



AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos aqueles que directamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Gostaria de agradecer ao meu orientador, Eng.^o Luís Mendes, pela sua genuína vontade de ajudar e pelo seu esforço adicional no prolongamento da conclusão deste trabalho, com indicações de extrema importância, em momentos chave deste trabalho, que permitiram o correcto desenvolvimento do mesmo.

Como não podia deixar de ser, um agradecimento ao meu amigo, Arquitecto Augusto Paiáguas, acima de tudo pela sua compreensão em momentos difíceis e por ter iniciado a origem deste trabalho, na sua vontade plena de ajudar.

Dois agradecimentos a duas pessoas que tornaram este trabalho possível, permitindo-lhe a existência. Ao Eng.^o João Caramelo e ao Eng.^o Nuno Alves da empresa EACE (Engenheiros Associados – Consultores em Engenharia, Lda). A vontade de ajudar, apesar da sua limitação de tempo, foi para mim um motivo de grande orgulho, sabendo da reputação reconhecida a nível internacional deste gabinete de Engenharia. Devo confessar que fiquei um pouco inibido de recorrer mais vezes ao apoio deles, por motivos da referida limitação, no entanto, esperando sempre a compreensão dos dois Engenheiros.

Finalmente, gostaria de agradecer a toda a minha família, sobretudo aos meus pais, pela sua genuína e verdadeira compreensão do meu estado de espírito, sempre acreditando até ao fim, sem nunca desistir de mim. A eles devo tudo.





RESUMO

O presente projecto diz respeito ao trabalho final de mestrado, com vista à obtenção do grau de mestre em engenharia civil, no ramo de hidráulica. O mesmo pretende mostrar a metodologia de dimensionamento da totalidade das instalações hidráulicas prediais, num contexto Angolano, embora fictício, dado que os elementos de base fornecidos pela empresa EACE - Engenheiros Associados – Consultores em Engenharia, Lda, foram compostos pelas peças desenhadas da Arquitectura de um Hotel de 4 Estrelas executado em Lisboa, tendo sido necessário adaptar no âmbito da concepção contextual aplicada à realidade Angolana, parte da Arquitectura do edifício, na zona da cave, com vista à execução da zona técnica dos reservatórios, das bombagens de abastecimento de água e do sistema de tratamento de água para o consumo humano do edifício.

Todo o processo de cálculo apresentado foi baseado em bibliografia da especialidade perfeitamente adequada à globalidade do sistema, mas também, e nunca menos importante, a toda a legislação regulamentar e normativa europeia aplicável a este contexto, tendo sido traduzido num ficheiro de cálculo com base no programa Excel.

Este trabalho contempla a estimativa da volumetria das reservas de água, de todo o cálculo das redes hidráulicas, dimensionamento e selecção de todos os equipamentos constituintes do sistema e ainda a elaboração de todas as peças desenhadas do projecto, pelo que, o presente documento deverá ser analisado em todas as suas vertentes, sendo elas o desenvolvimento do presente trabalho, os anexos de cálculo e as peças desenhadas, elementos estes na realidade complementares.

Palavras-chave: redes prediais, abastecimento de água, extinção, drenagem doméstica, drenagem pluvial, sistemas de tratamento





ABSTRACT

The following design relates to the Final Master's Term Paper in civil engineering in the branch of Hydraulics. Its purpose is to show the design methodology of the totality of hydraulic technical installation of a hotel located hypothetically in Angola.

The base information was provided by the company EACE – Engenheiros Associados – Consultores em Engenharia, Lda and it consisted in the architectural designs of a 4 star hotel executed in Lisbon, of which it was necessary to adapt part of the architecture of the building to the Angolan reality, in the basement, in order to design the technical area of the water reservoirs, pumping area and the water treatment system.

The design process used in this document was based in specialized literature, but also according to regulatory and normative legislation relating to this paper's context, converted in a calculation file based in Excel software.

This work contemplates the water volume reserve estimate, all of the hydraulic networks calculation, design and selection of all the constitutive system equipments, and also the elaboration of all hydraulic technical designs. The following document must be examined in all of its components, which are the following paper, annexed calculations and the hydraulic designs, items which are in fact complementary.

Keywords: building hydraulic networks, water supply, firefighting, waste water drainage, storm water drainage, treatment systems





SIMBOLOGIA

CAPÍTULO 3: REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

C – Capacidade do RASI (L)

Q – Caudal (L/s)

$Q1$ — Caudal de alimentação das redes de 1.^a intervenção (L/min)

$Q2$ — Caudal de alimentação das redes de 2.^a intervenção (L/min)

QH — Caudais de alimentação dos hidrantes se não forem alimentados pela rede pública (L/min)

QS — Caudal de alimentação das redes de Sprinklers (L/min)

QC — Caudal de alimentação das cortinas de água (L/min)

T_{aut} — Tempo de autonomia do sistema de incêndio (min)

$n1$ — Número de carretéis a alimentar na rede de 1.^a intervenção, considerando metade deles em funcionamento, num máximo de quatro

$n2$ — Número de bocas de incêndio a alimentar na rede de 2.^a intervenção, considerando metade delas em funcionamento, num máximo de quatro

nH — Número de hidrantes a alimentar na rede de hidrantes, considerando no máximo dois

qs — Densidade de descarga do sistema de Sprinklers, variando com o local de risco a proteger, (L/min.m²)

As — Área de operação dos Sprinklers, variando com o local de risco a proteger (m²)

Ac — Somatório das áreas dos vãos a irrigar pelas cortinas de água, apenas no compartimento de fogo mais gravoso (m²)

D_c – Diâmetro de cálculo (mm)

D_{int} – Diâmetro interno da tubagem (mm)

U – Velocidade média do escoamento (m/s)

ΔH_{total} – Perda de carga total em escoamentos sob pressão (mca)

ΔH_{cont} – Perda de carga contínua em escoamentos sob pressão (m)

ΔH_{loc} – Perda de carga localizada em escoamentos sob pressão (m)



g – Aceleração da gravidade (m/s²)

ε – Rugosidade absoluta (m)

R_e – Número de Reynolds

L – Comprimento real do troço de tubagem (m)

ν – Viscosidade cinemática (m²/s)

K_i – Coeficiente de perda de carga localizada num dado acessório

$p_{\min cont}$ – Pressão mínima no contador (mca)

z - Desnível geométrico (m)

Δp_{cont} – Perda de carga no contador (mca)

p_{res} – Pressão residual num dado ponto da rede (mca)

Q_c – Caudal de cálculo relativo aos dispositivos sem fluxómetros (L/s)

Q_i – Caudal relativo aos dispositivos com fluxómetro (L/s)

n_f – Número de dispositivos com fluxómetro em utilização simultânea

$Q_{c total}$ – Caudal de cálculo total (L/s)

j_0 – Aproximação inicial da perda de carga unitária pela fórmula de Flamant (m/m)

b – Coeficiente de rugosidade da fórmula de Flamant

j_{n+1} – Iteração n+1 da perda de carga unitária em regime permanente turbulento pela fórmula de Colebrook-White (m/m)

$j_{laminar}$ – Perda de carga unitária em regime permanente laminar (m/m)

E_p/m – Perda de calor unitária (W/m)

D_{ext} – Diâmetro exterior da tubagem (m)

λ – Condutibilidade térmica do isolamento (W/(m.°C))

ΔT – Diferencial entre a temperatura da água e a temperatura ambiente (°C)

e – Espessura do isolamento térmico (m)



Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

TRABALHO FINAL DE MESTRADO - João Santos

h_e – Coeficiente de convecção exterior (W/(m².°C))

h_i – Coeficiente de convecção interior (W/(m².°C))

E_p – Perda de calor no troço (W)

$\sum E_{p_i}$ – Perda de calor no ramal principal de retorno (W)

G – Gradiente térmico (°C)

Q_{circ} – Caudal circulante (L/h)

$\Delta T_{/troço}$ – Diferencial de temperatura por troço (°C)

Q_{bd} – Caudal de bomba doseadora (L/h)

$Re_{agitação}$ – Número de Reynolds na agitação

$DN_{impulsor}$ – Diâmetro do impulsor do agitador (m)

N_{rot} – Velocidade de rotação do impulsor do agitador (rpm)

ρ – Massa específica (kg/m³)

μ – Viscosidade dinâmica (N.s/m²)

$P_{agitação}$ – Potência de agitação (W)

Kt – Número de potência de agitação

$Hman_{aspiração}$ – Altura manométrica de aspiração (mca)

$\Delta H_{total\ aspiração}$ – Perda de carga total na aspiração (mca)

$\Delta z_{aspiração}$ – Desnível geométrico na aspiração, desde o nível da água até ao eixo da electrobomba (m)

$Hman_{compressão}$ – Altura manométrica de compressão (mca)

$\Delta H_{total\ compressão}$ – Perda de carga total na compressão (mca)

$\Delta z_{compressão}$ – Desnível geométrico desde o eixo da electrobomba até ao dispositivo mais desfavorável em termos de pressão (m)

$p_{residual}$ – Pressão mínima admissível no dispositivo mais desfavorável (mca)

$Hman_{total}$ – Altura manométrica total (mca)



$NPSH_{disp}$ – “NET POSITIVE SUCTION HEAD” disponível

H_{atm} – Altura equivalente à pressão atmosférica (mca)

$H_{Tensão\ de\ vapor}$ – Altura equivalente da tensão de vapor (mca)

f_s – Factor de segurança compreendido entre 0,5 e 1,0 (m)

$Z_{máx\ asp}$ – Altura máxima de aspiração (m)

$Q_{med_{AQS\ 55^\circ}}$ - Necessidades diárias de AQS a 55°C na acumulação (L/dia)

$C_{AQS\ modular}$ - Consumo modular de AQS diário a 55°C

K_3 – Coeficiente de ocupação

$N_{modular}$ – Número de módulos

$Q_{med_{AQS\ T}}$ - Necessidades diárias de AQS à temperatura T de acumulação (L/dia)

S – Coeficiente de simultaneidade na produção de AQS na hotelaria

T – Duração do consumo de ponta de AQS na hotelaria (h)

$P_{máx}$ – Potência máxima do sistema de semi-acumulação (kW)

$T_{acumulação}$ – Temperatura de acumulação (°C)

T_{AF} – Temperatura da água fria (°C)

P_{ret} – Potência do sistema de retorno (kW)

$P_{mín}$ – Potência mínima do sistema de semi-acumulação (kW)

$P_{efectiva}$ – Potência efectiva do sistema de semi-acumulação (kW)

$V_{máx}$ – Volume máximo do sistema de semi-acumulação (L)

$V_{mín}$ – Volume mínimo do sistema de semi-acumulação (L)

$V_{efectivo}$ – Volume efectivo do sistema de semi-acumulação (L)

V_{ret} – Volume total do sistema de retorno (L)

Q_p – Caudal do circuito primário de AQS (m³/h)



$T_{ida\ caldeira}$ – Temperatura da água de saída da caldeira (°C)

$T_{ret\ caldeira}$ – Temperatura da água de retorno à caldeira (°C)

$H_{man\ total\ circ\ primário}$ – Altura manométrica total do circulador primário (mca)

$\Delta p_{serpentina}$ – Perda de carga na serpentina do depósito acumulador (mca)

$\Delta H_{total\ tubagem}$ – Perda de carga total na tubagem do circuito primário (mca)

$\Delta p_{caldeira}$ – Perda de carga na caldeira (mca)

$\Delta p_{separador}$ – Perda de carga no micro separador de bolhas de ar (mca)

$S_{permuta}$ – Superfície de permuta da serpentina do acumulador (m²)

$P_{serpentina}$ – Perímetro da serpentina em tubagem de aço com base no diâmetro da ligação à serpentina (m)

V_{vaso} – Volume do vaso de expansão (L)

$V_{circuito}$ – Volume total do circuito (L)

$C_{exp\ final}$ – Coeficiente de expansão da água à temperatura final

$C_{exp\ inicial}$ – Coeficiente de expansão da água à temperatura inicial

$P_{pré\ carga\ vaso}$ – Pressão relativa de pré-carga do vaso de expansão (bar)

$P_{válv\ seg}$ – Pressão relativa da válvula de segurança (bar)

CAPÍTULO 4: REDE DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR ÁGUA

p – Perda de carga total determinada com base na expressão de Hazen-Williams (bar)

d – Diâmetro interno da tubagem na expressão de Hazen-Williams (mm)

C – Coeficiente de atrito de Hazen-Williams (m^{0,37}.s-1)

Q – Caudal na expressão de Hazen-Williams (L/min)

L – Comprimento total, representando o somatório do comprimento do troço de tubagem e do respectivo comprimento equivalente relativo aos acessórios e válvulas nesse troço, na expressão de Hazen-Williams (m)

p_h – Pressão estática entre dois pontos (bar)



CAPÍTULO 5: REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

K_s – Coeficiente de Manning-Strickler ($m^{1/3}.s^{-1}$)

A – Secção transversal da tubagem (m^2)

R – Raio hidráulico (m)

i – Inclinação da tubagem (m/m)

P – Perímetro molhado efectivo do escoamento em superfície livre (m)

V – Velocidade média efectiva do escoamento em superfície livre (m/s)

y – Altura efectiva do escoamento em superfície livre (m)

θ – Ângulo ao centro do escoamento em superfície livre (rad)

b – Largura superficial do escoamento em superfície livre (m)

Q_f – Caudal a secção cheia (m^3/s)

V_f – Velocidade média a secção cheia (m/s)

P_f – Perímetro molhado a secção cheia do escoamento em superfície livre (m)

R_f – Raio hidráulico a secção cheia (m)

τ – Tensão de arrastamento (Pa)

D_{TQD} – Diâmetro de cálculo dos tubos de queda domésticos (mm)

t_s – Taxa de ocupação

D_v – Diâmetro de cálculo das colunas de ventilação (mm)

L_v – Comprimento das colunas de ventilação (m)

NG – Dimensão nominal de cálculo dos separadores

Q_{msg} – Caudal máximo de águas residuais na entrada do separador de gorduras (L/s)

f_t – Factor relativo à temperatura máxima das águas residuais na entrada do separador de gorduras

f_d – Factor relativo à densidade das gorduras presentes nas águas residuais



f_r – Factor relativo aos produtos de limpeza e/ou desinfecção

n – Número de equipamentos ou torneiras do mesmo tipo

q_i – Caudal de descarga dos equipamentos ou torneiras do mesmo tipo (L/s)

$Z_i(n)$ – Coeficiente de simultaneidade para um dado número de equipamentos do mesmo tipo

V_{dsg} – Volume médio diário das águas residuais afluentes ao separador de gorduras (L/dia)

F – Factor de ponta das águas residuais afluentes ao separador de gorduras

t_m – Duração média de funcionamento diário do estabelecimento (h)

M – Número de refeições diárias

V_M – Volume de água consumido por refeição em função do tipo de estabelecimento (L/refeição)

V_u – Volume útil do poço de bombagem (m³)

Q_{afl} – Caudal afluente ao poço de bombagem (L/s)

N – Número de arranques máximo horário do grupo electrobomba de esgotos

CAPÍTULO 6: REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

i_p – Intensidade de precipitação (L/s/ha)

t_c – Duração da precipitação (min)

α – Coeficiente do modo de entrada no tubo de queda pluvial

β – Coeficiente de cálculo de tubos de queda pluviais

D_{TQP} – Diâmetro de cálculo dos tubos de queda pluviais (m)

H – Carga hidráulica no tubo de queda pluvial (m)

$K_{contínuas}$ – Factor K para perdas de carga contínuas em descargas de fundo para regimes quase permanentes

$K_{localizadas}$ – Factor K para perdas de carga localizadas em descargas de fundo para regimes quase permanentes

K_{total} – Factor K total em descargas de fundo para regimes quase permanentes

K_i – Factor de perda de carga localizada em acessórios de tubagem



Q_{Zi} – Caudal em cada nível de descargas de fundo (m³/s)

$Q_{med DF}$ – Caudal médio de um sistema de descarga de fundo (m³/s)

Z_i – Cota relativa em relação à secção transversal terminal numa descarga de fundo (m)

n_s – Número de secções transversais limite em descargas de fundo

T_{desc} – Duração da descarga de uma célula do reservatório (s)

Q_R – Caudal devido à afluência de águas pluviais nos separadores de hidrocarbonetos (L/s)

f_x – Factor relativo ao entrave de acordo com o tipo de descarga

Q_s – Caudal máximo devido às águas de produção afluentes ao separador de hidrocarbonetos (L/s)

f_d – Factor relativo à massa específica do tipo de hidrocarboneto afluente ao separador

Q_{s1} – Caudal devido às AR provenientes das torneiras de serviço (L/s)

$Q_{s1\ 4\ bar}$ – Caudal devido às AR provenientes das torneiras de serviço à pressão de utilização 4 bar (L/s)

$Q_{s1\ (x\ bar)}$ – Caudal devido às AR provenientes das torneiras de serviço à pressão de utilização de x bar (L/s)

Q_{s2} – Caudal devido às AR provenientes das unidades de lavagem automática (L/s)

Q_{s3} – Caudal devido às AR provenientes das unidades de lavagem a alta pressão (L/s)



RASI – Reservatório de Água do Serviço de Incêndio

AQS – Águas Quentes Sanitárias

ANPC – Autoridade Nacional de Protecção Civil

STA – Sistema de Tratamento de Água

UT – Utilização Tipo

RIA – Rede de Incêndio Armada

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

AR – Água residual

PVC – Policloreto de vinilo

AI – Aço Inox

FG – Ferro galvanizado

PP - Polipropileno

FF – Ferro fundido





ÍNDICE GERAL:

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
SIMBOLOGIA	VII
TERMINOLOGIA	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.2. OBJECTIVOS	1
2. ELEMENTOS DE BASE	2
3. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL	3
3.1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	3
3.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	4
3.2.1. <i>Reservatório</i>	4
3.2.2. <i>Ramais de adução ao reservatório</i>	7
3.2.3. <i>Redes hidráulicas</i>	9
3.2.3.1. Redes de Distribuição	9
3.2.3.2. Rede de Recirculação de AQS	13
3.2.4. <i>Equipamentos</i>	16
3.2.4.1. Sistema de Tratamento de Água para consumo humano.....	16
3.2.4.2. Central Hidroressora para Abastecimento.....	20
3.2.4.3. Central de Produção de AQS	22
3.2.4.4. Recirculadores de AQS.....	27
4. REDE DE EXTIÇÃO DE INCÊNDIO POR ÁGUA	28
4.1. CLASSIFICAÇÃO DO EDIFÍCIO.....	28
4.2. EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE EXTIÇÃO POR ÁGUA.....	30
4.3. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	32
4.4. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	33
4.4.1. <i>Rede de Incêndio Armada</i>	33
4.4.2. <i>Coluna Húmida</i>	33
4.4.3. <i>Rede de Extição Automática por Água</i>	34
4.4.4. <i>Equipamentos</i>	40
4.4.4.1. Central de Supressão de Incêndio	40
5. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS	42
5.1. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	42
5.2. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	43
5.2.1. <i>Ramais de Descarga</i>	43
5.2.2. <i>Tubos de Queda</i>	50
5.2.3. <i>Colunas de Ventilação</i>	51
5.2.4. <i>Colectores Prediais</i>	51
5.2.5. <i>Caixas de visita</i>	52



5.2.6.	Equipamentos	53
5.2.6.1.	Separador de Gorduras.....	53
5.2.6.2.	Estação Elevatória de Águas Residuais Domésticas e Poço de Bombagem	56
6.	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	61
6.1.	DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO.....	61
6.2.	DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO	62
6.2.1.	<i>Caleiras de drenagem na cobertura</i>	62
6.2.2.	<i>Tubos de Queda</i>	64
6.2.3.	<i>Colectores Prediais</i>	64
6.2.4.	<i>Descargas de fundo</i>	65
6.2.5.	<i>Descargas de superfície</i>	66
6.2.6.	<i>Caixas de visita</i>	66
6.2.7.	Equipamentos	66
6.2.7.1.	Separador de Hidrocarbonetos	66
6.2.7.2.	Estação Elevatória de Águas Residuais de Lavagens e Poço de Bombagem	69
7.	CONCLUSÕES	71
	LISTA DE PEÇAS DESENHADAS	72
	BIBLIOGRAFIA	73



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – CAPITAÇÕES EM SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA [12]	5
FIGURA 2 – TEMPO DE AUTONOMIA DOS RASI FUNÇÃO DA CATEGORIA DE RISCO [5]	6
FIGURA 3 – PARÂMETROS DE DIMENSIONAMENTO DAS REDES DE SPRINKLERS FUNÇÃO DA UTILIZAÇÃO TIPO [5].....	6
FIGURA 4 – CAUDAIS MÍNIMOS NOS DISPOSITIVOS DE UTILIZAÇÃO – ANEXO IV [1]	10
FIGURA 5 – CAUDAIS DE CÁLCULO EM FUNÇÃO DOS CAUDAIS ACUMULADOS PARA NÍVEL DE CONFORTO MÉDIO [14]	11
FIGURA 6 – COEFICIENTES DE SIMULTANEIDADE PARA DISPOSITIVOS COM FLUXÓMETRO PARA NÍVEL DE CONFORTO MÉDIO – ANEXO V [1]	11
FIGURA 7 – GRAUS DE AGITAÇÃO	18
FIGURA 8 – ALTURA EQUIVALENTE DA TENSÃO DE VAPOR EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DA ÁGUA [14].....	22
FIGURA 9 – ESQUEMA DE PRINCÍPIO GENERALIZADO DA CENTRAL DE PRODUÇÃO DE AQS [15]	23
FIGURA 10 – COEFICIENTE DE OCUPAÇÃO K3 [16]	24
FIGURA 11 – CONSUMO MODULAR DIÁRIO DE AQS A 55°C [16]	24
FIGURA 12 – COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE ACUMULAÇÃO K4 [16]	25
FIGURA 13 – QUADRO II DO ANEXO III [2]	29
FIGURA 14 – QUADRO VI DO ANEXO III [2].....	29
FIGURA 15 – EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE EXTINÇÃO - UTII [21]	30
FIGURA 16 – EQUIPAMENTOS E SISTEMAS DE EXTINÇÃO - UTVII [21].....	31
FIGURA 17 – ESQUEMA DE PRINCÍPIO GENERALISTA DE UMA REDE DE SPRINKLERS DO TIPO HÚMIDA [7].....	34
FIGURA 18 – TEMPERATURAS DE ACTUAÇÃO DOS VÁRIOS TIPOS DE SPRINKLERS [7].....	34
FIGURA 19 – TABELA CLASSIFICATIVA DO RISCO – ANEXO A.2 [8]	35
FIGURA 20 – ÁREA DE COBERTURA MÁXIMA E ESPAÇAMENTOS ENTRE SPRINKLERS [8].....	36
FIGURA 21 – ELEMENTOS CONSTITUINTES PRINCIPAIS DE UMA REDE DE SPRINKLERS [8].....	36
FIGURA 22 – EXEMPLOS DA APLICAÇÃO DE NÓS COMO PONTOS DE DIMENSIONAMENTO [8].....	37
FIGURA 23 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE DIMENSIONAMENTO EM RO [8]	38
FIGURA 24 – TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE SUB-RAMAS EM RO [8]	38
FIGURA 25 – TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE TUBAGENS DE DISTRIBUIÇÃO EM RO [8]	38
FIGURA 26 – COEFICIENTE DE ATRITO DE HAZEN-WILLIAMS EM FUNÇÃO DOS DIVERSOS TIPOS DE TUBAGEM [8]	39
FIGURA 27 – COMPRIMENTOS EQUIVALENTES PARA ESTIMATIVA DAS PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS [17]	39
FIGURA 28 – DISTÂNCIA MÁXIMA ADMISSÍVEL ENTRE O SIFÃO E SECCÃO VENTILADA [14].....	43
FIGURA 29 – DIÂMETROS MÍNIMOS PARA OS RAMAIS DE DESCARGA INDIVIDUAIS [14]	44
FIGURA 30 – CAUDAIS DE DESCARGA MÍNIMOS EM REDES PREDIAIS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS [14]	45
FIGURA 31 – COEFICIENTE DE MANNING-STRICKLER EM FUNÇÃO DO TIPO DE TUBAGEM [14].....	45
FIGURA 32 – DISPOSIÇÃO CONSTRUTIVA DAS CAIXAS DE VISITA [14]	52
FIGURA 33 – CARACTERÍSTICAS DIMENSIONAIS DAS CAIXAS DE VISITA [14].....	52
FIGURA 34 – TIPOLOGIA TÍPICA DE UM SEPARADOR DE GORDURAS	53
FIGURA 35 – DIÂMETRO MÍNIMO DAS TUBAGENS DE ADMISSÃO AOS SEPARADORES DE GORDURAS EM FUNÇÃO DO NG DO SISTEMA [9]	56
FIGURA 36 – DIMENSÕES BÁSICAS DOS SEPARADORES DE GORDURAS EM FUNÇÃO DA DIMENSÃO NOMINAL DO SISTEMA [9].....	56
FIGURA 37 – DIMENSÕES MÍNIMAS DE UM POÇO DE BOMBAGEM DE PEQUENAS DIMENSÕES [20].....	58
FIGURA 38 – NÍVEIS DE PARAGEM DAS DUAS ELECTROBOMBAS SUBMERSÍVEIS [20]	59
FIGURA 39 – INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO ADOPTADA NO PRESENTE TRABALHO [22]	63
FIGURA 40 – TIPOS DE DESCARGA DE EFLUENTES [11]	67
FIGURA 41 – CAUDAIS DEVIDO ÀS TORNEIRAS DE SERVIÇO PARA PRESSÕES DE SERVIÇO DE 4 BAR [11].....	67
FIGURA 42 – CLASSES DOS SEPARADORES DE HIDROCARBONETOS EM FUNÇÃO DO TIPO DE UTILIZAÇÃO [11].....	68
FIGURA 43 – VALOR RELATIVO AO FACTOR FD - FUNÇÃO DA CLASSE DO SEPARADOR DE HIDROCARBONETOS E DO HIDROCARBONETO A SEPARAR [11].....	69





ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO E CAPACIDADES DO RESERVATÓRIO.....	7
TABELA 2 – PRESSUPOSTOS E CÁLCULOS DAS PERDAS DE CALOR UNITÁRIAS NAS TUBAGENS DE ÁGUA QUENTE	14
TABELA 3 – COEFICIENTES DE EXPANSÃO DA ÁGUA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA	27
TABELA 4 – CÁLCULO DO EFECTIVO TOTAL.....	30
TABELA 5 – PARÂMETROS ADIMENSIONAIS DE DIMENSIONAMENTO DE TUBAGENS DE SECÇÃO CIRCULAR COM ESCOAMENTO EM SUPERFICIE LIVRE	50
TABELA 6 – VALORES DE Q_i E DE $Z_i(N)$ [10]	54
TABELA 7 – VALORES DE V_M E DE F [10].....	55
TABELA 8 – PARÂMETROS A E B PARA ESTIMATIVA DA INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO EM PORTUGAL [1].....	62









1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A água é um recurso sem o qual a sobrevivência da vida no planeta não seria possível. A sua escassez é uma problemática em crescendo e com relevância ao nível global. Uma das origens desta escassez deve-se à evolução populacional, com um crescimento exponencial, sobretudo a partir do pós segunda guerra mundial onde nas últimas seis décadas, o mundo passou de oito para cerca de quarenta e cinco Mega Metrópoles, com as inerentes necessidades hídricas.

