

# **Uso eficiente de água na Residência Gulbenkian do Instituto Politécnico de Bragança**

**Henrique de Souza Faria**

**Relatório Final de Projeto** apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança** para  
obtenção do **Grau de Mestre em Engenharia da Construção**  
no âmbito da **Dupla Diplomação** com a  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Guarapuava**

Orientadora: Professora Doutora Flora Cristina Meireles Silva (ESTiG – IPB)  
Coorientadora: Professora Doutora Mariane Kempka (UTFPR – *Campus* Guarapuava)

**Bragança, março de 2020**

"A natureza não pode esperar nós acharmos a  
obviedade das questões referentes à mesma. "

Leandro Silveira

# Agradecimentos

Quero deixar registado aqui o apoio e o incentivo de instituições e pessoas importantes para a elaboração deste estudo.

Por início queria agradecer à Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), em especial ao *Campus* da cidade de Guarapuava, esta intuição que a cada ano se mostra mais comprometida com um ensino de qualidade e em procurar oportunidades incríveis tanto aos seus discentes como docentes. Aos professores que levam o ensino a sério e são realmente dedicados a preparar os seus alunos para a profissão de engenheiro, o meu sincero obrigado.

Agradeço também ao Instituto Politécnico de Bragança (IPB), em especial à Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG), pela receção e confiança depositadas em nós brasileiros. É tudo muito novo quando saímos do nosso país, e o IPB sempre esteve presente com a orientação e um zelo muito grande aos seus alunos.

Devo citar e agradecer aqui à Câmara Municipal de Bragança (CMB) pelos dados fornecidos sobre o projeto original de 1987 do edifício referente à Residência Gulbenkian, à Sra. Leonor da secretaria de Ação Social do IPB e ao Eng.º Barros e ao Eng.º Horácio pelo apoio na consulta de dados referentes ao consumo de água e plantas de arquitetura do edifício em formato digital, respetivamente.

Agradeço à Sra Ermelinda, zeladora da Residência Gulbenkian, e aos alunos residentes que colaboraram com as entrevistas e os questionários aplicados.

Um apreço especial à Professora Doutora Flora Silva por aceitar me orientar nesta jornada e sempre ser muito paciente com a minha pessoa. Ela procurou a todo tempo me passar as melhores referências e compartilhou comigo o seu vasto conhecimento na área, de maneira didática e eficiente.

Um apreço especial também à Professora Doutora Mariane Kempka por aceitar me co-orientar. Agradeço as sugestões e correções nesta dissertação que foram uma mais valia.

Ao Professor Rodrigo Scoczynski Ribeiro os meus sinceros agradecimentos. Responsável por uma das partes do acordo de dupla diplomação entre a UTFPR e o IPB, foi ele que tornou este estudo possível. Adotou desde que o conheci uma postura amigável, alegre e profissional em sala de aula. Neste ano, em meu estudo, foi de muita importância a sua participação, e mesmo não sendo meu orientador sempre esteve disposto a me amparar com sugestões, críticas e elogios. Obrigado Rodrigo!

Deixo registado o apoio dos meus amigos, Lucas Camacho, Leonardo Bento, Ana Paula e Gabriel Spuldaro, aos meus veteranos e também amigos Lucas Paiva, Leonardo Cordeiro e Marcos Machado, por desbravarem terras desconhecidas e me guiarem em minha estadia em Portugal.

À minha namorada Isabele que se fez presente em grande parte do meu estudo, me incentivando, me motivando e como uma boa engenheira fazendo sugestões e observações construtivas. Fico agradecido por toda a entrega, carinho e suporte que me deu, em especial, durante esta reta final.

É muito importante enfatizar o apoio que recebi da minha família. A minha mãe, a minha avó, as minhas tias Rose e Marta e a minha irmã, que se preocupavam comigo

constantemente. O meu tio Rogério que sempre me encorajou e foi um exemplo para mim como engenheiro e pessoa. A minha prima Rayane por sempre se desdobrar para manter a empresa familiar operando no verde. Ao meu pai por proporcionar o melhor para mim e para a minha irmã. Ele fez o possível e o impossível para custear os meus estudos e nunca me deixou faltar absolutamente nada em minha vida, e por isso eu serei eternamente grato.

Obrigado a Deus por me permitir seguir em frente superando todas as dificuldades. Estas que para mim são barreiras enormes mas para Ele não são nada, então é com Ele que eu fui, vou e irei mais longe.

# Resumo

Este estudo aborda a temática da eficiência hídrica, procurando encontrar soluções para um uso mais eficiente da água na Residência Gulbenkian do Instituto Politécnico de Bragança. Para tal, foram criadas três opções com medidas técnicas e posteriormente foi analisada a viabilidade técnica e económica em cada opção.

Na opção 1, a qual agrupa três cenários, houve uma abordagem referente à instalação de redutores de caudal nos dispositivos de utilização presentes nas instalações sanitárias (chuveiros) e na cozinha do edifício (torneira). Na opção 2, composta por quatro cenários, as medidas de intervenção seguem a linha de raciocínio da substituição dos dispositivos de utilização existentes (chuveiros e torneiras), por outros mais eficientes. A opção 1 e 2 mostram-se técnica e economicamente viáveis para serem implementadas e através da combinação de cenários destas duas opções, estima-se ser possível alcançar uma poupança no consumo anual de água de cerca de 37,7%, com um período de retorno do investimento de apenas um mês, refletindo ao final do primeiro ano uma poupança acumulada de cerca de 1.525,58 €.

A opção 3, de aproveitamento de águas pluviais para abastecimento de autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios, revela-se pouco significativa, pois requer um elevado investimento inicial, para se alcançar apenas uma poupança de cerca de 9,05% no consumo anual de água.

Desta forma, a implementação de algumas destas medidas técnicas, para um uso mais eficiente da água no edifício, poderá trazer benefícios económicos para o Instituto Politécnico de Bragança e contribuir para a diminuição do risco de escassez hídrica na sub-região de Terras de Trás-os-Montes de Portugal.

## Palavras-chave

Eficiência hídrica; Residência de estudantes; Viabilidade técnico-económica.

# Abstract

This study focuses on the theme of water efficiency, seeking to find solutions for a more efficient use of water in the Gulbenkian Residence of the Polytechnic Institute of Bragança. To this end, three options were created with technical measures and subsequently the technical and economic feasibility of each option was analyzed.

In option 1, which groups three scenarios, there was an approach related to the installation of flow reducers in the devices used in the sanitary facilities (showers) and in the building's kitchen (tap). In option 2, composed by four scenarios, the intervention measures follow the line of reasoning for the replacement of the existent devices (showers and taps) with more efficient ones. Options 1 and 2 are technically and economically feasible to be implemented and through the combination of scenarios of these two options, it is estimated that it is possible to achieve savings in annual water consumption of around 37.7%, with a return time of investment of just one month, reflecting at the end of the first year an accumulated savings of around € 1,525.58.

Option 3, for the use of rainwater to supply flushing cisterns and urinals, proves to be insignificant, as it requires a high initial investment, in order to achieve only savings of around 9.05% in water annual consumption.

In this way, the implementation of some of these technical measures, for a more efficient use of water in the building, could bring economic benefits to the Polytechnic Institute of Bragança and contribute to reducing the risk of water scarcity in the sub-region of Terras de Trás-os-Montes of Portugal.

# Keywords

Water efficiency; Student residence; Technical and economic feasibility.

# Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras .....	ix
Índice de Tabelas .....	xi
Lista de Nomenclatura.....	xii
Abreviaturas.....	xii
Símbolos .....	xiii
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>1</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização e justificação do tema .....	1
1.1.1. A nível global .....	1
1.1.2. A nível Europeu.....	2
1.1.3. A nível de Portugal.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.3. Descrição do plano de trabalho .....	6
1.4. Estrutura do relatório .....	6
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>8</b>
<b>Uso eficiente de água em edifícios residenciais .....</b>	<b>8</b>
2.1. Princípio dos 5R's .....	8
2.2. Eficiência hídrica.....	9
2.3. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água .....	9
2.3.1. Conceito.....	9
2.3.2. Objetivos.....	10
2.3.3. Metas .....	11
2.3.4. Medidas de intervenção .....	12
2.3.5. Mecanismos de implementação.....	15
2.4. Certificação e rotulagem de dispositivos.....	15
2.4.1. Introdução.....	15
2.4.2. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica para autoclismos .....	17
2.4.3. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica para torneiras e fluxómetros .....	19
2.4.4. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica a sistemas de duche .....	20
2.4.5. Outros sistemas de rotulagem.....	21
2.5. Legislação em vigor em Portugal para os sistemas prediais de água .....	22
2.5.1. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água.....	22
2.5.1.1. Caudais instantâneos e de cálculo .....	22
2.5.1.2. Tubagens, pressões de serviço, velocidades de escoamento, diâmetros e perdas de carga .....	23
2.5.1.3. Dimensionamento de bombas.....	25
2.5.2. Dimensionamento de sistemas prediais de drenagem de águas pluviais.....	27
2.5.2.1. Caudais de cálculo .....	27
2.5.1.2. Caleiras e algerozes, tubos de queda, coletores prediais e ramais de ligação .....	28
2.6. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios .....	31

2.6.1. Especificações técnicas para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais .....	32
2.6.1.1. Dimensionamento do reservatório.....	35
2.6.2. Outros métodos práticos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais .....	39
2.6.2.1. Método prático alemão .....	39
2.6.2.2. Método prático inglês .....	39
2.6.2.3. Método prático brasileiro .....	40
2.6.2.4. Método prático australiano .....	40
<b>Capítulo 3</b> .....	42
<b>Material e métodos</b> .....	42
3.1. Descrição e caracterização da Residência Gulbenkian do Instituto Politécnico de Bragança .....	42
3.2. Descrição e medições efetuadas nos dispositivos de utilização .....	44
3.2.1. Medições efetuadas nas torneiras .....	44
3.3. Análise do consumo de água .....	53
3.3.1. Consumo de água e gasto financeiro .....	53
3.3.2. Distribuição do consumo de água.....	54
3.4. Proposta de soluções para um uso eficiente da água.....	55
3.4.1. Descrição das soluções .....	56
<b>Capítulo 4</b> .....	59
<b>Resultados e discussão</b> .....	59
4.1. Viabilidade técnico-económica .....	59
4.1.1. Viabilidade técnica .....	59
4.1.2. Viabilidade económica .....	61
<b>Capítulo 5</b> .....	68
<b>Conclusão e Proposta para trabalhos futuros</b> .....	68
5.1. Conclusão .....	68
5.2. Proposta de trabalhos futuros .....	68
<b>Referências bibliográficas</b> .....	70
<b>Anexos</b> .....	73
Anexo I: Plantas de arquitetura. ....	74
Anexo III: Questionário aplicado aos alunos residentes na residência Gulbenkian. ....	82
Anexo IV: Fichas de ensaio dos redutores de caudal e fichas técnicas das torneiras e chuveiros.....	85
Anexo V: Dados de precipitação. ....	93
Anexo VI: Dimensões de tubagens. ....	95
Anexo VII: Dimensionamento das redes prediais. ....	97
Anexo VIII: Peças desenhadas. ....	99
Anexo IX: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais. ....	103
Anexo X: Ficha técnica do sistema de aproveitamento de águas pluviais. ....	107



# Índice de Figuras

Figura 1- Disponibilidade de água doce no planeta. ....	1
Figura 2- Bacias de rios pela Europa em 2007 .....	2
Figura 3- Previsão até 2089 do número de dias secos consecutivos para o sudoeste Europeu.....	3
Figura 4- Consumo médio de água potável per capita no setor doméstico nos Países da União Europeia .....	4
Figura 5- Condição de seca meteorológica em junho de 2019.....	5
Figura 6- Princípio dos 5R's. ....	8
Figura 7- Percentagem de desperdício em 2000 de cada setor estudado.....	11
Figura 8- Percentagem de desperdício em 2009 de cada setor estudado.....	11
Figura 9 - Metas do PNUEA para 2020. ....	12
Figura 10- Descrição do rótulo ANQIP.....	16
Figura 11- Rótulos genéricos de eficiência hídrica ANQIP .....	16
Figura 12- Rotulagem Water Label .....	21
Figura 13- Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio).....	23
Figura 14- Regiões pluviométricas.....	27
Figura 15- Coletores prediais enterrados .....	30
Figura 16 – Coletores instalados à vista .....	30
Figura 17- Residência Gulbenkian do IPB: Alçado principal (a) e Alçado lateral direito (b). ....	42
Figura 18- Localização do concelho de Bragança. ....	42
Figura 19- Modelo do aparelho ultrassónico do LMC da ESTiG .....	43
Figura 20- Ilustração, em REVIT, da RGulbk (a) e Código QR (b). ....	43
Figura 21- Medição de caudal debitado por torneira de lavatório.....	45
Figura 22- Medição de caudal debitado por torneira de cozinha. ....	47
Figura 23- Autoclismos de descarga dupla (a) e descarga completa (b). ....	48
Figura 24- Medição do volume de descarga dos urinóis (a) e Leitura observada no contador da RGulbk (b). ....	49
Figura 25- Medição efetuada num chuveiro da RGulbk. ....	50
Figura 26- Máquina de lavar roupa (a), tanque vazio com saída de esgoto bloqueada (c) e lâmina de água após um ciclo de lavagem da máquina de lavar roupa. ....	51
Figura 27- Medição de caudal da torneira do tanque (a) e passagem de água do recipiente de 5L para o copo graduado de 1L. ....	52
Figura 28- Medição de caudal na torneira externa. ....	52
Figura 29- Registo de leituras de consumo de água na RGulbk.....	53
Figura 30- Gastos financeiros mensais com consumo de água na RGulbk.....	54
Figura 31- Distribuição do consumo de água na RGulbk. ....	55
Figura 32- Torneira de lavatório com caudal de 1,8 L/min (a) e Referência e rótulo da torneira com caudal de 1,8 L/min (b) .....	56
Figura 33- Torneira de lavatório com caudal de 5,0 L/min e Referência e rótulo da torneira com caudal de 5,0 L/min .....	57
Figura 34- Cabeça de duche Stella 100/3 e Referência e rótulo do chuveiro Stella 100/3 .....	57
Figura 35- Torneira de cozinha com caudal de 8,0 L/min.....	57
Figura 36- Nova rede predial de distribuição com águas pluviais. ....	59

Figura 37- Muro de suporte ao fundo da RGulbk (a) e Terreno vizinho com subsolo próximo do local de instalação do reservatório de águas pluviais (b).....	60
Figura 38- Economia no consumo de água (no grupo do respectivo dispositivo de utilização e o impacto total mensal). ....	63
Figura 39- Tempo de retorno do investimento no primeiro ano (opções 1 e 2). ....	64
Figura 40- Tempo de retorno do investimento até o fim da vida útil do edifício (opções 1 e 2).....	64
Figura 41- Dispositivos de utilização que serão abastecidos com água pluvial.....	65
Figura 42- Tempo de retorno do investimento de um SAAP.....	67

# Índice de Tabelas

Tabela 1- Seca meteorológica do território português com relação ao índice PDSI em junho de 2019 .....	5
Tabela 2 - Plano de Trabalho.....	6
Tabela 3 – Algumas medidas de intervenção no setor urbano. ....	12
Tabela 4- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos. ...	18
Tabela 5- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório. ....	19
Tabela 6- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha.....	19
Tabela 7- Condição para atribuição de rótulos de eficiência hídrica em fluxómetros de mictórios .....	20
Tabela 8- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiros e sistemas de duche. ....	21
Tabela 9- Valores dos parâmetros a, b. ....	28
Tabela 10 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento C.....	34
Tabela 11 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP.....	38
Tabela 12- Aparelhos sanitários e dispositivos de utilização com consumo de água na RGulbk. ....	44
Tabela 13- Resultado das medições efetuadas "in situ" nas torneiras de lavatório temporizadas existentes nas instalações sanitárias de todos os pisos.....	45
Tabela 14- Resultado das medições efetuadas "in situ" na torneira da cozinha.....	47
Tabela 15- Resultado do consumo de água dos autoclismos de bacias de retrete.....	48
Tabela 16- Resultado do consumo de água dos fluxómetros de mictórios. ....	49
Tabela 17- Resultado das medições realizadas nas torneiras de bidé.....	50
Tabela 18- Resultados das medições de caudal dos chuveiros.....	50
Tabela 19- Resultado das medições de caudal da torneira do tanque. ....	52
Tabela 20- Resultado dos caudais das torneiras externas da RGulbk. ....	53
Tabela 21- Tarifas variáveis em Bragança .....	54
Tabela 22- Tarifas fixas em Bragança .....	54
Tabela 23- Soluções propostas. ....	55
Tabela 24- Custos associados à implementação das soluções propostas (opções 1 e 2).61	
Tabela 25- Poupança gerada pelas soluções das opções 1 e 2.....	62
Tabela 26- Tempo de retorno do investimento (opções 1 e 2). ....	63
Tabela 27 - Economia mensal do consumo de água através do SAAP. ....	66
Tabela 28- Investimento estimado da instalação do SAAP e poupança monetária num mês .....	66

# Lista de Nomenclatura

## Abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
A.F.	Água Fria
A.Q.	Água Quente
ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
Br	Autoclismo de bacia de retrete
C	Caleira
CI	Caixa de inspeção
CRL	Caixa de ramal de ligação
CMB	Câmara Municipal de Bragança
Cons. atual	Consumo atual do dispositivo que sofrerá intervenção
Cons. fut.	Consumo do dispositivo após sofrer a intervenção
CP	Coletor predial
Distrib.	Representação da distribuição do consumo de água mensal, referente a cada grupo, no edifício
Eco. do grup.	Poupança geral gerada pela intervenção no grupo
Eco. Glob.	Poupança total mensal após intervenção
Eco. grup.	Poupança, no grupo do dispositivo, gerada pela intervenção
Efic. do reservatório.	Capacidade de suprir os dispositivos
ESTiG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
ETA	Especificação Técnica ANQIP
F	Fria
I.S.	Instalações Sanitárias
INAG	Instituto Nacional da Água
IPB	Instituto Politécnico de Bragança
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
LMC	Laboratório de Materiais de Construção
Mif	Urinol com fluxómetro
min	minutos
NBR	Norma Brasileira
PDSI	<i>Palmer Drought Severity Index</i>
PNUEA	Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água
QR Code	<i>Quick Response Code</i>
Qtde Subst.	Quantidade de dispositivos, no grupo, que sofrerão intervenção
Qtde Total.	Quantidade total de dispositivos existentes no grupo
Repres.	Representatividade do inventário
RGulbk	Residência Gulbenkian
s	segundos
SAAP	Sistemas de aproveitamento de águas pluviais
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

TQ	Tubo de Queda
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
WEI	<i>Water resources across Europe</i>

## Símbolos

A	Área de captação; Secção de passagem ocupada pelo fluido; Área a drenar em projeção horizontal; Área de recolha em projeção	$L^2$
a	Constante dependente do período de retorno	-
b	Fator caracterizador da rugosidade do material; Constante dependente do período de retorno	-
C	Coeficiente de escoamento	-
$C_{AE}$	Consumo anual estimado	$L^3$
D	Diâmetro; Diâmetro interior do tubo de queda; Procura anual de água não potável	$L$ ; $L$ ; $L^3$
$D_t$	Procura mensal	$L^3$
DN	Diâmetro nominal	$L$
g	Aceleração da gravidade	$L/T^2$
H	Altura manométrica total; Carga no tubo de queda	$L$ ; $L$
$H_a$	Altura manométrica de aspiração	$L$
$H_c$	Altura manométrica de compressão	$L$
$H_e$	Carga à entrada na bomba	$L$
$H_s$	Carga à saída da bomba	$L$
$H_{TOTAL}$	Altura total	$L$
i	Inclinação da tubagem; inclinação do coletor	$L/L$
I	Intensidade de precipitação; Intercetção da água que molha as superfícies e perdas por evaporação	$L/T$ ou $L^3/TL^2$ ; $L$
J	Perda de carga unitária	$L/L$
$K_s$	Rugosidade da tubagem	$L^{1/3}/T$
L	Comprimento do troço	$L$
N	Número máximo de dias de retenção da água na cisterna; número de meses considerado, geralmente 12 meses.	-
$N_r$ :	Número de meses em que o reservatório não atendeu à procura, isto é, quando $V_t$ é igual a zero;	-
P	Pluviosidade; Altura de precipitação acumulada no período considerado; Altura de precipitação a desviar; Precipitação média anual/mensal; Potência	$L$ ; $L$ ; $L$ ; $L$ ; $ML^2T^{-3}$
$P_d$	Pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício	$ML^{-1}T^{-2}$
$P_j$	Pressão a jusante	$ML^{-1}T^{-2}$
$P_m$	Pressão a montante	$ML^{-1}T^{-2}$

$P_x$	Pressão disponível no ponto considerado	$ML^{-1}T^{-2}$
$P_r$	Falha	-
$Q$	Caudal; Caudal bombeado; Caudal escoado; Volume mensal produzido pela chuva	$L^3/T$ ; $L^3/T$ ; $L^3/T$ ; $L^3$
$Q_t$	Volume mensal produzido pela chuva no mês t	$L^3$
$Q_a$	Caudal acumulado	$L^3/T$
$Q_c$	Caudal de cálculo	$L^3/T$
$R_h$	Raio hidráulico	$L$
$s$	Secção de passagem do fluido escoado	$L^2$
$t$	Duração da precipitação	$T$
$T$	Número de meses de pouca chuva ou seca	-
$U$	Número de habitantes, utentes ou operários	-
$v$	Velocidade de escoamento; Velocidade do líquido à entrada na bomba	$L/T$
$V$	Volume de descarga; Volume; Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna; Volume consumido; Volume adotado para o reservatório	$L^3$
$V_t$	Volume total; Volume de água que está no tanque no fim do mês t	$L^3$
$V_u$	Volume útil	$L^3$
$v_1$	Velocidade do líquido à saída da bomba	$L/T$
$V_1$	Volume aproveitável	$L^3$
$v_2$	Velocidade do líquido à saída do troço de compressão	$L/T$
$V_2$	Volume aproveitável	$L^3$
$V_a$	Volume anual de água da chuva aproveitável	$L^3$
$V_d$	Volume a desviar do sistema; Volume anual de precipitação aproveitável	$L^3$
$V_{t-1}$	Volume de água que está no tanque no início do mês t	$L^3$
$x$	Coeficiente de simultaneidade	-
$Z_a$	Desnível geométrico entre a superfície do líquido e a entrada na bomba	$L$
$Z_c$	Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída do troço de compressão	$L$
$Z_n$	Diferença de cota entre o ponto x e a rede pública de distribuição	$L$
$\alpha$	Entrada em aresta viva no tubo de queda ou entrada em aresta cónica no tubo de queda	-
$\gamma$	Peso volúmico	$M/(L^2T^2)$
$\Delta H_a$	Perda de carga na tubagem de aspiração	$L$
$\Delta H_c$	Perda de carga na tubagem de compressão	$L$
$\Delta H_T$	Perdas de carga totais	$L$
$\eta$	Rendimento da bomba	-
$\eta_f$	Eficiência hidráulica da filtragem	-

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1. Contextualização e justificação do tema

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, na forma que nós conhecemos. Foi na água que a vida floresceu, e seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital (Grassi, 2001).

#### 1.1.1. A nível global

A água é essencial para a vida, sendo de fundamental importância para a sobrevivência de todos os seres vivos e assumindo um papel decisivo no desenvolvimento socioeconómico de todo e qualquer país. Porém, segundo um estudo realizado pela Unesco (2012), estima-se que 97,5% de toda a água existente no nosso planeta está localizada nos oceanos, caracterizando-se como água salgada (Figura 1). Dos 2,5% restantes de água doce, 2/3 encontra-se congelada em calotes polares do Ártico, da Antártida e nas regiões montanhosas, sendo inacessível para recolha e uso humano pelos meios tecnológicos existentes, ou seja, apenas cerca de 0,83% de toda a água do planeta está acessível para o consumo da humanidade, sendo encontrada na forma de rios, lagos, aquíferos subterrâneos e na atmosfera assumindo a forma de vapor.

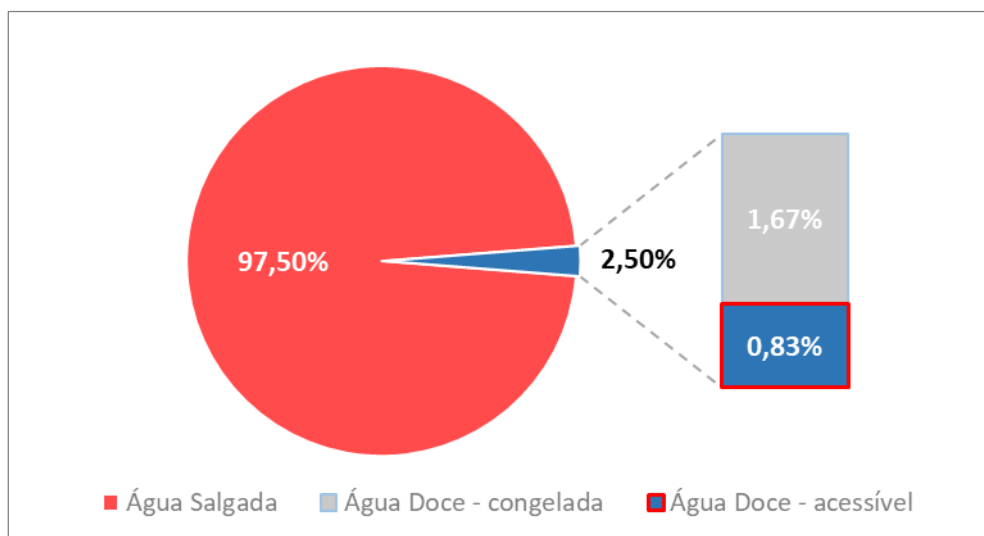


Figura 1- Disponibilidade de água doce no planeta.

Atualmente, a humanidade já utiliza mais de 50% dos recursos de água doce disponíveis. Em 2025 essa percentagem subirá para 75 % (World Water Council, 2016).

O crescimento exponencial da população mundial e, também o atual modelo de crescimento económico, assente no excessivo consumo dos recursos, levou a que as questões da sustentabilidade ambiental começassem a ganhar maior importância (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2014).

### 1.1.2. A nível Europeu

De acordo com a Diretiva n.º 2000/60/CE “a água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal”.

O *stress* hídrico, também chamado de escassez hídrica física, é um termo utilizado para designar uma situação em que a procura por água é maior do que a sua disponibilidade e capacidade de renovação numa determinada localidade. Trata-se de uma expressão elaborada para representar uma situação grave que pode ser ocasionada tanto por fatores naturais quanto por fatores socioeconómicos (Pena, 2019). Por outro lado, o termo “seca” é designado como uma redução temporária da disponibilidade de água devido, por exemplo, a uma redução na precipitação (Pimentel-Rodrigues, 2015).

Estima-se que 40% da população do mundo vive já em áreas com *stress* hídrico, percentagem que irá subir para cerca de 65% até 2025, abrangendo, em grande parte, a bacia mediterrânica (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2011).

Na Figura 2 mostra-se um indicador relativamente simples do *stress* sobre os recursos de água doce, isto é, o índice de exploração da água (WEI - Water resources across Europe), que é calculado anualmente, como a relação de total abstração de água doce para o total de recursos renováveis. Para a WEI, uma percentagem acima de 20% implica que um recurso de água está sob *stress* e valores acima de 40% indicam *stress* hídrico severo e, claramente, insustentável utilização do recurso água (EEA, 2007).

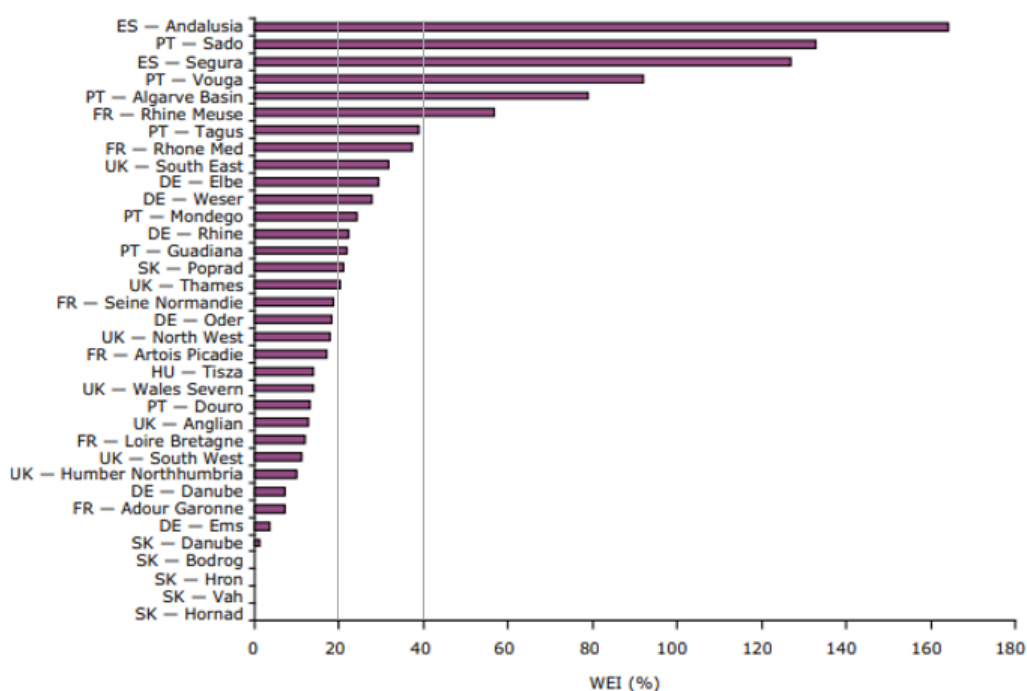


Figura 2- Bacias de rios pela Europa em 2007 (adaptada de EEA, 2007).



