0t,0r>.

[38] ICNF, WebMap “Carta de Perigosidade de Incêndio Rural”. Acedido a 10 de Agosto de 2023 em: <https://sig.icnf.pt/portal/home/webmap/viewer.html?layers=65e7a435415e467b82f84b0640205409>.

[39] Adriano, Luís Oliveira; Lopes, António Gameiro (2020), “Mecânica dos Fluidos”, Lidel.

[40] Porto, R. M. (2006), “Hidráulica Básica”, 4ªed. São Carlos EESC-USP, 540p.

[41] Quinas, Ricardo Miguel Fernandes (2017), “Dimensionamento de Sistemas de Rega”, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

[42] Helmenstine, Anne Marie, Ph.D. "What Is Brass? Composition and Properties." ThoughtCo, Apr. 5, 2023. Acedido a 3 de dezembro de 2022 em: <https://www.thoughtco.com/brass-composition-and-properties-603729>.

[43] Hidraulicart (2022), “Aspersor de Impacto de Metal”. Acedido a 3 de dezembro de 2022 em: <https://www.hidraulicart.pt/loja-online/aspersores-medio-alcance/aspersor-impacto-metal/>.

[44] Ikeuchi Europe: “Flat Spray Patter Nozzles”. Acedido a 8 de Agosto de 2023 em: <https://www.ikeuchi.eu/products/hydraulic-nozzles/flat-spray-pattern/>.

[45] Grekkon Limited, “Water Sprinklers”. Acedido a 8 de Agosto de 2023 em: <https://grekkon.co.ke/tag/butterfly-sprinklers/>.

[46] Wika (2022), “Pressures Gauges:Standard Version”. Acedido a 8 de agosto de 2023 em: https://www.wika.com/en-en/111_10_111_12.WIKA.

APÊNDICE A

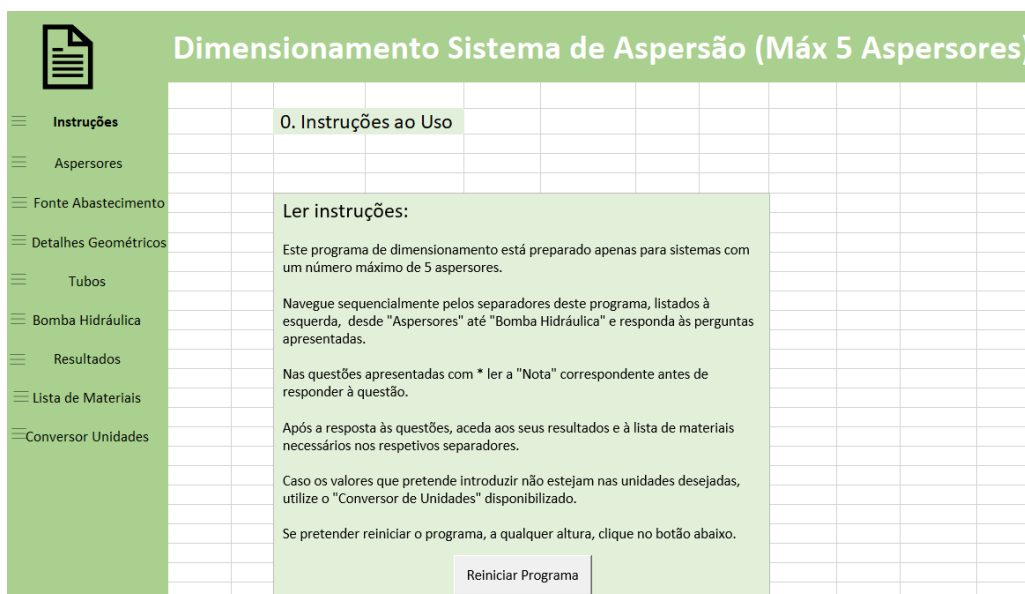


Figura A.1. Separador “Instruções” do programa de dimensionamento.