A água sempre foi e será um factor de desenvolvimento da civilização. Hoje em dia, os consumos de água nos mais variados sectores económicos, revelam indirectamente o grau de desenvolvimento de um dado país.

Actualmente, as sociedades desenvolvidas exigem como factor de elevado padrão de qualidade de vida, algo que se tem hoje como um dado adquirido: o acesso fácil a este recurso básico e precioso, em padrões elevadíssimos, nas mais variadas vertentes quantitativas e de qualidade da água para consumo humano.

Por forma a satisfazer estes padrões de elevada qualidade exigidos pelas sociedades em geral, é fundamental o cumprimento das respectivas legislações nacionais em vigor, aliado à utilização das tecnologias adequadas às realidades contextuais, bem como a utilização de uma porção do conhecimento técnico-científico acumulado e transmitido ao longo da História da civilização. Um bom desempenho de uma instalação hidráulica predial, pode igualmente assumir-se como um desses padrões exigidos a alcançar.

Angola é um país emergente e conseqüentemente, ainda com alguns défices qualitativos que dificultam a concretização destes padrões. Por forma a mitigar estes factores adversos, deverão as instalações hidráulicas prediais ser contextualmente concebidas.

1.2. Objectivos

O presente trabalho tem um carácter acima de tudo aplicativo de algumas das teorias da hidráulica geral, da mais variada legislação aplicável em vigor, de referenciais normativos europeus e ainda de conhecimento da bibliografia da especialidade, traduzindo-se num projecto que pretende mostrar, de uma forma sucinta e específica, o dimensionamento da totalidade das instalações hidráulicas prediais, aplicado a uma tipologia comercial, como sendo a de um hotel de quatro estrelas localizado em Luanda.

Pretende-se com este trabalho dar um contributo modesto para o alcance dos referidos padrões de qualidade de vida exigidos pelas sociedades em geral, padrões estes que, do ponto de vista



de uma instalação hidráulica predial, podem na realidade ser segmentados em várias vertentes: a energética, a durabilidade, a funcionalidade, a qualidade da água e ambiental.

2. ELEMENTOS DE BASE

Os elementos de base fornecidos para a elaboração do presente trabalho consistiram unicamente na entrega dos desenhos de Arquitectura do Hotel de 4 Estrelas.

Com base na análise destes desenhos, pode-se determinar que o edifício está repartido em 5 grandes zonas:

- 1) **Piso -1:** Estacionamento, “*CentralSug*”, climaespaço, locais diversos de armazenamento e balneários do pessoal de serviço;
- 2) **Piso 0:** Entrada para o hotel, restaurante, sala de estar, bar, recepção, cozinha profissional, instalações sanitárias públicas e posto de transformação;
- 3) **Piso 1 ao Piso 6:** Quartos e copas de piso;
- 4) **Piso 7:** Quartos, Copa de piso, solário, balneário e piscina;
- 5) **Cobertura plana.**

O Hotel apresenta-se com 71 quartos duplos e 1 quarto duplo de deficientes, com um total de 72 quartos e uma área bruta total de 3.530,5 m².

Salienta-se que estes desenhos de arquitectura correspondem a uma obra executada em Portugal. Assim sendo, teve-se de adaptar algumas zonas do projecto de arquitectura, no piso -1, em locais de implantação de zonas técnicas das instalações hidráulicas, para adequação ao contexto Angolano, nomeadamente:

- a) Aproveitamento e expansão do reservatório dedicado à rede de combate ao incêndio e reutilização de espaço de estacionamento, para execução da zona técnica das bombagens de água para a rede de distribuição de água para o consumo humano, sistema de tratamento de água e central de incêndio;
- b) Aproveitamento da zona dedicada aos equipamentos do “*clima-espaço*”, em zona técnica para implantação da central de produção de águas quentes sanitárias (AQS).



3. REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL

3.1. Descrição da Instalação

A rede de abastecimento de água potável terá duas entradas de água bruta que aduzirão independentemente a reserva de água bruta e de incêndio, uma com recurso a um ramal de ligação à rede pública e outra ligação para abastecimento alternativo por autotanque, com recurso a uma boca storz de 75mm. Ambos os abastecimentos serão dotados de contador totalizador.

No reservatório do edifício, ambas as aduções serão dotadas de sistema de pré-cloragem diferenciada.

Na zona técnica das bombagens, existirá uma central de pressurização de água bruta com funções de trasfega da água a tratar, passando por um sistema de filtração composto por um filtro multimédia e um filtro em leito de carvão activado, em série, aduzindo-se desta forma a água à reserva de água tratada. O referido sistema de pressurização de água bruta foi dimensionado igualmente para fornecer água, a partir da reserva de água bruta, aos sistemas de contra-lavagem destas filtrações, sendo o sistema completamente automático, devido às válvulas automáticas pré-instaladas nestes filtros.

As reservas de água tratada serão dotadas de dois sistemas de recirculação com vista à manutenção da qualidade da água, e com sistemas de aferição e manutenção automática do teor de cloro residual, com recurso a um controlador / medidor de cloro, com a finalidade da realização da etapa final do tratamento de água, correspondente à desinfecção.

Existirá uma central de pressurização de água potável composta por três electrobombas em regime de 2+1, encarregue de abastecer água fria a todo o edifício e a todos os dispositivos de utilização e ainda com capacidade para fornecer água ao sistema de distribuição de água quente sanitária, passando esta de antemão numa central produtora de AQS.

A central de produção de AQS será composta por duas caldeiras a gasóleo com uma potência de 180kW cada, uma em reserva da outra a 100%, e por três depósitos de acumulação de AQS de 1.000 litros cada, suficientes para suprir as necessidades de água quente em situações de ponta no edifício. Associada a todo o sistema de águas quentes, haverá uma rede de recirculação de AQS (rede de retorno), com vista ao conforto dos utilizadores e para poupança de água, que consistirá numa série de 8 anéis formados entre a rede de distribuição de água quente e a tubagem de retorno, que desembocarão num colector de admissão, localizado na zona técnica de produção de AQS, que terá oito entradas e uma saída, com ligação a dois recirculadores de AQS em regime de 1+1. As águas recirculadas darão entrada novamente nos depósitos de acumulação de AQS. Toda a rede de retorno será equilibrada por duas válvulas balanceadoras



de caudal em cada piso, que garantirão que o caudal recirculado permaneça estabilizado e equilibrado.

Toda a rede de distribuição de água quente e de retorno será isolada termicamente com vista à poupança energética.

3.2. Dimensionamento da Instalação

3.2.1. Reservatório

Este dispositivo de acumulação da rede de abastecimento predial de água assume uma importância vital no que respeita à fiabilidade do sistema.

As reservas de água serão de três tipos:

- a) Água bruta;
- b) Água dedicada ao combate ao incêndio;
- c) Água tratada para consumo humano.

A capacidade do reservatório deverá incluir os três tipos de reservas, sendo que nos casos a) e b), as mesmas serão contidas fisicamente nas células 1 e 2 respectivamente e no caso c), nas células 3 e 4.

Na estimativa da capacidade total do reservatório, calculou-se em primeiro lugar o **volume da reserva de água dedicada ao abastecimento de água para consumo humano**, tendo em conta o número total de utilizadores e as capitações de abastecimento de água indicadas na Figura 1. Para a obtenção dos caudais médios diários anuais para um hotel de 4 estrelas, efectuou-se o produto entre o número de utilizadores e as respectivas capitações, tendo-se efectuado uma interpolação linear dos valores constantes na Figura 1, originando uma capitação de 325 L/(utilizador.dia) para a zona do Hotel e na área da restauração de 20 L/(utilizador.dia). Na estimativa do número de utilizadores para a área da restauração, considerou-se o pior caso possível, ou seja, havendo 72 quartos duplos, perfaz então um total de 144 hóspedes do hotel para a área da restauração, salientando-se no entanto que existe uma forte possibilidade de haver utilizadores fora do círculo de hóspedes do hotel, no entanto considera-se improvável que o número de utilizadores diários do restaurante ultrapasse a ocupação máxima do edifício. A reserva diária tem em conta o facto de que a mesma deverá ter capacidade para suprir as necessidades médias diárias do mês de maior consumo, tendo-se para o efeito considerado uma majoração do caudal médio diário anual com o factor de ponta mensal no valor de 1,3 [13]. A referida reserva terá uma autonomia de 3 dias, dos quais 33,3% serão de água bruta e os restantes 66,6 % serão de água tratada. O cálculo consta no Anexo A.1.

SITUAÇÃO	CAPITAÇÃO PROPOSTA
Habitações em aglomerados populacionais:	
até 1000 habitantes	80 l/dia, por habitante
de 1000 a 10 000 habitantes	100 l/dia, por habitante
de 10 000 a 20 000 habitantes	125 l/dia, por habitante
de 20 000 a 50 000 habitantes	150 l/dia, por habitante
acima de 50 000 habitantes	175 l/dia, por habitante
Escritórios	40 l/dia, por utilizador
Escolas diurnas	50 a 150 l/dia, por utilizador
Internatos	150 l/dia, por utilizador
Quartéis	300 l/dia, por utilizador
Prisões	50 l/dia, por utilizador
Hospitais	450 a 600 l/dia, por utente
Oficinas	50 l/dia, por utilizador
Hotéis: 1ª	300 a 500 l/dia, por utilizador
2ª	200 a 300 l/dia, por utilizador
3ª	150 a 200 l/dia, por utilizador
Restaurantes	20 l/s por refeição
Banho (Balneários)	300 l/dia, por banho
Duche	60 l/dia, por banho
Lavandarias	50 l/kg de roupa

Figura 1 – Capitações em sistemas prediais de abastecimento de água [12]

A estimativa do **volume da reserva de água dedicada ao combate a incêndio**, foi baseada na Nota Técnica Nº 14 da ANPC [5].

A capacidade do Reservatório de Água do Serviço de Incêndio (RASI) deve ser calculada tendo em consideração o número de dispositivos em funcionamento simultâneo e a autonomia requerida para os mesmos em função da categoria de risco da utilização-tipo.

Este Hotel tem uma classificação tipificada em Utilização Tipo Mista (UTII e UTVII), da terceira categoria de risco. Poderá analisar-se mais em pormenor esta classificação no sub-capítulo 4.1 do presente documento.

A fórmula de cálculo do RASI é a seguinte:

$$C = (Q + QH + QS + QC) \times T_{aut} \quad (3.1)$$

O Taut consta na Figura 2.



Categoria de risco	Tempo de autonomia (*)
1. ^a e 2. ^a	60 ^(b)
3. ^a	90
4. ^a	120

(*) Com exceção para os sistemas tipo dilúvio previstos para a utilização-tipo VI que será de 30 min

(b) Sem prejuízo da autonomia mínima de 90 minutos para os sprinklers da UT XII

Figura 2 – Tempo de Autonomia dos RASI função da categoria de risco [5]

Os caudais de alimentação das redes de incêndio são calculados pelas seguintes expressões:

Q será igual a Q1 (se apenas existirem meios de 1.^a intervenção) ou o Q será igual a Q2 (se também existirem meios de 2.^a intervenção). O qs e o As constam na Figura 3.

$$Q1 \text{ (L/min)} = n1 \times 1,5 \text{ l/s} \times 60 \tag{3.2}$$

$$Q2 \text{ (L/min)} = n2 \times 4 \text{ l/s} \times 60 \tag{3.3}$$

$$QH \text{ (L/min)} = nH \times 20 \text{ l/s} \times 60 \tag{3.4}$$

$$QS \text{ (L/min)} = qs \times As \tag{3.5}$$

$$QC \text{ (l/min.)} = Ac \times 10 \text{ l/min.m}^2 \tag{3.6}$$

Utilizações-tipo	Densidade de descarga «L/min/m²»	Área de operação «m²»	N.º de aspersores em funcionamento simultâneo	Calibre dos aspersores «mm»	Tempo de descarga «minuto»
II.....	5	144	12	15	60
III, VI, VII, VIII	5	216	18	15	60
XII *.....	10	260	29	20	90

* Incluindo sistemas tipo dilúvio previstos para a utilização-tipo VI, com um tempo de descarga de 30 min.

Figura 3 – Parâmetros de Dimensionamento das redes de Sprinklers função da utilização tipo [5]

O Hotel deverá ser servido por **(ver justificação no sub-capítulo 4.3)**:

- a) Meios de Primeira Intervenção – Rede de Incêndio Armada;
- b) Meios de Segunda Intervenção – Coluna Húmida;
- c) Sistema de Extinção Automática por Água – Rede de Sprinklers.

O cálculo do RASI consta no Anexo A.2.

A Tabela 1 apresenta as capacidades totais de cada tipo de reserva.



Composição do reservatório	
Reserva de Água Tratada (m3)	130,00
Reserva de Água Bruta (m3)	64,60
Reserva para Incêndio (m3)	183,60

Tabela 1 – Composição e capacidades do reservatório

3.2.2. Ramais de adução ao reservatório

Haverá dois ramais de adução ao reservatório, um com ligação à rede pública de abastecimento de água e outro com recurso a uma boca storz de 75mm para o abastecimento alternativo por autotanque.

No que respeita ao dimensionamento destes ramais de adução, teve-se previamente de calcular os caudais a escoar em cada um dos sistemas adutores.

No caso do ramal de adução pela rede pública, teve-se em consideração que o caudal médio diário anual do sistema, no mês de maior consumo, será resposto em 12 h/dia, justificando-se este espaço temporal pelo facto de, na realidade, a reserva de água para o consumo ter capacidade para 3 dias de autonomia, sendo então estas 12h/dia um tempo razoável na reposição do consumo diário previsto.

No que respeita ao dimensionamento da tubagem de adução de água bruta ao reservatório, teve-se em conta a seguinte formulação, cujo respectivo cálculo consta no Anexo A.4.

- **Diâmetro de Cálculo:**

$$D_c = \left(\frac{4 \times \frac{Q}{1000}}{1,25 \times \pi} \right) \times 1000$$

(3.7)

Em que o valor 1,25 corresponde à velocidade de dimensionamento em m/s.

Com base no diâmetro de cálculo, atribui-se um diâmetro comercial aproximado, neste caso, uma tubagem em Aço Inox AISI 316-L DN50, com base no qual se poderá dimensionar o resto do sistema:



- **Velocidade média efectiva do escoamento:**

$$U = \left(\frac{4 \times \frac{Q}{1000}}{\pi \times \frac{D_{int}}{1000}} \right) \times 1000 \quad (3.8)$$

- **Perda de carga total num troço de tubagem circular em escoamento sob pressão:**

$$\Delta H_{total} = \Delta H_{cont} + \Delta H_{loc} \quad (3.9)$$

- **Perda de carga contínua num troço de tubagem circular em escoamento sob pressão:**

$$\Delta H_{cont} = L \times f \times \left(\frac{U^2}{D_{int} \times 2 \times g} \right) \quad (3.10)$$

- **Factor de atrito em escoamento turbulentos:**

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \times \log \left[\left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_{int}} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{R_e} \right] \quad (3.11)$$

- **Factor de atrito em escoamento laminares:**

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (3.12)$$

- **Número de Reynolds:**

$$R_e = \frac{U \times \frac{D_{int}}{1000}}{\nu} \quad (3.13)$$

Quando $R_e < 2000$ diz-se que o escoamento é laminar e quando $R_e \geq 2000$, o escoamento é turbulento.



- **Perda de carga localizada num troço de tubagem circular em escoamento sob pressão:**

$$\Delta H_{loc} = \sum K_i \times \frac{U^2}{2g} \quad (3.14)$$

Os valores de K_i foram retirados do livro Hidráulica Geral do professor Armando Lencastre [18].

- **Pressão mínima no contador:**

$$p_{\min cont} = z + \Delta H_{total} + \Delta p_{cont} + p_{res} \quad (3.15)$$

A pressão mínima no contador foi calculada para efeitos de obtenção de um valor de referência na pressão da rede pública de abastecimento de água. A partir do local da derivação à rede pública, somando as perdas de carga totais no ramal de ligação e ainda o respectivo desnível geométrico entre a derivação e o contador e, caso a pressão da rede pública seja inferior, deverão tomar-se medidas em obra que permitam ultrapassar este problema, caso contrário poderá haver problemas na adução. A variável z na expressão da pressão mínima do contador representa o desnível geométrico entre a cota de instalação do contador totalizador e a cota de instalação das válvulas de flutuador.

No caso do ramal de adução por autotanque, serão necessários 3 camiões autotanque com uma capacidade de 25 m³ cada, e a descarga será efectuada no espaço de tempo admissível de 1 hora para cada camião. No dimensionamento deste sistema adutor conclui-se que a respectiva tubagem será em Aço Inox AISI 316-L DN80. A metodologia de cálculo efectuada é em tudo semelhante à enunciada anteriormente para o ramal de adução pela rede pública e consta no Anexo A.5.

3.2.3. Redes hidráulicas

3.2.3.1. Redes de Distribuição

A solução adoptada para as redes de distribuição foi com base nas seguintes tubagens:

- a) AI AISI 316-L em redes de distribuição principais de água fria e quente nos pisos -1 e 0 e ainda em todas as colunas montantes;
- b) Tubagem em multicamada do tipo GEBERIT MEPLA em redes de distribuição principais nos pisos 1 a 7, na zona dos corredores e sobre o tecto falso;
- c) À entrada de cada instalação sanitária, haverá uma caixa pex composta por válvulas de seccionamento à entrada dos colectores de distribuição de água fria e quente e cujas saídas serão efectuadas com tubagem do tipo PEX Série 3.2 embainhada em



tubagem corrugada e instalada embebida no pavimento e paredes, que fará parte da rede de ramais de alimentação aos dispositivos de utilização.

As redes de distribuição de água fria e quente foram dimensionadas do ponto de vista regulamentar com base no DR 23/95 de 23 de Agosto [1]. Os caudais mínimos nos dispositivos de utilização tiveram por base as indicações do Anexo IV em [1], que se indicam na Figura 4.

Dispositivos de utilização para:	Caudais mínimos (l/s)
Lavatório individual	0,10
Lavatório colectivo (por bica)	0,05
Bidé	0,10
Banheira	0,25
Chuveiro individual	0,15
Pia de despejo com torneira de ϕ 15 mm	0,15
Autoclismo de bacia de retrete	0,10
Mictório com torneira individual	0,15
Pia lava-louça	0,20
Bebedouro	0,10
Máquina de lavar louça	0,15
Máquina ou tanque de lavar roupa	0,20
Bacia de retrete com fluxómetro	1,50
Mictório com fluxómetro	0,50
Boca de rega ou de lavagem de ϕ 15 mm	0,30
Idem de ϕ 20 mm	0,45
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados	Em conformidade com as indicações dos fabricantes

Figura 4 – Caudais mínimos nos dispositivos de utilização – Anexo IV [1]

Os caudais de cálculo para o nível de conforto médio tiveram por base a formulação constante em [1], traduzida pela Figura 5.

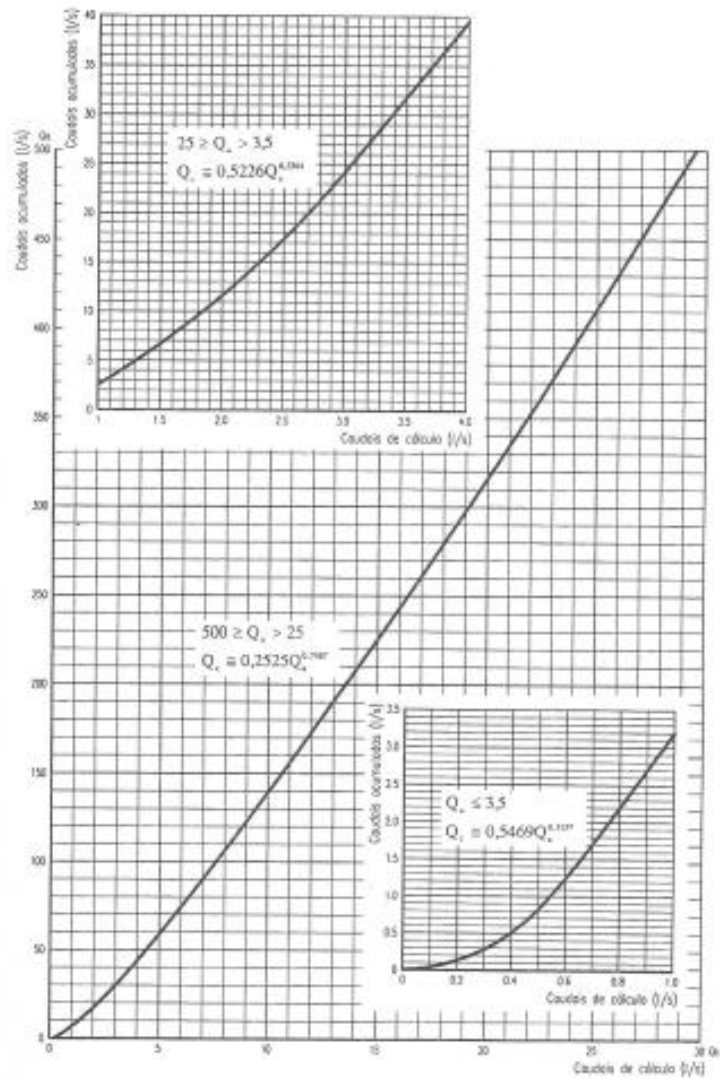


Figura 5 – Caudais de cálculo em função dos caudais acumulados para nível de conforto médio [14]

- **Caudal de cálculo total:**

$$Q_{c\ tot} = Q_c + n_f \times Q_i \tag{3.16}$$

Os coeficientes de simultaneidade relativos aos dispositivos com Fluxómetro constam no Anexo V no DR23/95 de 23 de Agosto [1], na Figura 6.