Embora o cálculo do WEI, em uma escala de bacia hidrográfica, forneça detalhes adicionais, tal análise ainda se esforça para refletir totalmente o nível de *stress* sobre os recursos hídricos locais. Isso ocorre principalmente porque o WEI é baseado em dados anuais e não pode, assim, considerar variações sazonais na disponibilidade de água. Durante os meses de verão, no sul da Europa, por exemplo, o setor agrícola e o do turismo apontam um pico na procura de água maior quando o recurso natural de água é mínimo (EEA, 2007).

A abordagem de média anual do WEI não é capaz de capturar e não pode, desta forma, refletir plenamente a ameaça potencial para, por exemplo, os ecossistemas de água doce. Por outro lado, o WEI pode superestimar o *stress* hídrico, porque ele não leva em conta o uso consumo da água. Onde a abstração é dominada pela geração de energia, por exemplo, quase toda a água captada é retornada para a fonte (EEA, 2007).

Apesar das suas limitações, o WEI ainda fornece uma indicação útil da escassez de água e há uma ampla correlação geográfica entre as bacias de rios existentes com o WEI e relatórios, de diversas fontes, da diminuição dos recursos hídricos.

O problema das secas também é preocupante. Na União Europeia, nos últimos 30 anos, as secas aumentaram drasticamente (Pimentel-Rodrigues, 2015).

Prevê-se que haja uma redução na precipitação, nomeadamente no sudoeste europeu, esperando-se verões cada vez mais secos, conforme ilustrado na Figura 3 (EEA, 2009).

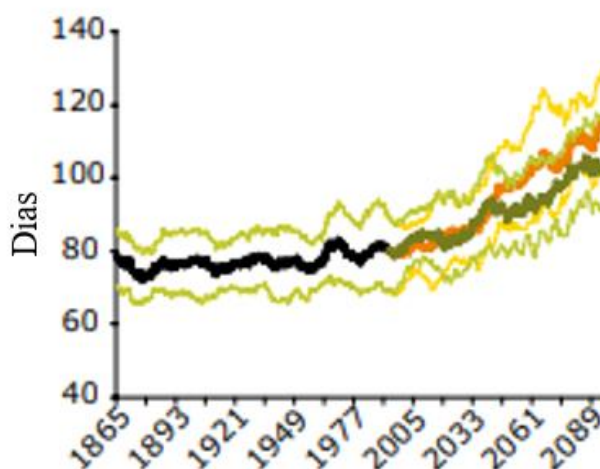


Figura 3- Previsão até 2089 do número de dias secos consecutivos para o sudoeste Europeu (adaptada de EEA, 2009).

Desta forma, as secas dos verões, assim como a escassez de água nas fontes hídricas, são motivos relevantes e suficientes para que a população europeia crie esforços a fim de reverter a projeção de falta de água no futuro, para que setores tão importantes como o da agricultura, indústria e energia, que estão diretamente ligados à água, não sejam afetados causando impactos negativos na comunidade europeia.

### 1.1.3. A nível de Portugal

- **Consumo doméstico de água em Portugal**

A Figura 4 apresenta valores médios do consumo, em litros, de água por dia per capita em vários países da União Europeia. Com uma captação média no setor doméstico de 161 litros per capita/dia, nota-se que Portugal apresenta um valor próximo do valor médio dos países analisados, isto é, 157 litros per capita/dia (Eurostat, 2007).

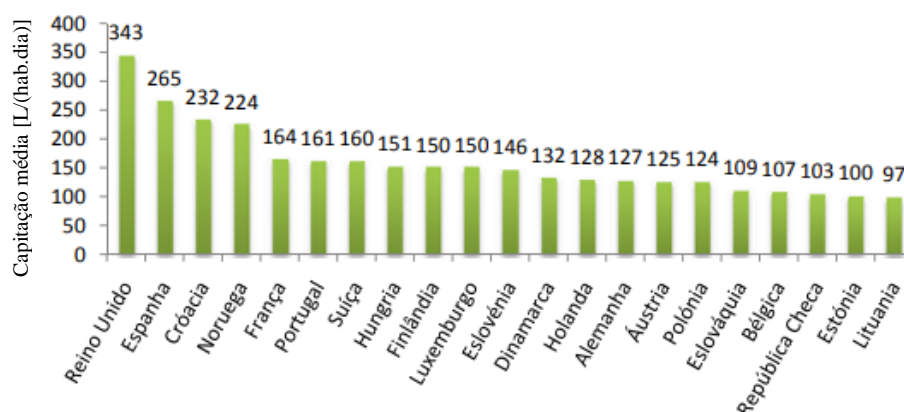


Figura 4- Consumo médio de água potável per capita no setor doméstico nos Países da União Europeia (adaptada de Eurostat, 2007).

- **Monitorização dos recursos hídricos**

O índice PDSI (*Palmer Drought Severity Index*), foi desenvolvido por Palmer (1965) e implementado e calibrado para Portugal Continental (Pires, 2003).

Este índice baseia-se no conceito do balanço da água tendo em conta dados da quantidade de precipitação, temperatura do ar e capacidade de água disponível no solo e permite detetar a ocorrência de períodos de seca, classificando-os em termos de intensidade em: fraca, moderada, severa e extrema, de acordo com o IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera) (IPMA, s.d.).

De acordo com o índice PDSI, no final de junho de 2019, a situação era de seca meteorológica (Figura 5), verificando-se um aumento da área em seca moderada nas regiões do Norte e Centro e da área em seca extrema na região Sul. No final daquele mês, todo o território de Portugal Continental estava em situação de seca meteorológica, sendo que cerca de 38% estava nas classes de seca severa e extrema (IPMA, s.d.).

Na Tabela 1 apresenta-se a percentagem do território nas várias classes do índice PDSI.

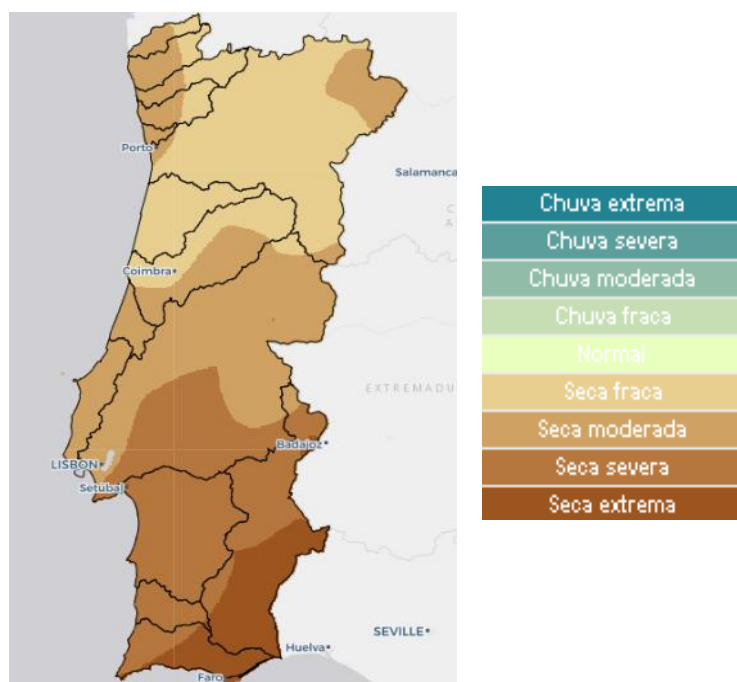


Figura 5- Condição de seca meteorológica em junho de 2019 (adaptada de IPMA, s.d.).

Tabela 1- Seca meteorológica do território português com relação ao índice PDSI em junho de 2019 (adaptada de IPMA, s.d.).

Classes	Percentagem
Seca fraca	29,2
Seca moderada	33,0
Seca severa	28,3
Seca extrema	9,5

A água, por enquanto, é um recurso que apresenta pouca dificuldade para extração em Portugal, mas segundo dados recolhidos em 2019 pelo IPMA, o país enquadrou-se por completo, na sua extensão territorial, em pelo menos um dos estados de seca meteorológica, seja fraca, moderada, severa ou extrema no mês, da estação de verão, julho.

Considerando estes dados, recomenda-se à população portuguesa que esteja mais sensibilizada e alerta para a possibilidade da situação de escassez de água nos próximos anos.

## 1.2. Objetivos

O presente trabalho de investigação tem como objetivo encontrar medidas para um uso mais eficiente da água na Residência Gulbenkian do Instituto Politécnico de Bragança (IPB). Para tal, são sugeridos cenários de medidas técnicas para a redução do consumo de água potável e para o aproveitamento de águas pluviais. A viabilidade técnica e económica das soluções é estudada para cada medida.

### 1.3. Descrição do plano de trabalho

Para alcançar os objetivos propostos, elaborou-se um Plano de Trabalhos, subdividido em quatro fases como é apresentado na Tabela 2.

*Tabela 2 - Plano de Trabalho.*

Fases	Natureza da atividade	Descrição	Período de tempo
I	Revisão bibliográfica sobre o tema		março de 2019 a fevereiro de 2020
II	Recolha de dados	<ul style="list-style-type: none"><li>Plantas de arquitetura</li><li>Plantas das redes de distribuição de água, drenagem de águas residuais e pluviais</li><li>Consumo de água</li><li>Tarifários em vigor</li><li>Medição de caudal dos dispositivos de utilização</li></ul>	agosto a novembro de 2019
III	Análise dos dados recolhidos	<ul style="list-style-type: none"><li>Aplicação de questionários</li><li>Delineação de proposta de medidas para a eficiência hídrica no edifício</li><li>Pedido de orçamentos</li><li>Análise da viabilidade técnica e económica das soluções propostas</li></ul>	dezembro 2019
IV	Redação do trabalho		junho de 2019 a fevereiro de 2020

### 1.4. Estrutura do relatório

O trabalho está estruturado em **cinco capítulos** e **dez anexos**.

No **Capítulo 1** é abordada a contextualização e justificação do tema, os objetivos, a descrição do plano de trabalhos e a estrutura do relatório.

O **Capítulo 2** caracteriza-se pelo enfoque do tema do uso eficiente de água em edifícios residenciais situados em área urbana. Abordam-se pontos como o princípio dos 5R's, a temática da eficiência hídrica em edifícios, as diretrizes para o setor urbano definidas no Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), a certificação e rotulagem de dispositivos pela ANQIP (Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais), a legislação em vigor e critérios para o dimensionamento de sistemas prediais de abastecimento de água fria, de drenagem de águas pluviais, e por fim sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP).

No **Capítulo 3** é descrita e caracterizada a Residência Gulbenkian (RGulbk) do IPB e são também apresentadas as características e medições dos aparelhos e dispositivos

sanitários em utilização, além de expostos os dados de consumo do edifício e apresentadas as possíveis soluções para um uso mais eficiente da água.

No **Capítulo 4** foi realizada uma análise da viabilidade técnica e económica das possíveis medidas apresentadas no Capítulo 3.

O **Capítulo 5** aborda as principais conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

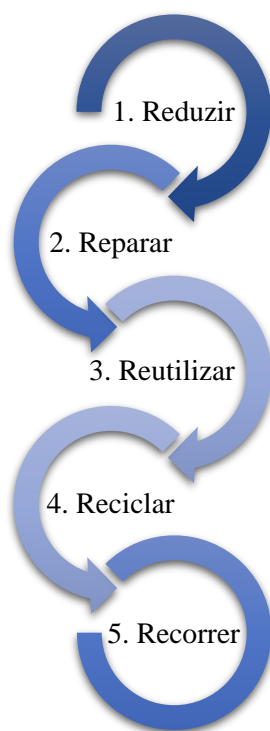
Logo em seguida é feita a menção das referências bibliográficas utilizadas e por fim, são apresentados os **Anexos**, dividido em dez partes.

# Capítulo 2

## Uso eficiente de água em edifícios residenciais

### 2.1. Princípio dos 5R's

Procurando criar uma ferramenta de auxílio em intervenções para o uso eficiente da água em edificações, a ANQIP, seguindo orientações do PNUEA, desenvolveu um princípio de sustentabilidade e preservação da água potável, denominado princípio dos 5R's (Figura 6), similar ao princípio dos 3R's destinado aos resíduos.



*Figura 6- Princípio dos 5R's.*

O **primeiro R**, refere-se à redução, propriamente dita, dos consumos de água. Neste, enquadram-se medidas para substituição, se necessário, dos aparelhos hídricos já existentes por aparelhos certificados e rotulados como eficientes pela ANQIP. Porém, não se deve colocar à prova medidas de caráter não técnico.

O **segundo R**, trata a questão de perdas e fugas dentro dos sistemas de abastecimento de água fria ou quente, como também abordada o tema de desperdício. Aqui podem ser adotadas medidas que diminuam, por exemplo, o tempo que se demora para aquecer um duche ou banho ou até mesmo conscientização dos utilizadores do edifício para que

realizem as suas ações nas instalações sanitárias de forma mais eficiente, por exemplo, fechar a torneira enquanto se escova os dentes.

Por muitas vezes, confundem-se o **terceiro R** e **quarto R**, já que são relacionados a reutilizar e reciclar a água, respectivamente, e poucas pessoas sabem a diferença dos termos. Desta forma, denomina-se água reutilizada quando as águas utilizadas para uma determinada ação são reaproveitadas, posteriormente, no mesmo tipo de ação, por exemplo, quando a água de irrigação é recolhida por drenagem e utilizada novamente para irrigar. Enquanto se atribui o termo de água reciclada apenas às águas que uma vez utilizadas são destinadas a outros fins, como por exemplo, águas cinzentas provenientes de torneiras e chuveiros que serão utilizadas nas bacias de retrete para o uso de descarga.

Por fim o **quinto R** tem como principal objetivo chamar atenção para a possibilidade do aproveitamento das águas pluviais, águas freáticas e até mesmo a utilização, com o devido tratamento, das águas salinas provenientes de oceanos e mares, por exemplo.

## 2.2. Eficiência hídrica

Com um olhar no horizonte onde o objetivo é resguardar para as próximas gerações o nosso património vivo mais precioso, a água, que o conceito de eficiência hídrica vem sido desenvolvido e debatido com mais energia nos últimos anos. Porém, para quem não está familiarizado com o termo, pode parecer que o conjunto de medidas que englobam a metodologia de eficiência hídrica se resume em reduzir, sem nenhum critério e parâmetro de desempenho, os consumos de água.

Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) alerta que:

“Promover a eficiência hídrica nos edifícios não é simplesmente reduzir os volumes dos autoclismos ou os caudais das torneiras, pois existem limites mínimos condicionados por razões de conforto, saúde pública ou desempenho das redes prediais, que devem ser salvaguardados”.

Logo, a otimização da utilização da água, que visa auxiliar a atingir perspetivas de um futuro mais sustentável, deve ser sempre limitada a condições que assegurem o conforto e a qualidade de vida dos seus utilizadores, bem como garantam o desenvolvimento sócio-económico do país.

## 2.3. O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

### 2.3.1. Conceito

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA) é um instrumento de política nacional para um uso eficiente da água, onde as suas vertentes resultaram da cooperação entre a coordenação do extinto Instituto da Água (INAG) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (APA, 2012).

### 2.3.2. Objetivos

O principal objetivo do PNUEA é a promoção do uso eficiente da água em Portugal, especialmente nos setores urbano, agrícola e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de escassez hídrica e para melhorar as condições ambientais nos meios hídricos, sem pôr em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, bem como o desenvolvimento socioeconómico do país (APA, 2012).

O programa também tem, como outros objetivos gerais:

- Diminuir os riscos oriundos da falta de água, esta que é potencializada durante o período de estiagem;
- Aumentar a eficiência na otimização da água, adjunto com a minimização da poluição de corpos hídricos e do consumo energético;
- Contribuir para implementação de um novo pensamento no país que valorize mais a preservação deste recurso chame a atenção para um desenvolvimento mais sustentável.

Os três setores, urbano, agrícola e industrial, alvos de abordagem das medidas sugeridas pelo PNUEA, possuem objetivos estratégicos e específicos. No setor urbano, que é o foco quando se trata de análises de edifícios, o objetivo estratégico é a redução das perdas de água nos sistemas de abastecimento (APA, 2012). Os objetivos específicos estão listados a seguir:

- “Elevar significativamente o conhecimento dos gestores e operadores dos sistemas de abastecimento de água e dos utilizadores em geral;
- Promover a sensibilização, informação e formação dos principais intervenientes no uso da água, bem como na introdução nos programas e livros escolares de matéria específica;
- Conhecer o nível de ineficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água através do seu apetrechamento com equipamentos de medição e com sistema de transmissão e tratamento da informação, abrangendo todo o ciclo urbano da água;
- Garantir uma dinâmica de sucesso na implementação do uso eficiente da água, dirigindo os maiores esforços para os sistemas públicos, (não domésticos), e para as maiores concentrações humanas onde os custos não são suportados diretamente pelos utilizadores da água (ex: escolas; centros comerciais; estações de serviço; hospitais; repartições e serviços da administração pública; hotéis; instalações desportivas - ginásios, piscinas, estádios, etc...; aeroportos; terminais rodó e ferroviários; escritórios; restaurantes; lavandarias; etc.);
- Reduzir ao mínimo o uso da água potável em atividades que possam ter o mesmo desempenho com águas de qualidade alternativa e de outras origens que não a rede pública de água potável, promovendo a utilização de água da chuva e a eventual reutilização de águas residuais tratadas;
- Promover a utilização de equipamentos normalizados e certificados para o uso eficiente da água, incentivando a sua produção e comercialização;
- Instituir prémios e distinções oficiais para equipamentos, instalações e sistemas que demonstrem o seu valor acrescentado ao nível da eficiência e que prestigiem as entidades produtoras de equipamentos e gestoras de sistemas.” (APA, 2012, p. 21)



### 2.3.3. Metas

Em 2000 foram estimados dados que indicavam, conforme mostra a Figura 7, um desperdício no uso de água em cada setor abordado pelo PNUEA.

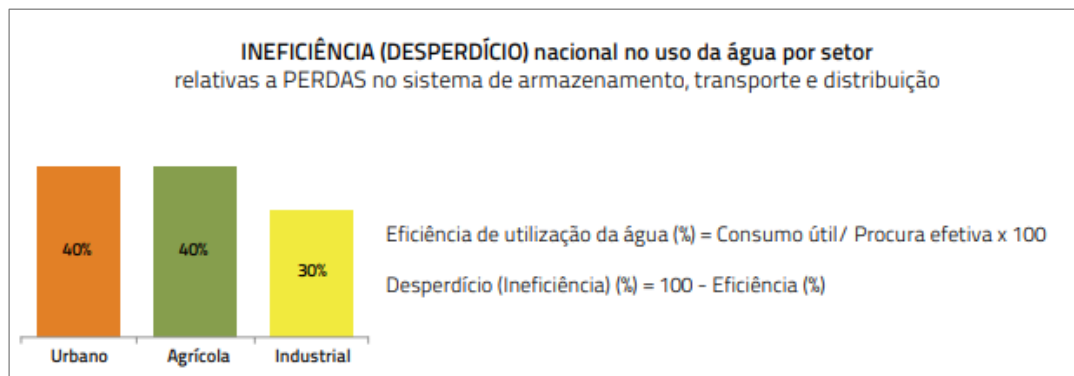


Figura 7- Percentagem de desperdício em 2000 de cada setor estudado (APA, 2012).

Onde, de acordo com APA (2012):

*A eficiência de utilização da água:* mede até que ponto a água captada da natureza é utilizada de modo otimizado para a produção com eficácia do serviço desejado (enquanto que a eficácia mede até que ponto os objetivos definidos são efetivamente cumpridos).

*O consumo útil:* corresponde ao consumo mínimo necessário num determinado setor para garantir a eficácia da utilização, correspondente a um referencial específico para essa utilização.

*A procura efetiva:* corresponde ao volume efetivamente utilizado, sendo naturalmente igual ou superior ao consumo útil.

No ano de 2009 foram observados dados diferentes devido à implementação de um conjunto de medidas nos setores, resultando na melhoria da eficiência do uso da água (APA, 2012), como representado na Figura 8.



Figura 8- Percentagem de desperdício em 2009 de cada setor estudado (APA, 2012).

Contudo, a melhoria observada para os diferentes setores levanta a possibilidade de estipular objetivos mais exigentes para 2020 (APA, 2012). Com base nestes dados,

estipularam-se metas a alcançar pelo PNUEA para o desperdício de água por setor (Figura 9), aplicáveis numa execução de 10 anos: 20% para o setor urbano; 35% para o setor agrícola e 15% para o industrial (APA, 2012).

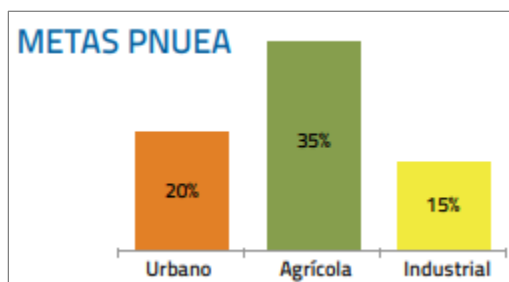


Figura 9 - Metas do PNUEA para 2020 (APA, 2012).

### 2.3.4. Medidas de intervenção

A implementação do PNUEA baseia-se na concretização de um conjunto de medidas destinado a aumentar a eficiência no uso da água nos setores urbano, agrícola e industrial (APA, 2012). As medidas têm como objetivo a redução de perdas nos sistemas de abastecimento de água e a redução dos consumos através da:

- *Adequação tecnológica*: abrange todo um conjunto de medidas de adequação e/ou substituição de equipamentos de armazenamento, transporte, distribuição e uso da água, que resultem na implementação da eficiência hídrica.
- *Adequação dos comportamentos*: aborda a mudança de procedimentos e hábitos humanos, que contribuam para a melhoria da eficiência hídrica.

A maioria das medidas requer implementação em situação hídrica normal (Tabela 3). Porém também foi previsto um conjunto de medidas para ser intensificado, ou implementado, durante períodos de escassez hídrica (seca).

Algumas das medidas apresentadas são referentes ao setor urbano e podem ser aplicadas ao presente estudo.

Tabela 3 – Algumas medidas de intervenção no setor urbano (adaptada de APA, 2012).

N.º	Designação da medida	Descrição sumária da medida
<b>Sistemas públicos</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 1	Otimização de procedimentos e oportunidades para o uso eficiente da água	Redução do consumo de água, através da utilização de equipamentos e dispositivos mais eficientes
Medida 2	Redução de pressão no sistema público de abastecimento	Controle de pressões no sistema de distribuição pública, mantendo-as dentro dos limites convenientes
Medida 3	Utilização de sistema tarifário adequado	Estabelecimento de tarifas e escalões que permitam a aplicação de custos reais

N.º	Designação da medida	Descrição sumária da medida
Medida 4	Utilização de águas residuais urbanas tratadas	Uso da água tratada das ETAR's em usos adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 5	Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento	Redução do volume de água perdida na rede pública
<b>Sistemas prediais e instalações coletivas</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
Medida 6	Redução de pressão no sistema predial de abastecimento	Controle de pressões no sistema de distribuição predial, mantendo-as dentro dos limites convenientes
Medida 7	Isolamento térmico do sistema de distribuição de água quente	Reduzir o desperdício de água do banho, até que a temperatura ideal seja atingida
Medida 8	Reutilização ou uso de água de qualidade inferior	Utilização da água usada nos sistemas prediais, para fins adequados
<i>Redução de perdas de água</i>		
Medida 9	Redução de perdas de água no sistema público de abastecimento	Redução do volume de água perdida na rede predial
<b>Dispositivos em instalações residências, coletivas e similares</b>		
<i>Redução de consumos de água</i>		
<b>Autoclismos</b>		
Medida 10	Adequação da utilização de autoclismos	Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas
Medida 11	Substituição ou adaptação de autoclismos	Substituição de autoclismos por outros de menor consumo
Medida 12	Utilização de bacias de retrete sem uso de água	Substituição das retretes por outras que funcionem sem recurso a água
Medida 13	Utilização de bacias de retrete por vácuo	Substituição das retretes por outras que funcionem a vácuo
<b>Chuveiros</b>		
Medida 14	Adequação da utilização de chuveiros	Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente
Medida 15	Substituição ou adopção de chuveiros	Substituição de chuveiros por outros de menor gasto de água
<b>Torneiras</b>		
Medida 16	Adequação da utilização de torneiras	Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios de água
Medida 17	Substituição ou adaptação de torneiras	Substituição de torneiras por outras de menor gasto de água

N.º	Designação da medida	Descrição sumária da medida
<b>Máquinas de lavar roupa</b>		
Medida 18	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar	Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 19	Substituição de máquinas de lavar roupa	Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água
<b>Máquinas de lavar louça</b>		
Medida 20	Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça	Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina
Medida 21	Substituição de máquinas de lavar louça	Substituição das máquinas por outras de menor gasto de água
<b>Urinóis</b>		
Medida 22	Adequação da utilização de urinóis	Garantir a regulação do volume em função do número de descargas
Medida 23	Adequação da utilização de urinóis	Melhoria do funcionamento através da instalação de sistemas de controlo automático
Medida 24	Substituição de urinóis	Substituição de dispositivos convencionais por outros mais eficientes
<b>Sistemas de aquecimento e refrigeração de ar</b>		
Medida 25	Redução de perdas e consumos em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar	Redução de consumos e perdas em sistemas de aquecimento e refrigeração de ar
<b>Usos exteriores</b>		
<b>Lavagem de pavimentos</b>		
Medida 26	Adequação de procedimentos na lavagem de pavimentos	Alteração dos hábitos dos utilizadores de modo a reduzir a quantidade de água
Medida 27	Utilização de limpeza a seco de pavimentos	Substituição de água por métodos de limpeza a seco
Medida 28	Utilização de água residual tratada na lavagem de pavimentos	Substituição de água por água residual devidamente tratada

### **2.3.5. Mecanismos de implementação**

Com o intuito de implementar as medidas estabelecidas e enumeradas algumas delas na Tabela 3, o PNUEA foi organizado em diferentes áreas programáticas, isto é:

- Medição e reconversão de equipamentos de utilização da água;
- Sensibilização, informação e educação;
- Documentação, formação e apoio técnico;
- Regulamentação técnica, normalização, rotulagem e certificação.

As áreas programáticas são entendidas como um conjunto de ações, que correspondem à agregação de mecanismos afins, direcionados para a implementação de um conjunto de medidas. As áreas programáticas estabelecidas visam a reconversão tecnológica e a adequação de comportamentos necessários à melhoria da eficiência do uso da água (APA, 2012).

## **2.4. Certificação e rotulagem de dispositivos**

### **2.4.1. Introdução**

Neste item será aprofundado o tema da certificação e rotulagem ANQIP para dispositivos hidráulicos.

A utilização de equipamentos eficientes situa-se numa das três vias para a redução efetiva do consumo de água potável, sendo elas:

- Económica;
- Sociológica;
- Técnica.

A via económica, em seu efeito mais simplista, abrange o aumento do preço da água ou a aplicação de multas para o consumo excessivo, ou prémios para o consumo reduzido, em relação ao consumo médio mensal da população. Este tipo de medida já foi utilizado entre os anos de 2014 e 2016 nas cidades que compõem a região da Grande São Paulo, no Brasil, que são abastecidas pelo reservatório de Cantareira-SP.

A via sociológica aborda a questão comportamental dos utilizadores por meio de sensibilização dos cidadãos para a importância da água no quotidiano e das medidas de eficiência hídrica e a informação ou formação neste domínio dos agentes que têm intervenção no setor (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Por fim a terceira e última via, técnica, será representada por meio da substituição dos aparelhos hidro-sanitários (p.e, torneiras, bacias de retrete e chuveiros) antigos e ineficientes por dispositivos atualizados, certificados e rotulados que consomem menos caudal e atendem o mesmo nível de conforto para o usuário.

A ANQIP, em confluência aos objetivos e metas definidos no PNUEA, estabeleceu um sistema de certificação e rotulagem de eficiência hídrica para produtos comercializados

em Portugal, embora os seus rótulos possam ser considerados e aceites noutros países (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017). A ANQIP optou também por um modelo voluntário, representando-se, na Figura 10, o rótulo ANQIP e na Figura 11 os rótulos genéricos que foram adotados (Pimentel-Rodrigues, 2008).

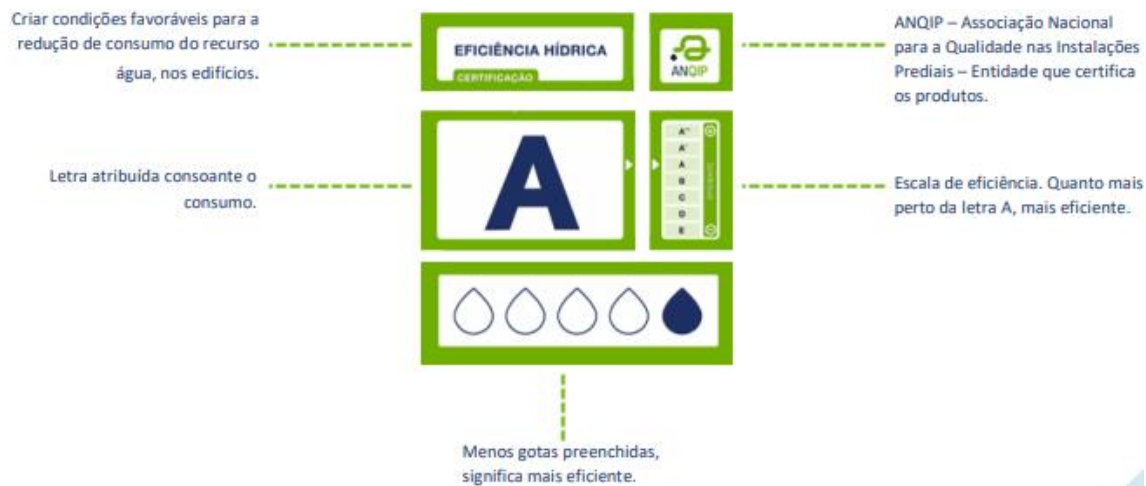


Figura 10- Descrição do rótulo ANQIP (ANQIP, 2019).