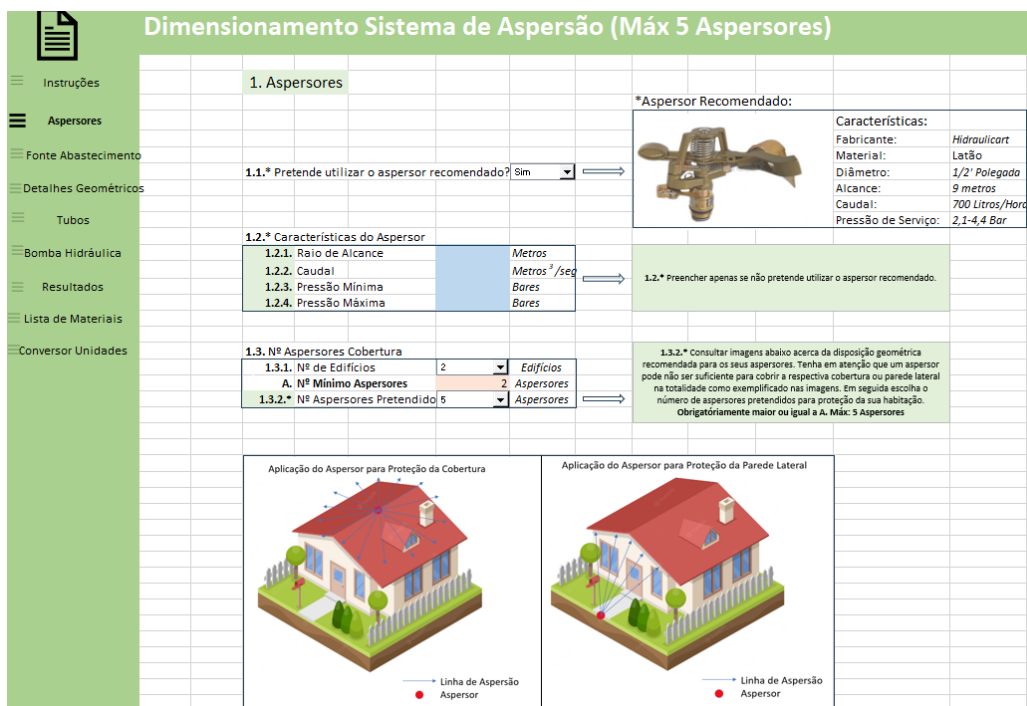


Figura A.2. Separador “Aspersores” do programa de dimensionamento.

Dimensionamento Sistema de Aspersão (Máx 5 Aspersores)			
Instruções	2. Fonte de Abastecimento de Água		
Aspersores			
Fonte Abastecimento			
Detalhes Geométricos			
Tubos			
Bomba Hidráulica			
Resultados			
Lista de Materiais			
Conversor Unidades			
	2.1 Pretende utilizar a rede de abastecimento pública de água?	Sim	2.1* Por motivos de segurança, não é recomendada a utilização da rede pública de abastecimento de água devido a eventuais falhas no abastecimento.
	2.2.* Características da rede pública no local		
	2.2.1. Pressão disponível na fonte de abastecimento	Bares	2.2.* Preencher apenas se pretende utilizar a rede pública.
	2.2.2. Caudal disponível na fonte de abastecimento	Litros/Hora	

Figura A.3. Separador “Fonte de Abastecimento de Água” do programa de dimensionamento.