Número de fluxómetros instalados	Em utilização simultânea
3 a 10	2
11 a 20	3
21 a 50	4
Superior a 50	5

Figura 6 – Coeficientes de simultaneidade para dispositivos com fluxómetro para nível de conforto médio – Anexo V [1]



Sendo esta instalação do tipo hoteleiro, o caudal de cálculo Q_c , para mais de um dispositivo, foi incrementado por um factor de majoração de 1,25, tal como mencionado em Manual dos sistemas prediais de distribuição de água e drenagem de águas [14].

O dimensionamento da tubagem deverá reger-se para uma gama de velocidades entre os 0,50 m/s e os 2,0 m/s, tendo sido utilizada uma velocidade de dimensionamento de 1,50 m/s.

As pressões de conforto na utilização deverão rondar uma gama entre os 15 e os 30 mca, tendo sido a pressão adoptada no dispositivo de utilização mais desfavorável de 10 mca.

A temperatura média da água no dimensionamento da rede de distribuição de água fria foi de 20°C, o que corresponde a uma viscosidade cinemática de $1,012 \times 10^{-6}$ m²/s.

A temperatura média da água no dimensionamento da rede de distribuição de água quente foi de 40°C, o que corresponde a uma viscosidade cinemática de $6,641 \times 10^{-7}$ m²/s.

Toda a tubagem da rede de distribuição de água quente será isolada termicamente com isolamento em espuma elastomérica em coquilhas do tipo Armaflex-SH.

A formulação principal adoptada na estimativa das perdas de carga foi a seguinte:

- **Aproximação inicial da perda de carga unitária – Fórmula de Flamant:**

$$j_0 = 4 \times b \times U^{7/4} \times D_{int}^{-5/4} \quad (3.17)$$

O coeficiente b poderá assumir os seguintes valores:

- a) 0,000134 - Tubagens plásticas;
- b) 0,000152 - Tubagens em cobre ou aço inox;
- c) 0,00023 - Tubagens em aço.

- **Iteração n+1 da perda de carga unitária em regime permanente turbulento – Fórmula de Colebrook-White:**

$$j_{n+1} = \frac{U^2}{8 \times g \times D_{int}} \log^{-2} \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \times D_{int}} + \frac{2,51 \times \nu}{D_{int} \sqrt{2 \times g \times D_{int} \times j_n}} \right) \quad (3.18)$$



- **Perda de carga unitária em regime permanente laminar:**

$$j_{laminar} = 32 \times \frac{v \times U^2}{D_{int}^2} \quad (3.19)$$

Na estimativa da perda de carga total em cada troço, procedeu-se ao produto da perda de carga unitária pelo comprimento do troço, incrementado por um factor de 20% sobre o comprimento do troço, relativo às perdas de carga localizadas.

- **Pressão no nó de montante num dado troço de tubagem:**

$$P_{montante} = P_{jusante} \text{ no nó do troço anterior} \quad (3.20)$$

- **Pressão no nó de jusante num dado troço de tubagem:**

$$P_{jusante} = P_{montante} - \Delta H_{total} - z \quad (3.21)$$

Considera-se um desnível geométrico positivo no sentido ascendente do escoamento e negativo no sentido descendente.

Todo o dimensionamento das redes de distribuição de água fria e quente consta nos Anexos A.6 a A.12.

3.2.3.2. Rede de Recirculação de AQS

A tubagem considerada na rede de retorno foi em Multicamada do tipo GEBERIT MEPLA.

O dimensionamento da rede de retorno teve por base a elaboração de um esquema de princípio numerado de todo o sistema de retorno, conjuntamente com a rede de distribuição de água quente.

Os caudais circulantes dependem directamente do traçado deste esquema de princípio e nas perdas de calor que a rede de distribuição de água quente tem ao longo do seu desenvolvimento. Dado que a rede de distribuição de água quente e a rede de retorno deverão ser isoladas termicamente, conclui-se que as perdas de calor serão menores e conseqüentemente, os caudais circulantes serão por sua vez menores, originando tubagens de retorno com menores diâmetros e um caudal total a recircular inferior, logo, uma potência menor nos recirculadores de AQS.

O primeiro passo a efectuar no dimensionamento da rede de retorno, prende-se com a estimativa das perdas de calor unitárias em cada diâmetro de tubagem, directamente dependentes da espessura e condutibilidade térmica do isolamento adoptado, entre outros factores. A respectiva formulação para tubagens isoladas apresenta-se abaixo:



• **Perdas de calor unitárias:**

$$E_p/m = \frac{\pi \times D_{ext} \times \Delta T}{\frac{1}{h_i} + \frac{D_{ext}}{2 \times \lambda} \times \ln\left(\frac{2 \times e + D_{ext}}{D_{ext}}\right) + \frac{D_{ext}}{h_e \times (2 \times e + D_{ext})}} \tag{3.22}$$

Na tabela 2 apresentam-se os pressupostos e os cálculos efectuados relativos às perdas de calor unitárias:

Perdas de calor na tubagem	
Local da tubagem	Interior
Coefficiente de convecção exterior (he) (W/m2.°C)	9
Condutibilidade térmica do isolante (W/m.°C)	0,036
Temperatura da água (°C)	60
Temperatura do ar ambiente (°C)	20
ΔT entre Temperatura da água e ar ambiente (°C)	40

Perdas de calor em tubagens plásticas			
Espessura do isolamento (mm)	DN	Diâmetro externo	Perdas de calor E (W/m)
13	16	16	7,83
13	20	20	8,99
13	26	26	10,68
19	32	32	10,09
19	40	40	11,74
19	50	50	13,79
25	63	63	13,81
25	75	75	15,74
25	90	90	18,13
25	110	110	21,30
25	125	125	23,67
25	160	160	29,18

Perdas de calor em Aço Inox			
Espessura do isolamento (mm)	DN	Diâmetro externo	Perdas de calor E (W/m)
13	12	15	7,54
13	15	18	8,41
13	20	22	9,56
13	25	28	11,24
19	32	35	10,71
19	40	42	12,16
19	50	54	14,60
25	65	76,1	15,92
25	80	88,9	17,96
25	100	108	20,99

Tabela 2 – Pressupostos e cálculos das perdas de calor unitárias nas tubagens de água quente

As perdas de calor em cada troço de tubagem de água quente constam no Anexo A.12.

Os pressupostos no dimensionamento da rede de retorno prendem-se com razões relativas ao conforto dos utentes, durabilidade das tubagens e eficiência energética e são os seguintes:



- ✓ Gradiente térmico $\leq 5^{\circ}\text{C}$ entre a temperatura de saída do sistema produtor de AQS e a picagem entre a rede de distribuição de água quente e a rede de retorno;
- ✓ Velocidades de escoamento compreendidas entre $0,20 \leq U \leq 0,50$ (m/s) na tubagem de retorno;
- ✓ Perda de carga unitária ≤ 15 (mmca/m).

Os caudais circulantes foram estimados com base na seguinte formulação:

- **Perda de calor no troço:**

$$E_p = E_p/m \times L \quad (3.23)$$

- **Perda de calor no ramal principal de retorno:**

$$\sum E_{p_i} \quad (3.24)$$

- **Caudal circulante no ramal principal de retorno:**

$$Q_{circ} = \frac{\sum E_{p_i} \times 860}{G \times 1000} \quad (3.25)$$

- **Diferencial de temperatura por troço:**

$$\Delta T_{troço} = \frac{E_p \times 860}{Q_c \times 1000} \quad (3.26)$$

O cálculo dos caudais circulantes consta nos Anexos A.13 a A.16.

O dimensionamento da rede de retorno é em tudo semelhante ao enunciado no título 3.2.3.1, mas com base nos caudais circulantes e nos pressupostos mencionados atrás, constando nos Anexos A.17 a A.20.



3.2.4. Equipamentos

3.2.4.1. Sistema de Tratamento de Água para consumo humano

A fileira de tratamento adoptada no sistema de tratamento de água predial é composta por:

- a) Pré-oxidação no sistema de adução pela rede pública;
- b) Pré-oxidação no sistema de adução alternativo por autotanque;
- c) Pressurização de água bruta com recurso a uma central hidropressora;
- d) Filtração multimédia;
- e) Filtração em leito de carvão activado;
- f) Sistema de recirculação de água tratada com vista à etapa da desinfecção.

Cada sistema de **pré-oxidação** será composto por:

- 1) Contador emissor de impulsos, que terá por principal função a de comandar a bomba doseadora do sistema, havendo doseamento sempre que haja passagem de caudal pelo contador, sendo assim proporcional à quantidade de água que passa pelo sistema de adução. Prevê-se que haja passagem de água diária equivalente, no mínimo, ao caudal médio diário anual previsto, num dado espaço de tempo. Assim sendo, a pré-cloragem está em tudo dependente do consumo real da instalação. Dado que o caudal a aduzir por cada sistema de adução é diferente, também serão diferentes os calibres de cada um destes contadores;
- 2) Depósito doseador, que servirá de armazenamento da solução final a dosear, que neste caso será o hipoclorito de cálcio. O hipoclorito de cálcio na sua versão comercial tem cerca de 70% de cloro activo. Deverá dosear-se com vista a uma concentração de 5 mg/L na reserva de água bruta e para efeitos de dimensionamento do doseamento, deverá adoptar-se o dobro desta concentração. A solução final deverá conter 3% de cloro activo, no sistema de adução pela rede pública e 5% de cloro activo no sistema de adução pelo autotanque. A autonomia do depósito doseador não deverá ser superior a duas semanas, dado que a solução, decorrido este tempo, começará a perder as suas características principais de oxidação;
- 3) Dentro do depósito doseador, haverá um agitador mecânico, que terá a função de fazer uma agitação intensa com vista à dissolução do hipoclorito de cálcio sólido em água, dentro do depósito doseador;
- 4) Bomba doseadora, que fará a injeção da solução contida no depósito doseador, para dentro da tubagem de admissão ao reservatório. As bombas doseadoras de cada tipo de sistema de pré-oxidação serão diferentes, dado que o caudal e o tempo em que a água necessária à instalação é aduzida, são igualmente diferentes;



A formulação principal com base na qual se elaborou o dimensionamento da pré-oxidação e da desinfecção foi a seguinte:

- **Consumo de cloro activo:**

$$\text{Consumo Cl activo} = Q \times [Cl]_{\text{activo na água a tratar}} \quad (3.27)$$

- **Consumo de solução comercial de hipoclorito:**

$$\text{Consumo Cl comercial} = \frac{\text{Consumo Cl activo}}{\text{Cl activo na solução comercial}} \quad (3.28)$$

- **Caudal da bomba doseadora:**

$$Q_{bd} = \frac{\text{Consumo Cl Comercial}}{\% \text{ Cl activo na solução final}} \quad (3.29)$$

A agitação mecânica nos sistemas de doseamento de cloro teve por base a seguinte formulação:

- **Número de Reynolds na agitação:**

$$Re_{\text{agitação}} = \frac{DN_{\text{impulsor}} \times \left(DN_{\text{impulsor}} \times \frac{N_{\text{rot}}}{60} \right) \times \rho}{\mu} \quad (3.30)$$

- **Potência de agitação:**

$$P_{\text{agitação}} = \frac{Kt \times \left(\frac{N_{\text{rot}}}{60} \right)^3 \times DN_{\text{impulsor}}^5 \times \rho}{g} \quad (3.31)$$

- **Grau de agitação:**

$$\text{Grau}_{\text{agitação}} = \frac{P_{\text{agitação}}}{V_{\text{depósito doseador}}} \quad (3.32)$$

em o Grau de agitação poderá ser classificado pela Figura 7.



$\frac{\dot{W}_u}{V}$		Nível ou grau de agitação
Watts m ³	HP m ³	
Até 80	até 0.1	Débil
80 - 230	0.1 - 0.3	Suave
230 - 460	0.3 - 0.6	Média
460 - 750	0.6 - 1.0	Forte
750 - 1500	1 - 2	Intensa
1500 - 2250	2 - 3	Muito forte
2250 - 3000	3 - 4	Muito intensa

Figura 7 – Graus de agitação

Os cálculos relativos aos doseamentos na pré-oxidação poderão ser consultados nos Anexos A.35 e A.36.

O sistema de **pressurização de água bruta** deverá ter a capacidade para bombear água, em regime de 1+1, para o sistema de filtração, com vista a suprir as necessidades médias diárias no consumo de água do edifício. Esta central hidropressora será posta em operação pelo abaixamento de pressão na tubagem de trasfega, aquando da abertura das electroválvulas, colocadas na admissão das reservas de água tratada, ou seja, esta central de pressurização será comandada por pressão. Estas electroválvulas serão comandadas por sua vez por sondas de nível alto e baixo nas reservas de água tratada. Não deverão ser utilizadas válvulas de flutuador na admissão das células de água tratada se esta central for controlada por pressão, pois corre-se o risco da mesma operar num regime de arranques e paragens de frequência elevada, o que poderá originar problemas nas bombas da central. Em alternativa, poderá simplesmente optar-se por controlar o regime de arranques e paragens da pressurização de água bruta por níveis. O cálculo do caudal de dimensionamento do sistema de tratamento de água e outros caudais importantes no sistema, tais como os de recirculação de água tratada e de recirculação de água na reserva de incêndio, encontram-se no Anexo A.5. O dimensionamento da central de pressurização de água bruta para o circuito normal de trasfega de água, passando pela filtração e aduzindo a reserva de água tratada, bem como o respectivo circuito de backwash da filtração, com água bruta, encontra-se nos Anexos A.23 a A.30. Abordar-se-á em pormenor o cálculo desta central, no capítulo 3.2.4.2, que se poderá extrapolar para todos os sistemas de bombagem calculados no presente trabalho, em circuitos abertos.



A central dimensionada será sem variação de velocidade, dado não se prever grande flutuação no caudal a bombear. A única flutuação do caudal a bombear far-se-á sentir apenas aquando da contra-lavagem da filtração, sendo que neste caso a central irá funcionar em regime de 2+0 com a devida altura manométrica total.

Todo o sistema de **filtração** foi seleccionado com base no caudal de serviço do STA constante no Anexo A.5. Salienta-se que este STA é pressurizado, sendo totalmente adequado para a situação em causa.

Existem dois sistemas de **desinfecção**, um para cada reserva de água tratada, sendo que os mesmos são semelhantes aos sistemas de pré-oxidação, no entanto com as seguintes principais diferenças:

- 1) O sistema de controlo das bombas doseadoras não será feito com contadores emissores de impulsos, mas sim com controladores / medidores do teor de cloro nas reservas de água tratada. Haverá recurso a um sistema de recirculação de água tratada em cada célula, onde estará ligada uma sonda analisadora do teor de cloro, sendo que o controlador / medidor dará ordem à bomba doseadora para injectar cloro na tubagem de compressão da recirculação, apenas quando este teor estiver abaixo do definido em “*set point*” do controlador. Sempre que o teor de cloro esteja devidamente corrigido, o controlador tem a capacidade de não activar as injeções de cloro;
- 2) Haverá também depósitos doseadores, que servirão de armazenamento da solução final a dosear, no entanto, no caso da desinfecção, deverá dosear-se a solução final com vista a uma concentração de 2 mg/L na reserva de água tratada e, para efeitos de dimensionamento do doseamento, deverá adoptar-se o dobro desta concentração. A solução final de cloro deverá conter 3% de cloro activo;
- 3) Os restantes componentes do sistema serão compostos de igual modo que os sistemas de pré-oxidação.

Salienta-se que foram adoptados septos nas reservas de água bruta e de água tratada, com vista à anulação de curto circuitos hidráulicos nestes órgãos, com a finalidade da promoção da eficiência dos sistemas de pré-oxidação e desinfecção, havendo uma melhor homogeneidade no cloro injectado nas reservas, promovendo-se um aumento do tempo de contacto do cloro nas mesmas, melhorando a oxigenação da água (evitando-se a estagnação), afectando-se positivamente o processo de cloragem, havendo desta forma uma melhoria substancial na qualidade da água final.



O dimensionamento do sistema de desinfecção consta no Anexo A.37 e o cálculo das bombagens de recirculação de água tratada e de recirculação da reserva de incêndio constam nos Anexos A.31 a A.34.

3.2.4.2. Central Hidropressora para Abastecimento

Pelas razões já referidas anteriormente, a rede predial de abastecimento de água do presente projecto tem um reservatório de acumulação de água incluído no sistema. Assim sendo, será necessário garantir-se as exigências relativas aos factores de caudal e de pressão mencionados em [1]. Com vista ao alcance deste objectivo, recorreu-se ao cálculo e dimensionamento de uma central hidropressora, composta pelos seguintes componentes principais:

- 1) Electrobombas multicelulares verticais com variador de velocidade incorporado;
- 2) Quadro eléctrico de comando do sistema;
- 3) Kit colector de aspiração, incluindo válvulas de seccionamento a montante de cada electrobomba;
- 4) Kit colector de compressão, incluindo válvulas de seccionamento e de retenção a jusante de cada electrobomba;
- 5) Depósito de membrana com ligação flexível.

Uma central hidropressora com variação de velocidade é comandada por sistemas electrónicos e transdutores de pressão, que, aliados aos variadores de velocidade, adequam as necessidades de caudal às exigências pontuais e instantâneas da instalação em causa, permitindo desta forma variar-se o caudal bombeado, para uma pressão fixa estabelecida em “*set-point*”.

As exigências mínimas de selecção desta central hidropressora, tais como o caudal e a altura manométrica de compressão, decorrem do cálculo hidráulico referente à rede de abastecimento de água, constante nos Anexos A.6 a A.8. As exigências complementares referentes às condições de aspiração e da altura manométrica total da central hidropressora constam nos Anexos A.21 e A.22.

A formulação com base na qual foi efectuado o cálculo do ponto de funcionamento da central hidropressora e conseqüentemente a selecção da mesma foi a seguinte:

- **Caudal de bombagem no consumo:**

O caudal de bombagem no consumo teve por base a formulação enunciada na Figura 5, com base no caudal acumulado máximo da instalação, que permite calcular o caudal de cálculo referente a toda a instalação, afectado por um factor de majoração



de 1,25, dado tratar-se de uma rede predial de abastecimento de água no sector hoteleiro.

- **Altura manométrica de aspiração:**

$$Hman_{aspiração} = \Delta H_{total\ aspiração} + \Delta z_{aspiração} \quad (3.33)$$

- **Altura manométrica de compressão:**

$$Hman_{compressão} = \Delta H_{total\ compressão} + \Delta z_{compressão} + p_{residual} \quad (3.34)$$

- **Altura manométrica total:**

$$Hman_{total} = Hman_{aspiração} + Hman_{compressão} \quad (3.35)$$

- **NPSH requerido:**

$$NPSH_{req} =$$

Decorrente da informação do fabricante na selecção da solução de bombagem (3.36)

- **NPSH disponível:**

$$NPSH_{disp} = H_{atm} - H_{Tensão\ de\ vapor} - \Delta H_{total\ aspiração} - \Delta z_{aspiração} - fs \quad (3.37)$$

- **Altura máxima de aspiração:**

$$Z_{máx\ asp} = H_{atm} - NPSH_{req} - H_{Tensão\ de\ vapor} - \Delta H_{total\ aspiração} - fs \quad (3.38)$$

- **Altura equivalente da pressão atmosférica:**

$$H_{atm} = \frac{p_{atm}}{\gamma} \quad (3.39)$$

- **Verificação da cavitação:**

$$Z_{máx\ asp} \geq \Delta z_{aspiração}, \text{ ou } NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} \quad (3.40)$$



Os valores referentes à altura equivalente da tensão de vapor podem ser obtidos na Figura 8.

Temperatura (°C)	10	20	30	50	60	80	100
Altura equivalente da tensão de vapor (m)	0,13	0,24	0,43	1,26	2,03	4,83	10,33

Figura 8 – Altura equivalente da tensão de vapor em função da temperatura da água [14]

3.2.4.3. Central de Produção de AQS

Um sistema de produção de AQS deverá ser capaz de fornecer água quente sem queda substancial da sua temperatura, produzindo água quente nas seguintes condições:

- Produzir em 24 horas as necessidades de AQS necessárias à instalação;
- Produzir a quantidade de AQS necessária em períodos de ponta, nomeadamente no período de ponta máximo horário;
- Produzir a quantidade de AQS necessária em períodos de ponta, nomeadamente no período de ponta máximo em 10 minutos.

Existem vários métodos de produção de AQS, dentro das quais se destacam os seguintes, tendo sido adoptado no presente projecto um sistema do tipo semi-acumulação:

- 1) Produção de AQS instantânea;
- 2) Produção de AQS semi-instantânea;
- 3) Produção de AQS em semi-acumulação;
- 4) Produção de AQS em acumulação.

Relativamente ao método de cálculo de uma central de produção de AQS, ela requer os seguintes passos básicos:

- 1) Determinação das necessidades diárias de água quente sanitária;
- 2) Escolha do método de produção de AQS;
- 3) Cálculo do par “potência – capacidade”.

O sistema dimensionado é composto pelos seguintes equipamentos:

- a) Duas caldeiras a gásóleo em regime de 1+1 com uma potência unitária de 180kW;
- b) Três depósitos acumuladores de AQS com 1.000L de capacidade e com 3.000L no total. Cada depósito acumulador deverá ser munido de uma válvula de segurança e um vaso de expansão sanitário. Os 3 depósitos serão reunidos à sua saída para a



rede de distribuição de AQS, devendo ser instalada uma válvula misturadora termostática para a segurança dos utilizadores;

- c) O circuito hidráulico primário é composto pelos seguintes equipamentos:
- Tubagem em Cobre;
 - Válvula de segurança em cada caldeira;
 - Válvulas de seccionamento;
 - Circulador primário;
 - Vaso de expansão;
 - Separador de micro bolhas de ar;
 - Purgador de ar.