Figura 11- Rótulos genéricos de eficiência hídrica ANQIP (ANQIP, 2019).

Com enfoque no conforto das utilizações, alguns aspetos de saúde pública e a performance das redes prediais, a eficiência considerada ideal é representada na letra “A”. Há também a existência das classificações A+ e A++, a que correspondem dispositivos com eficiência muito elevada, porém com condicionantes de instalação ou de utilização, sendo, nestes casos, os rótulos gerais complementados com informações especiais, de acordo com a Especificação Técnica ANQIP (ETA) específica de cada produto (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O sistema de rotulagem da ANQIP, ao incluir os referidos avisos (ou informações especiais), mostra-se uma solução muito adequada, que não se observa noutros esquemas de rotulagem existentes a nível europeu ou mesmo mundial (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

O sistema de rotulagem norteia-se nas comissões técnicas da ANQIP que desenvolvem as especificações técnicas para os diversos produtos, estabelecendo os parâmetros de referência para atribuição a cada uma das classificações e também as condições de realização dos ensaios. Na **ETA 0802 – Regulamento do Sistema Voluntário ANQIP de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos** (ANQIP, ETA 0802, 2015), encontram-se as condições de adoção do sistema.

Referente ao sistema citado anteriormente entende-se por, produto tipo, cada uma das seguintes categorias:

- Bacias de descarga (autoclismos);
- Chuveiros e misturadores;
- Torneiras e fluxómetros;
- Outros dispositivos não especificados nos itens anteriores.

O item 8 da ETA 0802 é claro com relação à validade da rotulagem dos dispositivos, “A certificação ANQIP e a autorização de rotulagem terão uma validade de 5 anos”.

Já com relação às características e condições de utilização dos rótulos serão definidas e especificadas na **ETA 0803** - Rótulos de eficiência hídrica de produtos (ANQIP, ETA 0803, 2015).

A ANQIP desenvolveu as seguintes especificações técnicas referentes à certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos:

- **ETA 0802** – Regulamento do sistema voluntário ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos (ANQIP, ETA 0802, 2015);
- **ETA 0803** – Rótulos de eficiência hídrica de produtos. Características e condições de utilização (ANQIP, ETA 0803, 2015);
- **ETA 0804** – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a autoclismos de bacias de retrete (ANQIP, ETA 0804, 2015);
- **ETA 0805** – Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP de autoclismos de bacias de retrete (ANQIP, ETA 0805, 2015);
- **ETA 0806** – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a chuveiros e sistemas de duche (ANQIP, ETA 0806, 2015);
- **ETA 0807** – Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP chuveiros e sistemas de duche (ANQIP, ETA 0807, 2015);
- **ETA 0808** – Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros (ANQIP, ETA 0808, 2015);
- **ETA 0809** – Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros (ANQIP, ETA 0809, 2015).

#### **2.4.2. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica para autoclismos**

Os autoclismos das bacias de retrete representam um dos maiores consumos de água no ciclo predial em Portugal (Pimentel-Rodrigues, 2008), ficando clara a importância de instalação de dispositivos eficientes nas edificações.

A autorização de rotulagem, para a atribuição de classificação a um determinado produto, poderá ser feita de acordo com as categorias e tolerâncias apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a autoclismos (ANQIP, ETA 0804, 2015).

<b>Volume nominal</b>	<b>Tipo de descarga</b>	<b>Categoria de eficiência hídrica</b>	<b>Tolerância (Volume máximo- descarga completa)</b>	<b>Tolerância (Volume mínimo de descarga)</b>
4,0	Dupla descarga	A++	4,0 – 4,5	2,0 – 3,0
5,0	Dupla descarga	A+	4,5 – 5,5	3,0 – 4,0
6,0	Dupla descarga	A	6,0 – 6,5	3,0 – 4,0
7,0	Dupla descarga	B	7,0 – 7,5	3,0 – 4,0
9,0	Dupla descarga	C	8,5 – 9,0	3,0 – 4,5
4,0	Com interrupção de descarga	A+	4,0 – 4,5	-
5,0	Com interrupção de descarga	A	4,5 – 5,5	-
6,0	Com interrupção de descarga	B	6,0 – 6,5	-
7,0	Com interrupção de descarga	C	7,0 – 7,5	-
9,0	Com interrupção de descarga	D	8,5 – 9,0	-
4,0	Completa	A	4,0 – 4,5	-
5,0	Completa	B	4,5 – 5,5	-
6,0	Completa	C	6,0 – 6,5	-
7,0	Completa	D	7,0 – 7,5	-
9,0	Completa	E	8,5 – 9,0	-

A ANQIP estabeleceu, na ETA 0804, no seu item 11, para categorias de eficiência hídrica A+ e A++ ou ainda A em alguns casos, a obrigatoriedade de inclusão de rótulo de aviso relativo à necessidade de garantir a performance do conjunto e condições de drenagem compatíveis na rede predial (ANQIP, ETA 0804, 2015), adotando, por exemplo, pressões maiores que as mínimas.

Salienta-se que, para evitar equívocos de instalação dos aparelhos eficientes e de dimensionamento de redes no futuro, a ANQIP vem desenvolvendo diversos estudos experimentais em dispositivos eficientes, cujas conclusões se prevêem integradas na revisão do Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto.

Neste sentido, pode considerar-se, para um autoclismo de 4 litros (rotulagem A++), um ramal de DN 90 com inclinação próxima de 2%, ou, no caso de um autoclismo de 6 litros (rotulagem A+), uma inclinação igual ou superior a 1%, com DN 90 ou DN 110. As configurações com DN 90 consideram-se adequadas em edifícios residenciais, mas em edifícios públicos pode ser adotada a segunda configuração com DN 110 (Silva-Afonso, Bernardo, & Pimentel-Rodrigues, 2013).



### 2.4.3. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica para torneiras e fluxómetros

As torneiras são o dispositivo de utilização mais comum, quer em habitações quer em instalações coletivas. A frequência de uso, de difícil quantificação e com grande variação temporal e espacial, é bastante elevada. Esta variação também se verifica em termos de duração da utilização, a qual pode variar entre poucos segundos até vários minutos (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

A ETA 0808 apresenta, nos seus itens 1 e 2, os critérios para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios. Consideram-se no âmbito desta especificação técnica, os seguintes dispositivos ou conjuntos de dispositivos (ANQIP, ETA 0808, 2015):

- Torneiras de lavatório;
- Torneiras de cozinha;
- Fluxómetros de mictórios.

A atribuição de autorização de rotulagem a um determinado produto será feita de acordo com as categorias estabelecidas na Tabela 5, para torneiras de lavatório, na Tabela 6, para torneiras de cozinha, e na Tabela 7, para fluxómetros de mictórios.

*Tabela 5- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de lavatório (ANQIP, ETA 0808, 2015).*

<b>Caudal (Q) (L/min)</b>	<b>Torneiras de lavatório</b>	<b>Torneiras de lavatório com “eco-stop” ou arejador <sup>(1)</sup></b>	<b>Torneiras de lavatório com “eco-stop” e arejador <sup>(1)</sup></b>
$Q \leq 2,0$	A+	A++ <sup>(2)</sup>	A++ <sup>(2)</sup>
$2,0 \leq Q \leq 4,0$	A	A+	A++
$4,0 \leq Q \leq 6,0$	B	A	A+
$6,0 \leq Q \leq 9,0$	C	B	A
$9,0 \leq Q \leq 12,0$	D	C	B
$12,0 < Q$	E	D	C

<sup>(1)</sup> Entende-se como arejador uma ponteira que, através de emulsão de ar, permita uma utilização cómoda da torneira com baixo caudal. A utilização de ponteira pulverizadora (spray) ou de fluxo laminado, considera-se equivalente ao arejador.

<sup>(2)</sup> Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

*Tabela 6- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a torneiras de cozinha (ANQIP, ETA 0808, 2015).*

<b>Caudal (Q) (L/min)</b>	<b>Torneiras de cozinha</b>	<b>Torneiras de cozinha com “eco-stop” ou arejador <sup>(1)</sup></b>	<b>Torneiras de cozinha com “eco-stop” e arejador <sup>(1)</sup></b>
$Q \leq 4,0$	A+	A++ <sup>(2)</sup>	A++ <sup>(2)</sup>
$4,0 \leq Q \leq 6,0$	A	A+	A++
$6,0 \leq Q \leq 9,0$	B	A	A+

Caudal (Q) (L/min)	Torneiras de cozinha	Torneiras de cozinha com “eco-stop” ou arejador <sup>(1)</sup>	Torneiras de cozinha com “eco-stop” e arejador <sup>(1)</sup>
$9,0 \leq Q \leq 12,0$	C	B	A
$12,0 \leq Q \leq 15,0$	D	C	B
$15,0 < Q$	E	D	C

<sup>(1)</sup> Entende-se como arejador uma ponteira que, através de emulsão de ar, permita uma utilização cómoda da torneira com baixo caudal. A utilização de ponteira pulverizadora (spray) ou de fluxo laminado, considera-se equivalente ao arejador.

<sup>(2)</sup> Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

Tabela 7- Condição para atribuição de rótulos de eficiência hídrica em fluxómetros de mictórios (ANQIP, ETA 0808, 2015).

Volume de descarga (V) (litros)	Categoria de eficiência hídrica
$V \leq 1,0$	A++
$1,0 \leq V \leq 2,0$	A+
$2,0 \leq V \leq 4,0$	A
$4,0 \leq V \leq 6,0$	B
$6,0 \leq V \leq 8,0$	C
$8,0 \leq V \leq 10,0$	D
$10,0 < V$	E

#### 2.4.4. Certificação e rotulagem de eficiência hídrica a sistemas de duche

Os sistemas de duche e os chuveiros representam, em Portugal, mais de 30% da média diária do consumo doméstico. A eficiência hídrica, neste âmbito, também reduz de forma considerável o consumo energético utilizado no aquecimento do sistema de água quente do edifício (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

A ETA 0806 esclarece os critérios para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a chuveiros e sistemas de duche. Consideram-se no âmbito desta especificação técnica citada anteriormente, os seguintes dispositivos ou conjuntos de dispositivos (ANQIP, ETA 0806, 2015):

- Chuveiro (cabeça de duche), isoladamente;
- Sistema de duche (torneiras de duche equipadas com bicha e cabeça de duche amovível ou fixa).

De acordo Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017), “Em relação às banheiras, entendeu-se que as torneiras não devem ser classificadas, dado que o consumo de água depende do volume da banheira que se pretende encher e não do caudal do dispositivo”.

Os interruptores de caudal colocados a jusante da torneira poderão ser equiparados a “eco-stop” para efeitos de aplicação da Tabela 8, desde que o produto seja acompanhado de avisos sobre a necessidade de existirem válvulas de retenção ou sistemas equivalentes

que impeçam a comunicação direta entre redes (água quente e água fria) durante a interrupção do escoamento (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Tabela 8- Condições para atribuição dos rótulos de eficiência hídrica a chuveiros e sistemas de duche (ANQIP, ETA 0806, 2015).

Caudal (L/min)	Chuveiro	Sistemas de duche	Sistema de duche com torneira termoestática ou “eco-stop”	Sistema de duche com torneira termoestática e “eco- stop”
$Q \leq 5,0$	A+	A+	A++ <sup>(1)</sup>	A++ <sup>(1)</sup>
$5,0 \leq Q \leq 7,2$	A	A	A+	A++
$7,2 \leq Q \leq 9,0$	B	B	A	A+
$9,0 \leq Q \leq 15,0$	C	C	B	A
$15,0 \leq Q \leq 30,0$	D	D	C	B
$30,0 < Q$	E	E	D	C

<sup>(1)</sup> Não se considera de interesse a utilização de eco-stop nestes casos.

## 2.4.5. Outros sistemas de rotulagem

A certificação e rotulagem ANQIP é um dos sistemas mais antigos da Europa (lançado em 2008), considerando o risco de escassez de água no País e as recomendações do PNUEA (APA, 2012). Na Europa, o sistema de rotulagem mais difundido é o *Water Label*, que é baseado apenas no caudal (ou volume) e não inclui redutores de caudal (Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2014), e cujo rótulo é exemplificado na Figura 12.

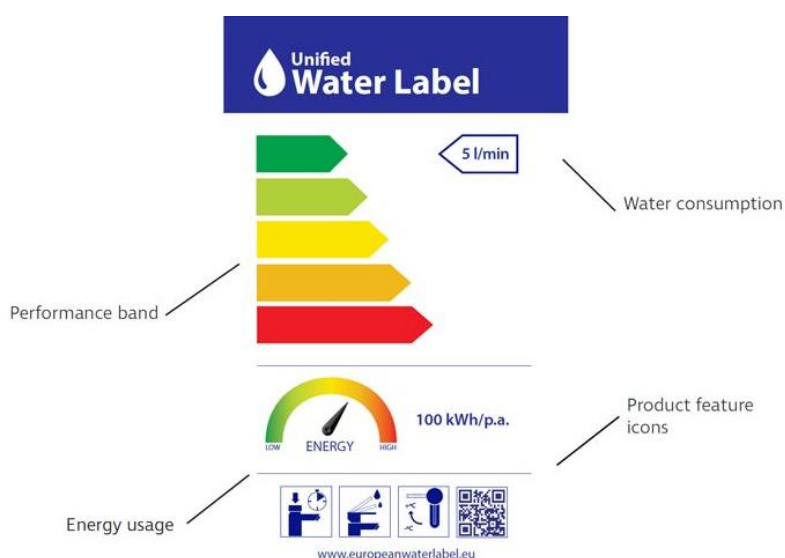


Figura 12- Rotulagem Water Label (Label, 2019).

## 2.5. Legislação em vigor em Portugal para os sistemas prediais de água

Nas subsecções 2.5.1 e 2.5.2, são apresentadas as regras de dimensionamento dos sistemas prediais de distribuição de água e de drenagem de águas pluviais, em vigor em Portugal.

### 2.5.1. Dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água

A constituição, instalação e dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água implica o conhecimento de algumas prescrições de carácter técnico-regulamentar, bem como de uma metodologia de cálculo adequada (Pedroso, 2016).

#### 2.5.1.1. Caudais instantâneos e de cálculo

Os caudais instantâneos são os caudais necessários e suficientes que deverão chegar aos diferentes dispositivos de utilização, tendo em atenção as suas características particulares. Os caudais instantâneos mínimos a adotar no dimensionamento dos sistemas de distribuição deverão ser os apresentados no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto e em Pedroso (2016), com exceção dos casos em que os fabricantes dos respetivos dispositivos recomendem caudais de valor superior àqueles. A título de exemplo, para o caso dos dispositivos **Autoclismo de bacia de retrete (Br)** e **Urinol com fluxómetro (Mif)**, os caudais mínimos a adotar são de **0,10 L/s** e **0,50 L/s**, respetivamente.

Os caudais de cálculo (1) traduzem-se pelo somatório dos caudais instantâneos (caudais de cálculo), afetado de um coeficiente, que expressa a probabilidade dessa ocorrência, e que se designa por coeficiente de simultaneidade (Pedroso, 2016):

$$Q_c = x \cdot Q_a \quad (1)$$

em que:

$Q_c$ : Caudal de cálculo (L/s);

$x$ : Coeficiente de simultaneidade;

$Q_a$ : Caudal acumulado (L/s).

Tendo como base a regulamentação aplicável, os coeficientes de simultaneidade poderão ser obtidos por via analítica ou gráfica (resultante de dados estatísticos). O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto apresenta uma curva (Figura 13) que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, permite a obtenção direta dos caudais de cálculo a partir do caudal acumulado (somatório dos caudais instantâneos), considerando um nível de conforto médio. Esta legislação apresenta ainda duas outras curvas que se aplicam a níveis de conforto elevado e mínimo, tendo em conta os níveis de desempenho pretendidos para o sistema considerado.

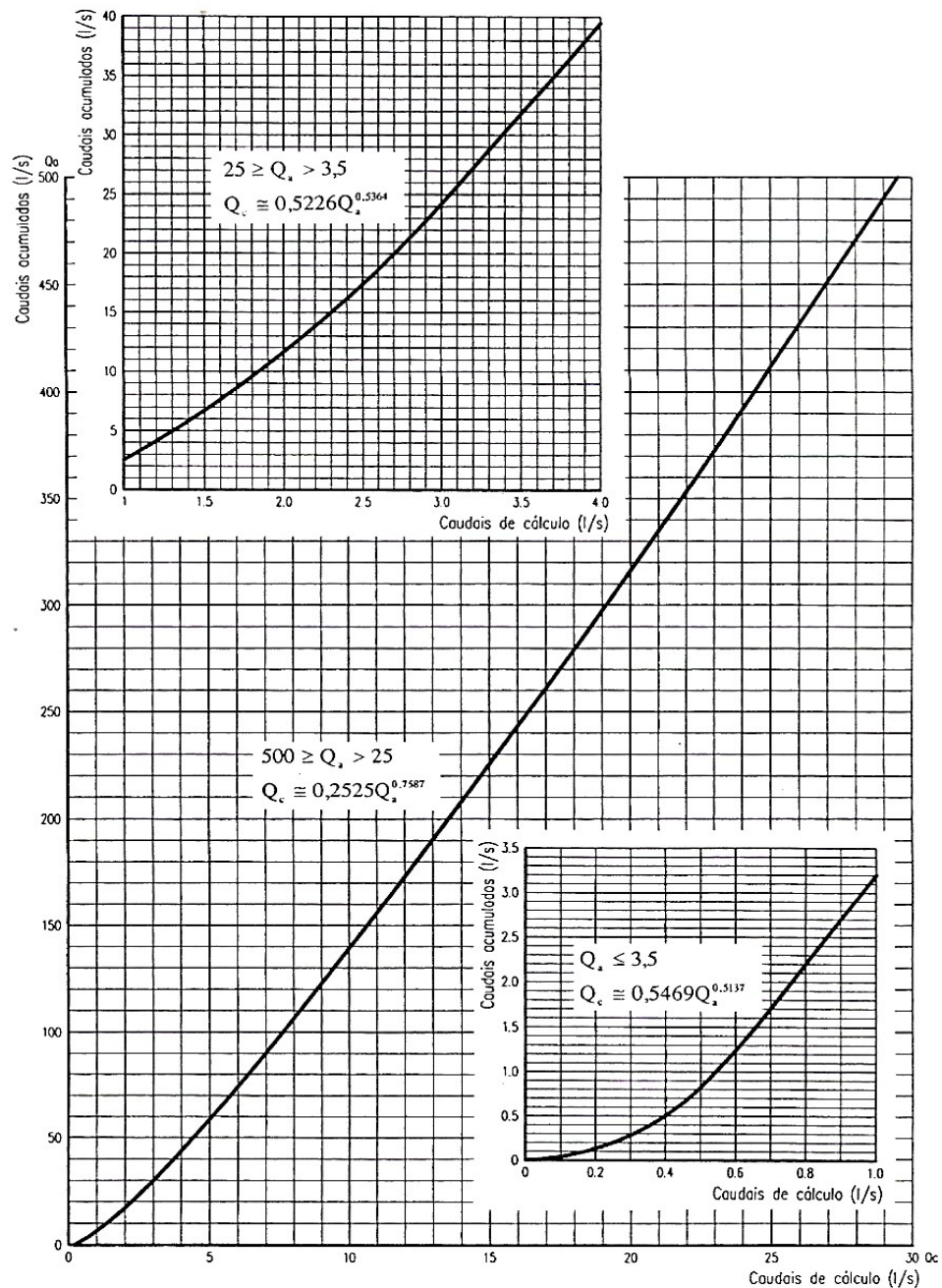


Figura 13- Caudais de cálculo, em função dos caudais acumulados (nível de conforto médio) (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

### 2.5.1.2. Tubagens, pressões de serviço, velocidades de escoamento, diâmetros e perdas de carga

O dimensionamento das tubagens é feito em função do caudal de água a assegurar nos dispositivos de utilização, do seu dimensionamento, da altura de distribuição, da pressão mínima a assegurar nos dispositivos e do material constituinte das tubagens (Pedroso, 2016).

As pressões de serviço nos dispositivos de utilização devem situar-se entre 50 kPa e 600 kPa. O Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto recomenda que, por razões de conforto e durabilidade das tubagens, aquelas pressões oscilem entre 150 kPa e 300 kPa.

As velocidades de escoamento deverão variar entre 0,5 m/s e 2,0 m/s, também por razões de conforto e durabilidade das tubagens, dado que a maioria dos ruídos nas canalizações se devem a velocidades de escoamento do fluido elevadas, as quais dão lugar à produção de vibrações (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

A determinação dos diâmetros e perdas de carga contínuas das tubagens, resultantes fundamentalmente das características do fluido, neste caso da água, e das paredes das tubagens, poderá ser feita através da Equação da Continuidade (2) e da fórmula de Flamant (3) (Pedroso, 2016).

$$Q = v \cdot s \quad (2)$$

em que:

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s);

$v$ : Velocidade de escoamento (m/s);

$s$ : Secção de passagem do fluido escoado (m<sup>2</sup>).

$$J = 4b \cdot v^{7/4} \cdot D^{-5/4} \quad (3)$$

em que:

$J$ : Perda de carga unitária (m/m);

$b$ : fator caracterizador da rugosidade do material;

$v$ : Velocidade de escoamento (m/s);

$D$ : Diâmetro (m);

De acordo com Pedroso (2016), para além das perdas de carga ocorridas ao longo das tubagens, existem outras provocadas pelas singularidades existentes (por exemplo, válvulas, joelhos, entre outras). A perda de carga de percurso das tubagens deverá ser acrescida com as perdas de carga referentes a cada uma das singularidades existentes. Um incremento de 20% às perdas de carga de percurso é um valor que, para casos correntes, traduz a incidência de perdas de carga provocadas pelas singularidades existentes nas tubagens. Nos casos em que se verifique ser a incidência de singularidades demasiado significativa, face às dimensões da rede, os valores das perdas de carga localizadas poderão ser determinados pelo Método dos Comprimentos Equivalentes, o qual se baseia no princípio de que cada singularidade provoca perda de carga igual à que produziria um determinado comprimento de tubagem com o mesmo diâmetro.

Desta forma, conhecidas as perdas de carga totais no troço de tubagem que conduz a água da rede pública até ao ponto  $x$  considerado, a pressão disponível nesse ponto obtém-se através da expressão (4) (Pedroso, 2016):

$$P_x = P_d - Z_n - \Delta H_T \quad (4)$$

em que:

$P_x$ : Pressão disponível no ponto considerado (m.c.a.);

$P_d$ : Pressão disponível na rede pública de distribuição, à entrada do edifício (m.c.a.);

$Z_n$ : Diferença de cota entre o ponto  $x$  e a rede pública de distribuição (m);

$\Delta H_T$ : Perdas de carga totais (m.c.a.).

### 2.5.1.3. Dimensionamento de bombas

Quando as condições de pressão e de caudal na rede pública de distribuição não assegurarem um correto desempenho funcional dos dispositivos de utilização instalados nas edificações, ter-se-á de recorrer à utilização de meios que possibilitem a obtenção dessas mesmas condições (Pedroso, 2016). A correção deste tipo de deficiências na distribuição predial de água é feita pelo uso nos edifícios de instalações elevatórias e sobrepessoras.

Assim, a potência de uma bomba tem de ser superior à que esta cede ao escoamento, devido às perdas nas transformações de energia em presença (Pedroso, 2016). Seja  $H_e$  a carga à entrada na bomba, a qual traduz o trabalho exterior fornecido pelo motor,  $H_s$  a carga à saída da bomba, a qual traduz o ganho energético do líquido na sua passagem pela bomba, e  $\eta$  o rendimento da bomba, o qual traduz a relação entre a potência ganha e a do motor e assume sempre valores inferiores à unidade.

Tem-se assim que a diferença entre  $H_s$  e  $H_e$  corresponderá ao ganho de pressão que o líquido sofrerá na sua passagem pela bomba, o qual irá ser representado por  $H_{TOTAL}$ , donde a potência da bomba será expressa por (5):

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{TOTAL}}{\eta} \quad (5)$$

em que:

$P$ : Potência (W);

$\gamma$ : Peso volúmico (N/m<sup>3</sup>);

$Q$ : Caudal bombeado (m<sup>3</sup>/s);

$H_{TOTAL}$ : Altura total (m);

$\eta$ : Rendimento da bomba.

A altura manométrica representa o ganho de pressão que o líquido sofre na sua passagem pela bomba. O elemento de bombagem terá, pois, de fornecer ao líquido, para que este possa executar o trabalho referente ao deslocamento do seu peso entre duas posições

definidas, a energia que lhe possibilite transpor as resistências que se opõem a esse deslocamento (Pedroso, 2016).

Calculam-se assim, a altura manométrica de aspiração (6), a qual corresponde à diferença entre a altura que representa a pressão atmosférica e a pressão à entrada da bomba e a altura manométrica de compressão (8), a qual corresponde à diferença entre a altura representativa da pressão à saída da bomba e a representativa da pressão atmosférica (Pedroso, 2016):

$$H_a = Z_a + \frac{v^2}{2g} + \Delta H_a \quad (6)$$

em que:

$H_a$ : Altura manométrica de aspiração (m);

$Z_a$ : Desnível geométrico entre a superfície do líquido e a entrada na bomba (m);

$v$ : Velocidade do líquido à entrada na bomba (m/s);

$\Delta H_a$ : Perda de carga na tubagem de aspiração (m).

Na prática, normalmente despreza-se a parcela  $v^2/2g$ , devido à sua fraca influência no resultado final.

$$H_c = Z_c + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \Delta H_c \quad (7)$$

em que:

$H_c$ : Altura manométrica de compressão (m);

$Z_c$ : Desnível geométrico entre a saída da bomba e a saída do troço de compressão (m);

$v_1$ : Velocidade do líquido à saída da bomba (m/s);

$v_2$ : Velocidade do líquido à saída do troço de compressão (m/s);

$\Delta H_c$ : Perda de carga na tubagem de compressão (m).

Se  $v_1$  for igual a  $v_2$ , virá:

$$H_c = Z_c + \Delta H_c \quad (8)$$

Por fim, através do somatório das alturas manométricas de aspiração e de compressão, obtém-se a altura manométrica total (9):

$$H = H_a + H_c \quad (9)$$



## 2.5.2. Dimensionamento de sistemas prediais de drenagem de águas pluviais

A constituição, instalação e dimensionamento de sistemas prediais de distribuição de água implica o conhecimento de algumas prescrições de caráter técnico-regulamentar, bem como de uma metodologia de cálculo adequada (Pedroso, 2016).

### 2.5.2.1. Caudais de cálculo

Os caudais de cálculo deverão ser obtidos com base em curvas de intensidade, duração, frequência (Pedroso, 2016), que fornecem os valores das médias das intensidades máximas de precipitação, para as diferentes regiões pluviométricas (Figura 14), adotando para o efeito um período de retorno mínimo de 5 anos, para uma duração de precipitação de 5 minutos (Regiões A, B e C – Precipitação: 1,75 L/min.m<sup>2</sup>, 1,40 L/min.m<sup>2</sup> e 2,10 L/min.m<sup>2</sup>, respetivamente).

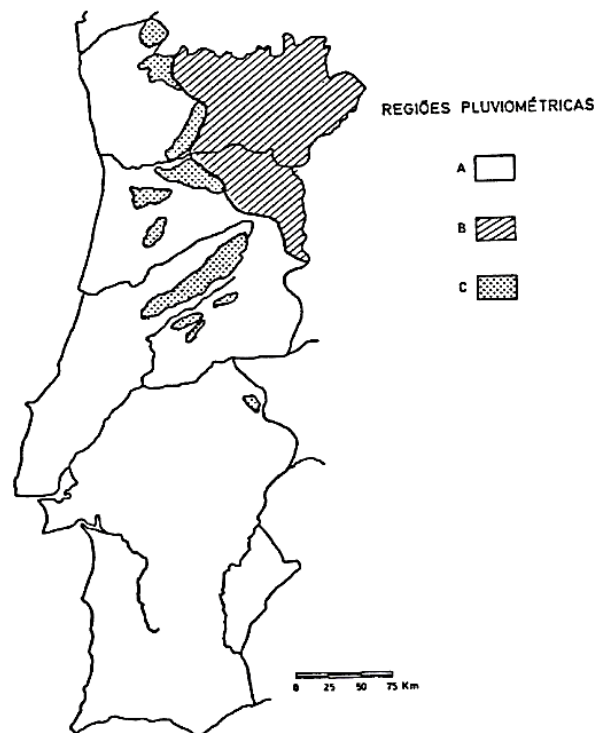


Figura 14- Regiões pluviométricas (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).

De referir que, as curvas são obtidas com base no tratamento estatístico de registos udográficos recolhidos para as diferentes regiões pluviométricas consideradas, através da expressão (10):

$$I = a \cdot t^b \quad (10)$$

em que:

I: Intensidade de precipitação (mm/h);

$t$ : Duração da precipitação (min);

$a, b$ : Constantes dependentes do período de retorno.