Dimensionamento Sistema de Aspersão (Máx 5 Aspersores)			
Instruções	3. Detalhes Geométricos		
Aspersores			
Fonte Abastecimento			
Detalhes Geométricos			
Tubos			
Bomba Hidráulica			
Resultados			
Lista de Materiais			
Conversor Unidades			
	<p>Obrigatório:</p> <p>Desenhar um esquema simples 3D das ligações desde a fonte de abastecimento até aos aspersores, nas localizações pretendidas. (Consultar localizações recomendadas no separador "Aspersores").</p> <p>Comece por criar uma Linha Principal que transporte a água desde a Fonte de Abastecimento até um local próximo dos Aspersores.</p> <p>De seguida efetue a ligação de cada aspersor até à Linha Principal, cada um com o seu próprio ramal conector.</p> <p>Responda às questões seguintes de acordo com o seu esquema 3D.</p> <p>São disponibilizados três exemplos de esquemas 3D, cujo objetivo é servirem de referência e facilitarem a resposta às questões seguintes relacionadas com o seu próprio esquema 3D.</p>		
	3.1. Número de interseções da Linha Principal	4	<p>Exemplo 1</p> <ul style="list-style-type: none"> Aspersores Linhas Conectoras Linha Principal Interseções da L.P.
	3.2 Nº de saídas por intersecção		
	3.2.1. Intersecção 1	1 Saídas	
	3.2.2. Intersecção 2	1 Saídas	
	3.2.3. Intersecção 3	2 Saídas	
	3.2.4. Intersecção 4	2 Saídas	
		Escolher até à intersecção:	4
	3.3*.Elevações manométricas		
	3.3.1. Aspersor 1	Metros	Desenhar
			<p>Exemplo 2</p> <ul style="list-style-type: none"> Aspersores Linhas Conectoras Linha Principal Interseções da L.P.

Figura A.4. Separador “Detalhes Geométricos” do programa de dimensionamento.

3.3.* Elevações manométricas

3.3.1.	Aspersor 1	Metros	Preencher elevações manométricas até ao aspersor:	5
3.3.2.	Aspersor 2	Metros		
3.3.3.	Aspersor 3	Metros		
3.3.4.	Aspersor 4	Metros		
3.3.5.	Aspersor 5	Metros		
3.3.6.	Intersecção 1	Metros	Preencher elevações manométricas até à intersecção:	4
3.3.7.	Intersecção 2	Metros		
3.3.8.	Intersecção 3	Metros		
3.3.9.	Intersecção 4	Metros		
3.3.10.	Fonte	0	Metros	

3.3.* Considerar a fonte como o zero absoluto. Indicar elevações manométricas relativamente a essa fonte. Não se esqueça dos desníveis devido à inclinação do terreno, caso existam.
 3.4.* As perdas localizadas ocorrem devido a mudanças de direção, estreitamentos ou alargamentos bruscos da tubagem ou devido à utilização de válvulas. Durante a fase de projeto muitas vezes não é sabido o número desses elementos e calculam-se essas perdas por estimativa.

3.4.* Perdas Localizadas

3.4.1. Pretende calcular as perdas localizadas por estimativa? Sim

3.4.2.

Linha Principal	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	∑ K _n
Fonte-1ª Intersecção						0
1ª-2ª Intersecção						0
2ª-3ª Intersecção						0
3ª-4ª Intersecção						0
Ramais conetores						
Conetor 1						0
Conetor 2						0
Conetor 3						0
Conetor 4						0
Conetor 5						0

3.4.2. Se respondeu "Não" em 3.4.1. Inserir manualmente os coeficientes de perda de carga localizada de cada elemento do sistema na secção respectiva da tubagem.

Figura A.5. Continuação do separador “Detalhes Geométricos” do programa de dimensionamento.

Dimensionamento Sistema de Aspersão (Máx 5 Aspersores)

4. Tubos

4.1. Pretende utilizar os tubos de aço recomendados? Sim

4.1.* Tubos da norma EN 10000 de aço inoxidável, recomendados pela Associação Portuguesa de Tubos de Aço. (site)

4.2.* Características do aço utilizado

4.2.1. Coeficiente de Rugosidade milímetros

4.2.* Preencher apenas se não pretende utilizar o aço recomendado

4.3.* Pretende utilizar PVC nos segmentos da rede de distribuição abaixo do nível do solo? Sim

4.3.* Vantagens:
 - Geralmente mais económicos do que os tubos de aço equivalentes.
 - Menor perda de carga por metro de tubo.
 Desvantagens:
 - Vulnerável à ação da temperatura pelo que apenas são recomendados para secções da rede abaixo do solo.