O esquema utilizado no presente projecto poderá consultar-se na Figura 9:

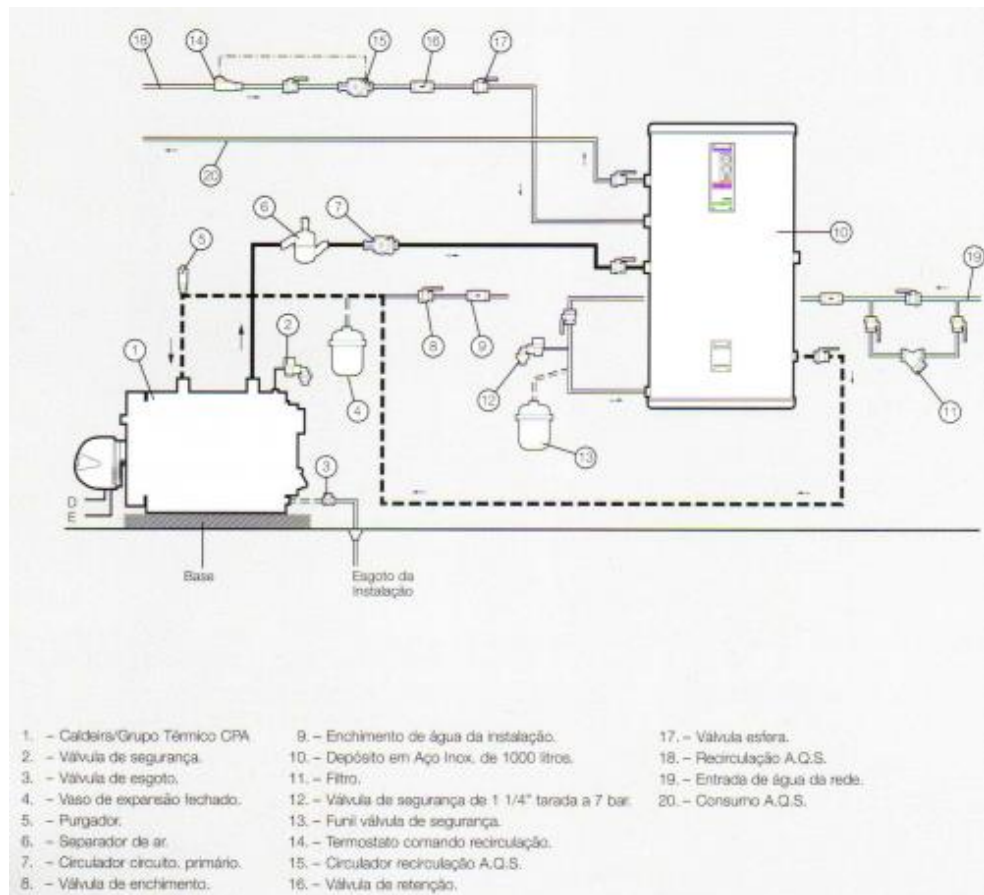


Figura 9 – Esquema de princípio generalizado da central de produção de AQS [15]

A formulação de base utilizada no dimensionamento do sistema foi a seguinte:

- Necessidades diárias de AQS a 55°C:**

$$Q_{med_{AQS\ 55^\circ}} = C_{AQS\ modular} \times K3 \times N_{modular} \quad (3.41)$$



O coeficiente de ocupação K3 e o consumo modular diário de AQS a 55°C podem obtidos a partir das Figuras 10 e 11 respectivamente:

Niveaux de standing du logement	Coefficients K3
Bas	0,9
Normal	1
Elevé (logement de luxe)	1,2
A forte occupation (foyers,...)	1,5

Figura 10 – Coeficiente de ocupação K3 [16]

Types de modules	Detail des points de passage composent un module	Consommation par jour par module (litres)	Débit nominal instantané	
			litres / minute	litres / seconde
LOGEMENTS :				
Studio	1 douche + 1 évier	95	18	0,25
F1 / F2	1 baign. sabot + 1 évier	160	20	0,33
F3 / F4	1 baign. + 1 év. + 1 lav.	180	20	0,33
F5 / F6	1 baign. + 1 év. + 1 lav.	225	23	0,38
F7 / F8	1 baign. + 1 év. + 2 lav.	270	27	0,45
HÔTELS :				
(Sans restauration)				
Chambre *	Par dt. : 1 douche	90	15	0,25
Chambre **	Par dt. : 1 baignois	120	20	0,33
Chambre ***	Par dt. : 1 baignois	160	20	0,33
Chambre ****	Par dt. : 1 baignois	200	20	0,33
Hôtel pour sportifs (sports hiver)		240 (Hôtel 2** multiplié par 2)	20	0,33
RESTAURATION :				
1 à 50 couverts	Pour l'ensemble des points de passage	10 par couvert	12 litres par point de passage d'ECS	0,2 litre par point de passage d'ECS
51 à 100 couverts		8 par couvert		
101 à 500 couverts		6 par couvert		
+ de 501 couverts		5 par couvert		
Machine à laver		4 par couvert Sol : 0,1m ³ /service		
BUREAUX :				
(un module = 10 employés)	1 lavabo	40	6	0,1
ÉTABLISSEMENTS DE SANTÉ				
(hors buanderie)	1 lavabo par lit	80 par lit	8	0,13
(un module = 1 lit)	+ 1 baignois pour 10 lits	120 par baignois	20	0,33
	+ 1 lavabo pour 5 soignants	40 par lavabo	6	0,1
	(avec 1 soignant pour 2 lits)			
	+ Lavage sol :	0,1 par m ²		
DIVERS :				
Foyer (Chambre individuelle)	Par chambre (lavabo + douche)	66	15	0,25
Maison de retraite	Par lit (lavabo + douches)	44	15	0,25
Caserna, internat	Par personne (hors restaurant et buanderie)	35	15	0,25
Usine (vestiaire)	Par personne (hors process)	22	15	0,25
Bookes	Par personne (lavabo)	8	15	0,25
Buanderie d'hôtel	Par chambre (3 kg linge)	23	20	0,33
Camping	Par emplacement 3** / 4****	66 / 60	15	0,25
Gymnase et terrain de sports	Par sportif/'utilisateur	33	15	0,25

Figura 11 – Consumo modular diário de AQS a 55°C [16]

- **Necessidades diárias de AQS à temperatura T de acumulação:**

$$Q_{med_{AQS T}} = Q_{med_{AQS 55^{\circ}}} \times K4 \quad (3.42)$$

O coeficiente de temperatura de acumulação K4 pode ser obtido a partir da Figura 12.



Températures ECS	Coefficients K4
80	0,65
70	0,75
60	0,93
55	1
50	1,12
45	1,28
40	1,5

Figura 12 – Coeficiente de temperatura de acumulação K4 [16]

Procedeu-se à determinação das necessidades diárias de AQS à temperatura de acumulação de 60°C, para a zona dos quartos de hotel e para a zona da restauração. Como seria de esperar, as necessidades diárias na zona dos quartos de hotel é muito superior à da zona da restauração, tendo sido tomado como pressuposto que as respectivas necessidades de ponta não ocorrem em simultâneo, pelo que se considerou, para efeitos de dimensionamento, a zona dos quartos de hotel em termos de necessidades diárias de AQS.

No cálculo das necessidades de potências do sistema e das capacidades da central de produção de AQS, foi tida em conta a seguinte formulação:

- **Coeficiente de simultaneidade na hotelaria:**

$$S = \frac{1}{(N_{\text{modular}} - 1)^{0,2 \times \left(\frac{N_{\text{modular}} - 1}{N_{\text{modular}} + 1}\right)}} \quad (3.43)$$

O coeficiente de simultaneidade na hotelaria não deve assumir valores inferiores a 0,25.

- **Duração do consumo de ponta na hotelaria:**

$$T = \frac{N_{\text{modular}}^{0,878}}{(N_{\text{modular}} + 1)^{0,70}} \quad (3.44)$$

A duração do consumo de ponta na hotelaria não deve assumir valores superiores a 2 horas.

- **Potência máxima do sistema de semi-acumulação:**

$$P_{\text{máx}} = \frac{\left(\frac{T_{\text{acumulação}} - T_{AF}}{860}\right) \times Q_{\text{med}_{AQS T}} \times (0,78 - 0,39 \times S)}{T - 0,166} + P_{\text{ret}} \quad (3.45)$$



- **Potência mínima do sistema de semi-acumulação:**

$$P_{\min} = 0,15 \times \frac{(T_{\text{acumulação}} - T_{AF})}{860} \times \frac{Q_{\text{med}}_{AQS T}}{T} + P_{\text{ret}} \quad (3.46)$$

- **Potência efectiva do sistema de semi-acumulação:**

$$P_{\text{efectiva}} = \frac{\frac{(T_{\text{acumulação}} - T_{AF})}{860} \times (0,78 \times Q_{\text{med}}_{AQS T} - V_{\text{efectivo}})}{T} + P_{\text{ret}} \quad (3.47)$$

- **Volume máximo do sistema de semi-acumulação:**

$$V_{\text{máx}} = 0,63 \times Q_{\text{med}}_{AQS T} \quad (3.48)$$

- **Volume mínimo do sistema de semi-acumulação:**

$$V_{\min} = 0,39 \times Q_{\text{med}}_{AQS T} \times S - \left(\frac{(P_{\text{máx}} - P_{\text{ret}})}{\left(\frac{(T_{\text{acumulação}} - T_{AF})}{860} \right) \times \left(\frac{60}{10} \right)} \right) + V_{\text{ret}} \quad (3.49)$$

O cálculo relativo às necessidades de AQS e capacidades do sistema constam no Anexo A.38.

No cálculo do circuito primário e dos respectivos equipamentos, que se traduz na rede hidráulica entre as caldeiras e os depósitos acumuladores, sendo, portanto, um circuito fechado, foi tida em conta a seguinte formulação:

- **Caudal total do circuito primário:**

$$Q_p = \frac{P_{\text{efectiva}} \times 860}{\frac{T_{\text{ida caldeira}} - T_{\text{ret caldeira}}}{1000}} \quad (3.50)$$

- **Altura manométrica total do circulador primário:**

$$H_{\text{man total circ primário}} = \Delta p_{\text{serpentina}} + \Delta H_{\text{total tubagem}} + \Delta p_{\text{caldeira}} + \Delta p_{\text{separador}} \quad (3.51)$$

- **Perda de carga na serpentina do acumulador:**

$$\Delta p_{\text{serpentina}} = \frac{S_{\text{permuta}}}{P_{\text{serpentina}}} \times j \quad (3.52)$$



A perda de carga unitária na serpentina do acumulador foi estimada com base na expressão de Flamant. As perdas de carga na caldeira e no micro separador de bolhas de ar foram retiradas dos catálogos dos equipamentos.

- **Volume dos vasos de expansão:**

$$V_{\text{vaso}} = \frac{V_{\text{circuito}} \times (C_{\text{exp final}} - C_{\text{exp inicial}})}{\frac{1 - (P_{\text{pré carga vaso}} + 1)}{P_{\text{válv seg}} + 1}} \quad (3.53)$$

Os coeficientes de expansão da água em função da temperatura são dados na Tabela 3:

T (°C)	e
0	0,0001
5	0,0000
10	0,0003
15	0,0009
20	0,0018
25	0,0030
30	0,0043
35	0,0058
40	0,0078
45	0,0098
50	0,0121
55	0,0145
60	0,0170
65	0,0198
70	0,0227
75	0,0258
80	0,0290
85	0,0324
90	0,0359
95	0,0396
100	0,0434

Tabela 3 – Coeficientes de expansão da água em função da temperatura

O cálculo relativo a todo o circuito primário da central de produção de AQS consta nos Anexos A.39 a A.41.

3.2.4.4. Recirculadores de AQS

Os recirculadores de AQS têm como função a recirculação da água quente sanitária com vista ao conforto dos utilizadores na utilização da água quente.

O caudal total de bombagem foi calculado com base na divisão das perdas de calor globais na tubagem de água quente pelo gradiente térmico máximo admitido.



Tratando-se de um circuito fechado, a altura manométrica total para selecção dos circuladores é simplesmente calculada pelo somatório das perdas de carga totais nos troços de tubagem, pelo caminho mais desfavorável, adicionada de uma perda de carga no depósito acumulador com o valor de 0,50 mca. O ponto de funcionamento consta no Anexo A.16.

4. REDE DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR ÁGUA

4.1. Classificação do Edifício

O DL 220/2008 (RJ-SCIE) divide os diversos edifícios ou partes de edifícios em doze utilizações tipo (UT), sendo elas classificadas do seguinte modo:

- Tipo I - Habitacionais
- **Tipo II - Estacionamentos**
- Tipo III - Administrativos
- Tipo IV - Escolares
- Tipo V - Hospitalares e Lares de Idosos
- Tipo VI - Espectáculos e Reuniões Públicas
- **Tipo VII - Hoteleiros e Restauração**
- Tipo VIII - Comerciais e Gares de Transportes
- Tipo IX - Desportivos e de Lazer
- Tipo X - Museus e Galerias de Arte
- Tipo XI - Bibliotecas e Arquivos
- Tipo XII - Industriais, Oficinas e Armazéns

O edifício sujeito a este estudo poderá classificar-se numa UT Mista, composta por dois tipos de utilizações, sendo elas do tipo II (estacionamento com cerca de 379 m² de área localizado na cave -1) e VII (restaurante no Piso 0 e quartos de hotel nos pisos 1 a 7), tal como descrito nas respectivas alíneas b) e g) do capítulo II, artigo 8º, ponto nº 1 em [2].

No entanto, a classificação do edifício em termos de riscos de incêndio apenas ficará completa com a classificação de cada utilização-tipo numa das quatro categorias de risco, desde o risco reduzido, moderado, elevado e muito elevado, a que correspondem exigências de segurança crescentes. O critério de classificação é diferente para cada utilização-tipo, e tem em consideração factores como a altura, a área, o efectivo, a carga de incêndios e o número de pisos abaixo do plano de referência. Os edifícios e os recintos de utilização mista devem ser classificados na categoria de risco mais elevada das respectivas utilizações-tipo, no entanto, cada utilização tipo deverá ser tratada de acordo com a categoria de risco que lhe for devida.



De acordo com o capítulo II, artigo 12º, ponto nº 1 em [2], a referida classificação consta dos quadros I a X do Anexo III. As figuras 13 e 14 permitem fazer a dita classificação da categoria de risco para as UT's II e VII respectivamente:

Categorias de risco da utilização-tipo II «Estacionamentos»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo II, quando integrada em edifício			Ao ar livre
	Altura da UT II	Área bruta ocupada pela UT II	Número de pisos ocupados pela UT II abaixo do plano de referência	
1. ^a	—			Sim
	≤ 9 m	≤ 3 200 m ²	≤ 1	Não
2. ^a	≤ 28 m	≤ 9 600 m ²	≤ 3	Não
3. ^a	≤ 28 m	≤ 32 000 m ²	≤ 5	Não
4. ^a	> 28 m	> 32 000 m ²	> 5	Não

Figura 13 – Quadro II do Anexo III [2]

Categorias de risco da utilização-tipo VII «Hoteleiros e restauração»

Categoria	Critérios referentes à utilização-tipo VII			Locais de risco E com saídas independentes directas ao exterior no plano de referência
	Altura da UT VII	Efectivo da UT VII		
		Efectivo	Efectivo em locais de risco E	
1. ^a	≤ 9 m	≤ 100	≤ 50	Aplicável a todos.
2. ^a	≤ 9 m	≤ 500	≤ 200	Não aplicável.
3. ^a	≤ 28 m	≤ 1 500	≤ 800	Não aplicável.
4. ^a	> 28 m	> 1 500	> 800	Não aplicável.

Figura 14 – Quadro VI do Anexo III [2]

A classificação da categoria de risco da Utilização Tipo II – Estacionamentos, teve por base os seguintes factores:

- Altura: 3,85 m;
- Área bruta: 379 m²;
- Número de pisos ocupados abaixo do plano de referência: 1 piso;
- UTII coberta.

Classifica-se assim a UTII deste edifício na 1ª categoria de risco.

A classificação da categoria de risco da Utilização Tipo VII – Hoteleiros e Restauração, teve por base os seguintes factores:



- Altura: 26,26 m;

O cálculo do Efectivo total consta na Tabela 4 e teve por base o Quadro XXVII em [3].

	Índice	Área	Efectivo
Circulações horizontais e espaços comuns de estabelecimentos comerciais	0,2	472,46	95
Salas de convívio, refeitórios e zonas de restauração e bebidas com lugares sentados, permanentes ou eventuais, com ou sem espectáculo	1	120,07	121
Locais de risco E			144
Efectivo total			360

Tabela 4 – Cálculo do Efectivo total

Classifica-se assim a UTVII do edifício na 3ª categoria de risco.

O edifício classifica-se conseqüentemente numa UT Mista na 3ª categoria de risco.

4.2. Equipamentos e Sistemas de Extinção por Água

Estando o edifício classificado numa UT mista da terceira categoria de risco, deverá de seguida verificar-se quais os tipos de equipamentos e sistemas de extinção de incêndio por água que, de acordo com a dita classificação, deverão integrar a rede hidráulica de extinção do edifício.

Quanto à UTII, poderá analisar-se mais em pormenor a Figura 15.

		CATEGORIAS DE RISCO			
		1ª	2ª	3ª	4ª
Meios de primeira intervenção	Meios portáteis e móveis	extintores portáteis ^{a)}			
	Rede de incêndio armada	tipo carretel (A>500m ²)	tipo carretel		
Meios de segunda intervenção	Redes de incêndio ^{b)}	-	seca ou húmida ^{c) d)}	húmida ^{c) d)}	
	Bocas-de-incêndio	-			
Sistemas fixos de extinção automática	Extinção por água	parques automáticos	com 2 ou + pisos abaixo do plano de ref. ^{e)} ; parques automáticos		
	Extinção por outros agentes	-			
Sistemas de cortina de água		como medida complementar, em vãos de ligação entre pisos ou compartimentos de fogo ^{e)}			
Alimentação das redes de incêndio		rede pública		depósito e grupo sobrepessor de SI	

Notas:

a) Nos parques automáticos os meios de primeira intervenção devem ser extintores móveis de CO₂ ou pó ABC, localizados, em cada piso, junto ao acesso a cada uma das escadas existentes;

b) As condutas de água das redes secas devem ser construídas com materiais de classe de reacção ao fogo A2-s1 d0;

c) Deve ser garantida a possibilidade de alimentação alternativa pelos bombeiros ao colectador de saída das bombas sobrepessoras;

d) No caso de zonas susceptíveis de congelamento da água, poderá em alternativa utilizar-se redes secas;

e) Deve ser previsto comando manual no posto de segurança como complemento do comando automático.

Figura 15 – Equipamentos e sistemas de extinção - UTII [21]

A Figura 15 mostra uma tabela resumo, dando indicação dos tipos de equipamentos de extinção de incêndio obrigatórios na utilização das redes de combate ao incêndio, à luz do preconizado em [3], e em função da UT e da categoria de risco.



No que respeita à UTII da primeira categoria de risco que integra o edifício em estudo, poderá observar-se que uma RIA deverá ser estudada nesta parcela do edifício, podendo ser alimentada pela rede pública, caso esta cumpra com os requisitos mínimos de caudal e de pressão nesta rede. Como já foi referido, a rede pública de abastecimento de água poderá não garantir, em todos os momentos, estas exigências hidráulicas, pelo que se considerou que a RIA deverá ser alimentada com recurso a um depósito privativo de água dedicado ao combate ao incêndio (tema já referido no capítulo 3.2.1) e grupo sobrepessor de incêndio ou central de incêndio.

À semelhança da Figura 15, poderá observar-se a Figura 16, neste caso aplicada à UTVII.

		CATEGORIAS DE RISCO			
		1ª	2ª	3ª	4ª
Meios de primeira intervenção	Meios portáteis e móveis	extintores portáteis			
	Rede de incêndio armada	-	tipo carretel ^{a)}	tipo carretel	
Meios de segunda intervenção	Redes de incêndio	-		húmida ^{b), c)}	
	Bocas-de-incêndio				
Sistemas fixos de extinção automática	Extinção por água ^{d)}	-		sprinklers	
	Extinção por outros agentes	em cozinhas com potência total instalada nos aparelhos de confecção > 70 kW			
Sistemas de cortina de água ^{e)}		como medida complementar para melhorar a resistência ao fogo dos elementos de construção, nomeadamente elementos em vidro			
Alimentação das redes de incêndio		-	rede pública	depósito e grupo sobrepessor de SI	
Notas:					
a) No caso de turismo do espaço rural, de natureza e de habitação, estão dispensadas de RIA;					
b) Deve ser garantida a possibilidade de alimentação alternativa pelos bombeiros ao colector de saída das bombas sobrepessoras;					
c) No caso de zonas susceptíveis de congelamento da água, poderá em alternativa utilizar-se redes secas;					
d) No caso de pátios interiores, com altura superior a 20 m, é obrigatória a utilização de sprinklers nos locais adjacentes a estes;					
e) Deve ser previsto comando manual no posto de segurança como complemento do comando automático.					

Figura 16 – Equipamentos e sistemas de extinção - UTVII [21]

Sabendo-se que a UTVII foi classificada na terceira categoria de risco, poderão resumir-se os equipamentos e os sistemas de extinção por água na seguinte listagem:

- a) Rede de primeira intervenção, tal como uma RIA em todos os pisos;
- b) Rede de segunda intervenção do tipo coluna húmida, em todos os pisos, excepto no piso do plano de referência;
- c) Rede de Sprinklers em todos os pisos;
- d) Recurso a depósito privativo e sistema sobrepessor de incêndio;
- e) A RIA da UTII fará parte integrante da RIA da UTVII;
- f) Haverá coluna húmida na UTII, no piso -1, e fará parte integrante da restante rede de segunda intervenção;
- g) Haverá uma alimentação alternativa à rede de segunda intervenção, composta por uma boca siamesa com saída DN100 e duas entradas storz DN75.



4.3. Descrição da Instalação

Tal como descrito no capítulo 3.2.2, haverá lugar a duas alimentações ao reservatório dedicado exclusivamente ao combate ao incêndio. Uma pela rede pública e outra pelo autotanque.

Haverá lugar à instalação de uma central de incêndio na zona técnica dos reservatórios, que terá como função a pressurização de água a:

- a) RIA;
- b) Coluna húmida;
- c) Rede de Sprinklers.

Imediatamente a jusante da central de incêndio, haverá um barrilete de distribuição, que fará a separação das três redes já referidas.

Todas as redes hidráulicas serão compostas por tubagem do tipo Ferro Galvanizado EN10255 Pintada a RAL3000, sendo as respectivas ligações roscadas ou ranhuradas.

A RIA será composta por uma rede hidráulica que deverá abastecer as bocas-de-incêndio armadas ou carreteis, com vista a possíveis extinções no âmbito da primeira intervenção, ou seja, pelos utilizadores do edifício.

A coluna húmida será composta por uma rede hidráulica que deverá abastecer as tomadas duplas. As tomadas duplas serão compostas por duas bocas de globo instaladas em paralelo com entrada a DN50 e duas saídas storz a DN52mm, podendo apenas ser manuseadas pelos bombeiros, no âmbito da segunda intervenção.

A rede de sprinklers é uma rede de extinção automática por água. O tipo de rede de sprinklers considerada foi do tipo húmida, sendo a mesma composta pelos seguintes componentes principais:

- a) À saída do barrilete de distribuição, deverá ser instalado um posto de comando húmido, com válvula de seccionamento de borboleta e gongo hidráulico. A função do posto de comando é a de evitar o arranque da central de incêndio em casos de falso alarme;
- b) Haverá lugar a uma coluna de montante de onde se possam fazer derivações de piso, sendo essencial que, nesta derivação, exista uma válvula de seccionamento de borboleta com sinais eléctricos em fim de curso e detector de fluxo, que deverão estar encravados com a central de detecção de incêndio. Os sinais eléctricos da válvula de borboleta deverão indicar se a válvula estará aberta ou fechada, e o detector de fluxo deverá dar indicação à central de detecção de incêndio se, em caso de incêndio, existe ou não passagem de caudal na derivação de piso, dando assim indicação em que piso decorre o incêndio;
- c) Deverá haver uma distribuição dos aspersores tal como indicado em [7], inseridos no tecto falso pelo desenvolvimento de toda a planta do edifício.



4.4. Dimensionamento da Instalação

4.4.1. Rede de Incêndio Armada

A rede de incêndio armada (RIA) é uma rede de 1ª intervenção composta por uma rede hidráulica cujo fluido extintor é a água e os equipamentos de combate a incêndio são as bocas-de-incêndio armadas, ou carretéis.

A RIA foi dimensionada de acordo com o disposto em [3], nomeadamente de acordo com o artigo 167º, onde consta o seguinte:

- Caudal instantâneo mínimo de 1,5 L/s por carretel;
- Pressão dinâmica mínima de 250 kPa no carretel hidráulicamente mais desfavorável;
- Metade dos carretéis abertos, até um máximo exigível de quatro unidades.

A localização dos carretéis consta do artigo 165º em [3], onde se menciona o seguinte:

- *“A distância entre as bocas não seja superior ao dobro do comprimento das mangueiras utilizadas”;*
- *“Exista uma boca-de-incêndio nos caminhos horizontais de evacuação junto à saída para os caminhos verticais, a uma distância inferior a 3 m do respectivo vão de transição”;*
- *“Exista uma boca-de-incêndio junto à saída de locais que possam receber mais de 200 pessoas”.*

O cálculo da RIA consta no Anexo A.42, onde as perdas de carga foram estimadas com base na expressão de Flamant e as perdas de carga localizadas com base num factor de majoração incidente sobre o comprimento de cada troço na ordem dos 30%.

4.4.2. Coluna Húmida

A coluna húmida é uma rede de 2ª intervenção composta por uma rede hidráulica cujo fluido extintor é a água e os equipamentos de combate a incêndio são as bocas-de-incêndio duplas, com acoplamento do tipo storz DN 52mm. Esta rede de extinção foi dimensionada de acordo com o disposto [3], nomeadamente de acordo com o artigo 171º onde consta o seguinte:

- Caudal instantâneo mínimo de 4,0 L/s por boca;
- Pressão dinâmica mínima de 350 kPa na boca hidráulicamente mais desfavorável;
- Metade das bocas abertas, até um máximo exigível de quatro unidades.

A localização das bocas duplas consta do artigo 169º em [3], ou seja, nos patamares de acesso das comunicações verticais ou nas câmaras corta-fogo quando existam, em todos os pisos, excepto no piso do plano de referência. O cálculo da coluna húmida consta no Anexo A.43, e tendo-se tido conta a mesmo tipo de estimativa das perdas do preconizado na RIA.