As constantes  $a$  e  $b$  são obtidas por ajustamento das curvas aos valores dos registos. A Tabela 8 refere os valores obtidos nos ajustamentos para períodos de retorno de 5 anos. Períodos de retorno de 10, 20, 50 e 100 são ainda mencionados no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto.

*Tabela 9- Valores dos parâmetros  $a, b$  (Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto).*

Período de retorno (anos)	A		B		C	
	a	b	a	b	a	b
5	259,26	-0,562	207,41	-0,562	311,11	-0,562

Neste sentido, determinada a intensidade de precipitação, o caudal de cálculo é determinado de acordo com a expressão (11):

$$Q = C \cdot I \cdot A \quad (11)$$

em que:

$Q$ : Caudal de cálculo (L/min);

$C$ : Coeficiente de escoamento;

$I$ : Intensidade de precipitação (L/min.m<sup>2</sup>);

$A$ : Área a drenar em projeção horizontal (m<sup>2</sup>).

### 2.5.1.2. Caleiras e algerozes, tubos de queda, coletores prediais e ramais de ligação

A altura da lâmina líquida no interior das caleiras e dos algerozes não deve ultrapassar 7/10 da altura da sua secção transversal, salvo se for assegurado que, em caso de transbordo, este não se dará para o interior do edifício. As inclinações das caleiras e algerozes deverão oscilar entre 2 e 15 mm/m, sendo recomendada a adoção de valores entre 5 e 10 mm/m. A secção das caleiras pode ser determinada recorrendo à fórmula de Manning-Strickler (12) ou através da tabela referida em Pedroso (2016).

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (12)$$

em que:

$Q$ : Caudal (m<sup>3</sup>/s);

$K_s$ : Rugosidade da tubagem (m<sup>1/3</sup>/s);

$A$ : Secção de passagem ocupada pelo fluido (m<sup>2</sup>);

$R_h$ : Raio hidráulico (m);

$i$ : Inclinação (m/m).

O diâmetro dos tubos de queda não deverá ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramais de descarga que para ele confluem, com um mínimo de 50 mm e deve preferencialmente ser constante ao longo de todo o seu desenvolvimento (Pedroso, 2016).

Para um escoamento normal, quando se processa em descarregador, o caudal escoado é dado pela expressão (13):

$$Q = \left( \alpha + \beta \frac{H}{D} \right) \pi \cdot D \cdot H \sqrt{2gH} \quad (13)$$

em que:

$Q$ : Caudal escoado ( $m^3/s$ );

$H$ : Carga no tubo de queda (m);

$D$ : Diâmetro interior do tubo de queda (m);

$g$ : Aceleração da gravidade ( $m/s^2$ );

$\alpha = 0,453$  (entrada em aresta viva no tubo de queda) ou  $0,578$  (entrada cônica no tubo de queda);  $\beta = 0,350$ .

A expressão (13) poderá ser utilizada para a determinação dos diâmetros dos tubos de queda sempre que:

- O tubo de queda tenha um comprimento  $L \geq 0,04D$  (m) e entrada em aresta viva;
- O tubo de queda tenha um comprimento  $L \geq 1$  m e entrada cônica;
- Sem quaisquer restrições, quando o tubo de queda não possua acessórios na base que introduzam sinuosidades.

Também pode ser obtido utilizando tabelas apresentadas em Pedroso (2016).

Em relação aos coletores prediais, é relevante referir algumas regras referentes à sua conceção, tal como mencionado em Pedroso (2016):

- O traçado destas tubagens deverá ser constituído por troços retilíneos, quer em planta, quer em perfil;
- Quando enterradas, estas tubagens deverão ser dotadas de câmaras de inspeção no seu início, nas mudanças de direção, nas mudanças de inclinação, nas alterações de diâmetro e nas confluências, de forma a possibilitar eventuais operações de manutenção e limpeza (Figura 15);

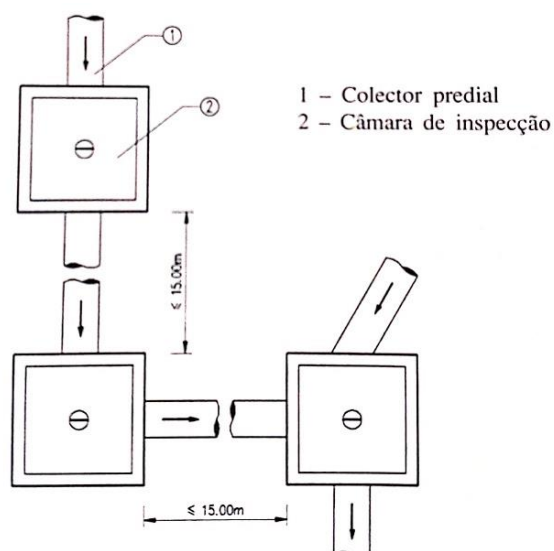


Figura 15- Coletores prediais enterrados (Pedroso, 2016).

- Quando instaladas à vista e garantido o seu acesso, as câmaras de inspeção poderão dar lugar a curvas de transição, forquillas, reduções e bocas de limpeza, posicionadas de tal modo que possibilitem as eventuais operações de manutenção e limpeza (Figura 16).

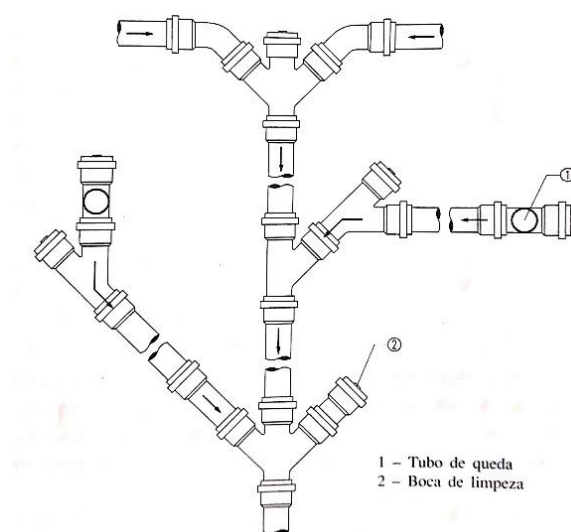


Figura 16 – Coletores instalados à vista (Pedroso, 2016).

- O afastamento máximo entre câmaras de inspeção ou bocas de limpeza consecutivas deverá ser de 15 m;
- Estas tubagens poderão ser instaladas à vista, enterradas, em caleiras, galerias ou tetos falsos;
- Na opção dos percursos a seguir pelos elementos de tubagem, sempre que possível e que tal não ponha em causa o seu correto desempenho funcional, deverá optar-se pelos de menor dimensão, conduzindo a custos mais baixos, bem como a menores tempos de retenção das águas nas tubagens;

- No atravessamento de elementos estruturais deverá ficar garantida a sua não solidarização com esses elementos, através da interposição entre ambos de material que assegure que isso não se verificará;
- Em caso algum estas tubagens se deverão desenvolver sob elementos de fundação, em zonas inacessíveis, ou ser embutidas em elementos estruturais.

O diâmetro dos coletores prediais não deve ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem, com um mínimo de 100 mm e as inclinações devem estar compreendidas entre 5 e 40 mm/m, sendo aconselhável não utilizar valores inferiores a 10 mm/m. Os coletores podem ser dimensionados para um escoamento a secção cheia. O diâmetro interior dos coletores prediais é calculado através da expressão (12), ou através da tabela apresentada em Pedroso (2016).

Relativamente ao diâmetro dos ramais de ligação prediais, este não deve ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações que para ele confluem, com um mínimo de 125 mm. As inclinações não deverão ser inferiores a 10 mm/m, sendo aconselhável que se situe entre 20 e 40 mm/m. Podem ser dimensionados para um escoamento a secção cheia, desde que o ramal se destine única e exclusivamente ao transporte de águas pluviais ou equiparadas. O diâmetro interior é calculado da mesma forma que os coletores prediais (Pedroso, 2016).

## **2.6. Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios**

A água potável, é um recurso fundamental para a manutenção da vida no planeta. Com padrões de consumo elevados, deterioração dos corpos hídricos e crescimento populacional exponencial, a escassez de água potável tornou-se uma realidade na maioria dos continentes, exigindo assim a procura da redução do consumo de água, bem com a procura de fontes alternativas para o abastecimento. Uma das possíveis soluções para aumentar a oferta de água é o Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP).

Em zonas isoladas ou descentralizadas, o aproveitamento das águas pluviais apresenta grandes possibilidades de uso, uma vez que esta é captada junto ao local onde será consumida. A captação da água da chuva é feita através de estruturas já existentes podendo ser armazenada em reservatórios ou cisternas e ser utilizada com pouco ou mesmo nenhum tratamento (Lamberts, Ghisi, Pereira, & Batista, 2010).

Esta alternativa apresenta-se eficiente, uma vez que, além de reduzir o consumo de água potável, ainda surge como uma boa ação no combate às enchentes, funcionando como uma medida auxiliar no sistema de drenagem urbana. Os sistemas de aproveitamento de água pluvial são formados basicamente por:

- Área de captação (geralmente coberturas);
- Os componentes de transporte (calhas e condutores verticais);
- O reservatório.

O tratamento na qualidade da água será necessário dependendo do fim que se deseja dar a esta água.

Contudo, o SAAP pode apresentar desvantagens, tais como:

- A dependência de precipitação no local;
- Instalação de uma nova rede de abastecimento;
- Perigo de contaminação (caso a água não seja armazenada de forma adequada);
- Capacidade de armazenamento reduzida, que pode restringir o volume de água recolhida.

### **2.6.1. Especificações técnicas para os sistemas de aproveitamento de águas pluviais**

A execução/instalação e certificação de SAAP em Portugal devem obedecer às condições estabelecidas em duas especificações técnicas desenvolvidas pela ANQIP. Uma vez que este tipo de sistemas ainda não é muito aplicado em Portugal, estas especificações são um apoio importante ao desenvolvimento dos SAAP de uma forma estruturada e mais adequada.

A **ETA 0701** (ANQIP, ETA 0701, 2015), estabelece critérios técnicos para a realização de SAAP em edifícios, para outros fins que não o consumo humano.

- **Referências legais e normativas**

Num âmbito geral, a conceção, a instalação e a exploração dos SAAP devem respeitar as legislações, as regulamentações e as normas nacionais e europeias existentes e aplicáveis a estas instalações ou a qualquer um dos seus componentes, como também respeitar as normas e regulamentos aplicáveis relativos a ruído e vibrações.

A ETA 0701 ainda estabelece que em no seu item 2.2 “Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) devem ser objeto de um projeto técnico, cuja elaboração deve respeitar, nas partes aplicáveis, as exigências da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de julho”.

Em seu item 2.3 determina-se que “Relativamente a caleiras, saídas e tubos de descarga, devem ser atendidas, nas partes aplicáveis, as disposições do Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto ou da Norma Europeia EN 12056-3”.

- **Aspetos gerais de certificação**

A ETA 0701 esclarece apenas que a concepção e a instalação dos SAAP apenas devem ser feitas por técnicos ou empresas competentes e que devem ficar asseguradas as acessibilidades necessárias para que todas as ações de manutenção e controle possam ser feitas de forma adequada e fácil.

Por razões técnicas e de saúde pública, é recomendável, porém não obrigatório, a certificação das instalações (Certificação ANQIP de Instalações SAAP) nos termos da ETA 0702 (ANQIP ETA 0702, 2015).

- **Prescrições técnicas**

- **Pluviosidade de cálculo**

- Deve recorrer-se a séries históricas oficiais correspondentes a períodos de tempo não inferiores a 10 anos;
- O dimensionamento do reservatório considera-se adequado quando executado com base nas pluviosidades médias mensais;
- A especificação técnica estabelece ainda que, no dimensionamento das cisternas, “Os valores das intensidades máximas deverão ser utilizados para cálculo da capacidade hidráulica da filtragem. O cálculo destes valores pode ser feito recorrendo ao Anexo IX do Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto. Os períodos de retorno devem ser fixados tendo em atenção as condições locais, recomendando-se, nos casos habituais, o valor de 5 anos”;
- A ETA 0701 ainda refere que as pluviosidades médias mensais em diversas estações do país podem ser obtidas no site do SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (Dados Sintetizados/Recursos Hídricos/Boletim de Precipitação/Precipitação Média Mensal), como também do IPMA.

- **Desvio das primeiras águas**

Diante das extensas estiagens do verão de Portugal, recomenda-se que seja instalado um dispositivo para desvio do escoamento inicial (*first-flush*), com preferência a dispositivos com funcionamento automático (ANQIP, ETA 0701, 2015).

A ETA 0701 ainda esclarece que o volume das primeiras águas a desviar pode ser determinado com base na área da cobertura e numa altura de precipitação pré-estabelecida (entre 0 e 8 mm), conforme as condições locais, as utilizações e os intervalos entre precipitações. Pode também definir-se com base no critério tempo, desviando um volume mínimo correspondente a 10 minutos de precipitação, havendo a possibilidade de assumir valores mais baixos em função do intervalo entre precipitações.

Porém na ausência de dados, a ETA 0701 recomenda que seja feito o desvio de um volume mínimo igual a 2 mm de precipitação, podendo adotar-se um valor inferior em casos justificados.

O volume a desviar será dado pela equação (14):

$$V_d = P \times A \quad (14)$$

em que:

$V_d$ : Volume a desviar do sistema (L);

$P$ : Altura de precipitação a desviar (mm);

$A$ : Área de captação (m<sup>2</sup>).

○ **Volume de água aproveitada**

O volume de água da chuva a aproveitar num determinado período pode ser determinado pela equação (15):

$$V_a = C \times P \times A \times \eta_f \quad (15)$$

em que:

$V_a$ : Volume anual de água da chuva aproveitável (L);

$C$ : Coeficiente de escoamento (relação entre o volume captado e o volume total de precipitação em um determinado período de tempo, tendo em atenção as retenções, absorções e desvios das primeiras águas);

$P$ : Altura de precipitação acumulada no período considerado (mm);

$A$ : Área de captação (m<sup>2</sup>);

$\eta_f$ : Eficiência hidráulica da filtragem.

Quando o dimensionamento da cisterna for feito com base nas pluviosidades médias mensais, recomenda-se que sejam adotados os valores de  $C$  indicados na Tabela 10.

*Tabela 10 - Valores recomendados para o coeficiente de escoamento  $C$  (ANQIP, ETA 0701, 2015).*

<b>Tipo de cobertura</b>	<b>Valor de <math>C</math> a considerar quando o dimensionamento da cisterna seja feito com base nas pluviosidades médias mensais</b>	<b>Valor médio de <math>C</math> a considerar para a pluviosidade anual</b>
Coberturas impermeáveis (telha, betão, etc.)	0,70 – 0,90	0,70 – 0,90
Coberturas verdes intensivas, sem rega (espessura e > 150 mm)	De acordo com estudo experimental	≤ 0,30
Coberturas verdes extensivas, sem rega (espessura e ≤ 150 mm)	De acordo com estudo experimental	≤ 0,50

De acordo a ETA 0701, no seu item 4.3.3 “Em filtros com manutenção e limpeza regulares pode ser admitida uma eficiência hidráulica ( $\eta_f$ ) de **0,9**, a menos que as suas características recomendem a adoção de outro valor”.

○ **Filtros e Cisternas**

A ETA 0701 esclarece que “As cisternas deverão ser dotadas de filtro a montante (para o qual se recomenda uma malha entre 0,2 mm e 0,8 mm) e de descarga de superfície (com



sifão)”. As águas da chuva oriunda da descarga do excesso de água, das primeiras águas e do filtro poderão ser lançadas na rede de águas pluviais, infiltradas ou lançadas em linha de água natural, desde que não exista a possibilidade de contaminação.

De acordo a ETA 0701, as cisternas podem ser constituídas por qualquer material que assegure as necessárias condições estruturais, não poroso e que não propicie reações químicas com a água. Devem ser cobertas, ventiladas e permitir a inspeção, respeitando todas as normas de segurança. Se as cisternas forem colocadas no exterior, devem ser preferencialmente enterradas, afim de evitar congelamento, a uma profundidade mínima de 1 metro. A aspiração da bomba deve também ser realizada em baixa velocidade e, sempre que possível, entre 10 e 15 cm abaixo do nível de água na cisterna recomendando-se uma tomada de água flutuante. Deve, também, ser instalado um sistema de corte no início do sistema, de modo a que, o sistema possa ser desconectado, quando sejam utilizados ou derramados (de forma proposital ou acidentalmente) produtos potencialmente nocivos para a saúde humana na área de captação, impedindo assim a entrada desses produtos na cisterna.

### 2.6.1.1. Dimensionamento do reservatório

Os reservatórios devem ser dimensionados respeitando critérios económicos, técnicos e ambientais, utilizando-se sempre a s boas práticas da engenharia.

A ETA 0701 esclarece no seu item 4.5.1 que “Recomenda-se que o volume total ( $V_t$ ) seja, no mínimo, superior em 20% ao volume útil ( $V_u$ ), para ter em atenção o volume morto e a profundidade da boca de captação”. Para efeitos de dimensionamento, admite-se que a retenção da água captada possa ser prolongada até um máximo de 90 dias, sendo o ideal entre 20 e 30 dias, desde que as condições de armazenamento sejam adequadas.

Em edifícios residenciais de pequena ou média dimensão e com uma estrutura de consumos relativamente uniforme ao longo do tempo, o reservatório pode ser pré-dimensionado através de métodos simplificados.

- **Método Simplificado**

$$V = \text{Min} \{V_1 \text{ ou } V_2\} \quad (16)$$

em que:

$$V_1 = 0,0015 \times P \times A \times N \quad (17)$$

e

$$V_2 = 0,003 \times U \times C_{AE} \times N \quad (18)$$

em que:

$V_1$  e  $V_2$ : Volumes aproveitáveis (litros);

*P*: Pluviosidade média anual no local da instalação (mm) (Poderá ser consultada no Anexo 2 da ETA 0701);

*A*: Área de captação (m<sup>2</sup>);

*N*: Número máximo de dias de retenção da água na cisterna;

*V*: Volume consumido (litros);

*U*: Número de habitantes, utentes ou operários;

*C<sub>AE</sub>*: Consumo anual estimado (litros).

De acordo a ETA 0701 a aplicação de métodos mais complexos é recomendada quando:

- O sistema é de grandes dimensões;
- A estrutura de consumos não é uniforme;
- Pretende-se verificar o funcionamento e necessidades de suprimento de um reservatório pré-dimensionado por métodos simplificados;
- Se pretende otimizar o volume do reservatório, tendo em atenção os suprimentos.

Generalizando, são métodos tradicionais de otimização de volumes de reservatórios, através de diferenças mensais, exigindo como pré-requisito o conhecimento do diagrama de consumos e das precipitações locais (ANQIP, ETA 0701, 2015). Tais métodos serão elucidados na **subsecção 2.6.2**.

Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) apresentam um mapa auxiliar de cálculo que pode ser adotado para efeitos de dimensionamento do sistema, permitindo a determinação das necessidades de suprimento face ao volume adotado para a cisterna.

#### ○ **Instalações Prediais**

Com relação às instalações prediais de SAAP a especificação técnica determina que devem ser calculadas utilizando-se os critérios existentes para o dimensionamento do sistema de abastecimento de água potável.

A ETA 0701 sugere a utilização de tubos da cor púrpura para a rede de água não potável afim de diferenciá-la da rede de água potável. Pode também haver esta diferenciação por meio de fita adesiva colorida, preferencialmente com texto “Água não potável”, “Água da chuva” ou outro equivalente.

Os dispositivos de rega ou lavagem, interiores ou exteriores, devem estar sinalizados com advertências similares às indicadas anteriormente, acompanhadas de simbologia adequada presente no Anexo 4 da ETA 0701.

### ○ Usos e qualidade da água

A água da chuva pode ter, entre outros, os seguintes usos:

- Descargas em bacias de retrete;
- Lavagem em máquinas de lavar roupa;
- Lavagem de pavimentos, automóveis, entre outros;
- Rega de zonas verdes;
- Outros usos (torres de arrefecimento, redes de incêndio, AVAC, entre outros).

Relativamente à qualidade da água para usos domésticos esta especificação técnica indica, entre outros, os seguintes pontos:

Ponto 4.7.2. da ETA 0701 “Os SAAP realizados de acordo com a presente Especificação Técnica proporcionam tratamentos básicos de filtração (no filtro de montante) e de sedimentação (na cisterna). Poderão ainda ocorrer na cisterna processos de precipitação e/ou decomposição biológica, com efeito geralmente favorável na qualidade da água”.

Ponto 4.7.4. da ETA 0701 “...no caso das descargas de autoclismos, recomenda-se ainda que seja colocado um aviso aconselhando o fechamento do tampo antes da descarga”.

Ponto 4.7.8. da ETA 0701 “Nas regiões e nas épocas com libertação significativa de pólen, deve conceber-se a cisterna e o *overflow* de modo a que se verifiquem transbordamentos regulares que permitam o arrastamento da camada flutuante que se forma nestas situações”.

Ponto 4.7.10. da ETA 0701 “Caso o pH da água seja superior a 8,5 ou inferior a 6,5, pode ser necessário ou conveniente efetuar a sua correção de pH, em função dos materiais utilizados na instalação e/ou das utilizações previstas para a água da chuva”.

Por fim é de extrema importância haver um controlo da qualidade da água na cisterna com intervalos de tempo máximos de seis meses, os quais poderão ser alargados até um ano, caso a rede pública de água potável seja o único suprimento neste período, como bem elucidado pelo item 4.7.11 da ETA 0701.

### ○ Instalações de bombeamento

De acordo a ETA 0701 as instalações de bombeamento no exterior dos reservatórios devem respeitar os níveis de ruído estabelecidos por lei e devem estar protegidas do calor, frio ou chuva, em local ventilado. As bombas submersíveis deverão ser facilmente removíveis, para permitir as operações de manutenção. As manutenções devem ser de acordo as especificações técnicas do produto.

### ○ Suprimento

Recomenda-se que o suprimento de água nos SAAP deve poder ser realizado sem que seja interrompido o abastecimento da rede não potável, sendo recomendável a instalação

de sistemas que façam, de forma automática e segura, a gestão e a comutação das fontes de abastecimento (ANQIP, ETA 0701, 2015).

Se o suprimento for realizado à cisterna, a ETA 0701 estabelece que deve ser garantida a impossibilidade de conexões cruzadas, ou seja, “Quando a alimentação suplementar consista num dispositivo ligado diretamente à rede potável com descarga na cisterna, deve garantir-se que a distância entre a saída desse dispositivo e o nível máximo possível de água na cisterna não seja inferior a 30 mm” e “No caso de existir a possibilidade de retorno, o sistema de descarga deve ser equipado com válvula de prevenção do escoamento inverso satisfazendo a EN 1717: 2000”.

#### ○ Inspeção e Manutenção

As inspeções podem ser realizadas pelos utilizadores, mas a manutenção de componentes internos da bomba e do sistema de tratamento deve ser feita por técnicos especializados. A manutenção do SAAP deverá ser realizada de acordo com as frequências mínimas indicadas na Tabela 11.

As operações semestrais de manutenção devem ter lugar no início e no final da época das chuvas, preferencialmente.

*Tabela 11 - Frequência de manutenção dos componentes dos SAAP (ANQIP, ETA 0701, 2015).*

<b>Componentes</b>	<b>Frequência da manutenção</b>
Filtros	Inspeção e limpeza semestrais
Sistema de desvio do <i>first flush</i>	Inspeção semestral e limpeza anual (se automático) ou semestral (se manual)
Caleiras e tubos de descarga	Inspeção e limpeza semestrais
Órgãos de tratamento/desinfecção	Inspeção mensal e manutenção anual
Sistema de bombagem	De acordo com as indicações do fabricante
Cisterna	Inspeção anual e limpeza e higienização de 10 em 10 anos (no máximo)
Unidade de controlo	Inspeção semestral e manutenção anual
Canalizações e acessórios	Inspeção anual

## 2.6.2. Outros métodos práticos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais

O reservatório ou cisterna de um SAAP não deve enfrentar um período longo ocioso nem mesmo pode promover o desperdício de água recolhida da chuva que seria necessária para o atendimento da procura necessária no edifício. O dimensionamento irá variar de acordo o local de implementação em função dos objetivos finais do sistema e principalmente em função da variação dos dados pluviométricos (Amorim & Pereira, 2008).

Para o dimensionamento do reservatório é fundamental o conhecimento:

- Da área de captação, da pluviometria local;
- Do coeficiente de aproveitamento da água pluvial;
- Do volume de água potável a ser substituída por água pluvial.

Na Norma Brasileira (NBR) 15527 de 2007 (ABNT NBR 15527, 2007), são apresentados diferentes métodos de cálculos para dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, destacando-se seguidamente alguns deles.

### 2.6.2.1. Método prático alemão

É um método empírico, citado na NBR 15527, no qual se admite o menor entre os seguintes valores para o volume do reservatório: 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

$$V = \min\{(6\% \times V_d); (6\% \times D)\} \quad (19)$$

em que:

$V$ : Volume adotado para o reservatório (L);

$V_d$ : Volume anual de precipitação aproveitável (L);

$D$ : Procura anual de água não potável (L).

### 2.6.2.2. Método prático inglês

O método inglês, também citado na NBR 15527, é baseado em observações empíricas que determina que o volume de água aproveitável é uma percentagem de 5% do produto entre a precipitação média anual (mm) e a área de coleta em projeção horizontal (m<sup>2</sup>), estabelecendo a equação (20).

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (20)$$

em que:

$V$ : Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L);

$P$ : Precipitação média anual (mm);

$A$ : Área de recolha em projeção (m<sup>2</sup>).

### 2.6.2.3. Método prático brasileiro

O método Azevedo Neto ou simplesmente método prático brasileiro descrito também na NBR 15527 consiste em determinar o volume de um reservatório de água pluvial através da equação (21):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (21)$$

em que:

$V$ : Volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna (L);

$P$ : Precipitação média anual (mm);

$A$ : Área de recolha em projeção (m<sup>2</sup>);

$T$ : Número de meses de pouca chuva ou seca.

### 2.6.2.4. Método prático australiano

É um outro método empírico citado na NBR 15527, onde:

$$Q = [A \times C \times (P - I)] \times 0,001 \quad (22)$$

em que:

$C$ : Coeficiente de escoamento superficial;

$P$ : Precipitação média mensal (mm);

$I$ : Intercetção da água que molha as superfícies e perdas por evaporação (mm);

$A$ : Área de recolha (m<sup>2</sup>);

$Q$ : Volume mensal produzido pela chuva (m<sup>3</sup>).

O valor de 0,8 geralmente é atribuído à variável “C”, pois encontra-se na média do intervalo 0,7 e 0,9, intervalo este utilizado para determinar o coeficiente de escoamento médio superficial de telhas e coberturas dos edifícios, como já citado na Tabela 10.

Enquanto na falta de informações locais atribui-se o valor de 2 mm para a variável “I”, como orientado no item 6 da NBR 15527.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (23)$$

em que:

$Q_t$ : Volume mensal produzido pela chuva no mês t (m<sup>3</sup>);

$V_t$ : Volume de água que está no tanque no fim do mês t (m<sup>3</sup>);

$V_{t-1}$ : Volume de água que está no tanque no início do mês t (m<sup>3</sup>);

$D_t$ : Procura mensal (m<sup>3</sup>).

Para o primeiro mês, considera-se o reservatório vazio.

Quando  $(V_{t-1} + Q_t - D_t) < 0$ , então o  $V_t = 0$ . O volume do tanque escolhido será  $T$ , em metros cúbicos.

Para o cálculo da confiança utilizam-se as seguintes equações:

$$P_r = \frac{N_r}{N} \quad (24)$$

em que:

$P_r$ : Falha;

$N_r$ : Número de meses em que o reservatório não atendeu à procura, isto é, quando  $V_t$  é igual a zero;

$N$ : número de meses considerado, geralmente 12 meses.

$$Confiança = (1 - P_r) \times 100\% \quad (25)$$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90% e 99%.

# Capítulo 3

## Material e métodos

### 3.1. Descrição e caracterização da Residência Gulbenkian do Instituto Politécnico de Bragança

O caso de estudo foi realizado na RGulbk do IPB (Figura 17-(a) e (b)), localizada na cidade de Bragança, e situada na região Norte de Portugal e sub-região de Terras de Trás-os-Montes (Figura 18).



(a)



(b)

Figura 17- Residência Gulbenkian do IPB: Alçado principal (a) e Alçado lateral direito (b).

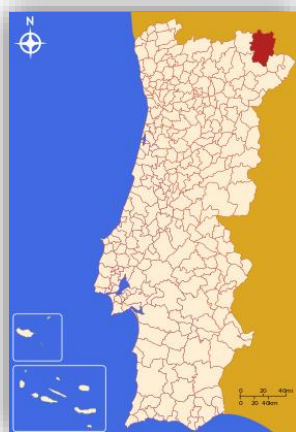


Figura 18- Localização do concelho de Bragança.



É um edifício que foi construído no ano de 1987, localiza-se na Avenida Sá Carneiro, na cidade de Bragança e destina-se a alojar os estudantes deslocados, matriculados no IPB. Atualmente é habitada por 48 alunos do sexo masculino e tem uma funcionária que administra o edifício em relação à manutenção e limpeza do mesmo.

O terreno em que se localiza a Residência Gulbenkian possui cerca de 340 m<sup>2</sup> de área total. O projeto original do edifício foi consultado na Câmara Municipal de Bragança (CMB), através do arquivo 76 de 1987 e as plantas de arquitetura em formato digital foram disponibilizadas pelo Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB (ver Anexo I).

O edifício é constituído por 5 pisos, sendo 1 térreo, 3 pavimentos tipo e 1 sótão. Possui um logradouro com 171 m<sup>2</sup>, onde foi construído um anexo onde se encontra o equipamento produtor de água quente e a central de controlo do sistema de gás canalizado.