4.4. Comprimento dos ramais conetores

Ramais conetores	Comprimento Total	Comprimento abaixo do solo
4.4.1. Ramal conetor do aspersor 1	Metros	4.4.1.* Metros
4.4.2. Ramal conetor do aspersor 2	Metros	4.4.2.* Metros
4.4.3. Ramal conetor do aspersor 3	Metros	4.4.3.* Metros
4.4.4. Ramal conetor do aspersor 4	Metros	4.4.4.* Metros
4.4.5. Ramal conetor do aspersor 5	Metros	4.4.5.* Metros

4.4.1.*-4.4.5.* Preencher apenas se pretende utilizar secções em PVC.

Figura A.6. Separador “Tubos” do programa de dimensionamento.

4.5. Comprimento da linha principal

4.5.1.	Fonte-1ª Intersecção	Metros	Preencher apenas se pretende utilizar secções em PVC.
4.5.2.	1ª-2ª Intersecção	Metros	
4.5.3.	2ª-3ª Intersecção	Metros	
4.5.4.	3ª-4ª Intersecção	Metros	

4.6.* Diâmetros dos tubos

4.6.1. Diâmetros Genéricos

Diâmetros Genéricos	Diâmetro
4.6.1.1. Fonte-1ª Intersecção (Linha Principal)	3/4" polegadas
4.6.1.2. 1ª-2ª Intersecção (Linha Principal)	1" polegadas
4.6.1.3. 2ª-3ª Intersecção (Linha Principal)	1" polegadas
4.6.1.4. 3ª-4ª Intersecção (Linha Principal)	3/4" polegadas
4.6.1.5. Ramais conetores (Secundários)	1/2" polegadas

4.6.2. Outros Diâmetros

Outros Diâmetros	Diâmetro
4.6.2.1. Fonte-1ª Intersecção (Linha Principal)	milímetros
4.6.2.2. 1ª-2ª Intersecção (Linha Principal)	milímetros
4.6.2.3. 2ª-3ª Intersecção (Linha Principal)	milímetros
4.6.2.4. 3ª-4ª Intersecção (Linha Principal)	milímetros
4.6.2.5. Ramais conetores (Secundários)	milímetros

Velocidade

2,4892352	m/s
1,2722054	m/s
0,9541541	m/s
0,497847	m/s
0,8877133	m/s

4.6.* - Se respondeu "Sim" em 4.1. escolha os tamanhos pretendidos para cada secção de tubagem no quadro 4.6.1. Comece pelos diâmetros menores e vá aumentando até a caixa da velocidade ficar a verde em cada secção de tubagem.

-Caso tenha respondido "Não" em 4.1. indique os tamanhos pretendidos para cada secção da tubagem no quadro 4.6.2., até a caixa da velocidade ficar a verde.

Figura A.7. Continuação do separador “Tubos” do programa de dimensionamento.