4.4.3. Rede de Extinção Automática por Água

Tal como já referido, o tipo de sistema de extinção automática por água será do tipo húmido. Com vista a uma melhor compreensão do sistema já referido, de forma breve, no capítulo 4.3, apresenta-se na Figura 17 um esquema generalista de um sistema do tipo húmido.

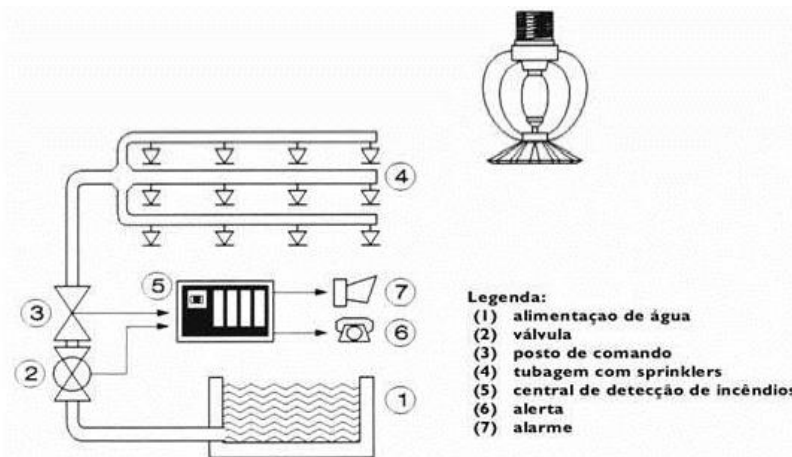


Figura 17 – Esquema de princípio generalista de uma rede de sprinklers do tipo húmida [7]

Os sprinklers são um elemento fundamental neste tipo de sistemas de extinção.

- Quanto ao seu **tipo de actuação**, referem-se os seguintes:
 - a) Por termofusível, em que este será actuado pela fusão de uma liga metálica a uma temperatura pré-definida;
 - b) Por ampola de vidro, que contem um líquido de elevado coeficiente de dilatação, partindo o vidro pela sua expansão a uma temperatura pré-determinada.
- Quanto às **temperaturas de actuação** dos sprinklers, mencionam-se na Figura 18.

Ampola		Termofusível	
Temperatura	Cor (*)	Temperatura	Cor (**)
57 °C	Laranja		
68 °C	Vermelho	68°C a 74°C	Sem cor
79 °C	Amarelo		
93 °C	Verde	93 a 100 °C	Branco
141 °C	Azul	141 °C	Azul
182 °C	Roxo	182 °C	Amarelo
204 a 260 °C	Preto	227 °C	Vermelho

(*) – Cor do líquido contido na ampola

(**) – Marca feita no *sprinkler*

Figura 18 – Temperaturas de actuação dos vários tipos de sprinklers [7]



- Quanto aos **diâmetros** dos sprinklers, mencionam-se os seguintes:
 - ✓ 10 mm (3/8”);
 - ✓ 15 mm (1/2”);
 - ✓ 20 mm (3/4”).

Os sprinklers seleccionados foram os seguintes:

- Quando instalados à vista, serão do tipo pendentes, K=80, de 1/2" e com âmpola de vidro a quebrar aos 68°C;
- Quando instalados em tectos falsos, serão do tipo ocultos, K=80, de 1/2" e com âmpola de vidro a quebrar aos 68°C.

No que respeita ao dimensionamento da rede de sprinklers, a mesma foi efectuada com base em [7] e [8]. A norma Europeia BS EN 12845:2015 refere os seguintes modos de dimensionamento de uma rede de sprinklers:

- a) Método de dimensionamento da tubagem totalmente calculado;
- b) Método de dimensionamento da tubagem pré-calculado.

Adoptou-se no presente projecto o método pré-calculado. Com vista à aplicação desta metodologia, deverá classificar-se o edifício com base em [8]. O Anexo A.2, que se apresenta na Figura 19, permite fazer esta classificação:

Occupancy	Ordinary hazard group			
	OH1	OH2	OH3	OH4
Glass and ceramics			Glass factories	
Chemicals	Cement works	Photographic film factories	Dyers works soap factories Photographic laboratories Paint application shops with water based paint	
Engineering	Sheet metal product factories	Metal working	Electronics factories Radio equipment factories Washing machine factories Car workshops	
Food and beverages		Abattoirs, meat factories Bakeries Biscuit factories Breweries Chocolate factories Confectionery Dairies Factories	Animal fodder factories Corn mills Dehydrated vegetable and soup factories Sugar factories	Alcohol distilleries
Miscellaneous	Hospitals Hotels Libraries (excluding book stores) Restaurants Schools (see	Laboratories (physical) Laundries Car parks Museums	Broadcasting studios (small) Railway stations Plant (technical) room Farm building	Cinemas and theatres Concert halls tobacco factories Film and TV Production Studio

Figura 19 – Tabela classificativa do risco – Anexo A.2 [8]



Assim sendo, o edifício em estudo, nomeadamente a UTVII, classifica-se em Risco Ordinário 1.

Deverá de seguida proceder-se à implantação dos sprinklers nos locais que lhe for devido. Com vista ao alcance deste objectivo, deverá analisar-se a Figura 20.

Hazard class	Maximum area per sprinkler	Maximum distances as shown in Figure 8 m		
		Standard layout	Staggered layout	
	m ²	S and D	S	D
LH	21,0	4,6	4,6	4,6
OH	12,0	4,0	4,6	4,0
HHP and HHS	9,0	3,7	3,7	3,7

Figura 20 – Área de cobertura máxima e espaçamentos entre sprinklers [8]

Tendo sido a instalação classificada em RO 1 (OH1), conclui-se que a área de cobertura máxima por sprinkler é de 12 m² em que, numa disposição normal, deverá haver lugar a um espaçamento entre sprinklers de 4,0 metros no máximo, numa dada direcção e de 3,0 metros na direcção perpendicular à primeira. Com base neste princípio, procedeu-se à implantação dos sprinklers por todo o hotel, do piso 0 ao piso 7.

O método de dimensionamento da tubagem pré-calculado foi elaborado parcialmente com recurso a tabelas e a cálculo hidráulico. Com vista a um melhor entendimento deste método, apresenta-se na Figura 21 um esquema constituinte relativo a uma rede de sprinklers.

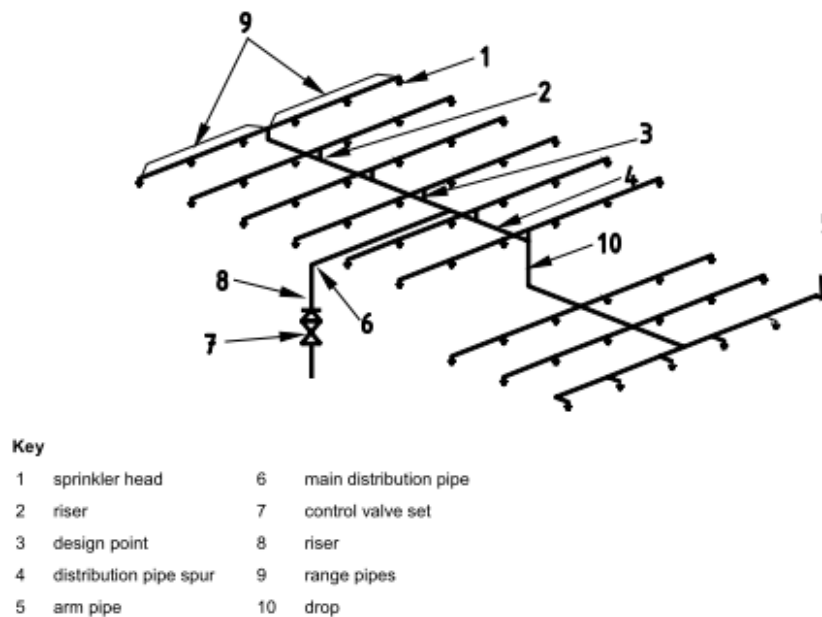


Figura 21 – Elementos constituintes principais de uma rede de sprinklers [8]



As tubagens estão classificadas em três grandes grupos:

- 1) Ramais de distribuição principal, que conduzem a água aos ramais de distribuição;
- 2) Ramais de distribuição, que conduzem a água aos sub-ramais;
- 3) Sub-ramais, onde devem ser instalados os sprinklers.

No método de dimensionamento pré-calculado, deve ainda ser introduzido outro conceito, que se traduz pelos pontos de dimensionamento. Os pontos de dimensionamento são nós da rede hidráulica de sprinklers que separam as zonas da rede em que a mesma é dimensionada com base em tabelas, a jusante deste ponto, e a montante deste ponto a mesma deverá ser dimensionada por cálculo hidráulico. Apresentam-se na Figura 22 alguns exemplos dos nós considerados como pontos de dimensionamento.

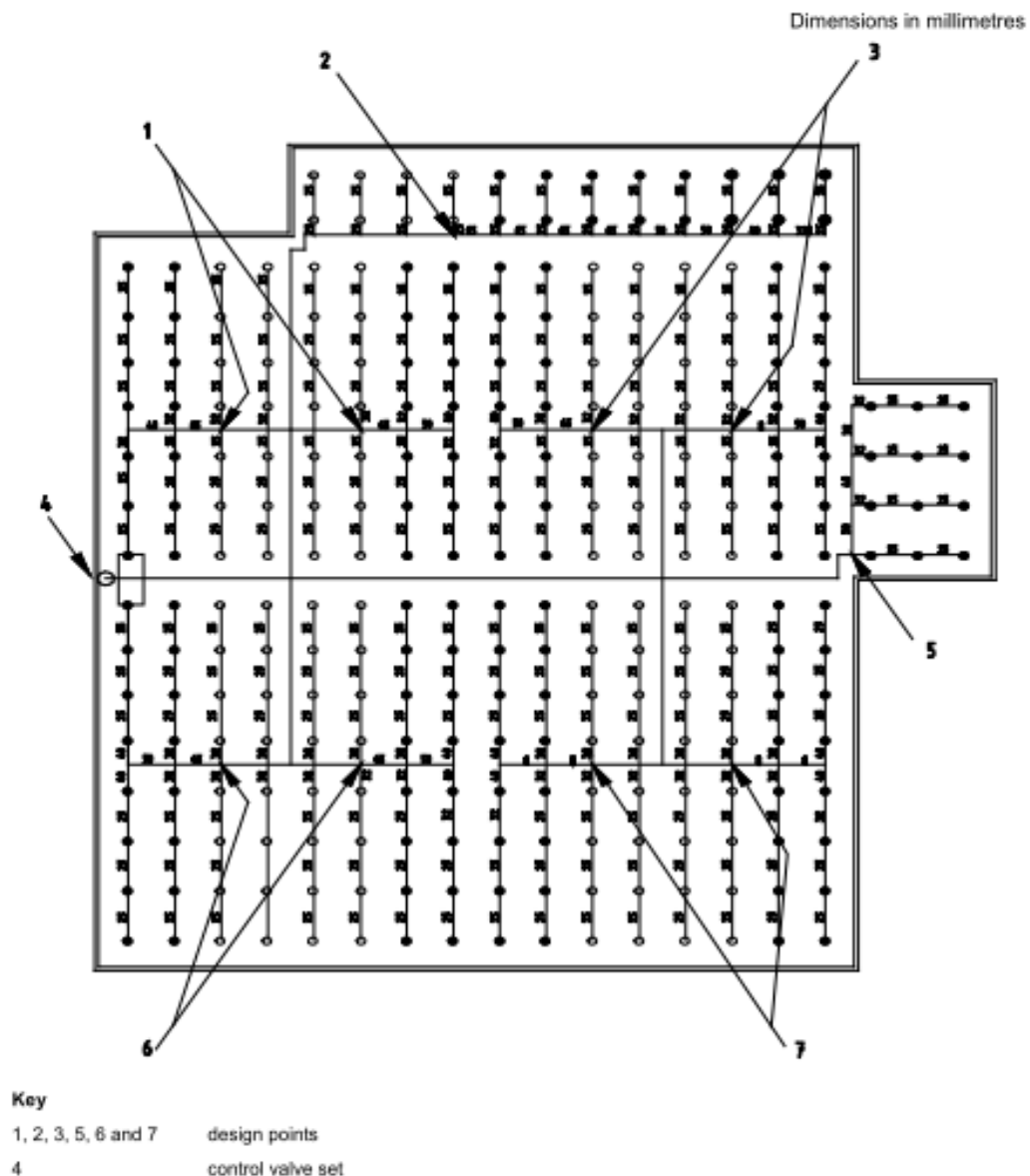


Figura 22 – Exemplos da aplicação de nós como pontos de dimensionamento [8]



A localização dos pontos de dimensionamento deve ser decidida com base no número de sprinklers a jusante deste ponto, apresentando-se na Figura 23 o preconizado em [8].

Hazard Class	Number of sprinklers on a distribution pipe, in a room	Location of design point on a distribution pipe junction to a range holding <i>n</i> th sprinkler where <i>n</i> is	Range layout
OH	> 16	17	two end-side
	> 18	19	all others
HHP and HHS	> 48	49	all

Figura 23 – Localização dos pontos de dimensionamento em RO [8]

Na parcela do cálculo com base em tabelas, a jusante dos pontos de dimensionamento, devem-se distinguir a selecção dos diâmetros em sub-ramais e em tubagens de distribuição.

Apresentam-se nas Figuras 24 e 25 o preconizado em [8].

Range pipes	Layout	Diameter mm	Maximum number of sprinklers fed
Ranges at remote end of all distribution pipes - last 2 ranges	2-end-side layouts	25	1
		32	2
last 3 ranges	3-end-side layouts	25	2
		32	3
last range	All other layouts	25	2
		32	3
		40	4
		50	9
All other range pipes	All	25	3
		32	4
		40	6
		50	9

Figura 24 – Tabela de dimensionamento de sub-ramais em RO [8]

Distribution pipes	Layout	Diameter mm	Maximum number of sprinklers fed
At extremities of installation:	2-end-side	32	2
		40	4
		50	8
		65	16
	All others	32	3
		40	6
50		9	
Between design points and the control valve set	All	To be calculated in accordance with 13.3.4.2	

Figura 25 – Tabela de dimensionamento de tubagens de distribuição em RO [8]



Na parcela do cálculo com base em cálculo hidráulico, a montante dos pontos de dimensionamento, adoptou-se a formulação preconizada em [8].

- **Perdas de carga totais com base na expressão de Hazen-Williams:**

$$p = \frac{6,05 \times 10^5}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \times L \times Q^{1,85} \tag{4.1}$$

O valor de C deve ser atribuído com base no tipo de tubagem onde se processa o escoamento, e pode ser obtido a partir da Figura 26.

Type of pipe	Value of C
cast iron	100
ductile iron	110
mild steel	120
galvanized steel	120
spun cement	130
cement lined cast iron	130
stainless steel	140
copper	140
reinforced glass fibre	140
NOTE The list is not exhaustive.	

Figura 26 – Coeficiente de atrito de Hazen-Williams em função dos diversos tipos de tubagem [8]

Quanto às perdas de carga localizadas, optou-se por adoptar os comprimentos equivalentes constantes na Figura 27.

Nominal Size	Actual Outside Diameter	Frictional Resistance Equivalent Feet/meters of Straight Pipe ¹			
		Elbows		No. 002 Straight Tee	
		No. 001 90° Elbow	No. 003 45° Elbow	Branch	Run
1 ¼ 32	1.660 42.4	—	—	—	—
1 ½ 40	1.900 48.3	—	—	—	—
2 50	2.375 60.3	3.5 1.1	1.8 0.5	8.5 2.6	3.5 1.1
2 ½ 65	2.875 73.0	4.3 1.3	2.2 0.7	10.8 3.3	4.3 1.3
76.1 mm	3.000 76.1	4.5 1.4	2.3 0.7	11.0 3.4	4.5 1.4
3 80	3.500 88.9	5.0 1.5	2.6 0.8	13.0 4.0	5.0 1.5
108 mm	4.250 108.0	6.4 2.0	3.2 0.9	15.3 4.7	6.4 2.0
4 100	4.500 114.3	6.8 2.1	3.4 1.0	16.0 4.9	6.8 2.1
5 125	5.563 141.3	8.5 2.6	4.2 1.3	21.0 6.4	8.5 2.6
139.7 mm	5.500 139.7	8.3 2.5	4.1 1.3	20.6 6.3	8.3 2.5
159 mm	6.250 158.8	9.4 2.9	4.9 1.5	25.0 7.6	9.6 2.9
6 150	6.625 168.3	10.0 3.0	5.0 1.5	25.0 7.6	10.0 3.0
165.1 mm	6.500 165.1	9.8 3.0	4.9 1.5	24.5 7.5	9.8 3.0
8 200	8.625 219.1	13.0 4.0	5.0 1.5	33.0 10.1	13.0 4.0

Figura 27 – Comprimentos equivalentes para estimativa das perdas de carga localizadas [17]



- **Pressão estática entre dois pontos:**

$$p_h = 0,098 \times h \quad (4.2)$$

A regra de dimensionamento da parcela em que se recorre a cálculo hidráulico, prende-se com os seguintes pressupostos básicos e obrigatórios:

- a) Em edifícios classificados em riscos ordinários, deverá adoptar-se um caudal de dimensionamento de 1000 L/min;
- b) A velocidade de escoamento não deverá ser superior a 6 m/s em válvulas ou filtros e não deverá ser superior a 10 m/s em qualquer outro ponto da rede;
- c) O somatório das perdas de carga totais entre o posto de comando e o ponto de dimensionamento mais afastado ou mais remoto não deverá ser superior a 0,5 bar.

Apresentam-se nos Anexo A.44 a A.46 a parcela relativa ao cálculo hidráulico a montante dos pontos de dimensionamento da rede de extinção automática por sprinklers.

4.4.4. Equipamentos

4.4.4.1. Central de Supressão de Incêndio

A central de supressão de incêndio foi dimensionada com base em [6] e [8].

A composição principal deste sistema de bombagem é a seguinte:

- Uma electrobomba principal, formada por bomba centrífuga monocelular de eixo horizontal;
- Uma electrobomba principal de reserva, formada por bomba centrífuga monocelular de eixo horizontal;
- Uma electrobomba auxiliar (bomba jockey), formada por bomba centrífuga multicelular de eixo vertical;
- Um quadro destinado ao controlo e protecção da bomba principal eléctrica e a bomba auxiliar jockey;
- Um quadro destinado ao controlo e protecção da bomba principal de reserva eléctrica.
- Depósito de ar pré-comprimido com a capacidade de 20 L;
- Válvulas de seccionamento na compressão;
- Válvulas de retenção na compressão;
- Válvulas de segurança à saída de cada bomba;
- Colector de compressão comum;
- Base de assentamento comum a todas as electrobombas;
- Kit colector de aspiração, composto por cones excêntricos, válvulas de seccionamento na aspiração, manovacúómetros e colector de aspiração.



Para a determinação do caudal de bombagem, teve-se em linha de conta uma expressão, em tudo semelhante à apresentada no capítulo 3.2.1, no entanto, não devendo ser afectada pelo T, autonomia dos RASI, mediante a categoria de risco do edifício.

$$Q_b = Q + QH + QS + QC \quad (4.3)$$

Para mais pormenores, verificar o capítulo 3.2.1.

Relativamente à altura manométrica total, deverá a mesma ser calculada com base nos seguintes critérios:

- 1) Existem na realidade três redes de incêndio: uma RIA, uma coluna húmida e uma rede de sprinklers. Aquela que apresentar a maior altura manométrica de compressão à saída do colector de compressão da central de supressão de incêndio, deverá ser a adoptada com vista ao cálculo da altura manométrica total da central de incêndio;
- 2) Para a estimativa da altura manométrica de aspiração, deve-se admitir se a aspiração da central se apresenta em aspiração positiva ou em aspiração negativa. As velocidades máximas de escoamento são de 1,8 m/s e 1,5 m/s respectivamente, para o caudal total de bombagem em ponto de sobrecarga, ou seja, majorado de um factor de 1,40.

Na selecção das electrobombas, deverá adoptar-se electrobombas que, para o ponto de sobrecarga, não haja um abaixamento na pressão superior a 30% da pressão nominal.

O cálculo ponto de funcionamento para selecção da central de incêndio consta nos Anexos A.47 e A.48. Salienta-se que a rede de incêndio que condicionou a altura manométrica de compressão da central de incêndio foi a coluna húmida.



5. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

5.1. Descrição da Instalação

A rede de drenagem de águas residuais domésticas inicia-se nos ramais de descarga individuais, que têm por função a recolha das águas residuais domésticas em cada aparelho sanitário. Todos os aparelhos sanitários serão sifonados, sendo que, caso alguns dos ramais de descarga se reúnam numa caixa de reunião, esta não deverá ser sifonada, dada a proibição de dupla sifonagem constante em [1].

Nas zonas dos quartos de hotel, haverá reunião dos ramais de descarga individuais por caixas de reunião não sifonadas, seguindo-se uma ligação aos tubos de queda por meio de ramais de descarga não individuais. Os ramais de descarga individuais das bacias de retrete desembocarão directamente no tubo de queda.

Os ramais de descarga individuais de efluentes não gordurosos no piso 0 desembocarão directamente num colector predial suspenso na zona do tecto da cave.

A rede de esgotos domésticos será dotada de uma rede de ventilação secundária, nomeadamente de colunas de ventilação secundárias, obrigatória com base em [1], neste caso em concreto, devido ao facto dos tubos de queda afluírem em colectores prediais, cuja distância de ligação às caixas de visita é superior a 10 vezes o diâmetro do tubo de queda respectivo. Haverá uma coluna de ventilação por cada tubo de queda, estando a mesma ligada ao tubo de queda desde o final do respectivo desenvolvimento total e acima da última inserção no tubo de queda. O topo dos tubos de queda deverão ser elevados em relação à cobertura plana de pelo menos dois metros de altura, devendo o seu topo ser dotado de um chapéu de ventilação para evitar a entrada de objectos que possam obstruir a rede para jusante.

Os tubos de queda provenientes dos pisos 1 a 7 afluirão a uma rede de colectores prediais suspensos no tecto da cave e que ligarão às caixas de visita enterradas no exterior.

A rede de esgotos de efluentes gordurosos, correspondente à drenagem predial da cozinha profissional do hotel, será reunida na cave, separadamente da restante rede doméstica e dará entrada num sistema de pré-tratamento de águas residuais gordurosas, como sendo um separador de gorduras.

As instalações sanitárias da cave, bem como o efluente proveniente do separador de gorduras, desembocarão num poço de bombagem enterrado no piso da cave, sendo o afluente ao poço de bombagem elevado para a caixa de ramal de ligação.



Todos os esgotos recolhidos do piso 0 ao piso 7, com excepção das águas residuais gordurosas, serão recolhidas para caixas de visita enterradas no piso 0, no exterior da zona de implantação do edifício, e reunidas numa caixa de ramal de ligação doméstica.

A caixa de ramal de ligação doméstica reunirá todos os esgotos domésticos do edifício, de onde sairá o ramal de ligação à rede pública de esgotos domésticos.

5.2. Dimensionamento da Instalação

5.2.1. Ramais de Descarga

Os ramais de descarga individuais e não individuais na rede de drenagem predial doméstica serão executados em tubagem do tipo PVC Série B EN1329 e FF Fundido SMU-S, sendo o PVC aplicado nas águas residuais de natureza não gordurosa e o FF nas águas residuais de natureza gordurosa.

No que respeita aos ramais de descarga individuais, os mesmos foram dimensionados para secção cheia, desde que a distância entre o sifão do respectivo aparelho e a secção ventilada não ultrapasse o valor máximo dado na Figura 28.