A partir dos elementos disponibilizados pela CMB, Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB, e do aparelho ultrassónico (Figura 19) disponibilizado pelo Laboratório de Materiais de Construção (LMC) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG) do IPB, aparelho este que permitiu localizar as tubagens de água, e recorrendo ainda ao *software* Revit da Autodesk (versão educacional), foi possível modelar todo o edifício em 3D, e que se ilustra na Figura 20.



Figura 19- Modelo do aparelho ultrassónico do LMC da ESTiG (Manual da Proceq aparelho PL-200PE).



(a)



(b)

Figura 20- Ilustração, em REVIT, da RGulbk (a) e Código QR (b).

### 3.2. Descrição e medições efetuadas nos dispositivos de utilização

Os aparelhos sanitários e os dispositivos de utilização existentes na RGulbk são os que constam na Tabela 12.

*Tabela 12- Aparelhos sanitários e dispositivos de utilização com consumo de água na RGulbk.*

Dispositivos de utilização		Pisos		
		Rés-do-chão	1, 2, 3	Sótão
Torneiras	Lavatório	4	18	2
	Bidé	1	0	0
	Cozinha	1	0	0
	Tanque	1	0	0
	Exterior	2	0	0
Autoclismos	Bacia de retrete	1	6	1
Fluxómetros	Mictórios (urinóis)	0	6	0
Chuveiros		0	6	1
Máquina de lavar roupa		1	0	0

Os dispositivos de utilização que serão alvo de intervenção, foram etiquetados e apresentam-se no Anexo II.

#### 3.2.1. Medições efetuadas nas torneiras

- **Torneiras de lavatório (temporizadas)**

Foram medidos os caudais de todas as torneiras de lavatório das instalações sanitárias. De referir que todas as torneiras são temporizadas. Utilizaram-se dois copos graduados (um copo, de 1 L com precisão de 100 mL, e outro copo de 100 mL com precisão de 1 mL) e um cronómetro. Colocou-se o copo graduado debaixo da torneira e mediu-se, 3 vezes, o volume e o tempo de débito de água fria (A.F) e água quente (A.Q) para cada dispositivo (Figura 24). O ato de acionar, ou pressionar, a torneira de lavatório temporizada é tratado, por vezes, neste trabalho, como “disparo”. Os resultados são apresentados na Tabela 13.



Figura 21- Medição de caudal debitado por torneira de lavatório.

Tabela 13- Resultado das medições efetuadas "in situ" nas torneiras de lavatório temporizadas existentes nas instalações sanitárias de todos os pisos.

Piso	Torneira	Observação		Média	Caudal (L/min)
Rés-do-chão	Lavatório 1 (B)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	7,66 910,00	7,13
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	6,33 623,33	5,91
	Lavatório 2 (C)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	9,16 1120,00	7,34
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	8,49 870,00	6,15
Piso 1	Lavatório 1 (J)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	9,78 1230,00	7,55
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	5,00 360,00	4,32
	Lavatório 2 (K)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	6,33 733,33	6,95
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	6,11 93,33	0,92
	Lavatório 3 (L)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	4,57 546,67	7,18
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	5,83 316,67	3,26

Piso	Torneira	Observação		Média	Caudal (L/min)
Piso 2	Lavatório 1 (J)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	6,70 783,33	7,02
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	10,62 690,00	3,90
	Lavatório 2 (K)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	9,45 1060,00	6,73
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	9,52 430,00	2,71
	Lavatório 3 (L)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	7,07 816,67	6,93
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	6,60 273,33	2,49
Piso 3	Lavatório 1 (J)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	7,69 900,00	7,03
		A.Q (Avariado)	Tempo (s) Volume (mL)	- -	-
	Lavatório 2 (K)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	4,92 533,33	6,50
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	8,78 500,00	3,42
	Lavatório 3 (L)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	4,09 450,00	6,60
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	4,88 400,00	4,92
Sótão	Lavatório 1 (S)	A.F	Tempo (s) Volume (mL)	5,24 550,00	6,30
		A.Q	Tempo (s) Volume (mL)	10,93 990,00	5,44

- Torneira de cozinha**

Foi medido, 3 vezes, o tempo necessário, através de um cronómetro, o débito de água para atingir a marca de 1 L num copo graduado. Por se tratar de um dispositivo misturador de monocomando, foi medida a água fria, quente e a mistura. Para realizar as medições foi pedido a um utilizador que auxiliasse na abertura da torneira a fim de retratar um uso habitual (Figura 22). Os resultados são apresentados na Tabela 14.



Figura 22- Medição de caudal debitado por torneira de cozinha.

Tabela 14- Resultado das medições efetuadas "in situ" na torneira da cozinha.

Piso	Torneira	Observação		Média	Caudal (L/min)
Rés-do-chão	Cozinha (I)	A.F – 1 L	Tempo (s)	7,28	8,24
		A.Q – 1 L	Tempo (s)	4,69	12,80
		Mista – 1 L	Tempo (s)	3,94	15,23

- **Autoclismos de bacias de retrete**

Os autoclismos instalados são do tipo descarga dupla (Figura 23-(a)) ou descarga completa (Figura 23-(b)). Para realizar as medições de caudal foi necessária uma medida de intervenção que não comprometesse a rotina dos habitantes. Assim, foi feita uma primeira marcação com um lápis, dentro das caixas de autoclismo, indicando o seu nível de água máximo e uma segunda marcação após acionar a descarga, marcando assim um novo nível de água, agora nível mínimo, dentro do autoclismo. Em seguida foi necessário encher as caixas de autoclismo com água, utilizando um copo graduado de 1 L e outro de 100 mL, com precisões de 100 mL e 1 mL respectivamente, afim de atingir a marcação mais elevada. Tal metodologia foi adotada por se tratar de autoclismos que utilizam uma válvula de bóia.

Foram realizados ensaios em todos os autoclismos. A RGulbk possui atualmente 3 autoclismos com descarga dupla e 5 de descarga completa. De referir que, a bacia de retrete do rés-do-chão é utilizada com menos frequência pois encontra-se nas instalações sanitárias que apenas a funcionária, que gerencia a limpeza do edifício, tem acesso. Os resultados das medições são apresentados na Tabela 15.



(a)



(b)

Figura 23- Autoclismos de descarga dupla (a) e descarga completa (b).

Tabela 15- Resultado do consumo de água dos autoclismos de bacias de retrete.

Piso	Autoclismo	Observação	Volume (L)
Rés-do-chão	Bacia de retrete 1 (D)	Válvula única	11,00
1	Bacia de retrete 1 (O)	Válvula menor	4,09
		Válvula maior	5,81
	Bacia de retrete 2 (P)	Válvula menor	3,84
		Válvula maior	5,84
2	Bacia de retrete 1 (O)	Válvula única	7,30
	Bacia de retrete 2 (P)	Válvula única	8,83
3	Bacia de retrete 1 (O)	Válvula única	8,40
	Bacia de retrete 2 (P)	Válvula menor	3,40
		Válvula maior	5,80
Sótão	Bacia de retrete 1 (T)	Válvula única	5,89

- Fluxómetros de mictórios**

Após uma análise da rede de distribuição de água, verificou-se que não existiam fugas e, deste modo, as medições nos urinóis (Figura 24-(a)) foram realizadas com o auxílio do contador do edifício (Figura 24-(b)), possuindo este uma precisão de 1 L. Em primeiro lugar, foi necessária uma interrupção do abastecimento de água de todo edifício. De

seguida, foram feitas as leituras do contador antes das medições. Depois, para cada dispositivo, foram efetuadas descargas, ou “disparos”, enquanto se cronometrava o tempo de débito de água que estava a correr no urinol. Por fim houve a leitura no contador após os disparos de descarga. As medições ocorreram em todos os urinóis da residência. Os resultados são apresentados na Tabela 16.



Figura 24- Medição do volume de descarga dos urinóis (a) e Leitura observada no contador da RGulbk (b).

Tabela 16- Resultado do consumo de água dos fluxómetros de mictórios.

Piso	Fluxómetro	Observação	Volume (L)
1	Urinol 1 (Q)	A funcionar	3,00
	Urinol 2 (R)	Avariado	-
2	Urinol 1 (Q)	A funcionar	4,00
	Urinol 2 (R)	Avariado	-
3	Urinol 1 (Q)	Avariado	-
	Urinol 2 (R)	A funcionar	5,00

- **Torneiras de bidé**

A metodologia aplicada para a medição das torneiras de bidé foi semelhante à da torneira da cozinha. Foi medido, 3 vezes, o tempo necessário, através de um cronómetro, do débito de água para atingir a marca de 1 L num copo graduado. Os resultados são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17- Resultado das medições realizadas nas torneiras de bidé.

Piso	Torneira	Observação		Média	Caudal (L/min)
Rés-do-chão	Bidé (E)	A.F – 1 L	Tempo (s)	6,39	9,38
		A.Q – 1 L	Tempo (s)	7,60	7,90

- **Chuveiros**

Para medir o caudal dos chuveiros (Figura 25), foram utilizados dois parâmetros diferentes, ou seja, o tempo e o volume, com as unidades em segundos e mililitros, respetivamente. Para as medições foi necessário, um cronómetro, com precisão de 0,01 s, um copo graduado de 1 L, com precisão de 100 mL e um copo graduado com precisão de 1 mL. Inicialmente foi utilizada a metodologia da torneira da cozinha. Porém, em alguns casos, foi difícil obter uma leitura precisa de 1 L, devido à turbulência dentro do copo graduado e, assim, em alguns chuveiros, uma segunda metodologia foi adotada, porém com os mesmos parâmetros. Desta forma, foi cronometrado o tempo de débito de água dentro do copo graduado de 1 L para um volume “n” qualquer próximo a 1 L. Todas as medições foram executadas 3 vezes em todos os dispositivos. Os resultados são apresentados na Tabela 18.



Figura 25- Medição efetuada num chuveiro da RGulbk.

Tabela 18- Resultados das medições de caudal dos chuveiros.

Piso	Dispositivo de utilização	Média	Caudal (L/min)
Rés-do-chão	Chuveiros (M, N, U)	12,82	-
1			13,55
2			12,30
3			12,04
Sótão			13,41



- **Máquina de lavar roupa**

Para medir o consumo de água da máquina de lavar roupa (Figura 26-(a)), equipamento com capacidade de 8 kg, colocou-se a máquina para executar um ciclo de lavagem comum e descartou-se a água utilizada num tanque que se encontra ao lado da máquina. Tendo o tanque uma base retangular, mediu-se a área da base do tanque, bloqueou-se a saída de esgoto (Figura 26-(b)) do tanque e mediu-se, a altura da lamina de água em relação à base do tanque (Figura 26-(c)). Por fim, o produto da área da base pela altura da lamina de água resultou no volume debitado num ciclo de lavagem. O ciclo completo de lavagem tem uma duração de cerca de 1h55min e consome, por lavagem, cerca de 42,14 litros.



(a)



(b)



(c)

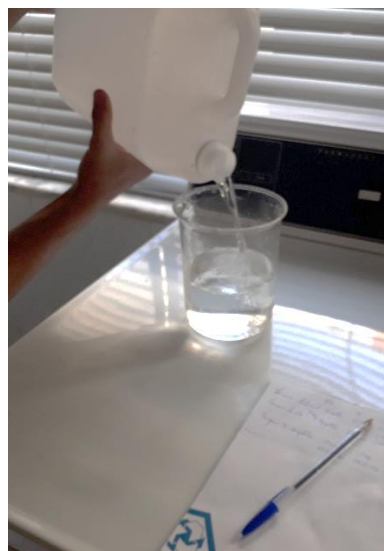
*Figura 26- Máquina de lavar roupa (a), tanque vazio com saída de esgoto bloqueada (b) e lâmina de água após um ciclo de lavagem da máquina de lavar roupa.*

- **Torneira do tanque**

Devido à elevada pressão na saída de fluxo de água da torneira do tanque, foram utilizados como materiais: um recipiente de 5 L, um copo graduado de 1 L e um cronómetro. Foi adotada uma metodologia igual à utilizada nos chuveiros, os quais possuem um caudal mais elevado. Foi cronometrado o tempo de débito de água dentro do recipiente de 5L para um volume “n” qualquer equivalente ao um valor próximo, de um volume, correspondente a 3 segundos de caudal (Figura 27-(a)). Em seguida, foi retirado o volume do recipiente e colocado no copo graduado de 1 L afim de obter uma precisão maior na leitura (Figura 27-(b)). Todo o procedimento foi realizado 3 vezes. O resultado é apresentado na Tabela 19.



(a)



(b)

Figura 27- Medição de caudal da torneira do tanque (a) e passagem de água do recipiente de 5L para o copo graduado de 1L.

Tabela 19- Resultado das medições de caudal da torneira do tanque.

Piso	Torneira	Observação		Média	Caudal (L/min)
Rés-do-chão	Tanque (G)	A.F.	Tempo (s) Volume (mL)	3,04 2040,00	40,22

- Torneiras externas**

As torneiras externas (Figura 28), tal como a torneira do tanque, possuem uma pressão elevada, o que dificulta a medição apenas com um copo graduado de 1 L. Foi utilizada a mesma metodologia da torneira do tanque. Os resultados das medições são apresentados na Tabela 20.



Figura 28- Medição de caudal na torneira externa.

Tabela 20- Resultado dos caudais das torneiras externas da RGulbk.

Local	Dispositivo de utilização	Observação		Média	Caudal (L/min)
Exterior	Torneiras (A, H)	A.F. – 5 L	Tempo (s) em ½ volta	16,28	18,42
		A.F.	Tempo (s)	3,00	45,67
			Volume (mL)	2283,30	

### 3.3. Análise do consumo de água

#### 3.3.1. Consumo de água e gasto financeiro

O consumo de água da RGulbk dos anos de 2017, 2018 e 2019 (com exceção do mês de dezembro de 2019, que ainda não estava disponível) foi disponibilizado pelos Serviços de Ação Social do IPB, apresentando-se o registo das leituras referentes a esse consumo na Figura 29.

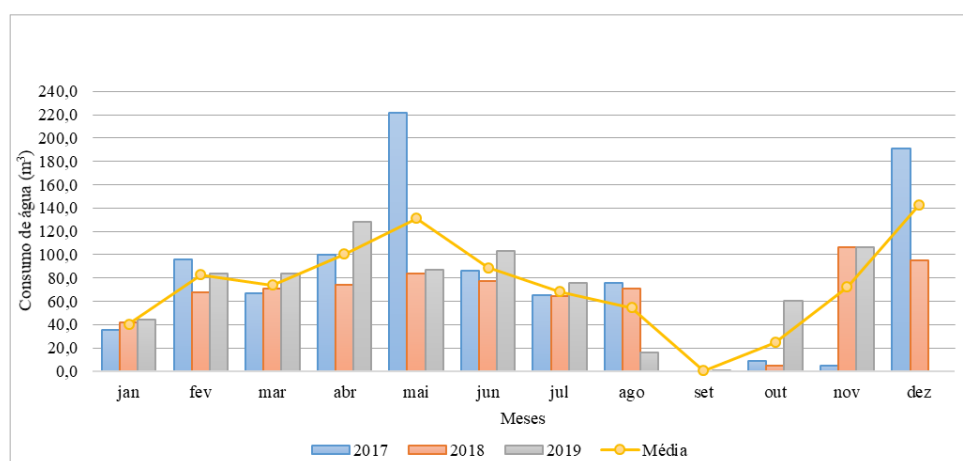


Figura 29- Registo de leituras de consumo de água na RGulbk.

Desta forma, o consumo médio de água, por mês, considerando todos os meses do ano é de  $71,4 \text{ m}^3$  e desconsiderando os meses desocupados, como sendo agosto e setembro, devido ao período de férias, é de  $83,3 \text{ m}^3$ . De referir que num dos meses do ano de 2017, o consumo de água ultrapassou  $220 \text{ m}^3$ , valor este que pode estar relacionado com uma eventual fuga de água. Já o consumo elevado do mês de dezembro desse mesmo ano, é justificado pela correção da leitura do mês anterior. Contudo, tendo em atenção que o número de utilizadores do edifício é de 48 alunos e uma funcionária, permanecendo os alunos mais de cinco dias por semana no edifício, pode concluir-se que os gastos de água não são assim tão elevados, pois o consumo per capita por dia ocupado é próximo de 80 litros, valor este que se situa abaixo do valor médio nacional de 161 litros per capita dia, como referido pelo Eurostat (2007).

As tarifas de consumo de água no município de Bragança, referentes ao ano de 2018, tanto variáveis como fixas, são apresentadas na Tabela 21 e na Tabela 22, respetivamente (APFN, s.d.).

*Tabela 21- Tarifas variáveis em Bragança (Ano de 2018).*

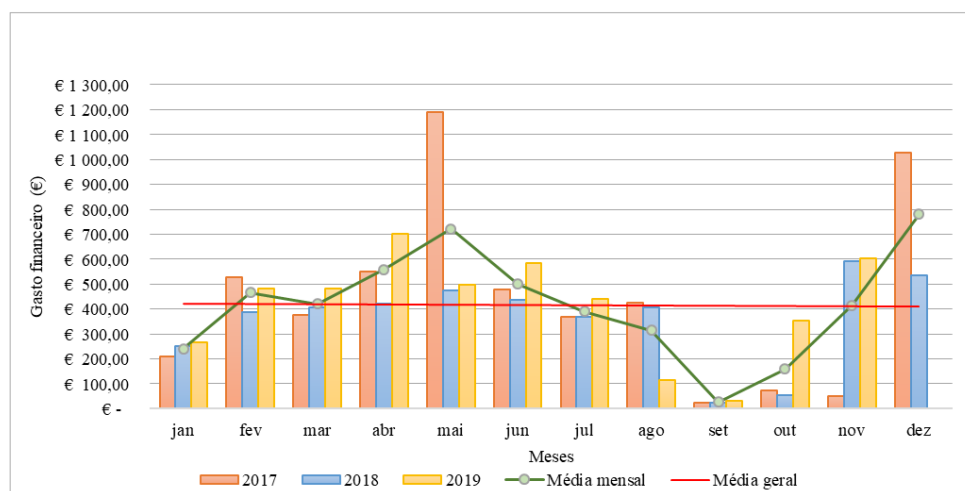
Tarifas variáveis (€/m³)		
Estado e Entidades públicas (escalão único)		
Água	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos
<b>1,86</b>	0,57	2,67

*Tabela 22- Tarifas fixas em Bragança (Ano de 2018).*

Tarifas fixas (€)		
Estado e Entidades públicas (escalão único)		
Água (Ø 20)	Saneamento Urbano	Resíduos Sólidos
<b>18,25</b>	2,01	4,68

Importa salientar que, o tarifário do ano de 2018 é comparável ao do ano de 2017, havendo uma alteração em relação ao ano de 2019, ou seja, o item de consumo de água na tarifa fixa passa a ser de 18,52 € e não de 18,25 €.

Os gastos financeiros com água na RGulbk são apresentados na Figura 30. Interessa mencionar que nos meses em que não há atividade letiva, o edifício fica desocupado, havendo apenas a cobrança das taxas fixas.



*Figura 30- Gastos financeiros mensais com consumo de água na RGulbk.*

### 3.3.2. Distribuição do consumo de água

Na Figura 31 é apresentada a distribuição do consumo de água, por cada grupo de dispositivo da RGulbk, num mês típico de aulas, ou seja, em período letivo, estimada com base em dados disponibilizados pelo IPB (para os anos de 2017, 2018 e 2019), medições

realizadas no local, por observação dos hábitos relacionados ao consumo de água, por entrevista aos utilizadores e funcionários e por questionários aplicados aos utentes (ver Anexo III).

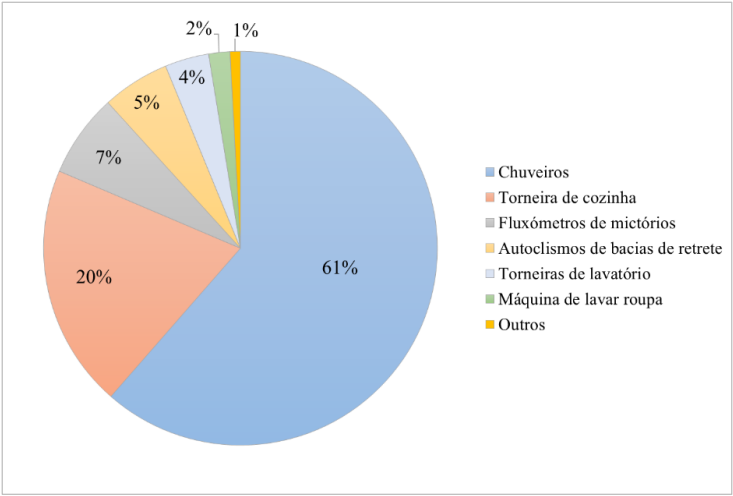


Figura 31- Distribuição do consumo de água na RGulbk.

### 3.4. Proposta de soluções para um uso eficiente da água

Ao analisar os dados de distribuição do consumo de água, se os gastos com os duches e com a torneira da cozinha forem reduzidos, o impacto será mais sensível. Porém, as medidas de intervenção para abordar os gastos dos urinóis e bacias de retrete podem vir a ter algum significado, pois o consumo destes equipamentos, somados, representam, aproximadamente, 13% do uso total do edifício.

Foram equacionadas três principais soluções técnicas para redução do consumo de água, as quais se apresentam na Tabela 23, a fim de tornar o edifício mais eficiente e ainda mais económico.

Tabela 23- Soluções propostas.

Opções	Cenários	Medidas
<b>1</b> Colocação de acessórios redutores de caudal e manutenção dos aparelhos	<b>1.1 e 1.2</b>	- Colocação de redutores de caudal nos chuveiros
	<b>1.3</b>	- Colocação de redutor de caudal na torneira da cozinha
<b>2</b> Substituição de dispositivos de utilização	<b>2.1</b>	- Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 1,8 L/min
	<b>2.2</b>	- Substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 5 L/min
	<b>2.3</b>	- Substituição dos chuveiros
	<b>2.4</b>	- Substituição da torneira da cozinha
<b>3</b> Aproveitamento de águas pluviais (SAAP)		- Fazer a distribuição de água aos autoclismos e urinóis com águas pluviais

Os cenários criados são baseados nas medidas de intervenção propostas pelo PNUEA e nos fundamentos do princípio dos 5R's.

### 3.4.1. Descrição das soluções

- **Opção 1: Colocação de acessórios redutores de caudal e manutenção dos aparelhos**

Nos cenários **1.1** (acessório certificado) e **1.2** (acessório não certificado), propõe-se a colocação de redutores de caudal após a saída do misturador de monocomando dos chuveiros, juntamente com a limpeza das “cabeças de duche”, que por vezes ficam obstruídas por algum sedimento oriundo da rede de abastecimento público.

No cenário **1.3** (acessório certificado), propõe-se a colocação de um redutor de caudal após a saída da torneira da cozinha, juntamente com a regulação do dispositivo de utilização para atender o novo caudal com conforto.

No Anexo IV são apresentadas as fichas de ensaio dos acessórios (certificados) a instalar, podendo ser adotada uma solução equivalente.

- **Opção 2: Substituição de dispositivos de utilização**

No cenário **2.1**, propõe-se a substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 1,8 L/min (Figura 32-(a)), com classificação A++ (Figura 32-(b)), de acordo o catálogo da ANQIP (ANQIP, 2019). Atualmente as torneiras de lavatório da RGulbk podem classificar-se como “C” (A.F.) e “A” (A.Q.). Contudo, apesar das torneiras de A.Q. encaixarem numa classificação A, não apresentam a mesma qualidade e conforto de caudal dos dispositivos certificados com a mesma classificação.

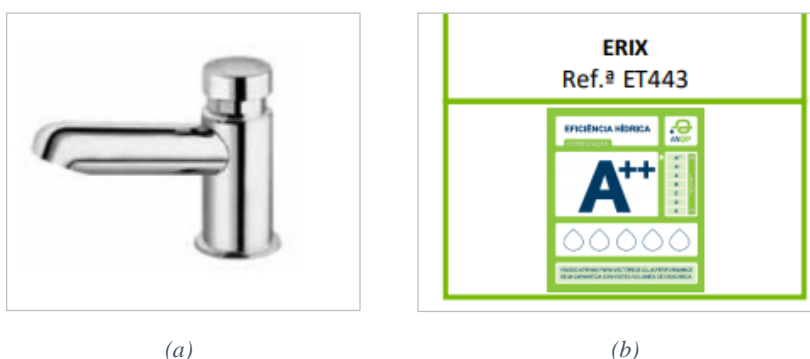


Figura 32- Torneira de lavatório com caudal de 1,8 L/min (a) e Referência e rótulo da torneira com caudal de 1,8 L/min (b) (ERIX, 2018; ANQIP, 2019).

No cenário **2.2**, propõe-se a substituição de torneiras de lavatório existentes por torneiras de 5,0 L/min, com classificação A (Figura 33), de acordo o catálogo da ANQIP (ANQIP, 2019).



Figura 33- Torneira de lavatório com caudal de 5,0 L/min e Referência e rótulo da torneira com caudal de 5,0 L/min (ERIX, 2018; ANQIP, 2019).

No cenário **2.3** propõe-se a substituição dos chuveiros existentes, por dispositivos eficientes e rotulados pela ANQIP com classificação “A” (Figura 34). Atualmente os chuveiros da RGulbk podem classificar-se como “C”.



Figura 34- Cabeça de duche Stella 100/3 e Referência e rótulo do chuveiro Stella 100/3(ROCA, 2018; ANQIP, 2019).

No cenário **2.4** pretende-se substituir a torneira de cozinha existente, por uma mais eficiente e compatível ao acionamento de monocomando (Figura 35). Neste caso, optou-se por uma torneira não certificada, mas com caudal de 8 L/min. Atualmente a torneira da cozinha da RGulbk pode classificar-se como “D”.

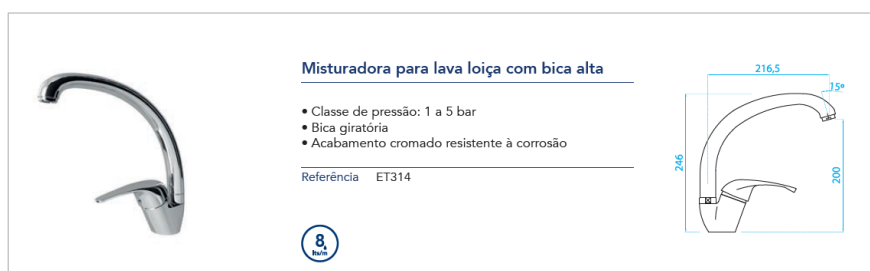


Figura 35- Torneira de cozinha com caudal de 8,0 L/min (ERIX, 2018).

No Anexo IV são apresentadas as fichas técnicas das torneiras de lavatório e chuveiros (certificados) a instalar, e da torneira da cozinha (não certificada), podendo ser adotada uma solução equivalente.

- **Opção 3: Aproveitamento das águas pluviais (SAAP)**

Na **opção 3**, propõe-se fazer a distribuição de água aos autoclismos e também aos urinóis com águas pluviais (Melo, 2014). Para tal, serão seguidos os seguintes passos:

- Passo 1: Considerando a rede predial de drenagem de águas pluviais existente, de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto, redimensionaram-se as caleiras e os tubos de queda, e dimensionaram-se os coletores prediais e demais elementos da rede até alcançar o reservatório de águas pluviais (visto atualmente não existirem os elementos coletores e caixas de inspeção).
- Passo 2: A rede predial de distribuição de água com águas pluviais para abastecer os autoclismos de bacias de retrete e urinóis foi, também, dimensionada com base no Decreto Regulamentar n.º 23/95 de 23 de agosto; O reservatório de águas pluviais principal foi dimensionado de acordo com as recomendações da Especificação Técnica ANQIP ETA 0701 (ANQIP ETA, 0701, 2015), da Associação Brasileira de Normas (ABNT NBR 15527, 2007) e usando um mapa auxiliar de dimensionamento de um SAAP sugerido por Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017). Para o desvio das primeiras águas foi ainda dimensionado um outro reservatório secundário, de acordo com a ANQIP ETA, 0701 (2015). Foram ainda tidos em atenção os dados pluviométricos para Bragança (*ver* Anexo V) disponibilizados pelo IPMA; A estação elevatória foi dimensionada de acordo com os procedimentos referidos no *Ponto 2.5 do Capítulo 2*.

Os materiais e diâmetros utilizados no dimensionamento das tubagens encontram-se no Anexo VI. Para a rede de drenagem de águas pluviais será utilizado o material PVC e para a rede de distribuição com águas pluviais será usado o material PEAD (enterrado, pelo exterior) e Aço inox (à vista, pelo interior do edifício).