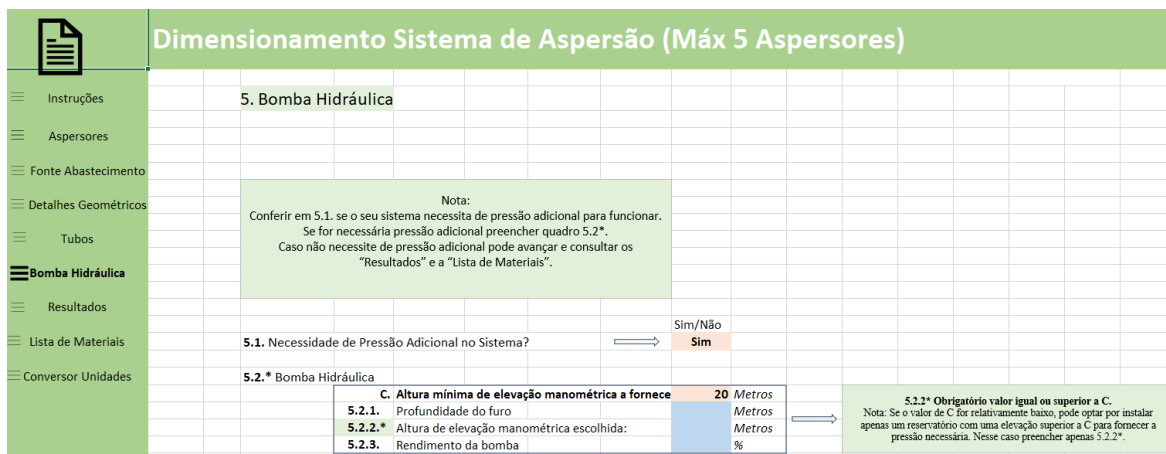


Figura A.8. Separador "Bomba Hidráulica" do programa de dimensionamento

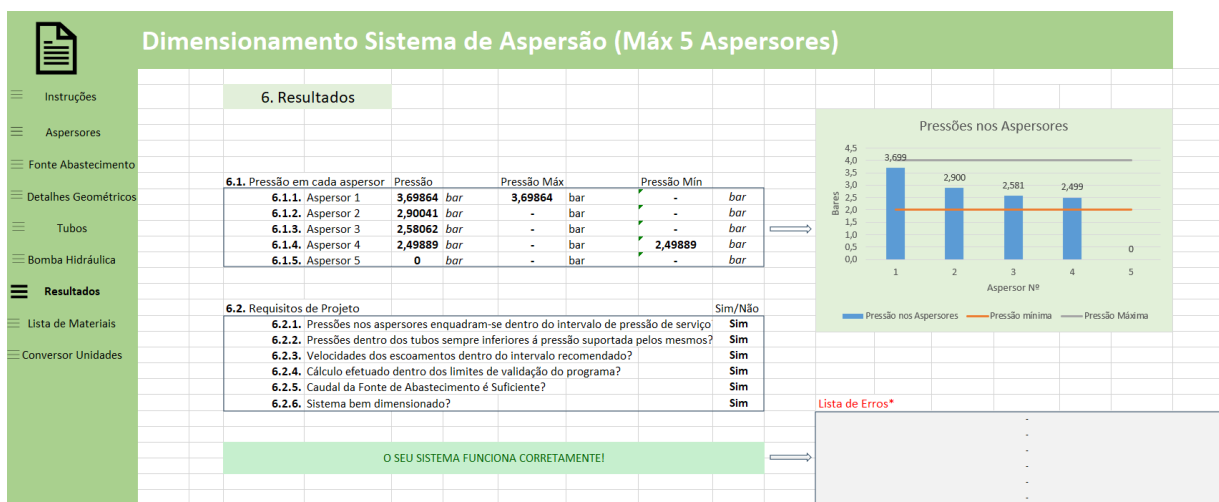


Figura A.9. Separador "Resultados" do programa de dimensionamento

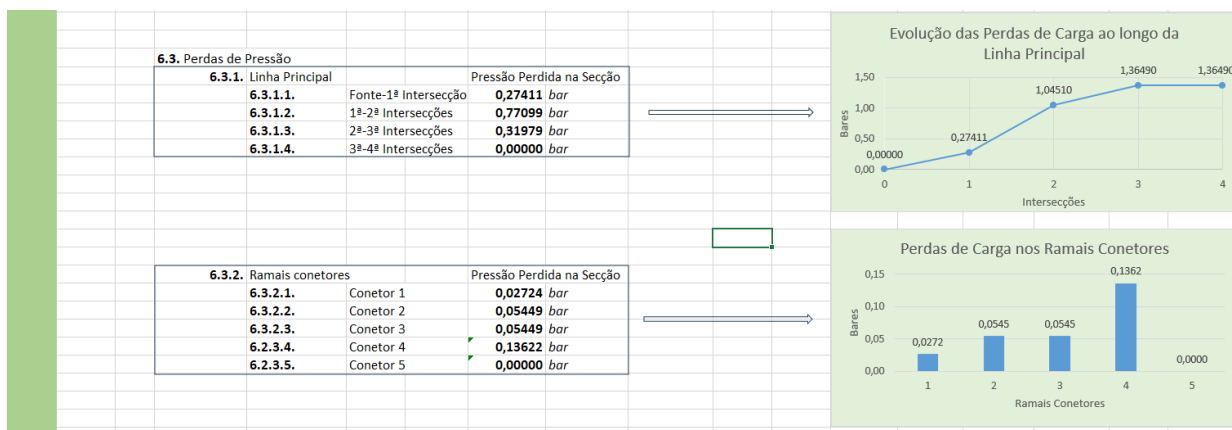


Figura A.10. Continuação do separador "Resultados" do programa de dimensionamento

Dimensionamento Sistema de Aspersão (Máx 5 Aspersores)									
7. Lista de Materiais									
Item	Quantidade	Unidades	Especificações/Observações				Fabricante: Hidraulicart		
Aspersor(es)	5	(-)	Aspersores de Impacto com as seguintes características:				Caudal:	700	Litros/Hora
							Alcance:	9	Metros
							Diâmetro:	16,7	Milímetros
Tubos Aço-Inox	0	Metros	Geralmente fornecidos em tubos de 6m de comprimento.				Necessários:	0	Tubos
Tubos PVC	0	Metros	Geralmente fornecidos em tubos de 6m de comprimento.				Necessários:	0	Tubos
Bomba Hidráulica	1	(-)	Elevação escolhida para a bomba hidráulica:				0	Metros de Elevação Manométrica	
			Potência Imediatamente superior a:				#DIV/0!	#DIV/0!	Watts
Reservatório	1,75	Metros ³	Capacidade Mínima do Reservatório! Pode ser superior mas nunca inferior! (30 minutos aspersão)						