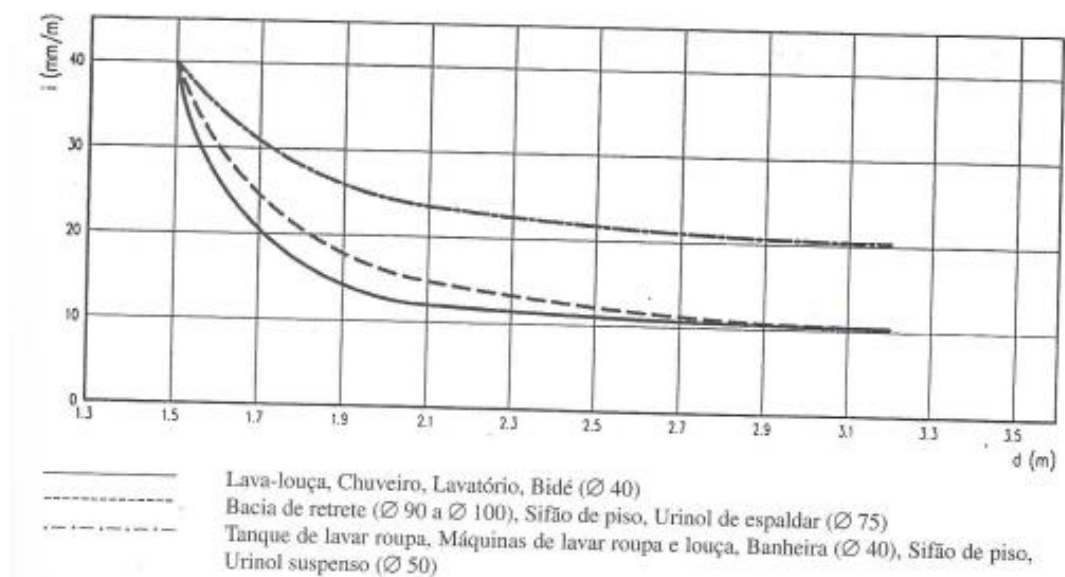


Figura 28 – Distância máxima admissível entre o sifão e secção ventilada [14]

Os diâmetros mínimos adoptados para os ramais de descarga individuais foram os indicados na Figura 29.



<i>Aparelho sanitário</i>	<i>Diâmetro mínimo do ramal individual (mm)</i>
Bacia de retrete	90
Banheira	
Bidé	
Chuveiro	40
Lavatório	
Máquina de lavar louça	
Máquina de lavar roupa	
Tanque de lavar roupa	50
Urinol suspenso	
Lava-louça	
Urinol de espaldar	75

Figura 29 – Diâmetros mínimos para os ramais de descarga individuais [14]

Os escoamentos em redes de drenagem são do tipo em superfície livre.

Para os ramais de descarga não individuais, a altura de escoamento não deverá ser superior a meia secção, com vista à circulação do ar para efeitos de ventilação.

Em todas as tubagens de drenagens prediais, a pendente das mesmas deverá estar obrigatoriamente compreendida entre 1% a 4%.

Para efeitos de dimensionamento das tubagens de uma rede de drenagem residual doméstica, deve ter-se em linha de conta os caudais acumulados e de cálculo a drenar.

A formulação geral de dimensionamento das tubagens de drenagem predial é a seguinte:

- **Caudal de cálculo:**

$$Q_c \cong 7,3497 \times Q_a^{0,5352} \quad (5.1)$$

O caudal acumulado equivale ao somatório dos caudais de descarga constantes na Figura 30.



<i>Aparelho</i>	<i>Caudal (l/min)</i>
Bacia de retrete	90
Banheira	60
Bidé	30
Chuveiro	30
Lavatório	30
Máquina de lavar louça	60
Máquina de lavar roupa	60
Urinol de espaldar	90
Urinol suspenso	60
Lava-louça	30
Tanque de lavar roupa	60

Figura 30 – Caudais de descarga mínimos em redes prediais de drenagem de águas residuais [14]

- **Dimensionamento da tubagem horizontal de drenagem – Expressão de Manning-Strickler:**

$$Q = K_s \times A \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad (5.2)$$

- **Raio hidráulico:**

$$R = \frac{A}{P} \quad (5.3)$$

O coeficiente de Manning-Strickler pode ser obtido a partir da Figura 31.

<i>Constituição das tubagens</i>	<i>K (m^{1/3} . s⁻¹)</i>
PVC	120
Cimento liso, chapa metálica sem soldaduras, fibrocimento	90 a 100
Cimento afagado, aço com protecção betuminosa	85
Reboco, grés, ferro fundido novo	80
Betão, ferro fundido com algum uso	75
Ferro fundido usado	70

Figura 31 – Coeficiente de Manning-Strickler em função do tipo de tubagem [14]

Recorreu-se ainda a uma tabela auxiliar de cálculo constante na Tabela 5, para assim se poder determinar os parâmetros efectivos de cálculo, tais como o perímetro molhado, raio hidráulico, velocidade de escoamento e largura superficial do escoamento, em função da selecção de um intervalo do parâmetro adimensional Q_c / Q_f , e interpolando linearmente



entre os respectivos valores do intervalo dentro dos quais se insere o parâmetro adimensional efectivo de caudal.

Indice	Qc/Qf	V/Vf	y/D	P/Pf	Teta (rad)	b/d	R/Rf
1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0561	0,0050	0,0451	0,2831	0,1411	0,0133
3	0,0002	0,0890	0,0100	0,0638	0,4007	0,1990	0,0265
4	0,0004	0,1164	0,0150	0,0782	0,4911	0,2431	0,0397
5	0,0007	0,1408	0,0200	0,0903	0,5676	0,2800	0,0528
6	0,0011	0,1631	0,0250	0,1011	0,6351	0,3122	0,0659
7	0,0016	0,1839	0,0300	0,1108	0,6963	0,3412	0,0789
8	0,0022	0,2035	0,0350	0,1198	0,7528	0,3676	0,0918
9	0,0030	0,2221	0,0400	0,1282	0,8054	0,3919	0,1047
10	0,0038	0,2399	0,0450	0,1361	0,8550	0,4146	0,1175
11	0,0048	0,2569	0,0500	0,1436	0,9021	0,4359	0,1302
12	0,0059	0,2733	0,0550	0,1507	0,9469	0,4560	0,1429
13	0,0071	0,2892	0,0600	0,1575	0,9899	0,4750	0,1555
14	0,0084	0,3045	0,0650	0,1641	1,0312	0,4931	0,1680
15	0,0098	0,3194	0,0700	0,1705	1,0711	0,5103	0,1805
16	0,0114	0,3339	0,0750	0,1766	1,1096	0,5268	0,1929
17	0,0130	0,3480	0,0800	0,1826	1,1470	0,5426	0,2053
18	0,0148	0,3618	0,0850	0,1883	1,1834	0,5578	0,2176
19	0,0167	0,3752	0,0900	0,1940	1,2188	0,5724	0,2298
20	0,0187	0,3883	0,0950	0,1995	1,2533	0,5864	0,2420
21	0,0209	0,4012	0,1000	0,2048	1,2870	0,6000	0,2541
22	0,0231	0,4137	0,1050	0,2101	1,3200	0,6131	0,2661
23	0,0255	0,4260	0,1100	0,2152	1,3523	0,6258	0,2781
24	0,0280	0,4381	0,1150	0,2203	1,3839	0,6380	0,2900
25	0,0306	0,4500	0,1200	0,2252	1,4150	0,6499	0,3018
26	0,0333	0,4616	0,1250	0,2301	1,4455	0,6614	0,3136
27	0,0361	0,4730	0,1300	0,2348	1,4755	0,6726	0,3253
28	0,0391	0,4842	0,1350	0,2395	1,5049	0,6834	0,3370
29	0,0421	0,4953	0,1400	0,2441	1,5340	0,6940	0,3485
30	0,0453	0,5061	0,1450	0,2487	1,5626	0,7042	0,3601
31	0,0486	0,5168	0,1500	0,2532	1,5908	0,7141	0,3715
32	0,0520	0,5273	0,1550	0,2576	1,6186	0,7238	0,3829
33	0,0555	0,5376	0,1600	0,2620	1,6461	0,7332	0,3942
34	0,0591	0,5478	0,1650	0,2663	1,6732	0,7424	0,4055
35	0,0629	0,5578	0,1700	0,2706	1,7000	0,7513	0,4166
36	0,0667	0,5677	0,1750	0,2748	1,7264	0,7599	0,4278
37	0,0707	0,5775	0,1800	0,2789	1,7526	0,7684	0,4388
38	0,0747	0,5871	0,1850	0,2831	1,7785	0,7766	0,4498
39	0,0789	0,5965	0,1900	0,2871	1,8041	0,7846	0,4607
40	0,0832	0,6059	0,1950	0,2912	1,8295	0,7924	0,4716
41	0,0876	0,6151	0,2000	0,2952	1,8546	0,8000	0,4824
42	0,0921	0,6241	0,2050	0,2991	1,8795	0,8074	0,4931
43	0,0966	0,6331	0,2100	0,3031	1,9041	0,8146	0,5037
44	0,1013	0,6419	0,2150	0,3069	1,9286	0,8216	0,5143
45	0,1061	0,6507	0,2200	0,3108	1,9528	0,8285	0,5248
46	0,1110	0,6593	0,2250	0,3146	1,9769	0,8352	0,5353



Indice	Qc/Qf	V/Vf	y/D	P/Pf	Teta (rad)	b/d	R/Rf
47	0,1160	0,6678	0,2300	0,3184	2,0007	0,8417	0,5457
48	0,1211	0,6761	0,2350	0,3222	2,0244	0,8480	0,5560
49	0,1263	0,6844	0,2400	0,3259	2,0479	0,8542	0,5662
50	0,1316	0,6926	0,2450	0,3296	2,0712	0,8602	0,5764
51	0,1370	0,7007	0,2500	0,3333	2,0944	0,8660	0,5865
52	0,1425	0,7086	0,2550	0,3370	2,1174	0,8717	0,5965
53	0,1480	0,7165	0,2600	0,3406	2,1403	0,8773	0,6065
54	0,1537	0,7243	0,2650	0,3443	2,1630	0,8827	0,6164
55	0,1595	0,7320	0,2700	0,3478	2,1856	0,8879	0,6262
56	0,1653	0,7396	0,2750	0,3514	2,2081	0,8930	0,6360
57	0,1712	0,7471	0,2800	0,3550	2,2304	0,8980	0,6457
58	0,1773	0,7545	0,2850	0,3585	2,2526	0,9028	0,6553
59	0,1834	0,7618	0,2900	0,3620	2,2747	0,9075	0,6649
60	0,1896	0,7690	0,2950	0,3655	2,2967	0,9121	0,6744
61	0,1958	0,7761	0,3000	0,3690	2,3186	0,9165	0,6838
62	0,2022	0,7832	0,3050	0,3725	2,3403	0,9208	0,6931
63	0,2086	0,7902	0,3100	0,3759	2,3620	0,9250	0,7024
64	0,2152	0,7970	0,3150	0,3794	2,3836	0,9290	0,7116
65	0,2218	0,8038	0,3200	0,3828	2,4051	0,9330	0,7207
66	0,2284	0,8106	0,3250	0,3862	2,4265	0,9367	0,7298
67	0,2352	0,8172	0,3300	0,3896	2,4478	0,9404	0,7387
68	0,2420	0,8238	0,3350	0,3930	2,4690	0,9440	0,7477
69	0,2489	0,8302	0,3400	0,3963	2,4901	0,9474	0,7565
70	0,2559	0,8366	0,3450	0,3997	2,5112	0,9507	0,7653
71	0,2629	0,8430	0,3500	0,4030	2,5322	0,9539	0,7740
72	0,2701	0,8492	0,3550	0,4063	2,5531	0,9570	0,7826
73	0,2772	0,8554	0,3600	0,4097	2,5740	0,9600	0,7911
74	0,2845	0,8615	0,3650	0,4130	2,5948	0,9629	0,7996
75	0,2918	0,8675	0,3700	0,4163	2,6155	0,9656	0,8080
76	0,2992	0,8735	0,3750	0,4196	2,6362	0,9682	0,8164
77	0,3066	0,8794	0,3800	0,4229	2,6569	0,9708	0,8246
78	0,3141	0,8852	0,3850	0,4261	2,6774	0,9732	0,8328
79	0,3217	0,8909	0,3900	0,4294	2,6980	0,9755	0,8409
80	0,3293	0,8966	0,3950	0,4327	2,7184	0,9777	0,8489
81	0,3370	0,9022	0,4000	0,4359	2,7389	0,9798	0,8569
82	0,3447	0,9077	0,4050	0,4392	2,7593	0,9818	0,8648
83	0,3525	0,9132	0,4100	0,4424	2,7796	0,9837	0,8726
84	0,3603	0,9185	0,4150	0,4456	2,7999	0,9854	0,8803
85	0,3682	0,9239	0,4200	0,4489	2,8202	0,9871	0,8880
86	0,3762	0,9291	0,4250	0,4521	2,8405	0,9887	0,8956
87	0,3842	0,9343	0,4300	0,4553	2,8607	0,9902	0,9031
88	0,3922	0,9394	0,4350	0,4585	2,8809	0,9915	0,9105
89	0,4003	0,9445	0,4400	0,4617	2,9010	0,9928	0,9179
90	0,4084	0,9495	0,4450	0,4649	2,9211	0,9939	0,9251
91	0,4165	0,9544	0,4500	0,4681	2,9413	0,9950	0,9323
92	0,4247	0,9592	0,4550	0,4713	2,9613	0,9959	0,9395
93	0,4330	0,9640	0,4600	0,4745	2,9814	0,9968	0,9465
94	0,4412	0,9687	0,4650	0,4777	3,0015	0,9975	0,9535
95	0,4495	0,9734	0,4700	0,4809	3,0215	0,9982	0,9604



Indice	Qc/Qf	V/Vf	y/D	P/Pf	Teta (rad)	b/d	R/Rf
96	0,4579	0,9780	0,4750	0,4841	3,0416	0,9987	0,9672
97	0,4662	0,9825	0,4800	0,4873	3,0616	0,9992	0,9739
98	0,4746	0,9870	0,4850	0,4904	3,0816	0,9995	0,9805
99	0,4831	0,9914	0,4900	0,4936	3,1016	0,9998	0,9871
100	0,4915	0,9957	0,4950	0,4968	3,1216	0,9999	0,9936
101	0,5000	1,0000	0,5000	0,5000	3,1416	1,0000	1,0000
102	0,5085	1,0042	0,5050	0,5032	3,1616	0,9999	1,0063
103	0,5170	1,0084	0,5100	0,5064	3,1816	0,9998	1,0126
104	0,5256	1,0124	0,5150	0,5096	3,2016	0,9995	1,0187
105	0,5341	1,0165	0,5200	0,5127	3,2216	0,9992	1,0248
106	0,5427	1,0204	0,5250	0,5159	3,2416	0,9987	1,0308
107	0,5513	1,0243	0,5300	0,5191	3,2617	0,9982	1,0367
108	0,5599	1,0282	0,5350	0,5223	3,2817	0,9975	1,0426
109	0,5685	1,0319	0,5400	0,5255	3,3018	0,9968	1,0483
110	0,5771	1,0357	0,5450	0,5287	3,3218	0,9959	1,0540
111	0,5857	1,0393	0,5500	0,5319	3,3419	0,9950	1,0595
112	0,5943	1,0429	0,5550	0,5351	3,3620	0,9939	1,0650
113	0,6030	1,0464	0,5600	0,5383	3,3822	0,9928	1,0704
114	0,6116	1,0499	0,5650	0,5415	3,4023	0,9915	1,0758
115	0,6202	1,0533	0,5700	0,5447	3,4225	0,9902	1,0810
116	0,6288	1,0566	0,5750	0,5479	3,4427	0,9887	1,0862
117	0,6375	1,0599	0,5800	0,5511	3,4630	0,9871	1,0912
118	0,6461	1,0631	0,5850	0,5544	3,4833	0,9854	1,0962
119	0,6547	1,0663	0,5900	0,5576	3,5036	0,9837	1,1011
120	0,6633	1,0694	0,5950	0,5608	3,5239	0,9818	1,1059
121	0,6718	1,0724	0,6000	0,5641	3,5443	0,9798	1,1106
122	0,6804	1,0754	0,6050	0,5673	3,5647	0,9777	1,1152
123	0,6889	1,0783	0,6100	0,5706	3,5852	0,9755	1,1197
124	0,6975	1,0811	0,6150	0,5739	3,6057	0,9732	1,1242
125	0,7060	1,0839	0,6200	0,5771	3,6263	0,9708	1,1285
126	0,7145	1,0866	0,6250	0,5804	3,6470	0,9682	1,1327
127	0,7229	1,0893	0,6300	0,5837	3,6676	0,9656	1,1369
128	0,7313	1,0919	0,6350	0,5870	3,6884	0,9629	1,1410
129	0,7397	1,0944	0,6400	0,5903	3,7092	0,9600	1,1449
130	0,7481	1,0969	0,6450	0,5937	3,7300	0,9570	1,1488
131	0,7564	1,0993	0,6500	0,5970	3,7510	0,9539	1,1526
132	0,7647	1,1016	0,6550	0,6003	3,7720	0,9507	1,1563
133	0,7729	1,1039	0,6600	0,6037	3,7931	0,9474	1,1599
134	0,7812	1,1061	0,6650	0,6070	3,8142	0,9440	1,1633
135	0,7893	1,1083	0,6700	0,6104	3,8354	0,9404	1,1667
136	0,7974	1,1104	0,6750	0,6138	3,8567	0,9367	1,1700
137	0,8055	1,1124	0,6800	0,6172	3,8781	0,9330	1,1732
138	0,8135	1,1143	0,6850	0,6206	3,8996	0,9290	1,1763
139	0,8215	1,1162	0,6900	0,6241	3,9212	0,9250	1,1793
140	0,8294	1,1180	0,6950	0,6275	3,9429	0,9208	1,1822
141	0,8372	1,1198	0,7000	0,6310	3,9646	0,9165	1,1849
142	0,8450	1,1215	0,7050	0,6345	3,9865	0,9121	1,1876
143	0,8527	1,1231	0,7100	0,6380	4,0085	0,9075	1,1902
144	0,8604	1,1246	0,7150	0,6415	4,0306	0,9028	1,1926



Indice	Qc/Qf	V/Vf	y/D	P/Pf	Teta (rad)	b/d	R/Rf
145	0,8680	1,1261	0,7200	0,6450	4,0528	0,8980	1,1950
146	0,8755	1,1275	0,7250	0,6486	4,0751	0,8930	1,1972
147	0,8829	1,1288	0,7300	0,6522	4,0976	0,8879	1,1994
148	0,8903	1,1301	0,7350	0,6557	4,1202	0,8827	1,2014
149	0,8976	1,1313	0,7400	0,6594	4,1429	0,8773	1,2033
150	0,9048	1,1324	0,7450	0,6630	4,1658	0,8717	1,2051
151	0,9119	1,1335	0,7500	0,6667	4,1888	0,8660	1,2067
152	0,9189	1,1344	0,7550	0,6704	4,2120	0,8602	1,2083
153	0,9258	1,1353	0,7600	0,6741	4,2353	0,8542	1,2097
154	0,9326	1,1362	0,7650	0,6778	4,2588	0,8480	1,2111
155	0,9394	1,1369	0,7700	0,6816	4,2825	0,8417	1,2123
156	0,9460	1,1376	0,7750	0,6854	4,3063	0,8352	1,2133
157	0,9525	1,1382	0,7800	0,6892	4,3304	0,8285	1,2143
158	0,9589	1,1387	0,7850	0,6931	4,3546	0,8216	1,2151
159	0,9652	1,1391	0,7900	0,6969	4,3791	0,8146	1,2158
160	0,9714	1,1395	0,7950	0,7009	4,4037	0,8074	1,2163
161	0,9775	1,1397	0,8000	0,7048	4,4286	0,8000	1,2168
162	0,9834	1,1399	0,8050	0,7088	4,4537	0,7924	1,2171
163	0,9892	1,1400	0,8100	0,7129	4,4791	0,7846	1,2172
164	0,9949	1,1400	0,8150	0,7169	4,5047	0,7766	1,2172
165	1,0004	1,1399	0,8200	0,7211	4,5306	0,7684	1,2171
166	1,0058	1,1398	0,8250	0,7252	4,5568	0,7599	1,2168
167	1,0110	1,1395	0,8300	0,7294	4,5832	0,7513	1,2164
168	1,0161	1,1391	0,8350	0,7337	4,6100	0,7424	1,2158
169	1,0211	1,1387	0,8400	0,7380	4,6371	0,7332	1,2150
170	1,0258	1,1381	0,8450	0,7424	4,6646	0,7238	1,2141
171	1,0304	1,1374	0,8500	0,7468	4,6924	0,7141	1,2131
172	1,0349	1,1367	0,8550	0,7513	4,7206	0,7042	1,2118
173	1,0391	1,1358	0,8600	0,7559	4,7492	0,6940	1,2104
174	1,0432	1,1348	0,8650	0,7605	4,7782	0,6834	1,2088
175	1,0471	1,1337	0,8700	0,7652	4,8077	0,6726	1,2071
176	1,0507	1,1324	0,8750	0,7699	4,8377	0,6614	1,2051
177	1,0542	1,1311	0,8800	0,7748	4,8682	0,6499	1,2029
178	1,0574	1,1296	0,8850	0,7797	4,8993	0,6380	1,2006
179	1,0605	1,1280	0,8900	0,7848	4,9309	0,6258	1,1980
180	1,0633	1,1262	0,8950	0,7899	4,9632	0,6131	1,1952
181	1,0658	1,1243	0,9000	0,7952	4,9962	0,6000	1,1921
182	1,0681	1,1223	0,9050	0,8005	5,0299	0,5864	1,1889
183	1,0701	1,1200	0,9100	0,8060	5,0644	0,5724	1,1853
184	1,0718	1,1176	0,9150	0,8117	5,0998	0,5578	1,1816
185	1,0733	1,1151	0,9200	0,8174	5,1362	0,5426	1,1775
186	1,0744	1,1123	0,9250	0,8234	5,1736	0,5268	1,1731
187	1,0752	1,1093	0,9300	0,8295	5,2121	0,5103	1,1684
188	1,0756	1,1061	0,9350	0,8359	5,2520	0,4931	1,1633
189	1,0757	1,1027	0,9400	0,8425	5,2933	0,4750	1,1579
190	1,0753	1,0990	0,9450	0,8493	5,3363	0,4560	1,1521
191	1,0745	1,0950	0,9500	0,8564	5,3811	0,4359	1,1458
192	1,0732	1,0907	0,9550	0,8639	5,4282	0,4146	1,1390
193	1,0714	1,0859	0,9600	0,8718	5,4778	0,3919	1,1316



Indice	Qc/Qf	V/Vf	y/D	P/Pf	Teta (rad)	b/d	R/Rf
194	1,0689	1,0808	0,9650	0,8802	5,5304	0,3676	1,1236
195	1,0657	1,0751	0,9700	0,8892	5,5869	0,3412	1,1148
196	1,0617	1,0689	0,9750	0,8989	5,6481	0,3122	1,1050
197	1,0567	1,0618	0,9800	0,9097	5,7156	0,2800	1,0941
198	1,0503	1,0536	0,9850	0,9218	5,7921	0,2431	1,0814
199	1,0420	1,0437	0,9900	0,9362	5,8825	0,1990	1,0663
200	1,0302	1,0308	0,9950	0,9549	6,0001	0,1411	1,0466
201	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	6,2832	0,0000	1,0000

Tabela 5 – Parâmetros adimensionais de dimensionamento de tubagens de secção circular com escoamento em superfície livre

- **Tensão de arrastamento:**

$$\tau = \gamma \times R \times i \quad (5.4)$$

A tensão de arrastamento é um parâmetro de cálculo de extrema importância no funcionamento dos colectores prediais, sendo recomendado, contudo não obrigatório para efeitos de dimensionamento, cumprir com um valor mínimo de 2,45 Pa nesta tensão com vista ao arrastamento dos resíduos sólidos para jusante, com o objectivo de evitar obstruções na tubagem.

5.2.2. Tubos de Queda

A tubagem constituinte dos tubos de queda domésticos será em PVC Série B EN1329, sendo que os tubos de queda da rede de águas residuais gordurosas serão executados em FF SMU-S.

Tal como já referido, a rede de drenagem residual doméstica será dotada de ventilação secundária. A metodologia de dimensionamento adoptada no presente trabalho para os tubos de queda com ventilação secundária foi a seguinte:

- **Diâmetro de cálculo de tubos de queda domésticos:**

$$D_{TQD} = 4,4205 \times Q_c^{3/8} \times t_s^{-5/8} \quad (5.5)$$

O caudal de cálculo acima mencionado poderá ser estimado de acordo com a metodologia presente no capítulo 5.2.1, para a totalidade do caudal acumulado no último troço do tubo de queda. O diâmetro deste órgão não poderá em algum caso ser inferior a 50mm e deve ser constante ao longo da totalidade do seu desenvolvimento. Dada a rede ter sido dimensionada com recurso a ventilação secundária, a taxa de ocupação neste caso deverá corresponder a 1/3.

O cálculo dos tubos de queda de efluentes domésticos e gordurosos consta no Anexo A.49.