# Capítulo 4

## Resultados e discussão

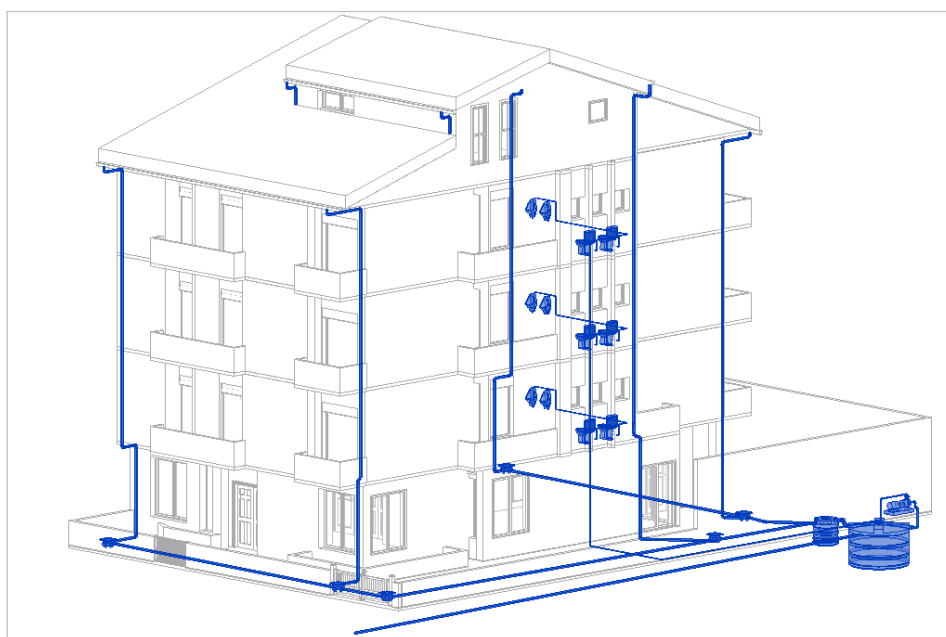
### 4.1. Viabilidade técnico-económica

Este tópico aborda uma análise da viabilidade técnica (verificação dos critérios de dimensionamento e verificação da trabalhabilidade e execução do serviço) e económica (custos de investimento inicial, redução no valor da fatura e períodos de retorno do investimento) das soluções propostas.

#### 4.1.1. Viabilidade técnica

Todas as soluções propostas são viáveis de serem implementadas. Porém, nem todas são aconselhadas à execução, por diversos motivos que serão abordados neste tópico.

A produção do modelo 3D da RGulbk, mostrou-se muito útil, em especial, para a opção 3 proposta. Através deste projeto digital, a viabilidade técnica tornou-se mais visível e confiável, pois, a opção 3 prevê uma intervenção mais exigente no edifício, sendo possível compatibilizar os sistemas já existentes com o novo cenário de redes de drenagem de águas pluviais, assim como a nova rede de distribuição destas águas às bacias de retrete e urinóis (Figura 36).



*Figura 36- Nova rede predial de distribuição com águas pluviais.*

De salientar que, apesar de todos os sistemas hidráulicos do edifício estarem já compatíveis, trata-se de uma construção do ano de 1987, ou seja, uma estrutura que foi projetada há 33 anos. Tal tipo de intervenção exige máquinas pesadas próximo à estrutura do edifício, exigindo também a escavação de no mínimo 6 m<sup>3</sup> de solo (volume das cisternas somadas), e fatores como a existência de um muro de suporte ao fundo da RGulbk (Figura 37-(a)), construções vizinhas com subsolo (Figura 37-(b)), e possíveis interferências nos bulbos de pressão da própria edificação, podem ser motivos para se refletir quanto à execução desta intervenção.



*Figura 37- Muro de suporte ao fundo da RGulbk (a) e Terreno vizinho com subsolo próximo do local de instalação do reservatório de águas pluviais (b).*

Recomenda-se, portanto, um estudo mais aprofundado dos impactos estruturais nas edificações próximas, com ênfase no muro de suporte ao fundo da edificação, na construção vizinha à direita do edifício e, por fim, a própria RGulbk.

Com relação às demais soluções propostas (cenários das opções 1 e 2), são todas de fácil e rápida execução e podem ser realizadas pela equipa dos Serviços de Manutenção e Conservação do IPB.

As tabelas e peças desenhadas correspondentes à rede predial de drenagem de águas pluviais e à rede predial de distribuição com águas pluviais encontram-se nos Anexos VII e VIII, respetivamente. Verificam-se os critérios de dimensionamento, de acordo com a legislação em vigor (Decreto Regulamentar n.º23/95 de 23 de agosto).

A bomba dimensionada apresenta uma potência aproximadamente 0,97 cv, garantindo as pressões mínimas necessárias para o bom funcionamento dos dispositivos de utilização (neste caso, autoclismos de bacias de retrete e fluxómetros de mictórios). Os reservatórios de águas pluviais foram dimensionados como referido no *Capítulo 3*, apresentando-se o mapa auxiliar de dimensionamento sugerido por Silva-Afonso e Pimentel-Rodrigues (2017) no Anexo IX. De referir que os reservatórios serão enterrados e a água pluvial não se prevê que tenha tratamento, além da filtragem das primeiras águas.

A ficha técnica referente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais principal (capacidade de 5.000 L) (Ecodepur, s.d.), ou solução equivalente, é apresentada no Anexo X. O reservatório secundário terá uma capacidade de 500 L.

#### 4.1.2. Viabilidade económica

Cada uma das soluções propostas será analisada separadamente, porém as soluções poderão ser adotadas em conjunto a fim de encontrar uma combinação com a maior poupança do recurso água e menor investimento financeiro, adotando o período de retorno (limitado à vida útil do edifício) como parâmetro de viabilidade económica.

- **Opções 1 e 2**

Os custos de implementação, associados a cada medida das opções 1 e 2, são apresentados na Tabela 24. De referir que, o preço unitário de cada acessório/dispositivo foi obtido através de catálogos de fabricantes.

*Tabela 24- Custos associados à implementação das soluções propostas (opções 1 e 2).*

Cenários	Dispositivos	Número de intervenções	Investimento necessário (€)
1.1	Chuveiros	7	33,67
1.2	Chuveiros	7	57,61
1.3	Torneira da cozinha	1	3,25
2.1	Torneiras de lavatórios	24	1.428,00
2.2	Torneiras de lavatórios	22	761,20
2.3	Chuveiros	7	158,90
2.4	Torneira da cozinha	1	52,10

Na Tabela 24, os valores da coluna “investimento associado”, refletem os custos totais relacionados à implementação da solução, uma vez que não haverá custos com mão de obra, pois os serviços de tais soluções serão executados pela equipa dos Serviços de Manutenção e Conservação IPB, restando, portanto, apenas custos dos materiais a serem debitados.

Das 24 torneiras totais dos lavatórios das instalações sanitárias, optou-se por substituir 22 no cenário 2.2. Esta não abordagem de todo o inventário de torneiras é justificada, pois verificou-se que algumas torneiras já estariam adequadas à solução adotada, pois duas já exerciam o limite de 5 L/min no débito de água (cenário 2.2).

Na Tabela 25 e na Figura 38, são apresentadas as estimativas percentuais de economia mensal de cada solução proposta, respeitando:

- O consumo médio mensal, de um mês típico de aulas, com dados de uma série histórica referente ao período de 36 meses (3 anos), equivalente a 83,3 m<sup>3</sup>;
- A estimativa da distribuição de consumo de água na RGulbk;
- A diferença do consumo de água dos novos dispositivos que serão implementados, com os já existentes no edifício e que sofrerão intervenção.

Assim, foram utilizadas as seguintes expressões para determinar a representatividade do inventário (%) (26), a poupança no grupo do dispositivo gerada pela intervenção (%) (27) e a poupança total mensal após intervenção (% / mês) (28).

$$Repres. = \frac{Qtde\ Subst.}{Qtde\ Total} \times 100 \quad (26)$$

em que:

*Repres.*: Representatividade do inventário (%);

*Qtde Subst.*: Quantidade de dispositivos, no grupo, que sofrerão intervenção;

*Qtde Total.*: Quantidade total de dispositivos existentes no grupo.

$$Eco.\ grup. = \frac{(Cons.\ atual. - Cons.\ fut.)}{Cons.\ atual.} \times Repres. \times 100 \quad (27)$$

em que:

*Eco. grup.*: Poupança, no grupo do dispositivo, gerada pela intervenção (%);

*Cons. atual.*: Consumo atual do dispositivo que sofrerá intervenção (L/min);

*Cons. fut.*: Consumo do dispositivo após sofrer a intervenção (L/min);

*Repres.*: Representatividade do inventário (%).

$$Eco.\ Glob. = Eco.\ grup. \times Distrib. \quad (28)$$

em que:

*Eco. Glob.*: Poupança total mensal após intervenção (% / mês);

*Eco. grup.*: Poupança, no grupo do dispositivo, gerada pela intervenção (%);

*Distrib.*: Representação da distribuição do consumo de água mensal, referente a cada grupo, no edifício (% / mês).

Tabela 25- Poupança gerada pelas soluções das opções 1 e 2.

Cenários	Qtde Subst.	Repres. (%)	Eco. grup. (%)	Distrib. (% / mês)	Eco. Glob. (% / mês)
1.1	7	100	38	61,44	23,1
1.2	7	100	49	61,44	30,3
1.3	1	100	54	19,97	10,8
2.1	24	100	73	3,61	2,6
2.2	22	92	22	3,61	0,8
2.3	7	100	44	61,44	26,9
2.4	1	100	47	19,97	9,5

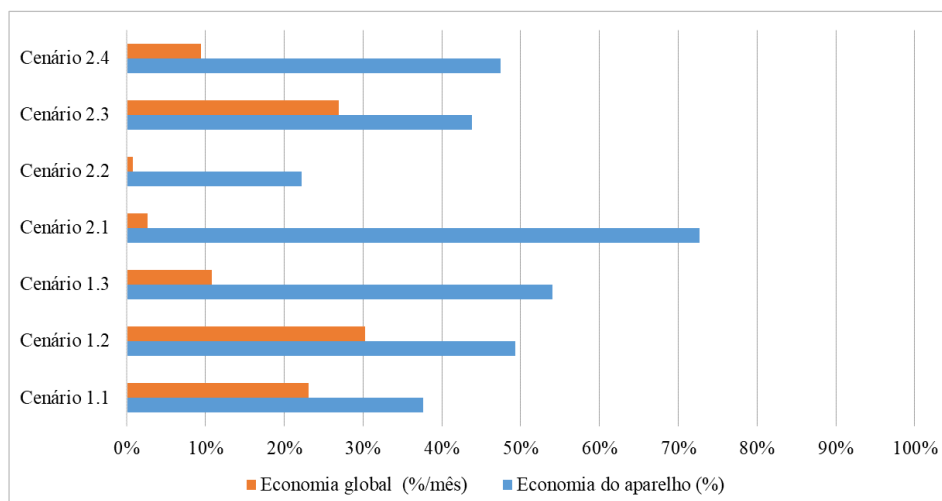


Figura 38- Economia no consumo de água (no grupo do respectivo dispositivo de utilização e o impacto total mensal).

De notar que, as medidas que mais geram impactos efetivos no gasto global mensal, são aquelas relacionadas aos chuveiros (cenários 1.1, 1.2 e 2.3), seguindo-se as medidas relacionadas à torneira da cozinha (cenários 1.3 e 2.4).

Considerando o valor médio da fatura referente ao consumo de água mensal, por mês de utilização, de 473,71 euros, sendo esse total composto por 447,27 por tarifas variáveis e 26,44 de tarifas fixas, conseguiu-se estabelecer os tempos de retorno do investimento (baseados nas tarifas variáveis), referentes aos cenários das opções 1 e 2 (Tabela 26).

Tabela 26- Tempo de retorno do investimento (opções 1 e 2).

Cenários	Tempo de retorno do investimento	
	Meses	Anos
1.1	1	
1.2	1	
1.3	1	
2.1		12
2.2		21
2.3	2	
2.4	1	

Tais tempos de retorno são apresentados na Figura 39, para o primeiro ano após o investimento e na Figura 40, limitado ao fim da vida útil do edifício. O tarifário foi atualizado tendo como base uma taxa de variação de 0,3% (PORDATA, s.d.).

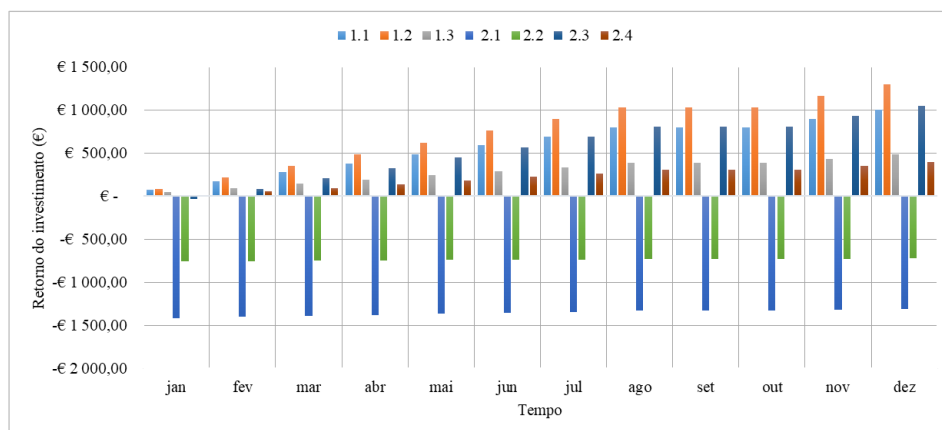


Figura 39- Tempo de retorno do investimento no primeiro ano (opções 1 e 2).

A partir da Tabela 26 e da Figura 39, é possível verificar que, os cenários 1.1, 1.2, 1.3, 2.3 e 2.4, apresentam ao final do primeiro ano uma poupança acumulada de 1.003,18 €, 1.301,59 €, 480,77 €, 1.049,87 € e 391,59 €, sendo os tempos de retorno do investimento de apenas um mês para os cenários 1.1, 1.2, 1.3 e 2.4 e de dois meses para o cenário 2.3. Relativamente aos cenários 2.1 e 2.2, os tempos de retorno do investimento são muito elevados quando comparados com os cenários que apresentam retorno do investimento em menos de um ano.

Importa ressaltar o conceito de “Tempo de vida útil de projeto”, como sendo o “Período durante o qual se pretende que uma estrutura ou parte da mesma seja utilizada para as funções a que se destina, com a manutenção prevista mas sem necessidade de grandes reparações” (NP EN 1990, 2009). Assim sendo, após este tempo de vida útil de projeto, pode ser necessária uma intervenção significativa no edifício. Considerando como valor indicativo de 50 anos o tempo de vida útil de projeto de estruturas de edifícios e outras estruturas correntes (NP EN 1990, 2009), e tendo o edifício em estudo cerca de 33 anos, faltam cerca de 17 anos para a RGulbk atingir o tempo de vida útil. Desta forma, considera-se aceitável uma análise do tempo de retorno do investimento num período de 17 anos (Figura 40).

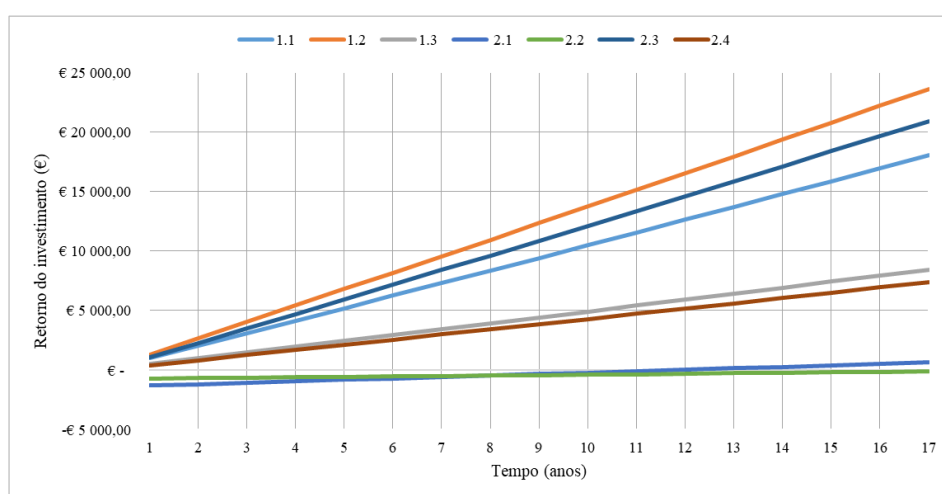


Figura 40- Tempo de retorno do investimento até o fim da vida útil do edifício (opções 1 e 2)

Da análise da Figura 40, é possível estimar, para os cenários 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.3 e 2.4, poupanças acumuladas ao final de 17 anos de 18.022,19 €, 23.611,83 €, 8.425,50 €, 624,51 €, 20.890,87 € e 7.370,81 €, respetivamente. O cenário 2.2 não apresenta tempo de retorno em menos de 17 anos.

- **Opção 3**

A opção 3, referente ao sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP), será implementada, se viável, para atender a necessidade dos autoclismos de bacias de retrete e os urinóis. O sistema atenderá todos os urinóis do edifício, porém nem todos os autoclismos serão abastecidos com a água pluvial, isto é, apenas 6 dos 8 (7 de uso dos alunos e 1 de uso da funcionária) ou 75%. Os aparelhos que serão abastecidos são referentes aos pisos 1, 2 e 3, como representado na Figura 41.

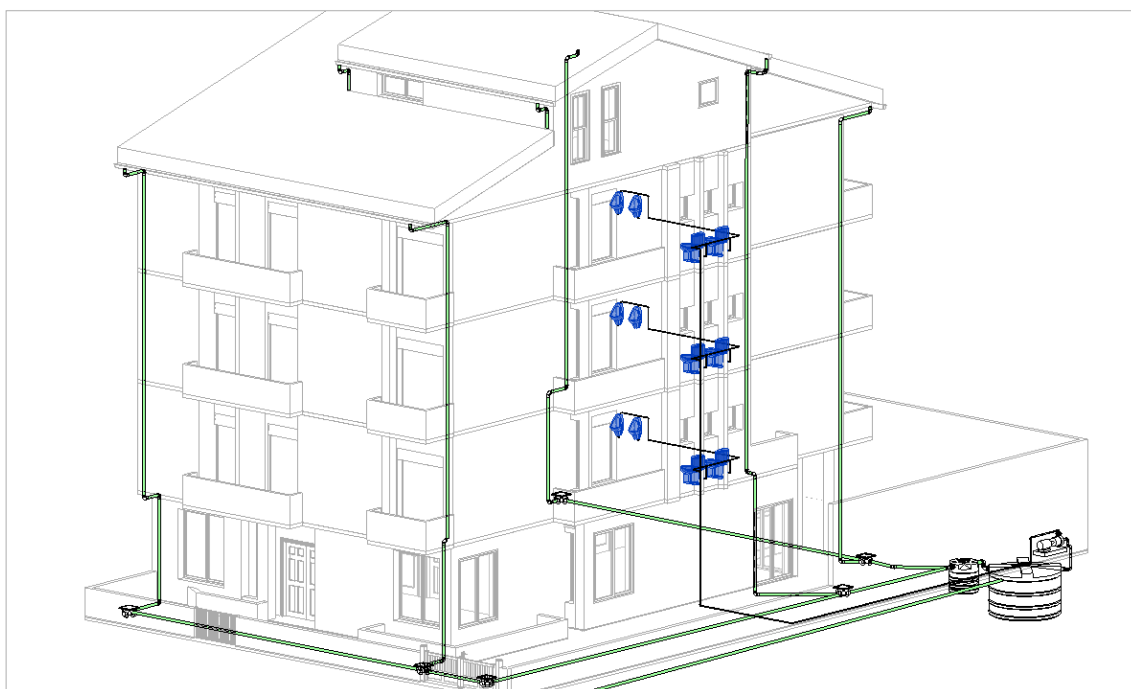


Figura 41- Dispositivos de utilização que serão abastecidos com água pluvial.

Um reservatório de 5.000 L, com um secundário destinado a *first-flush* de 500 L foram escolhidos para compor a opção de implementação de SAAP. O reservatório de 5.000 L apresenta uma eficiência de 78,04% durante o ano, levando em conta a área de captação do telhado de 198 m<sup>2</sup> e os dados de pluviosidade de Bragança (ver Anexo IX).

Uma empresa especializada, com disponibilidade para execução do serviço em Bragança (Ecodepur), realizou o orçamento de custo do SAAP no edifício Gulbenkian. A Ecodepur estimou que o custo apenas dos equipamentos (reservatório de 5.000 L com filtro incorporado, grupo de bombagem, sifão para *by-pass* e barreira anti-roedores) seria de 4.634,47 € com IVA incluído.



Para estimar o custo de instalação do SAAP foram pedidos orçamentos e itens como caleiras, tubos de queda, coletores prediais, caixas de inspeção, ramais de ligação e a escavação de 8 m<sup>3</sup> (distribuídos em valas de instalações e dos reservatórios) foram estimados em 3.345,00 € com mão de obra incluída.

Assim, estima-se que a instalação, desconsiderando um possível reajuste do projeto elétrico para suportar a bomba centrífuga, do SAAP, irá custar cerca de **7.979,47 €**.

Na Tabela 27 e na Tabela 28, são apresentadas as estimativas percentuais de economia mensal, considerando que:

- 6 de 7 sanitas destinadas aos alunos serão abastecidas por águas pluviais;
- A eficiência do reservatório de 5000 L é de 78,04%;
- O consumo médio mensal equivalente a 83,3 m<sup>3</sup>;
- A estimativa de distribuição do consumo na residência;
- Valor médio da fatura do consumo de água mensal em 447,27 euros de tarifas variáveis;

Assim:

$$Eco. \text{ do grup.} = Repres. \times Efic. \text{ do reserv.} \times Distrib. \quad (29)$$

em que:

*Eco. do grup.*: Poupança geral gerada pela intervenção no grupo (%/mês);

*Repres.*: Representatividade do inventário (%);

*Efic. do reservatório.*: Capacidade de suprir os dispositivos (%);

*Distrib.*: Representação da distribuição do consumo de água mensal, referente a cada grupo, no edifício (%/mês).

*Tabela 27 - Economia mensal do consumo de água através do SAAP.*

Aparelhos atendidos	Qtde subst.	Repres. (%)	Distrib. (%/mês)	Efic.do reserv. (%)	Eco. do grup. (%/mês)	Economia total (SAAP) (%)
Bacias de retrete	6	86	5,54	78,04	3,71	9,05
Urinóis	6	100	6,85		5,34	

*Tabela 28- Investimento estimado da instalação do SAAP e poupança monetária num mês*

Opção	Economia do SAAP (%)	Valor médio de tarifa variável no mês (€)	Impacto na economia no mês (€)	Investimento necessário (€)
3	9,05	447,27	40,48	7.979,47



O tempo de retorno do investimento é apresentado na Figura 42, considerando:

- O limite de 17 anos como vida útil do edifício;
- Que a precipitação média se mantenha nos próximos 17 anos;
- Que o consumo médio e distribuição do mesmo se mantenha nos próximos 17 anos;
- Que o custos de exploração em 10 anos (Teixeira, 2013) sejam estimados em cerca de 2.273,37 €.

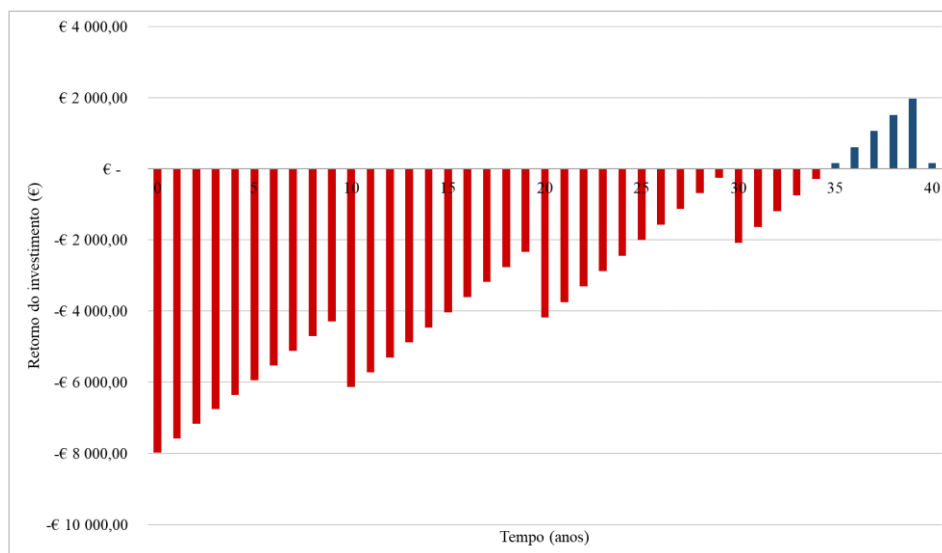


Figura 42- Tempo de retorno do investimento de um SAAP.

Da análise da Figura 42, verifica-se que só ao final de 35 anos é que existe retorno do investimento. Importa ainda evidenciar que os custos de exploração de 10 em 10 anos retardam esse tempo. Pode dizer-se que, o aproveitamento de águas pluviais não se mostra viável economicamente, mas é uma solução que inicialmente pensada, isto é, na fase de projeto de um edifício, se poderá aliar aos princípios da eficiência hídrica e construção sustentável.

# Capítulo 5

## Conclusão e Proposta para trabalhos futuros

### 5.1. Conclusão

Por meio deste estudo, o Instituto Politécnico de Bragança, procurou medidas para reduzir o consumo de água potável na Residência Gulbenkian. Foram elaborados cenários de intervenção para redução do consumo de água e feita uma análise da viabilidade técnico-económica das soluções propostas a fim de escolher as medidas de intervenção mais viáveis.

O estudo da distribuição do consumo de água, estimou que grande parcela do débito de água se concentra nos chuveiros e na torneira da cozinha, sendo nestes locais, onde as medidas de intervenção irão ter o maior impacto de poupança. A melhor opção de intervenção é a combinação dos **cenários 1.3 e 2.3**, pois apresentam uma viabilidade muito significativa, tanto técnica como económica, e ainda são alinhadas as políticas de certificação e rotulagem da Associação Nacional para Qualidade nas Instalações Prediais. Estima-se que tais cenários representem, somados, uma redução de **37,7%** do consumo de água no mês, com um investimento inicial de **162,15 €** e tempo de retorno do investimento somado de **um mês**, gerando, desta forma, uma poupança acumulada, ao final do primeiro ano de **1.530,64 €**, refletindo-se ao final de 17 anos em **29 316,38 €**.

Todas as medidas são viáveis técnica e economicamente, com exceção da opção 3, onde se percebe que, nem sempre a utilização de águas pluviais se mostra como uma opção satisfatória, atendendo ao elevado investimento inicial face à redução do consumo do recurso hídrico, com uma poupança de cerca de 9,05%.

Salienta-se que um grande aliado das medidas de intervenções técnicas é a medida de carácter social ou comportamental. Medidas comportamentais influenciariam na quantidade de vezes e no tempo de uso dos dispositivos, com um impacto considerável nos níveis de poupança de água no edifício.

Desta forma, algumas das soluções estudadas, poderão conduzir a uma redução do consumo de água potável na Residência Gulbenkian, contribuindo para a diminuição do valor da fatura de água e minimizando os riscos de escassez hídrica na sub-região de Terras de Trás-os-Montes de Portugal.

### 5.2. Proposta de trabalhos futuros

A realização deste estudo pode ser complementada no futuro, nomeadamente no que respeita aos seguintes tópicos:

- Avaliar a viabilidade da implementação de um sistema que limite o tempo de banho de cada aluno do edifício;
- Realizar um estudo de readequação dos hábitos comportamentais em relação ao uso consciente da água para os utentes do edifício;
- Realizar um estudo de avaliação do potencial de eficiência hídrica em outros tipos de construções, preferencialmente em edifícios que apresentem um gasto diário per capita elevado;
- Desenvolver estudos dos sistemas de reutilização de águas cinzentas *low cost* a fim de tornar mais acessível e, conseqüentemente, mais viável a sua implementação.