			Diâmetro das saídas:						
			União em:	Entrada	Salida	Lateral 1	Lateral 2		
Unões em T	4	(-)	1ª Intersecção:	T	3/4'	1'	1/2'	(-)	Polegadas
Unões em +	0	(-)	2ª Intersecção	T	1'	1'	1/2'	(-)	Polegadas
			3ª Intersecção	+	1'	3/4'	1/2'	1/2'	Polegadas
			4ª Intersecção	T	3/4'	1/2'	1/2'	(-)	Polegadas

Figura A.11. Separador “Lista de Materiais” do programa de dimensionamento

Dimensionamento Sistema de Aspersão (Máx 5 Aspersores)									
8. Conversor de Unidades									
Dimensões					Caudais				
	pol.	para	mm	0		L/h	para	L/s	0
	pol.	para	m	0		L/h	para	m ³ /h	0
	mm	para	pol.	0		L/h	para	m ³ /s	0
	mm	para	m	0		L/s	para	L/h	0
	m	para	mm	0		L/s	para	m ³ /h	0
	m	para	pol.	0		L/s	para	m ³ /s	0
Pressões						m ³ /h	para	L/h	0
	bar	para	Pa	0		m ³ /h	para	L/s	0
	bar	para	kPa	0		m ³ /h	para	m ³ /s	0
	bar	para	mca	0		m ³ /s	para	L/h	0
	Pa	para	Bares	0		m ³ /s	para	L/s	0
	Pa	para	kPa	0		m ³ /s	para	m ³ /h	0
	Pa	para	mca	0					
	kPa	para	bar	0					
	kPa	para	Pa	0					
	kPa	para	mca	0					
	mca	para	bar	0					
	mca	para	Pa	0					
	mca	para	kPa	0					

Figura A.12. Separador “Conversor de Unidades” do programa de dimensionamento