5.2.3. Colunas de Ventilação

A tubagem constituinte de todas as colunas de ventilação será em PVC Série B EN1329.

A metodologia de dimensionamento adoptada no presente trabalho para as colunas de ventilação secundária foi a seguinte:

- **Diâmetro de cálculo das colunas de ventilação secundária:**

$$D_v = 0,390 \times L_v^{0,187} \times D_{TQD} \quad (5.6)$$

O diâmetro deste órgão não poderá em algum caso decrescer no sentido ascendente.

A coluna de ventilação deverá, juntamente com o tubo de queda, ter uma forma anelar e deverá ainda haver lugar à instalação de ramais de ventilação, ligando a coluna de ventilação ao tubo de queda em cada piso, com vista à promoção de uma eficiente ventilação da rede, evitando-se desta possíveis desferragens dos sifões dos aparelhos.

O cálculo das colunas de ventilação secundárias consta no Anexo A.49.

5.2.4. Colectores Prediais

Serão utilizadas tubagens em PVC Série B EN1329 em colectores prediais suspensos, PP Corrugado SN8 em colectores prediais enterrados e FF Fundido SMU-S em colectores prediais suspensos na rede de efluentes gordurosos.

A metodologia de cálculo dos colectores prediais é a preconizada no capítulo 5.2.1 para tubagens instaladas com inclinações entre 1% a 4%.

Os critérios de dimensionamento e os respectivos factores de verificação de cálculo adoptados são os seguintes, salientando-se no entanto que as verificações relativas às velocidades e tensões de arrastamento são apenas e unicamente recomendações aconselhadas e não obrigatórias:

- a) Altura de escoamento máxima a meia secção;
- b) Velocidade média mínima de escoamento em esgotos domésticos de 0,60 m/s;
- c) Velocidade média mínima de escoamento em esgotos gordurosos de 1,20 m/s;
- d) Tensão de arrastamento mínima de 2,45 Pa.

O cálculo dos colectores prediais de efluentes domésticos e gordurosos consta nos Anexos A.50 a A.53.



5.2.5. Caixas de visita

As caixas de visita têm por principal função a de promover a mudança de direcção, de diâmetro e as inserções de vários colectores enterrados e ainda a de facilitar as operações de manutenção e de limpeza na rede residual, tendo sido utilizadas caixas de visita com planta quadrada, com a disposição construtiva genérica constante na Figura 32.

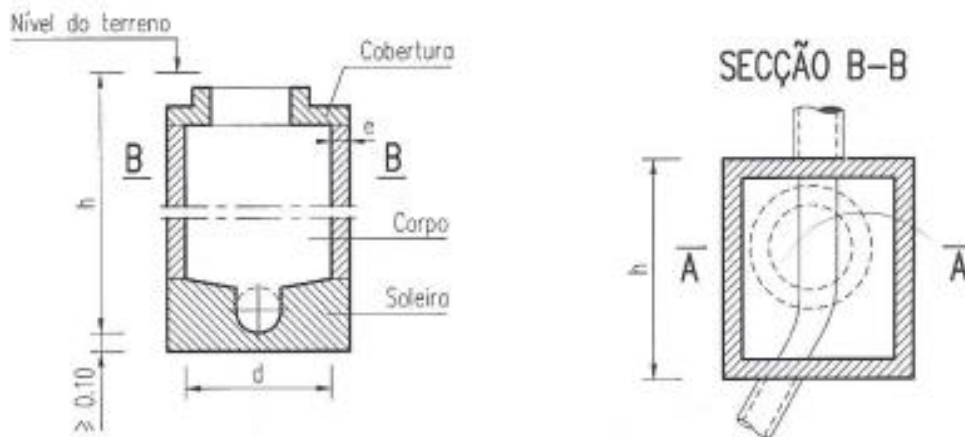


Figura 32 – Disposição construtiva das caixas de visita [14]

As características gerais e dimensionais adoptadas para as caixas de visita constam na Figura 33.

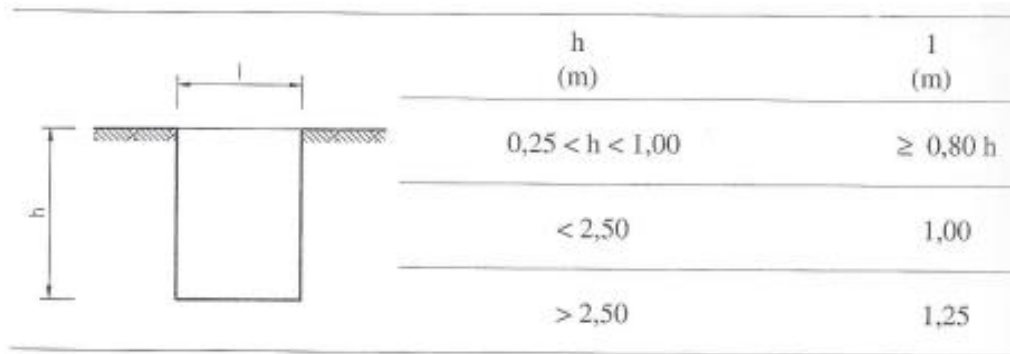


Figura 33 – Características dimensionais das caixas de visita [14]



5.2.6. Equipamentos

5.2.6.1. Separador de Gorduras

Os equipamentos como os separadores de gorduras são de extrema importância no que respeita ao correcto desempenho das ETAR's públicas, na medida em que as gorduras ou óleos presentes nas águas residuais podem prejudicar os processos biológicos das mesmas.

A separação dos óleos ou gorduras nas águas residuais prediais pode fazer-se com base na utilização de separadores de gorduras por simples operação gravítica, na medida em que as substâncias gordurosas são mais leves do que a água presente na água residual.

A tipologia típica de um separador de gorduras pré-fabricado pode analisar-se na Figura 34.

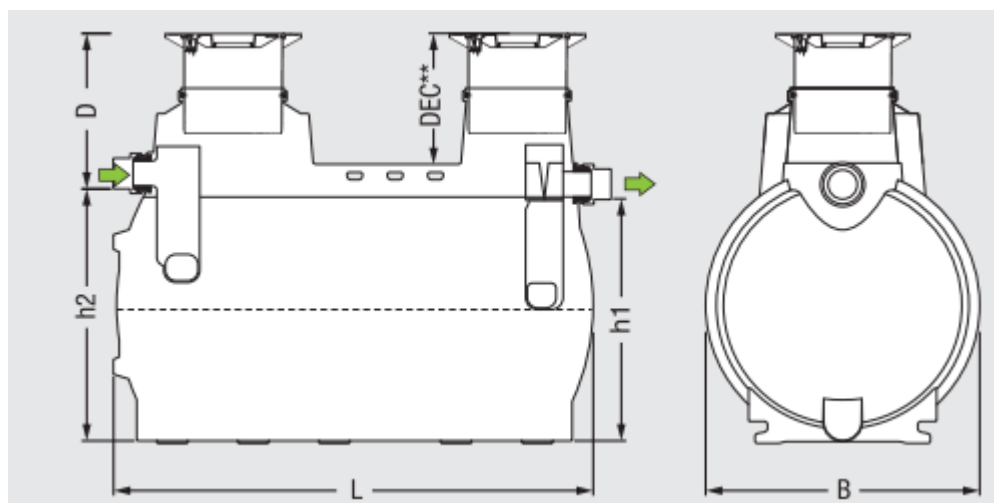


Figura 34 – Tipologia típica de um separador de gorduras

Consiste numa tubagem de entrada a um reservatório com capacidade de retenção da água residual gordurosa com vista à separação óleo/água e uma tubagem de saída para escoamento do efluente clarificado.

O dimensionamento do separador de gorduras teve por base a formulação presente em BS EN 1825-1:2004 [9] e BS EN 1825-2:2002 [10].

O cálculo da dimensão nominal de um separador de gorduras deverá ter em atenção a natureza e a quantidade da água residual afluyente ao separador, nomeadamente aos seguintes componentes:



- a) Caudal máximo da água residual;
- b) Temperatura máxima da água residual;
- c) Densidade dos óleos a separar;
- d) Influência dos agentes de limpeza.

A dimensão nominal de um separador de gorduras pode ser determinada através da seguinte expressão:

- **Dimensão nominal do separador de gorduras:**

$$NG = Q_{msg} \times f_t \times f_d \times f_r \tag{5.7}$$

O caudal máximo pode ser estimado por duas metodologias diferentes. A primeira metodologia de determinação do caudal máximo à entrada do separador consiste na determinação dos caudais de descarga dos equipamentos de cozinha e torneiras utilizadas na cozinha profissional. Esta metodologia conta com a seguinte formulação:

- **Caudal máximo à entrada do separador de gorduras – 1ª Metodologia:**

$$Q_{msg} = \sum_{i=1}^m n \times q_i \times Z_i(n) \tag{5.8}$$

Os valores de q_i e de $Z_i(n)$ podem ser obtidos a partir da Tabela 6.

Elemento	Diâmetro	m	q_i (L/s)	$Z_i(n)$ [n=]					
				0	1	2	3	4	5
Recipiente para fervura	Ø 25mm	1	1	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 50mm	2	2	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Recipiente Basculante	Ø 70mm	3	1	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 100mm	4	3	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Tanque de lavagem com sifão	Ø 40mm	5	0,8	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 50mm	6	1,5	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Tanque de lavagem sem sifão	Ø 40mm	7	2,5	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 40mm	8	4	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Máquina Lava-Louça	---	9	2	0	0,6	0,5	0,4	0,34	0,3
Frigideira Basculante	---	10	1	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Frigideira Fixa	---	11	0,1	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Aparelho de lavagem sob pressão ou a vapor	---	12	2	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Grelhador	---	13	1,5	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Lava Legumes	---	14	2	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
Ponto de lavagem desconectado de qualquer aparelho ou isolado	Ø 15mm	15	0,5	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 20mm	16	1	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2
	Ø 25mm	17	1,7	0	0,45	0,31	0,25	0,21	0,2

Tabela 6 – Valores de q_i e de $Z_i(n)$ [10]



A segunda metodologia de determinação do caudal máximo à entrada do separador é em função do tipo de estabelecimento. Esta metodologia conta com a seguinte formulação:

- **Caudal máximo à entrada do separador de gorduras – 2ª Metodologia:**

$$Q_{msg} = \frac{V_{dsg} \times F}{3600 \times t_m} \quad (5.9)$$

- **Volume diário de águas residuais à entrada do separador de gorduras:**

$$V_{dsg} = M \times V_M \quad (5.10)$$

Os valores de VM e de F podem ser obtidos a partir da Tabela 7.

VALORES DE Vm e de F - COZINHAS COMERCIAIS		
Tipo de Cozinha	Vm (L/Refeição)	F
Hotel	100	5
Restaurante	50	8,5
Hospital	20	13
Estabelecimento de catering funcionando 24/24h	10	22
Cantina de fábrica e escritórios	5	20

Tabela 7 – Valores de VM e de F [10]

Deverá ser adoptado o caudal máximo obtido a partir de uma das duas metodologias anteriormente mencionadas.

O **coeficiente ft** pode assumir os seguintes valores:

- a) Se as águas residuais tiverem uma temperatura de entrada no separador de gorduras estritamente superior a 60°C, considera-se um valor de 1,3;
- b) Se as águas residuais tiverem uma temperatura de entrada inferior a 60°C considera-se um valor de 1,0.

O **coeficiente fd** assume sempre um valor igual a 1,0.

O **coeficiente fr** pode assumir os seguintes valores:

- c) Se houver a utilização frequente ou permanente de agentes de limpeza ou desinfecção dos recintos de cozinha, considera-se um valor de 1,3;
- d) Caso nunca haja a utilização de agentes de limpeza ou desinfecção do recinto, considera-se um valor de 1,0.

Após o cálculo da dimensão nominal do separador de gorduras, deverá ter-se em atenção a um número de disposições construtivas, nomeadamente ao diâmetro mínimo



da tubagem de admissão ao separador de gorduras. A mesma pode ser obtida em função do NG do sistema e com base na Figura 35.

Nominal size	DN _{min} ^a
Up to and including NS 4	100
Over NS 4 up to and including NS 7	125
Over NS 7 up to and including NS 10	150
Over NS 10 up to and including NS 25	200
^a The nominal diameter can apply to either the internal or external pipe diameter	

Figura 35 – Diâmetro mínimo das tubagens de admissão aos separadores de gorduras em função do NG do sistema [9]

As dimensões básicas dos separadores de gorduras podem ser obtidas a partir da Figura 36.

Nominal size	Minimum surface of grease separation zone	Minimum volume of grease separation zone	Minimum volume of grease collection area
NS	m ²	m ³	m ³
NS	0,25 × NS	0,24 × NS	0,04 × NS

Figura 36 – Dimensões básicas dos separadores de gorduras em função da dimensão nominal do sistema [9]

O cálculo relativo ao separador de gorduras consta nos Anexos A.54 e A.55.

5.2.6.2. Estação Elevatória de Águas Residuais Domésticas e Poço de Bombagem

Uma estação elevatória de águas residuais, juntamente com o respectivo poço de bombagem, forma um órgão, que por intermédio de uma câmara, pode reunir as águas residuais e através de grupos electrobomba se consegue fazer a elevação das águas residuais que estão abaixo do nível de descarga localizado no arruamento, normalmente a caixa de ramal de ligação.

A solução de bombagem adoptada no presente trabalho para este órgão, consistiu em colocar duas electrobombas em paralelo em regime de 1+1.

No que respeita ao dimensionamento deste órgão, deverá ter-se em conta os seguintes factores principais:



- a) Caudal máximo afluyente ao poço de bombagem ou câmara de bombagem;
- b) Estimativa do volume útil de bombagem que se pretende armazenar, função do caudal afluyente e do número máximo de arranques pretendido para as electrobombas;
- c) Tubagens de compressão individuais e comum às duas electrobombas e respectivas velocidades de escoamento;
- d) Electrobombas com ou sem camisa de refrigeração;
- e) Dimensão das electrobombas;
- f) Desnível geométrico referente ao desnível a vencer.

Enumera-se de seguida a formulação base adoptada no dimensionamento deste órgão:

- **Volume útil do poço de bombagem:**

$$V_u = \frac{0,9 \times Q_{afl}}{N} \quad (5.11)$$

O volume útil do poço de bombagem corresponde à capacidade de água residual no poço de bombagem, que, mediante a sua geometria, fixará o nível de arranque e de paragem da electrobomba em funcionamento.

Na estimativa do **caudal afluyente**, teve-se em consideração as seguintes tipologias, no que respeita à origem deste caudal:

- a) Caudal efluente do separador de gorduras;
- b) Caudal de cálculo proveniente das instalações sanitárias presentes na cave do edifício.

Após a estimativa do caudal afluyente, poderá estimar-se o caudal de bombagem, majorando-se o caudal afluyente em 20%, podendo assim dimensionar-se a tubagem de compressão individual de cada electrobomba, bem como a tubagem de compressão comum às duas electrobombas, e assim estimarem-se as respectivas perdas de carga totais, através da metodologia enunciada no capítulo 3.2.2.

As perdas de carga contínuas dependem do comprimento da tubagem, pelo que se deverá determinar as dimensões do poço de bombagem com vista à determinação dos comprimentos das tubagens de compressão individuais, intrinsecamente ligadas à geometria do poço de bombagem. Por forma ao conjunto do sistema, electromecânico e obra de civil, funcione da forma mais correcta possível, deverá atender-se a uma série de regras básicas, nomeadamente à localização e à dimensão da tubagem de entrada da água residual no poço de bombagem, importantes ao correcto funcionamento dos



grupos electrobomba. No que respeita esta matéria, deverá ter-se em atenção os seguintes factores principais:

- a) A altura da queda da água residual no poço de bombagem não deverá ter um desnível relativamente à soleira do colector afluente ao poço de bombagem e ao nível máximo da água residual, superior a 1,0 m, pois, quedas superiores, podem originar ar na água residual, que irá aderir aos sólidos presentes na AR e assim prejudicar o correcto funcionamento das electrobombas, originando perdas de potência das mesmas e fenómenos de cavitação;
- b) Deverá limitar-se a velocidade de escoamento das AR afluentes ao poço de bombagem a 1,20 m/s, impedindo-se desta forma a formação de redemoinhos na AR presente no poço de bombagem.

Admite-se, em regra, que os poços de bombagem com altura útil inferior a 1,0 metro sejam de pequena dimensão e com alturas úteis superiores a 2,0 metros sejam de grande dimensão, concluindo-se que o poço de bombagem dimensionado no presente trabalho é de pequena dimensão. Normalmente, poços de bombagem de pequena dimensão estão limitados pelas dimensões dos grupos electrobomba. Apresenta-se na Figura 37 um esquema de cálculo das dimensões mínimas em planta de um poço de bombagem de pequenas dimensões.

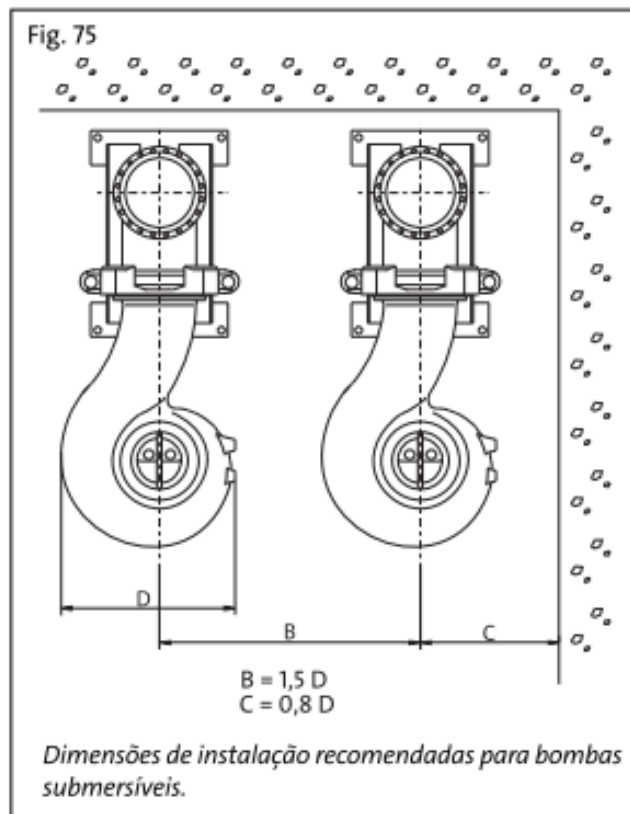


Figura 37 – Dimensões mínimas de um poço de bombagem de pequenas dimensões [20]



Após estimativa da geometria em planta do poço de bombagem, deverá de seguida dimensionar-se o seu desenvolvimento em altura.

Para este efeito, poderá analisar-se a Figura 38.

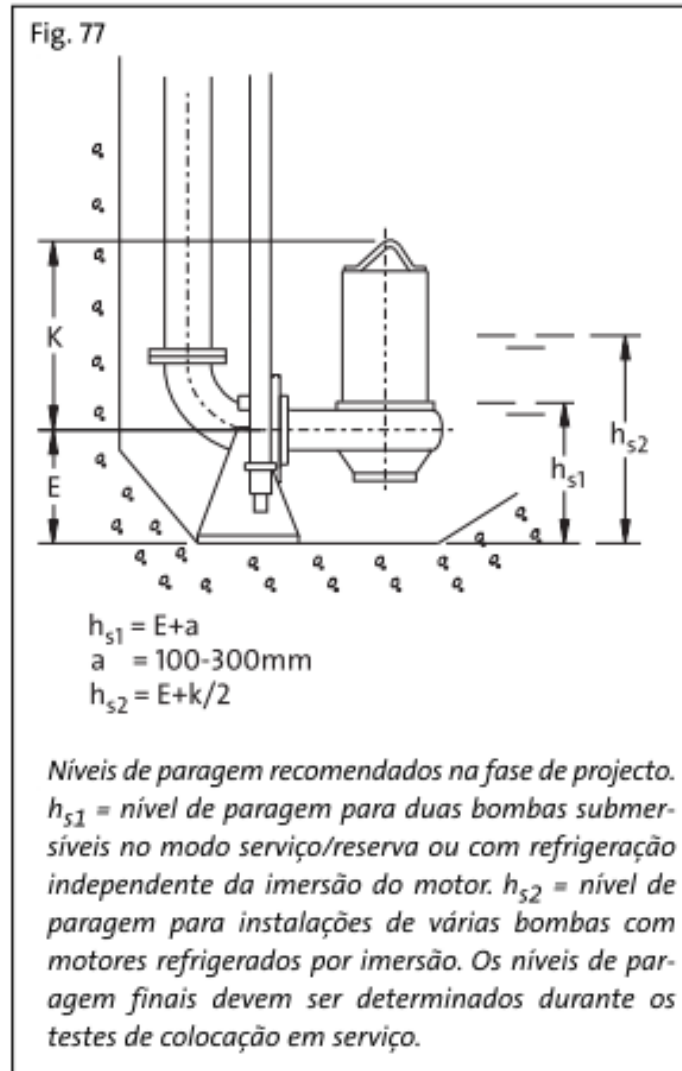


Figura 38 – Níveis de paragem das duas electrobombas submersíveis [20]

Com base na Figura 38, consegue-se determinar o nível de paragem das duas electrobombas pertencentes à estação elevatória, função do facto das electrobombas seleccionadas terem na sua composição uma camisa de refrigeração ou a sua ausência respectivamente.

O próximo passo é o da determinação dos níveis seguintes:

- Nível de arranque da primeira electrobomba, que corresponderá à altura útil somado do nível de paragem de todas as electrobombas;



- b) Nível de arranque da segunda electrobomba, em que a estação elevatória funcionará em regime de 2+0, caso exista um caudal afluyente superior ao esperado, 20 cm acima do nível anterior;
- c) Nível de alarme de emergência, em que os caudais afluentes são muito superiores ao inicialmente esperado, 15 cm acima do nível anterior. Neste nível é actuado um alarme acústico de emergência para alertar para o possível transbordo do poço de bombagem;
- d) Existirá um desnível entre o nível anterior de emergência e o nível do colector afluyente, como protecção adicional do sistema de drenagem a montante.
- e) Deverá haver lugar à execução de uma câmara de válvulas, instaladas na horizontal, com vista à facilitação das operações de manutenção e limpeza do poço de bombagem.

Por fim, sabendo-se a localização do destino final das águas residuais, tanto em distância total como de desnível geométrico, poderá calcular-se a altura manométrica total somando-se as seguintes parcelas:

- a) Desnível geométrico total;
- b) Perdas de cargas totais entre a descarga das electrobombas e o destino final das AR.

O dimensionamento do órgão referido no presente capítulo consta nos Anexos A.56 e A.57.



6. REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

6.1. Descrição da Instalação

Esta instalação especial inicia-se na cobertura plana, onde haverá caleiras de drenagem que recepcionarão as águas pluviais desta zona do edifício e as encaminharão para os ralos de pinha.

Os ralos de pinha estarão colocados no topo dos tubos de queda e serão dotadas de grelhas de pinha para evitar a entrada de corpos estranhos para o interior da rede pluvial que de outra forma a poderia obstruir.

A cobertura será dotada de “*trop-pleins*” ou descargas de emergência, nas platibandas da cobertura plana, que terão como função a drenagem extraordinária da cobertura, caso exista uma obstrução dos tubos de queda pluviais ou em casos de precipitações intensas, fora dos parâmetros previstos em projecto.

Os vários tubos de queda pluviais serão reunidos num colector predial suspenso, no tecto do piso 0.

Haverá uma queda deste colector predial para o tecto da cave e daí sairá um colector suspenso com ligação à caixa de visita de ramal de ligação pluvial.

As áreas ao nível do R/C descobertas serão reunidas por uma caleira com grelha, de onde será a água pluvial encaminhada para as caixas de visita enterradas no exterior.

Na cave, haverá lugar a uma rede enterrada de drenagem de águas de lavagem da zona do estacionamento, que será captada por meio de ralos de pavimento em FF e encaminhada para um separador de hidrocarbonetos, por meio de colectores prediais enterrados na cave e caixas de visita que farão a mudança de direcção nestes colectores.

O efluente clarificado proveniente do separador de hidrocarbonetos será encaminhado para um poço de bombagem de águas de residuais, dedicado à rede pluvial.

Na zona técnica das bombagens, haverá lugar a descargas de fundo e de superfície colocadas em cada célula do reservatório de abastecimento de água, cujas águas de descarga serão recolhidas por meio de caleiras e encaminhadas para o poço de bombagem por meio de colectores prediais, havendo desta forma uma separação clara das águas para consumo humano das águas residuais.