# Referências bibliográficas

- ABNT NBR 15527. (2007). *Água de chuva: aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos*. São Paulo.
- Amorim, S. V., & Pereira, D. J. (2008). Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. Obtido em 27 de outubro de 2017, de <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5359/3284>
- ANQIP. (2015). ETA 0701. *Especificação técnica ANQIP 0701 - Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edifícios (SAAP)*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0701\\_v.9\\_novo.2.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0701_v.9_novo.2.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0702. *Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0702\\_v.5\\_novo.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0702_v.5_novo.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0802. *Regulamento do sistema voluntário da ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0802\\_v.6\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0802_v.6_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0803. *Rótulos de eficiência hídrica de produtos*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0803\\_v.4\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0803_v.4_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0804. *Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a autoclismos de bacias de retrete*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0804\\_v.4\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0804_v.4_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0805. *Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP de autoclismos de bacias de retrete*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0805\\_v.4\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0805_v.4_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0806. *Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a chuveiros e sistemas de duche*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0806\\_v.4\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0806_v.4_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0807. *Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP chuveiros e sistemas de duche*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0807\\_v.4\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0807_v.4_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0808. *Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0808\\_v.3.1\\_novo.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0808_v.3.1_novo.pdf)
- ANQIP. (2015). ETA 0809. *Especificações para a realização de ensaios destinados à certificação de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros*. Obtido de [https://anqip.pt/images/stories/ETA\\_0809\\_v.3\\_novo.1.pdf](https://anqip.pt/images/stories/ETA_0809_v.3_novo.1.pdf)
- ANQIP. (2019). Catálogo Nacional de Produtos Certificados 2019. Obtido em 03 de dezembro de 2019, de <https://anqip.pt/index.php/pt/certificacoes/123-produtos-certificados>

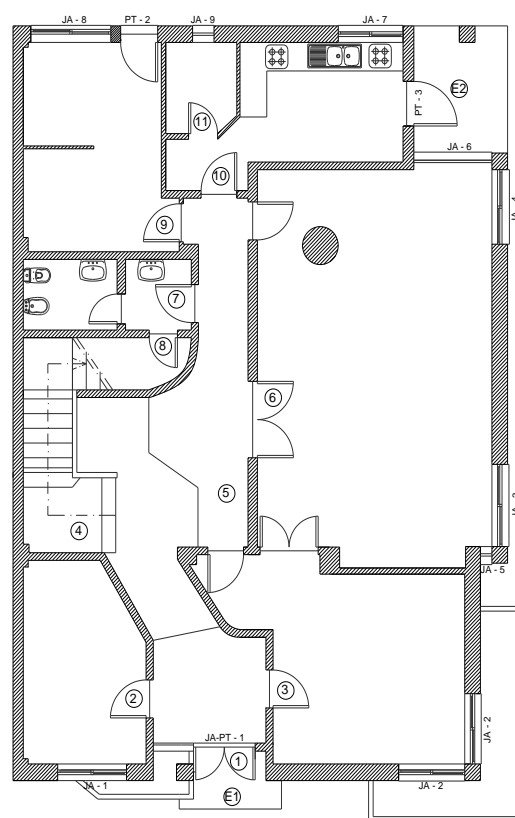
- APA. (2012). *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Obtido de [http://apambiente.pt/\\_zdata/CONSULTA\\_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA\\_2012-2020\\_JUNHO.pdf](http://apambiente.pt/_zdata/CONSULTA_PUBLICA/2012/PNUEA/Implementacao-PNUEA_2012-2020_JUNHO.pdf)
- APFN, A. P. (s.d.). *Tarifário de Abastecimento de Água no Município de Bragança*. Obtido em 03 de janeiro de 2020, de <https://www.apfn.com.pt/estudoagua/2018/ficha59.pdf>
- Decreto Regulamentar n.º23/95 de 23 de agosto. (1995). *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais*. Lisboa.
- Diretiva n.º 2000/60/CE. (2000). *Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia de 23 de outubro de 2000*. Jornal Oficial das Comunidades Europeias.
- Ecodepur. (s.d.). Obtido em 19 de fevereiro de 2019, de [www.ecodepur.pt](http://www.ecodepur.pt)
- EEA. (2009). Water resources across Europe - confronting water scarcity and drought. *Simulated land average maximum number of consecutive dry days for different European regions (1860–2100)*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. Obtido em 15 de agosto de 2019, de <https://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe>
- EEA, A. E. (2007). Water resources across Europe. Obtido em 15 de agosto de 2019, de <https://www.eea.europa.eu/publications/water-resources-across-europe>
- ERIX. (2018). Obtido em 03 de dezembro de 2019, de <https://www.erix.pt/news/view/novo-catalogo>
- Eurostat. (2007). Consumers in Europe - Facts and figures on services of general. Luxembourg: European Communities. Obtido em 01 de setembro de 2019, de <https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/water>
- Grassi, M. T. (2001). *As águas do planeta Terra*. Curitiba: Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Obtido em 15 de agosto de 2019, de <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>
- IPMA, I. P. (s.d.). Índice PDSI (Palmer Drought Severity Index). Lisboa, Portugal. Obtido em 28 de julho de 2019, de <http://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/spi/monitorizacao/servico.situacaoatual/>
- Label, E. W. (2019). *European Water Label*. Obtido em 17 de novembro de 2019, de WATER: <http://www.europeanwaterlabel.eu/thelabel.asp>
- Lamberts, R., Ghisi, E., E., Pereira, C., & Batista, J. (2010). *Casa Eficiente: Uso racional da água*. Florianópolis: UFSC. Obtido em 29 de setembro de 2019, de [http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente\\_vo1\\_III\\_WEB.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vo1_III_WEB.pdf)
- Melo, F. (2014). Aproveitamento de águas pluviais para rega. (*Dissertação de mestrado*). Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- NP EN 1990. (2009). *Eurocódigo - Bases para o projecto de estruturas*.

- Pedroso, V. M. (2016). *Manual dos sistemas prediais de distribuição e drenagem de águas*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Pena, R. A. (2019). *Brasil Escola*. Obtido em 12 de agosto de 2019, de Site da Brail Escola- Estress Hídrico: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/estresse-hidrico.htm>
- Pimentel-Rodrigues, C. (2008). Um Modelo para a Avaliação da Eficiência Hídrica de Produtos. (*Dissertação de mestrado*). Aveiro.
- Pimentel-Rodrigues, C. (2015). *Water-energy nexus. The outcome of the implementation of water efficiency measures in buildings*. Aveiro: ANQIP.
- Pires, V. (2003). *Frequência e Intensidade de Fenómenos Meteorológicos Extremos Associados à Precipitação*. Lisboa. Obtido em 15 de julho de 2019, de [https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T17\\_artg/04Territorium\\_27-34.pdf](https://www.uc.pt/fluc/nicif/riscos/Documentacao/Territorium/T17_artg/04Territorium_27-34.pdf)
- PORDATA. (s.d.). Obtido em fevereiro de 2020, de [https://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+\(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor\)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315](https://www.pordata.pt/Portugal/Taxa+de+Infla%C3%A7%C3%A3o+(Taxa+de+Varia%C3%A7%C3%A3o+do+%C3%8Dndice+de+Pre%C3%A7os+no+Consumidor)+total+e+por+consumo+individual+por+objectivo-2315)
- ROCA. (2018.). Obtido em 03 de dezembro de 2019, de <http://www.roca.pt/catalogo/produtos/torneiras/programas-duce/chuveiros-mao/stella/chuveiro-mao-stella-10033funcoes-5B1B03C00#!A5B1B03C00>
- Silva-Afonso, A., & Pimentel-Rodrigues, C. (2011). The importance of water efficiency in buildings in Mediterranean countries. The Portuguese experience. *International Journal of System Applications, Engineering & Development*, 17-24.
- Silva-Afonso, A., & Pimentel-Rodrigues, C. (2014). Water policy for Buildings. A. *Water efficiency in buildings: Theory and practice*. (pp. 42-45). United Kingdom: John Wiley & Sons.
- Silva-Afonso, A., & Pimentel-Rodrigues, C. (2017). *Manual de eficiência hídrica em edifícios*. Aveiro.
- Silva-Afonso, A., Bernardo, J., & Pimentel-Rodrigues, C. (2013). Implications of reduced flush volumes in building drainage: An experience study. *39th CIB W062*. Nagano, Japão.
- Teixeira, N. (2013). Avaliação da viabilidade técnico-económica da reutilização de águas numa moradia unifamiliar. (*Dissertação de mestrado*). Covilhã: Universidade da Beira Interior.
- Unesco. (2012). *Managing Water under Uncertainty and Risk. The united nations world water development report 4*. Paris: WWDR4. Obtido em 16 de agosto de 2019, de <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/WWDR4%20Volume%201-Managing%20Water%20under%20Uncertainty%20and%20Risk.pdf>
- World Water Council. (2016). *World Water Council*. Obtido em 15 de agosto de 2019, de Sustainable Development Goals: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=30022&nr=88&menu=3170>

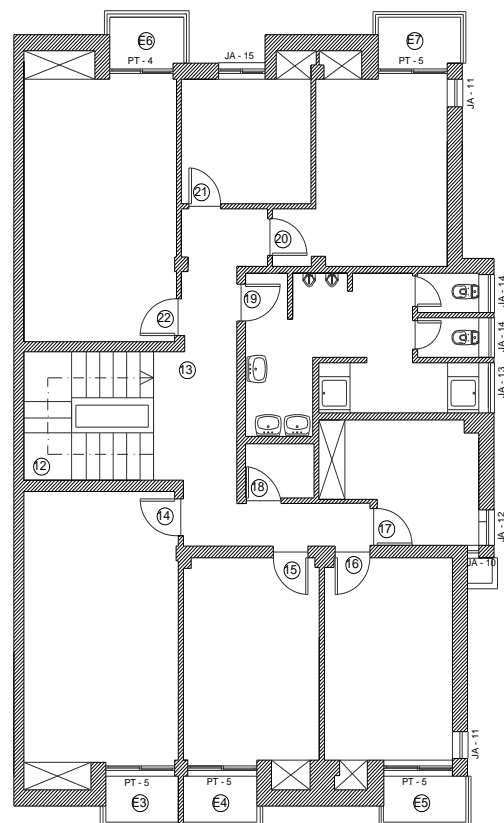
# Anexos

## **Anexo I: Plantas de arquitetura.**





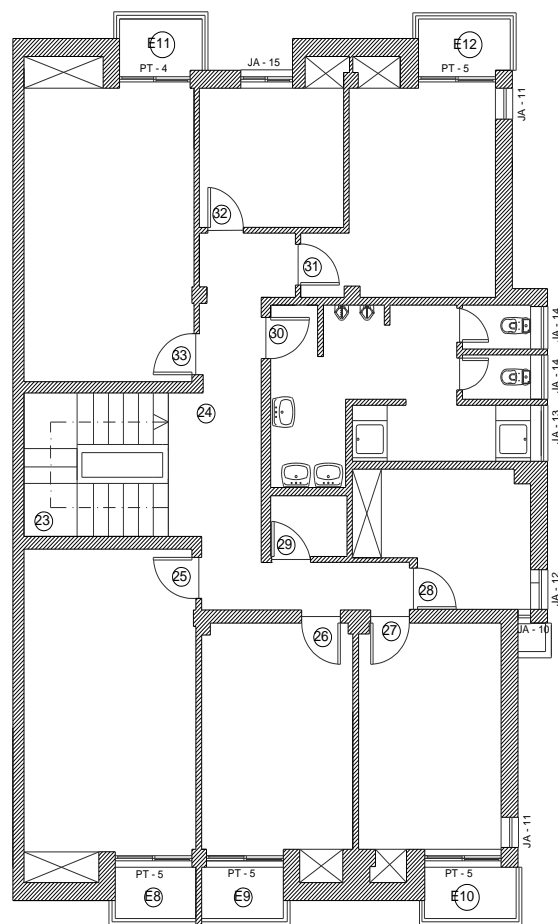
(a)



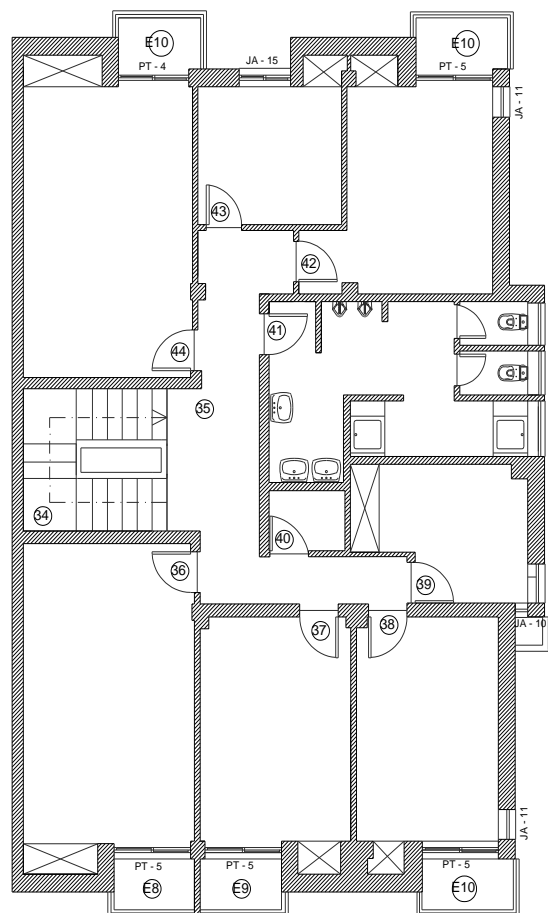
(b)

Legenda:	
1	Hall de entrada
2	Vigilante
3	Sala de estudo
4	Vão de escadas
5, 13	Distribuição
6	Sala de estar
7, 19	Casa de banho
8, 18	Arrumos
9	Lavandaria
10	Cozinha
11	Despensa
12	Vão de escadas (piso 1)
14, 22	Quarto triplo
15, 16, 20	Quarto duplo
17, 21	Quarto individual
E1	Entrada
E2	Alpendre
E3 a E7	Varanda

Figura I.1- Plantas de arquitetura: rés-do-chão (a) e piso 1 (b), sem escala (Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB).



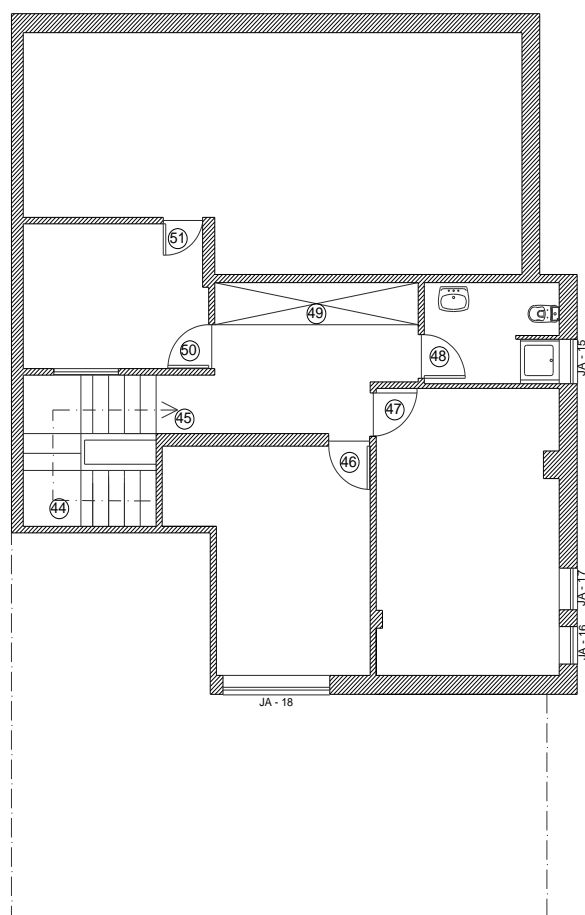
(a)



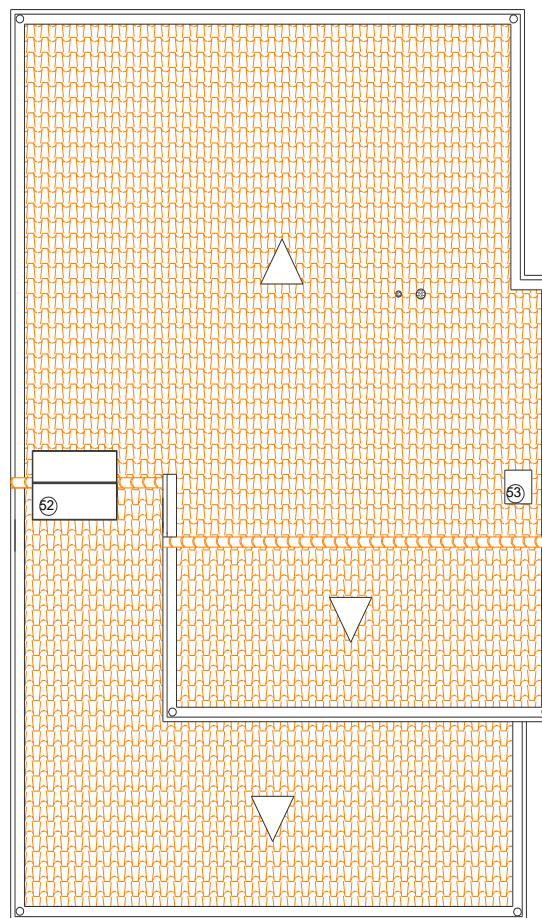
(b)

Legenda:	
23	Vão de escadas (piso 3)
24, 35	Distribuição
25, 33, 36, 44	Quarto triplo
26, 27, 31, 37, 38, 42	Quarto duplo
28, 32, 39, 43	Quarto individual
29, 40	Arrumos
30, 41	Casa de banho
34	Vão de escadas (piso 3)
E8 a E17	Varanda

Figura I.2- Plantas de arquitetura: piso 2 (a) e piso 3 (b), sem escala (Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB).



(a)



(b)

Legenda:	
44	Vão de escadas ( piso 4)
45	Distribuição
46	Quarto duplo
47	Quarto triplo
48	Casa de banho
49	Armário
50	Quarto individual
51	Arrumos
52	Claraboia
53	Chaminé

Figura I.3- Plantas de arquitetura: sótão (a) e cobertura (b), sem escala (Gabinete de Planeamento e Gestão de Obras do IPB).

## **Anexo II: Etiquetagem dos aparelhos e dispositivos de utilização.**

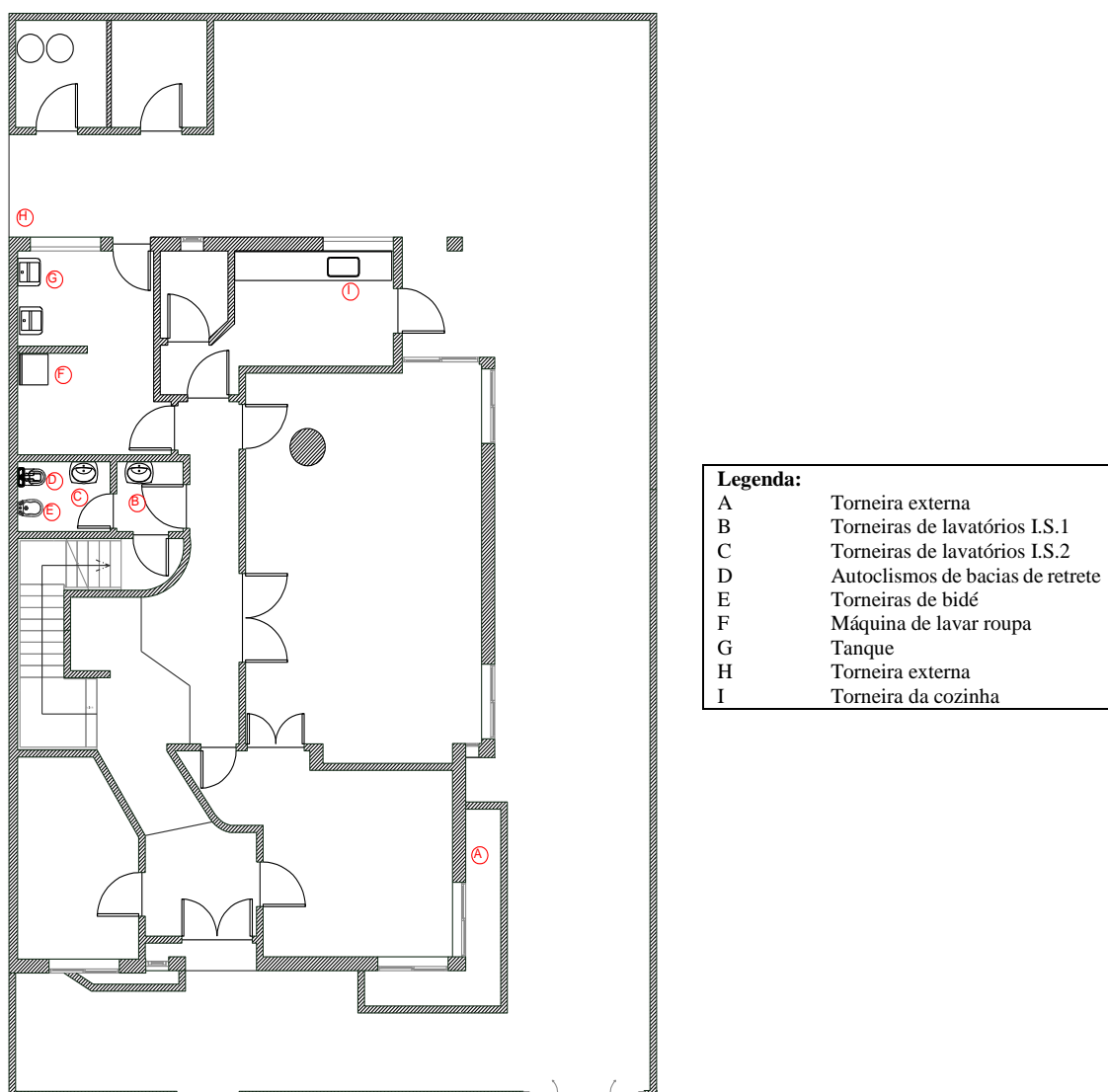
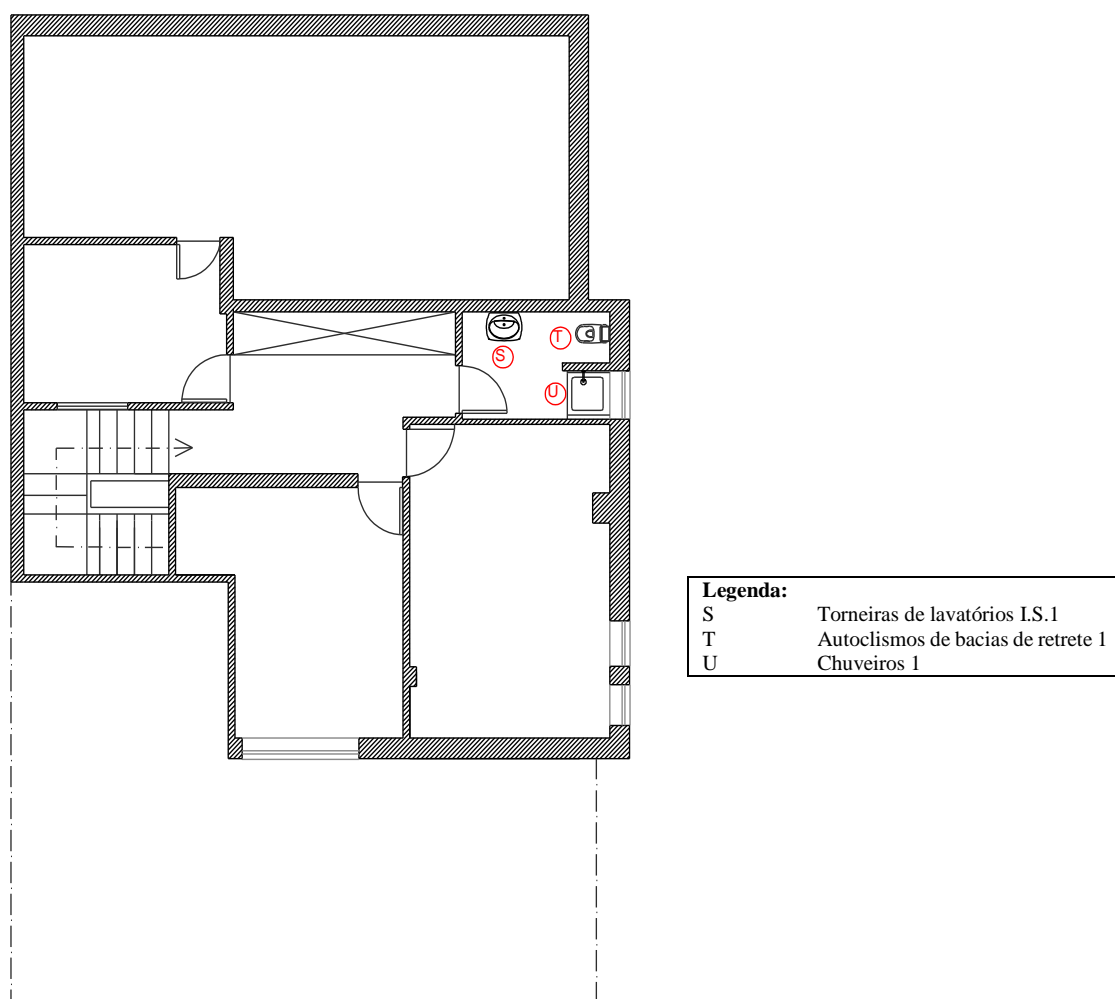


Figura II.1- Etiquetação dos aparelhos e dispositivos de utilização na planta do rés-do-chão, sem escala



*Figura II.2- Etiquetação dos aparelhos e dispositivos de utilização nas plantas dos pisos 1, 2 e 3, sem escala*



*Figura II.3- Etiquetagem dos aparelhos e dispositivos de utilização na planta do sótão, sem escala*

**Anexo III: Questionário aplicado aos alunos residentes na residência Gulbenkian.**



## Questionário

No âmbito de uma Dissertação de Mestrado em Engenharia da Construção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança, venho pedir a sua colaboração para responder a um questionário, em que se pretende saber quais são os seus hábitos relativamente ao **“Consumo de água na Residência Gulbenkian do IPB”**. É muito importante que responda a todas as questões com sinceridade e empenho. Saliento ainda que assumo o compromisso de só fazer uso público da informação recolhida sob a forma de anonimato.

Agradeço, desde já, a sua colaboração.

1. Idade: \_\_\_\_\_
2. Quantos dias, por semana, permanece na Residência Gulbenkian? \_\_\_\_\_
3. Indique uma estimativa do número de vezes que, diariamente, lava as mãos: \_\_\_\_\_
  - 3.1. Quando lava as mãos, indique uma estimativa do número de vezes que pressiona o “botão” da torneira: \_\_\_\_\_
4. Indique uma estimativa do número de vezes que, diariamente, utiliza:  
O urinol: \_\_\_\_\_ A sanita: \_\_\_\_\_
  - 4.1. De cada vez que usa o urinol, indique uma estimativa do número de descargas que faz: \_\_\_\_\_
  - 4.2. De cada vez que usa a sanita, indique uma estimativa do número de descargas que faz: \_\_\_\_\_
    - 4.2.1. De cada vez que faz uma descarga, utiliza o **BOTÃO MAIOR**:  
☐ Nunca    ☐ Poucas vezes    ☐ Muitas vezes    ☐ Sempre
5. Indique uma estimativa do número de vezes que, semanalmente, toma banho: \_\_\_\_\_
  - 5.1. Indique uma estimativa, em minutos, do tempo que demora no banho: \_\_\_\_\_
6. Habitualmente utiliza a torneira da cozinha?  
☐ Sim    ☐ Não
  - 6.1. Se respondeu **“SIM”**, indique uma estimativa do tempo, em minutos, que diariamente, usa a referida torneira: \_\_\_\_\_
7. Habitualmente utiliza a máquina de lavar roupa?  
☐ Sim    ☐ Não
  - 7.1. Se respondeu **“SIM”**, indique uma estimativa do número de vezes que, semanalmente, utiliza a máquina de lavar roupa : \_\_\_\_\_

8. Já detetou alguma perda ou fuga nas redes de água da Residência Gulbenkian?

☐ Sim    ☐ Não

8.1. Se “**SIM**”, refira o que aconteceu.

---

---

---

---

9. Já assistiu a alguma ação de sensibilização sobre “o uso eficiente de água”?

☐ Sim    ☐ Não

9.1. Caso tenha respondido “**SIM**”, indique onde e em que contexto.

---

---

---

---

10. Considera que está sensibilizado para “o uso eficiente de água”?

☐ Sim    ☐ Não    ☐ Talvez    ☐ Sem opinião

11. Quais as medidas que considera que deviam ser aplicadas no edifício Gulbenkian para um uso mais eficiente de água?

---

---

---

---

Obrigado pela colaboração!  
Henrique de Souza Faria, n. °39554  
Aluno de Mestrado em Engenharia da Construção da ESTiG-IPB

**Anexo IV: Fichas de ensaio dos redutores de caudal e fichas técnicas das torneiras e chuveiros.**



## CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA ANQIP DE REDUTORES DE CAUDAL FICHA DE ENSAIO

REQUERENTE ALL – AQUA, Lda

PRODUTO A CERTIFICAR: MARCA

MODELO Anilha redutora de chuveiro 8l/min

REF.(s) DO FABRICANTE RC5384308

CÓDIGO ANQIP DO CERTIFICADO DO PRODUTO

TIPO DE PRODUTO Anilha redutora de chuveiro

### RESULTADOS DO ENSAIO <sup>(1)</sup>:

DATA	CAUDAL NOMINAL (l/min)	CAUDAL DE ENSAIO MÁX. (l/min)	CAUDAL DE ENSAIO MIN. (l/min)	PRESSÃO A QUE SE VERIFICA O CAUDAL NOMINAL (bar)	CAUDAL A 3 bar (l/min)
6/6/13	8,0	9,1	6,6	1,7 <sup>(2)</sup>	9,7

Observações: (2) Valor obtido por regressão.

O AUDITOR,

(1) A tabela de resultados do ensaio é uma média dos ensaios efectuados, cujos resultados se encontram em anexo.

Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais  
Rua de S. Roque n.º 23 – 1.º  
3810-257 Aveiro  
Portugal  
T 234 092 597  
E anqip@anqip.pt

Figura IV.1- Ficha de ensaio do redutor de caudal de chuveiro (ANQIP, 2019).

## CERTIFICAÇÃO DE EFICIÊNCIA HÍDRICA ANQIP DE REDUTORES DE CAUDAL FICHA DE ENSAIO

REQUERENTE ALL – AQUA, Lda

PRODUTO A CERTIFICAR: MARCA

MODELO Economizador de torneira fluxo normal 8l/min

REF.(s) DO FABRICANTE RC4186108

CÓDIGO ANQIP DO CERTIFICADO DO PRODUTO EFR024-062013

TIPO DE PRODUTO Redutor de torneira

### RESULTADOS DO ENSAIO <sup>(1)</sup>:

DATA	CAUDAL NOMINAL (l/min)	CAUDAL DE ENSAIO MÁX. (l/min)	CAUDAL DE ENSAIO MIN. (l/min)	PRESSÃO A QUE SE VERIFICA O CAUDAL NOMINAL (bar)	CAUDAL A 3 bar (l/min)
6/6/13	8,0	7,0	5,8	6,0 <sup>(2)</sup>	7,0

Observações: (2) Valor obtido por regressão.

O AUDITOR,

(1) A tabela de resultados do ensaio é uma média dos ensaios efectuados, cujos resultados se encontram em anexo.

\* Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

Rua de S. Roque n.º 23 – 1.º  
3800-257 Aveiro  
Portugal

T 234 092 597  
E anqip@anqip.pt

Figura IV.2- Ficha de ensaio do redutor de caudal de torneira de cozinha (ANQIP, 2019).