6.2. Dimensionamento da Instalação

6.2.1. Caleiras de drenagem na cobertura

As caleiras de drenagem da cobertura têm como função a da recolha das águas pluviais e encaminhamento das mesmas para os ralos de pinha.

Com vista ao seu dimensionamento, é necessário primeiramente calcular os caudais a escoar.

Deverá determinar-se a intensidade precipitação, com base em curvas IDF e nos seus parâmetros a e b, dependentes do período de retorno. Estes parâmetros a e b podem ser retirados da bibliografia da especialidade e neste caso, para Portugal a partir de [1] (consultar Tabela 8).

Portugal						
Regiões	A		B		C	
Período de Retorno	a	b	a	b	a	b
2	202,72	-0,577	162,18	-0,577	243,26	-0,577
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562
10	290,68	-0,549	232,21	-0,549	348,82	-0,549
20	317,74	-0,538	254,19	-0,538	382,29	-0,538
50	349,54	-0,524	279,63	-0,524	419,45	-0,508
100	365,62	-0,508	292,5	-0,504	434,75	-0,504

Tabela 8 – Parâmetros a e b para estimativa da intensidade de precipitação em Portugal [1]

- **Intensidade de precipitação:**

$$i_p = a \times t_c^b \times 2,77 \tag{6.1}$$

Na estimativa da intensidade de precipitação de acordo com [1], é habitual considerar-se uma duração da precipitação de 5 minutos com os parâmetros a e b escolhidos para o período de retorno de 10 anos.

No entanto, para a aplicação da metodologia referida anteriormente no cálculo das intensidades de precipitação em Luanda, seria necessário ter acesso às respectivas curvas IDF desta zona de Angola.

Alternativamente, recomenda-se a consulta da Figura 39, com valores das intensidades de precipitação em Luanda, com várias durações de precipitação e para os períodos de retorno de 5 e de 10 anos. Adoptou-se no presente projecto o valor assinalado a vermelho, correspondente a uma duração de chuvada de 10 minutos, um período de retorno de 10 anos e pelo método de Supino, correspondendo a uma intensidade de precipitação de 492,50 L/s/ha.



*Comparação das intensidades de precipitação obtidas
pelo método de VEN-TE-CHOW e pelo método
de SUPINO. Luanda (1941-1963)
(Intensidade em $1s^{-1} ha^{-1}$)*

Durações (min.)	1 vez em 5 anos		1 vez em 10 anos	
	Método VEN-TE-CHOW	Método SUPINO	Método VEN-TE-CHOW	Método SUPINO
10	350,0	350,5	442,5	492,5
15 ⁽¹⁾	332,8	303,6	420,6	417,2
20	315,8	273,6	395,9	372,2
30	275,3	236,1	340,9	315,6
45	217,0	203,3	267,8	267,8
60	188,3	184,2	235,0	237,5
90	151,4	159,4	190,2	201,9

(¹) Valor de duração adoptado no Método de DE MARTINO para o cálculo dos caudais. (Ver ponto 13.4)

Figura 39 – Intensidade de precipitação adoptada no presente trabalho [22]

Na estimativa do caudal propriamente dito, deverá adoptar-se a fórmula racional:

- **Caudal pluvial – Fórmula racional:**

$$Q = C \times i_p \times A \quad (6.2)$$

Em que C representa o coeficiente de escoamento, podendo ser adoptado em redes prediais um valor igual a uma unidade, dado serem áreas impermeáveis. O parâmetro A da fórmula racional representa a área de influência das águas pluviais a drenar, em projecção horizontal.

No que respeita ao dimensionamento das caleiras, recorreu-se à expressão de Manning-Strickler mencionada no capítulo 5.2.1, e tendo em atenção ainda os seguintes critérios:

- a) Afectação a cada caleira de uma área de influência a drenar para estimativa do caudal a drenar calculado pela fórmula racional;
- b) Na verificação da capacidade máxima drenante de cada caleira, ou seja, do caudal máximo a escoar, adoptou-se uma altura de escoamento em superfície livre máxima em regime uniforme para cada caleira, correspondente a 7/10 da sua altura total;
- c) A secção transversal de todas as caleiras será rectangular;
- d) A inclinação adoptada para as caleiras será de 0,5%;
- e) A caleira C12 localizada na zona técnica está dimensionada para o caudal da descarga de fundo dos reservatórios.

O dimensionamento das caleiras consta no Anexo A.66.



6.2.2. Tubos de Queda

A tubagem constituinte dos tubos de queda pluviais será em PVC Série B EN1329.

A metodologia de dimensionamento adoptada no presente trabalho para os tubos de queda pluviais foi a seguinte:

- **Diâmetro de cálculo de tubos de queda pluviais:**

$$Q = \left(\alpha + \beta \times \frac{H}{D_{TQP}} \right) \times \pi \times D_{TQP} \times H \times \sqrt{2 \times g \times H} \quad (6.3)$$

O valor de α pode assumir os seguintes valores distintos:

- a) $\alpha = 0,453$ se a entrada no tubo de queda for em aresta viva;
- b) $\alpha = 0,578$ se a entrada no tubo de queda for cónica;
- c) $\beta = 0,350$ em todos os casos.

O cálculo dos tubos de queda pluviais consta no Anexo A.58.

6.2.3. Colectores Prediais

A metodologia de cálculo dos colectores prediais é a preconizada no capítulo 5.2.1 para tubagens instaladas em plano horizontal.

À semelhança dos critérios de dimensionamento e dos respectivos factores de verificação de cálculo, as velocidades e as tensões não são de carácter obrigatório, mas sim apenas recomendado, sendo os seguintes:

- a) Altura de escoamento máxima a secção cheia;
- b) Velocidade média mínima de escoamento em esgotos pluviais de 0,90 m/s;
- c) Velocidade média máxima de escoamento em esgotos pluviais de 5,00 m/s;
- d) Tensão de arrastamento mínima de 4,0 Pa.

O dimensionamento dos colectores prediais pluviais consta nos Anexos A.59 a A.62.



6.2.4. Descargas de fundo

As descargas de fundo são órgãos dos reservatórios que têm como principal função, a de descarregar as células do reservatório com vista a operações de manutenção das mesmas e limpeza.

As descargas de fundo são dimensionadas com base em escoamentos em regime variável, tal como um regime quase permanente. Na realidade a variação de velocidade nestes escoamentos é de tal forma lenta, que quase se assemelha a um regime permanente.

A formulação de base no dimensionamento deste órgão é a seguinte:

- **Factor K para perdas de carga contínuas:**

$$K_{contínuas} = \left(\frac{1}{0,312 \times K_s \times \left(\frac{D_{int}}{1000} \right)^{8/3}} \right)^2 \times L \quad (6.4)$$

- **Factor K para perdas de carga localizadas:**

$$K_{localizadas} = \sum K_i \times \left(\frac{1}{2 \times g \times \left[\frac{\pi \times \left(\frac{D_{int}}{1000} \right)^2}{4} \right]^2} \right) \quad (6.5)$$

- **Factor K total:**

$$K_{total} = \frac{1}{\sqrt{K_{contínuas} + K_{localizadas}}} \quad (6.6)$$

- **Caudal em cada nível da descarga de fundo:**

$$Q_{Zi} = K_{total} \times \sqrt{Z_i - Z_{DF}} \quad (6.7)$$

Assumindo que o ZDF corresponde à cota do último ponto físico da descarga de fundo, ou o ponto mais baixo da mesma.

- **Caudal médio da descarga de fundo:**

$$Q_{med DF} = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{Zi}}{n_s} \quad (6.8)$$



- **Duração da descarga de fundo:**

$$T_{desc} = \frac{V_{sistema}}{Q_{med DF}}$$

(6.9)

O dimensionamento das descargas de fundo consta no Anexo A.64.

6.2.5. Descargas de superfície

Cada uma das 4 células que compõem o reservatório de água será dotada de uma descarga de superfície, que têm como principal função a de descarregar as células do reservatório em ocasiões de emergência, por exemplo, por defeitos nas válvulas de flutuador nas células de 1 e 2 ou das electroválvulas nas células 3 e 4, originando aduções descontroladas às mesmas, sem possibilidade de controlo imediato da situação por parte dos operadores do sistema. Também podem ser denominadas de descargas de emergência e deverão ser colocadas 5 cm acima do nível máximo da reserva de água.

As descargas de superfície deverão ser dimensionadas para um caudal não inferior ao da entrada em cada célula do reservatório.

6.2.6. Caixas de visita

As caixas de visita da rede de drenagem pluvial deverão ser executadas de acordo com o preconizado no capítulo 5.2.5.

6.2.7. Equipamentos

6.2.7.1. Separador de Hidrocarbonetos

A separação dos óleos com origem em hidrocarbonetos é feita com base no mesmo princípio dos separadores de gorduras, ou seja, por simples operação gravítica, na medida em que as substâncias oleosas são mais leves do que a água presente na água residual. Dado que existe uma rede de lavagens na zona do estacionamento do hotel, existirá assim uma grande probabilidade destas águas residuais conterem substâncias com origem em hidrocarbonetos, como por exemplo, óleo lubrificante das viaturas, sendo por isso essencial a sua separação da AR antes do seu lançamento na rede pública de drenagem de águas pluviais, como medida de protecção do ambiente.

Este tipo de sistema de pré-tratamento de águas residuais foi dimensionado com base na metodologia preconizada em [11].

Enuncia-se de seguida a metodologia de cálculo adoptada:



- **Dimensão nominal de um separador de hidrocarbonetos:**

$$NG = (Q_R + f_x \times Q_s) \times f_d \tag{6.10}$$

Salienta-se que o caudal pluvial afluente ao separador, neste caso é nulo, dado que o separador está instalado numa zona coberta. Caso contrário, o caudal pluvial poderia ser estimado com base na metodologia enunciada no capítulo 6.2.1.

O factor f_x poderá indirectamente ser definido com base na Figura 40, assumindo o valor de 2,0 para efluentes do tipo a e 0 para efluentes do tipo b.

Catégorie	Type de déversement d'effluents
a	Traitement des eaux usées issues de la production et contaminées par des hydrocarbures : → lavage de véhicules ; → distribution couverte de carburants ; → atelier de mécanique - carrosserie automobile et motorcycle.
b	Traitement des eaux de pluie contaminées par des hydrocarbures provenant de zones imperméables : → parking découvert ; → distribution découverte de carburants.

Figura 40 – Tipos de descarga de efluentes [11]

- **Caudal máximo devido às águas residuais de produção:**

$$Q_s = Q_{s1} + Q_{s2} + Q_{s3} + \dots \tag{6.11}$$

O caudal devido às águas residuais provenientes das torneiras de serviço Q_{s1} será estimado com base na Figura 41.

Diamètre nominal en mm	Débit des robinets de puisage Q_{s1} (a) en litres par seconde				
	1 ^{er} robinet	2 ^{ème} robinet	3 ^{ème} robinet	4 ^{ème} robinet	5 ^{ème} robinet
DN 15	0,5	0,5	0,35	0,25	0,1
DN 20	1,0	1,0	0,70	0,50	0,2
DN 25	1,7	1,7	1,20	0,85	0,3

Figura 41 – Caudais devido às torneiras de serviço para pressões de serviço de 4 bar [11]

No entanto, se as pressões de serviço na utilização das torneiras de serviço diferirem dos 4 bares enunciados, deverá o caudal das torneiras de serviço ser corrigido com base na expressão abaixo para a pressão efectiva a x bar:

$$Q_{s1(x \text{ bar})} = \frac{Q_{s1 \ 4 \text{ bar}}}{\sqrt{\frac{4}{x}}} \tag{6.12}$$



O caudal Q_{s2} deverá ser considerado num valor de 2,0 L/s, em casos onde existam AR provenientes de pórticos de lavagem automática de veículos, com pressões de serviço superiores a 20 bar, e/ou existam hidrocarbonetos presentes na mesma, ao qual se deverá somar um caudal Q_{s3} , sendo este último caudal, a soma das unidades de lavagem de alta pressão em cada pórtico de lavagem automático.

Para a estimativa do Q_{s3} deverá considerar-se o seguinte:

- a) Independentemente da utilização da água proveniente duma unidade de lavagem a alta pressão, deverá considera-se um caudal de 2,0 L/s de AR provenientes desta unidade;
- b) Caso exista mais de uma unidade de alta pressão, deverá adicionar-se um caudal de AR no valor de 1,0 L/s para cada unidade de lavagem a alta pressão adicional;
- c) Caso a unidade de lavagem a alta pressão esteja associada a uma unidade de lavagem automática, deverá considera-se um valor de 1,0 L/s correspondente à unidade de lavagem a alta pressão ao Q_{s2} .

O factor f_d relativo ao tipo de instalação do separador de hidrocarbonetos e tipo de hidrocarboneto afluente ao separador deverá ser atribuído com base nas Figuras 42 e 43.

Application	Remarques	Traitement avec évacuation vers		Mesures préventives		
		Réseau public	Milieu naturel			
Eau de pluie d'une station essence	L'eau usée ne peut pas contenir des détergents issus des activités de nettoyage.	S - II - P	S - I - P	Une capacité de stockage supplémentaire d'hydrocarbures peut être nécessaire.		
Eau de pluie des parkings découverts de voitures	/	S - II - P S - II b - P (a)	S - I - P	/		
Nettoyage du sol des ateliers avec agents nettoyants	/	S - I - P	(b)	Utilisation d'absorbant.		
Nettoyage du sol des ateliers sans agents nettoyants	/	S - II - P		Recueil du trop plein et des hydrocarbures sur des matériaux secs.		
Lavage manuel de véhicules	Surfaces véhicules	S - P		Il est conseillé de réutiliser l'eau usée traitée.		
Lavage de véhicules dans une installation de lavage		S - II - P				
Lavage de véhicules par nettoyage haute pression	Surfaces et dessous de caisse uniquement	S - P				
Lavage de surfaces des véhicules sans contamination par les hydrocarbures					Dans tous ces cas, agents nettoyants exempts d'hydrocarbures.	
Lavage de véhicules (dégravoiment et moteurs)	/	S - I - P				
Lavage de véhicules par self-service à haute pression	/	S - II - EBS - P (c)				
Nettoyage (sauf véhicules)	Nettoyage moteur ou pièces.	S - I - P			/	Il est conseillé de réutiliser l'eau usée traitée.
Nettoyage haute pression		S - II - EBS - P				
Nettoyage au rotonettoyeur		S - I - EBS - P				
Elimination de paraffine ou similaire, par exemple des véhicules neufs+ traitement antirouille	/	S - II - EBS - P	/			
Parcs à ferraille		S - II - P				

(a) Sous réserve de la réglementation locale.

(b) Le rejet direct à partir du séparateur n'est pas autorisé. Dans des cas très exceptionnels, et en accord avec l'autorité locale, le rejet après traitement complémentaire en aval du séparateur peut être autorisé.

(c) Conditions : pression inférieure à 60 bars - température inférieure à 60°C - pH neutre - agents de nettoyage exempts de combinaisons organiques, de composés halogénés ou d'arômes de BTX.

Figura 42 – Classes dos separadores de hidrocarbonetos em função do tipo de utilização [11]



Famille d'hydrocarbures	f_d		
	S - I - P (a)	S - II - P	S - I - II - P (b)
Essence et gazole	1	1	1
Huile lubrifiante (moteur)	1,5	2	1
Essence de térébenthine	1,5	2	1
Huile de paraffine	2	3	1

(a) : séparateur de classe I fonctionnant par gravité = f_d de la classe II.

(b) : pour les séparateurs de classe I et II.

Figura 43 – Valor relativo ao factor f_d - Função da classe do separador de hidrocarbonetos e do hidrocarboneto a separar [11]

O volume do decantador, parte integrante do separador de hidrocarbonetos, poderá ser calculado com base na dimensão nominal dimensionada e com base na Figura 44.

Quantité de boues	Applications	Volume minimal du déboureur en litres
Aucune	→ Condensats.	Pas de déboureur
Faible	→ Traitement des eaux usées contenant un faible volume de boues défini ;	$\frac{100 \cdot TN}{f_d}$ (a)
	→ Parkings.	
Moyenne	→ Stations services, de lavage manuel de véhicules et de lavage de pièces ;	$\frac{200 \cdot TN}{f_d}$ (b)
	→ Eaux usées de garages.	
Elevée	→ Sites de lavage pour véhicules de chantier, machines de chantier et machines agricoles ;	$\frac{300 \cdot TN}{f_d}$ (b)
	→ Sites de lavage de camions.	
	→ Sites de lavage automatiques de véhicules (à rouleaux, à couloir).	$\frac{300 \cdot TN}{f_d}$ (c)

(a) Ne pas utiliser pour les séparateurs inférieurs ou égaux à TN 10, sauf pour les parkings couverts.

(b) Volume minimal des déboueurs = 600 litres.

(c) Volume minimal des déboueurs = 5 000 litres (2 000 litres = niveau déboureur recommandé par les professionnels)

Figura 44 – Volume dos decantadores nos separadores de hidrocarbonetos [11]

O dimensionamento do separador de hidrocarbonetos consta no Anexo A.63.

6.2.7.2. Estação Elevatória de Águas Residuais de Lavagens e Poço de Bombagem

A concepção da estação elevatória de águas residuais de lavagens da cave e o respectivo poço de bombagem foi baseada na metodologia enunciada no capítulo 5.2.6.2, no entanto a estimativa do caudal afluyente teve por base o somatório dos seguintes caudais:

- Caudal efluente proveniente do separador de hidrocarbonetos;
- Caudal de cálculo relativo à descarga de superfície de uma das células do reservatório, tendo-se considerado que não fará sentido aplicar todas as descargas de superfície em simultâneo a afluir ao poço de bombagem, dado a baixa probabilidade da ocorrência de mal funcionamento em todas as válvulas adutoras na



admissão de cada célula, tendo-se no entanto considerado o maior caudal devido à adução por autotanque.

- c) Não existirão águas pluviais a afluir a este poço de bombagem, dado que o local se situa numa zona coberta, como sendo a cave do edifício.

O dimensionamento da estação elevatória de águas residuais de lavagens e o respectivo poço de bombagem consta no Anexos A.65.



7. CONCLUSÕES

A solução apresentada para a totalidade das instalações hidráulicas foi baseada num misto de bibliografia cuidadosamente seleccionada e em tudo aplicável a cada componente, para a globalidade do sistema.

Penso que o objectivo proposto foi atingido e espero que o caminho adoptado neste trabalho possa contribuir, se bem que modestamente, no entanto positivamente, para um dos padrões elevados de qualidade exigido pelas sociedades em geral em termos energéticos, proporcionando um adequado custo de exploração, dada a utilização das últimas tecnologias de bombeamento, sempre seleccionadas para os pontos de trabalho necessários e assertivos, no máximo da sua eficiência, na selecção de equipamentos eficientes na produção de AQS e ainda na utilização de isolamento térmico nas tubagens com as espessuras adequadas a cada diâmetro.

Em termos de durabilidade da instalação, devido ao facto de se terem utilizado velocidades de dimensionamento nas tubagens que não são nem demasiado elevadas nem demasiado baixas, com vista à não degradação da qualidade da água dentro das tubagens, no processamento do escoamento da água sob pressão.

Em termos de funcionalidade, tendo-se sempre optado pela justificação detalhada no dimensionamento de todo e qualquer tipo de órgão constituinte do sistema, reduzindo-se deste modo o custo com as operações de manutenção.

Pela qualidade da água, factor este que maximiza e culmina no tão desejado e exigido padrão de qualidade de vida, apesar de nos parecer hoje como um dado adquirido e inegável.

E por fim, do ponto de vista ambiental, com a adopção de soluções de pré-tratamento de águas residuais, pois o amanhã é das gerações vindouras, futuro este que deve ser preservado e precavido a todos os instantes e com todas as nossas forças.



LISTA DE PEÇAS DESENHADAS

Nº	Rede	Título	Escala	Data
1	RAA	Planta P-1	1:50	Abril 2016
2	RAA	Planta P0	1:50	Abril 2016
3	RAA	Planta P1 a P3	1:50	Abril 2016
4	RAA	Planta P4	1:50	Abril 2016
5	RAA	Planta P5 a P6	1:50	Abril 2016
6	RAA	Planta P7	1:50	Abril 2016
7	RAA	Planta Cobertura	1:50	Abril 2016
8	RAA	Central de Produção de AQS	1:10	Abril 2016
9	RAA	Reservatório	1:50	Abril 2016
10	RAA	Diagrama vertical	S/E	Abril 2016
11	RAA	Caixas PEX e Contador	S/E	Abril 2016
1	RCINC	Planta P-1	1:50	Abril 2016
2	RCINC	Planta P0	1:50	Abril 2016
3	RCINC	Planta P1 a P3	1:50	Abril 2016
4	RCINC	Planta P4	1:50	Abril 2016
5	RCINC	Planta P5 a P6	1:50	Abril 2016
6	RCINC	Planta P7	1:50	Abril 2016
7	RCINC	Diagrama vertical	S/E	Abril 2016
1	RDRDP	Planta P-1	1:50	Abril 2016
2	RDRDP	Planta P0	1:50	Abril 2016
3	RDRDP	Planta P1 a P3	1:50	Abril 2016
4	RDRDP	Planta P4	1:50	Abril 2016
5	RDRDP	Planta P5 a P6	1:50	Abril 2016
6	RDRDP	Planta P7	1:50	Abril 2016
7	RDRDP	Planta Cobertura	1:50	Abril 2016
8	RDRDP	PBD	1:10	Abril 2016
9	RDRDP	PBP	1:10	Abril 2016
10	RDRDP	Separadores	1:10	Abril 2016
11	RDRDP	Diagrama vertical doméstico	S/E	Abril 2016
12	RDRDP	Diagrama vertical pluvial	S/E	Abril 2016



BIBLIOGRAFIA

- [1] DR 23/95 de 23 de Agosto, 1.ª Série B - Nº 194;
- [2] DL 220/2008 de 12 de Novembro, D.R. n.º 220, Série I
- [3] Portaria Nº 1532/2008 de 29 de Dezembro. D.R. n.º 250, Série I
- [4] Nota Técnica N.º 04 - Simbologia Gráfica para Plantas de SCIE, ANPC;
- [5] Nota Técnica Nº 14 - Fontes Abastecedoras de Água para o Serviço de Incêndios, ANPC;
- [6] Nota técnica N.º 15 - Centrais de Bombagem para o Serviço de Incêndio, ANPC;
- [7] Nota Técnica N.º 16 - Sistemas Automáticos de Extinção por Água, ANPC;
- [8] BS EN 12845:2015
- [9] BS EN 1825-1:2004
- [10] BS EN 1825-2:2002
- [11] BS EN 858-2:2003
- [12] EPAL, Grupo Águas de Portugal, Manual de Redes Prediais, Versão 4, 2011;
- [13] Ribeiro de Sousa, Eduardo, Saneamento Ambiental I, Sistemas de Abastecimento de Água, Departamento de engenharia civil e arquitectura, secção de hidráulica e dos recursos hídricos e ambientais, licenciatura em engenharia civil, 2011.
- [14] M. R. Pedroso, Vitor, Manual dos sistemas prediais de distribuição de água e drenagem de águas, 3ª Edição, LNEC, 2007;
- [15] Cálculo e desenho de instalações de água quente sanitária, ROCA;
- [16] Baeckeroot, D., M. Cadoret, J., Mode de calcul des installations d'eau chaude sanitaire, EDIPA - éditions parisiennes, 2011;
- [17] Victaulic.com | FireLock® Fittings | Publication 10.03, 1539 Rev M Updated 12/2014
- [18] Lencastre, Armando, Hidráulica Geral, Edição do Autor, Universidade Nova de Lisboa, 1996;
- [19] Ruas, Margarida; Vital, Raul; Ramísio, Paulo; Nunes, Eduardo; Medeiros, Carlos; Amélia Santos, Ana; Beltrão, José; Farinha, Pedro; Olival, Luís; Manual de Engenharia, Grundfos - Sistemas de Pressurização, 2005;
- [20] Bombas Grundfos Portugal SA, Manual de Engenharia - Estações Elevatórias, 2003;
- [21] Miguel, Marco; Silvano, Pedro; Regulamento de segurança em tabelas, 2ª Edição, 2010;
- [22] Lencastre, Armando; Hidráulica Urbana e Industrial, Memórias Técnicas, Volume II, LNEC, 2003;