FT\_ET443\_01.19 PT

A Erix reserva-se o direito de introduzir alterações técnicas que melhorem o desempenho e funcionalidade do produto a qualquer momento e sem aviso prévio.

Figura IV.3- Ficha técnica das torneiras de lavatório de 1,8 L/min (ERIX, 2018; ANQIP, 2019).



A Erix reserva-se o direito de introduzir alterações técnicas que melhorem o desempenho e funcionalidade do produto a qualquer momento e sem aviso prévio.

Figura IV.4- Ficha técnica das torneiras de lavatório de 5,0 L/min (ERIX, 2018; ANQIP, 2019).



Inspirada nos elementos básicos da natureza, proporciona uma estética de linhas simples, puras e contemporâneas. Disponível numa ampla gama de soluções.

**Chuveiro de mão Stella 100/3 com 3 funções**

Acabamento: **Cromado**

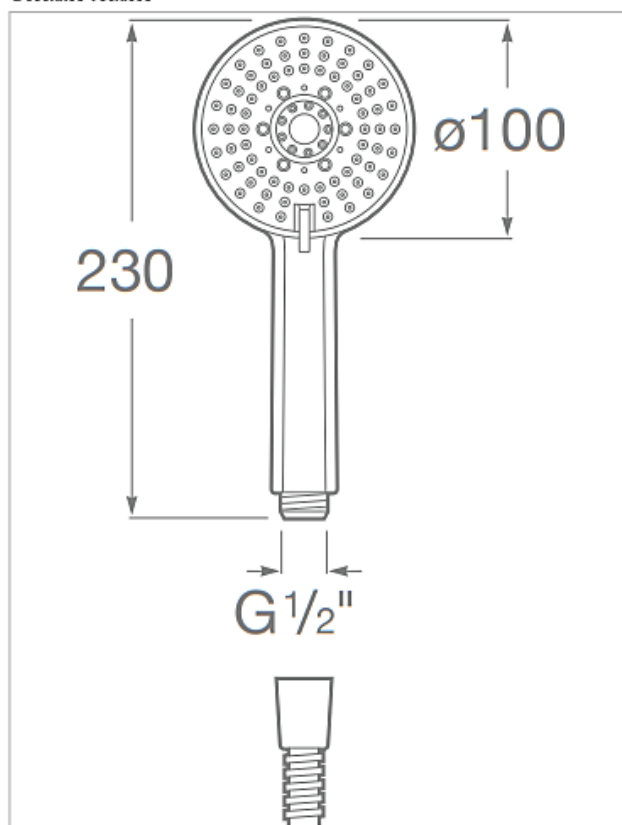
Diâmetro (mm): **100**

Forma: **Circular**

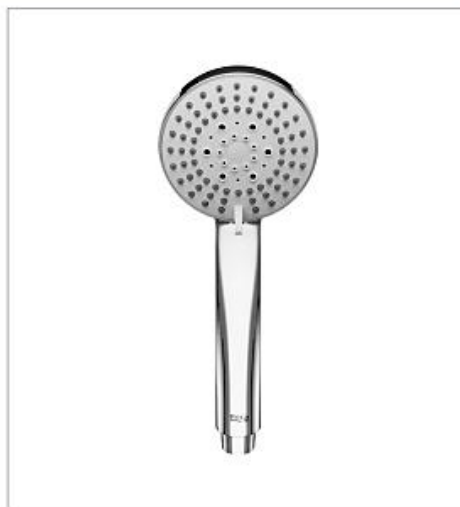
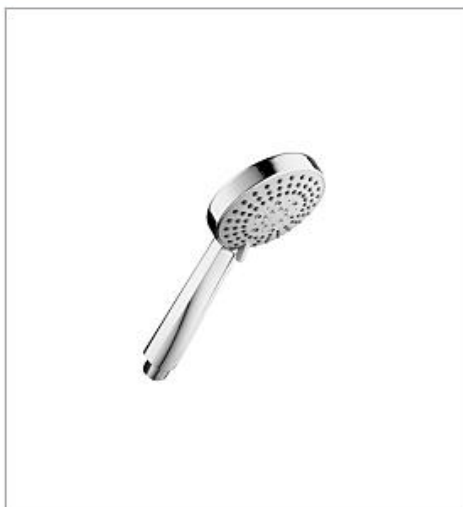
Número de funções: **3**





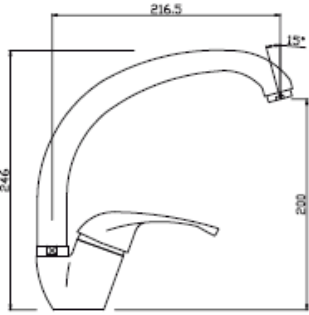
**Desenhos Técnicos**







*Figura IV.5- Ficha técnica dos chuveiros (ROCA, 2018; ANQIP, 2019).*

	<h2>FICHA TÉCNICA</h2> <p>Misturadora para lava loiça com bica alta Referência: ET314</p>
	
	<p><b>CARACTERÍSTICAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe de pressão: 1 a 5 bar</li> <li>- Bica giratória</li> <li>- Acabamento cromado resistente à corrosão</li> </ul>
<p>FL-ET314_05.18 PT</p>	<p><b>DIMENSÕES (MM)</b></p> 

A Erix reserva-se o direito de introduzir alterações técnicas que melhorem o desempenho e funcionalidade do produto a qualquer momento e sem aviso prévio.

Figura IV.6- Ficha técnica da torneira de cozinha (ERIX, 2018).

## **Anexo V: Dados de precipitação.**

*Tabela V- Dados da pluviosidade da estação meteorológica de Bragança (mm) (IPMA, s.d.).*

	janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
<b>2010</b>	134,90	201,20	107,70	109,70	65,70	104,80	3,10	0,60	31,60	141,70	77,10	213,30
<b>2011</b>	108,40	90,00	81,40	63,80	46,40	14,90	1,10	47,40	20,10	71,50	136,80	31,50
<b>2012</b>	12,80	0,00	3,50	80,60	65,50	13,90	19,00	12,20	-	67,40	80,80	94,20
<b>2013</b>	142,60	69,00	168,00	64,10	35,80	3,60	15,80	0,00	47,40	151,50	11,10	161,60
<b>2014</b>	164,40	151,00	40,00	60,80	32,70	16,00	33,90	-	88,50	130,10	171,40	38,30
<b>2015</b>	48,00	18,20	2,30	48,80	45,20	57,60	2,40	5,50	78,00	166,30	105,10	69,60
<b>2016</b>	258,00	136,90	59,70	175,30	104,60	8,50	0,50	10,10	21,70	65,50	82,90	47,30
<b>2017</b>	46,20	173,00	49,00	15,90	74,40	5,80	6,60	5,30	0,00	17,20	45,30	116,20
<b>2018</b>	54,20	51,60	239,80	89,80	37,70	118,70	11,20	0,00	20,80	46,70	196,90	55,20

## **Anexo VI: Dimensões de tubagens.**

Tabela VI.1: Dimensões mais usuais das tubagens de PEAD (\*) (adaptada de Pedroso (2016)).

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)	
	Máximo	Mínimo	Classe 1 MPa	
			Máximo	Mínimo
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
40	40,4	40,0	4,3	3,7
50	50,4	50,0	5,3	4,6
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

(\*) Fator caracterizador da rugosidade do materail ( $b = 0,000134$ ) (Pedroso, 2016)

Tabela VI.2: Dimensões mais usuais das tubagens de Aço Inox (\*) (adaptada de Pedroso (2016)).

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)
	Máximo	Mínimo	
(...)	(...)	(...)	(...)
22	22,055	21,950	0,7
28	28,055	28,950	0,8
35	35,070	34,965	1,0
(...)	(...)	(...)	(...)

(\*) Fator caracterizador da rugosidade do materail ( $b = 0,000152$ ) (Pedroso, 2016)

Tabela VI.3: Dimensões mais usuais das tubagens de PVC (\*) (adaptada de Pedroso (2016)).

DN (mm)	Diâmetro exterior (mm)		Espessura da parede (mm)	
	Máximo	Mínimo	Classe 0,4 MPa	
			Máximo	Mínimo
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
110	110,4	110,0	2,7	2,2
125	125,4	125,0	3,0	2,5
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

(\*) Rugosidade da tubagem ( $K_s = 120 \text{ m}^{1/3} / \text{s}$ ) (Pedroso, 2016)

## **Anexo VII: Dimensionamento das redes prediais.**

Tabela VII.1: Dimensionamento da rede predial de drenagem de águas pluviais (resumo).

Coletor	Troço	Q <sub>a</sub> (L/min)	i (m/m)	DN (mm)
CP2	TQ1	73,58	0,010	110
CP4	TQ2+CP2	150,99	0,010	110
CP5	TQ6	70,84	0,010	110
CP6	CP5	70,84	0,010	110
CP7	CP6+TQ7	120,30	0,010	110
CP8	CP7	120,30	0,010	110
CP9	TQ3	6,23	0,010	110
CP10	CP9+CP8	126,52	0,010	110
CP11	CP4+CP10	277,51	0,010	110
CP12	CP11	277,51	0,010	110
CP13	CP12	277,51	0,010	110

Tabela VII.2: Dimensionamento da rede predial de distribuição com águas pluviais (resumo).

Troço	Q <sub>a</sub> (L/s)	Q <sub>c</sub> (L/s)	DN (mm)	v (m/s)	J (m/m)	P <sub>j</sub> (m.c.a)	P <sub>m</sub> (m.c.a)
F1	1,00	0,547	28	1,00	0,057	15,74	15,76
F2	1,20	0,601	28	1,10	0,067	15,86	15,88
F3	1,20	0,601	28	1,10	0,067	15,88	19,23
F4	2,40	0,857	35	1,00	0,043	19,23	22,50
F5	3,60	1,056	35	1,23	0,063	22,50	22,94
F6	3,60	1,056	40	1,31	0,064	25,94	26,91
F7	3,60	1,056	40	1,31	0,064	26,91	26,25
F8	3,60	1,056	50	0,84	0,022	26,25	28,02



Anexo VIII: Peças desenhadas.

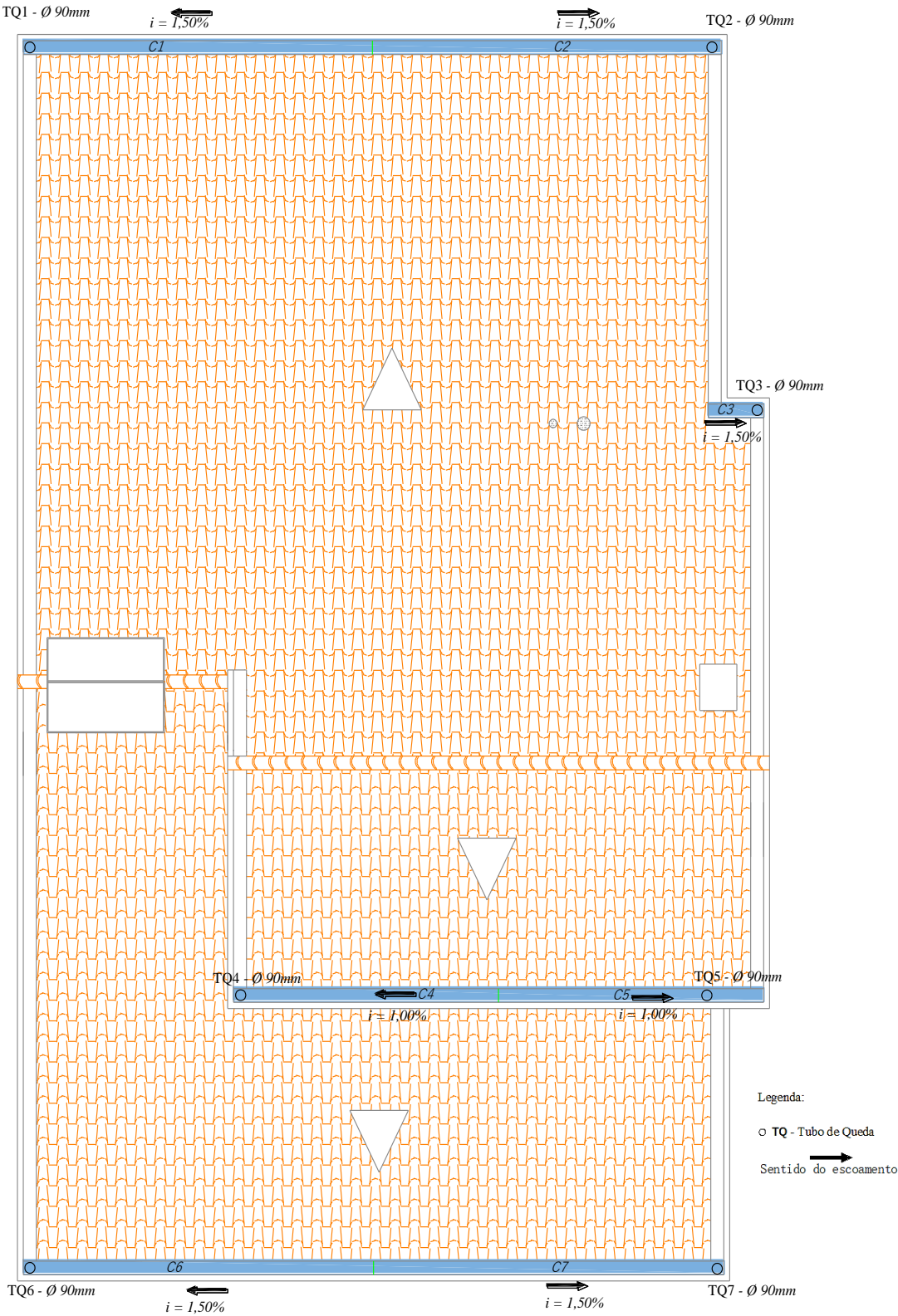


Figura VIII.1- Rede predial de drenagem de águas pluviais, planta de cobertura, sem escala.

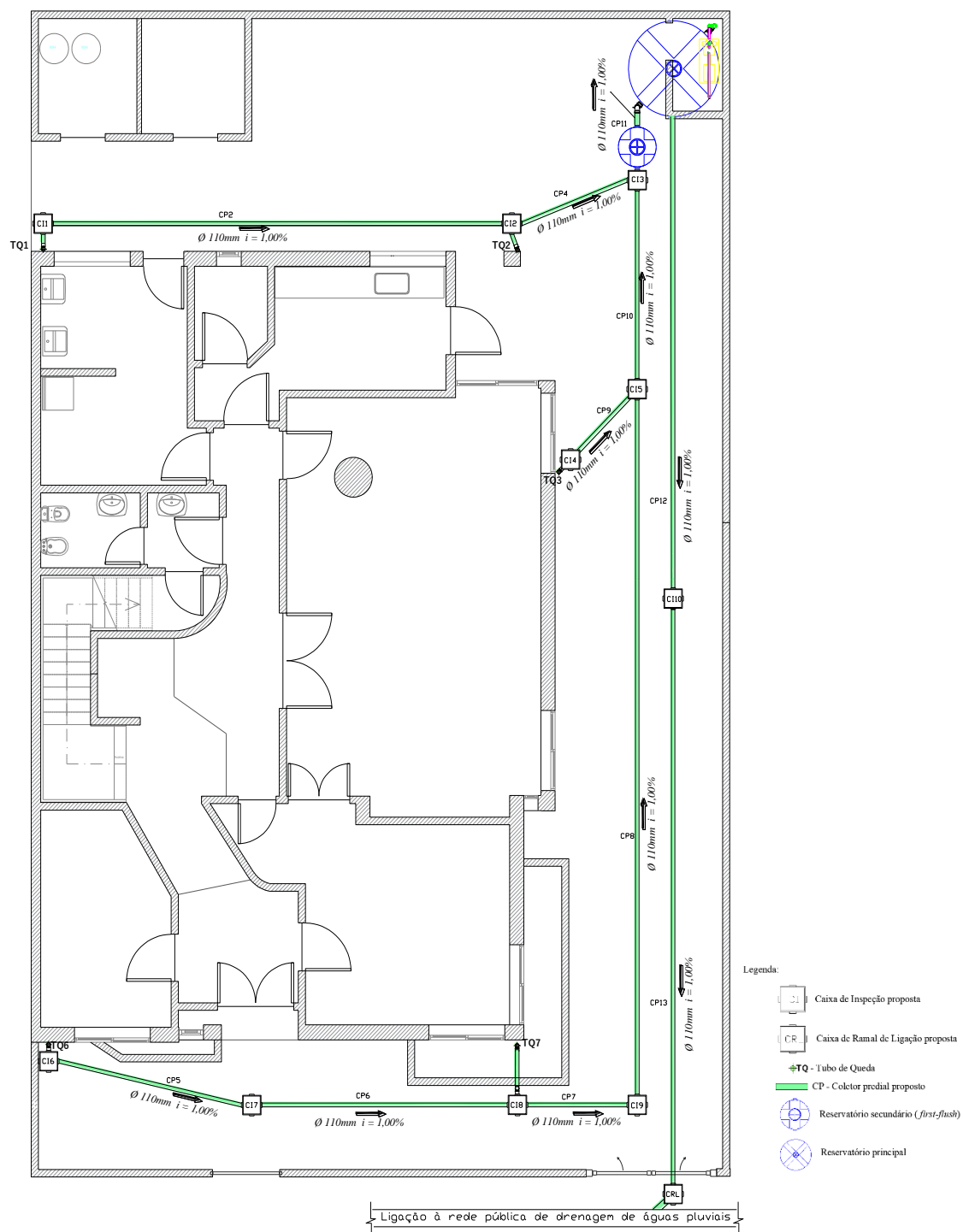


Figura VIII.2- Rede predial de drenagem de águas pluviais, planta de rés-do-chão, sem escala.

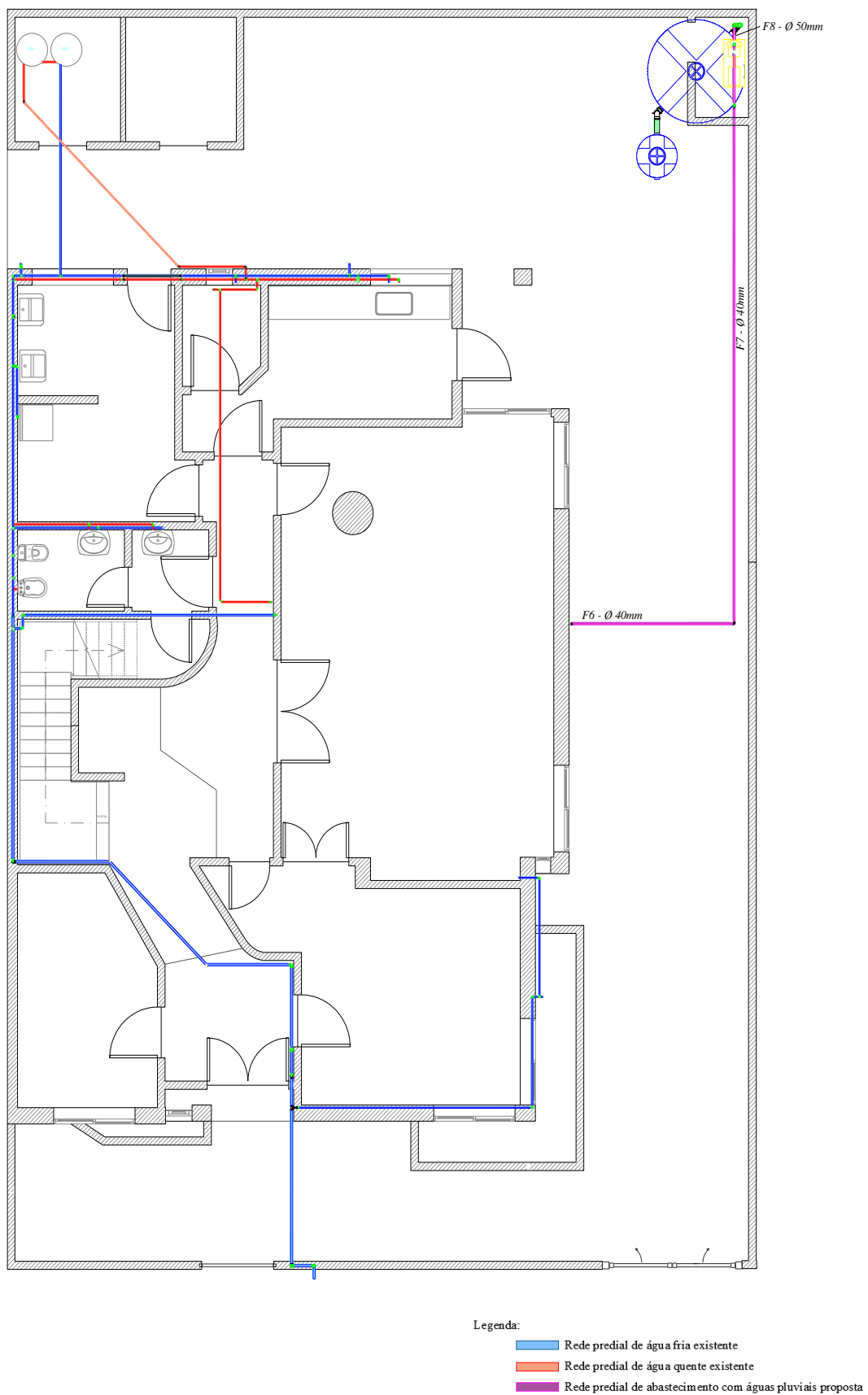
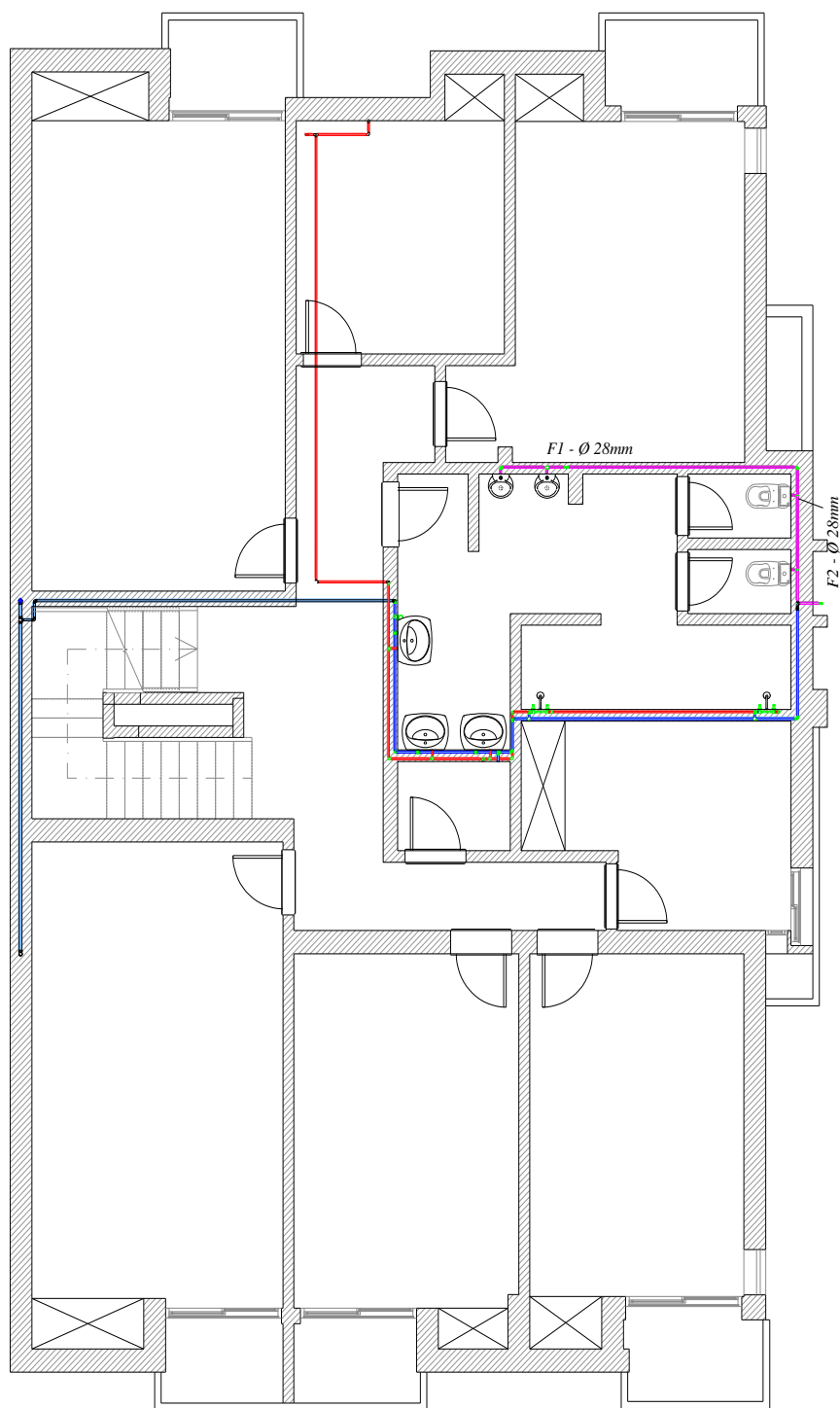


Figura VIII.3- Rede predial de distribuição com águas pluviais, planta de rés-do-chão, sem escala.



Legenda:

- Rede predial de água fria existente
- Rede predial de água quente existente
- Rede predial de abastecimento com águas pluviais proposta

Figura VIII.4- Rede predial de distribuição com águas pluviais, planta dos pisos 1, 2 e 3, sem escala.

## **Anexo IX: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais.**

Tabela IX.1: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, método prático inglês (ABNT NBR 15527, 2007)

Método prático inglês	
P (mm)	810,71
$A_h$ (m <sup>2</sup> )	198,17
$V$ (m <sup>3</sup> )	<b>8,03</b>

Tabela IX.2: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, método prático alemão (ABNT NBR 15527, 2007)

Método prático alemão	
$V$ (m <sup>3</sup> )	115,67
$D$ (m <sup>3</sup> )	99,10
$V$ (m <sup>3</sup> )	<b>5,95</b>

Tabela IX.3: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, método prático brasileiro (ABNT NBR 15527, 2007)

Método prático brasileiro	
P (mm)	810,71
$A$ (m <sup>2</sup> )	198,17
T	4
$V$ (m <sup>3</sup> )	<b>26,99</b>

Tabela IX.4: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, método prático australiano (ABNT NBR 15527, 2007)

Método prático australiano						
$C$	0,8	P	Q	$D_t$	$V_t$	Critério
$A$	198,17	103,63	16,11	4,46	11,65	0
$I$	2	99,98	15,53	9,51	17,67	0
$N_r$	1	80,44	12,44	8,00	22,10	0
$P_r$	8%	76,46	11,80	10,09	23,82	0
Confiança	92%	54,80	8,37	17,74	14,45	0
Maior volume (m <sup>3</sup> ):		41,03	6,19	9,45	11,18	0
<b>23,82</b>		7,00	0,79	7,48	4,49	0
		10,24	1,31	8,52	0,00	1
		26,15	3,83	0,00	3,83	0
		86,99	13,47	0,81	16,49	0
		85,38	13,22	6,44	23,27	0
		98,80	15,35	16,58	22,03	0

Tabela IX.5: Dimensionamento do reservatório de águas pluviais, método simplificado (ANQIP ETA 0701, 2015)

Método simplificado	
P (mm)	810,71
A (m <sup>2</sup> )	198,17
N (dias)	30
C <sub>AE</sub> (L)	99098,25
U	40
V <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> )	7,23
V <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> )	356,75
V <sub>mín</sub> (m <sup>3</sup> )	<b>7,23</b>

Tabela IX.6: Dimensionamento do reservatório para desvio das primeiras águas (first flush) (ANQIP ETA 0701, 2015)

P (mm)	2,00
A (m <sup>2</sup> )	198,17
Volume calculado (L)	396,34
Volume adotado (L)	<b>500,00</b>

Tabela IX.7: Mapa auxiliar para dimensionamento do reservatório com capacidade de 5000 L (adaptada de Silva-Afonso & Pimentel-Rodrigues, 2017).

Precipitações médias mensais (P) - dados IPMA (mm) de 2010 a 2018:

janeiro	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	novembro	dezembro
107,72	98,99	83,49	78,76	56,44	38,20	10,40	10,14	38,51	95,32	100,82	91,91

Coeficiente de *run off* da cobertura (C) = 0,80      Eficiência hídrica da filtragem ( $\eta$ ) = 0,90      Área de Captação (A) = 198,17 m<sup>2</sup>

Mês	Precipitação média mensal	Consumo mensal	Volume aproveitável de chuva mensal	Diferença (Disponibilidade- Consumo)	Diferenças de cálculo	Volume adotado para o reservatório	Volume de água no reservatório		Suprimento
	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	Início	Fim	(m <sup>3</sup> )
janeiro	107,72	4,46	15,37	10,91	10,91	<b>5</b>	5,00	5,00	0,00
fevereiro	98,99	9,51	14,12	4,61	4,61		5,00	5,00	0,00
março	83,49	8,00	11,91	3,91	3,91		5,00	5,00	0,00
abril	78,76	10,09	11,24	1,15	1,15		5,00	5,00	0,00
maio	56,44	17,74	8,05	-9,69	0,00		5,00	0,00	4,69
junho	38,20	9,45	5,45	-4,00	0,00		0,00	0,00	4,00
julho	10,40	7,48	1,48	-6,00	0,00		0,00	0,00	6,00
agosto	10,14	8,52	1,45	-7,08	0,00		0,00	0,00	7,08
setembro	38,51	0,00	5,50	5,50	5,50		0,00	5,00	0,00
outubro	95,32	0,81	13,60	12,79	12,79		5,00	5,00	0,00
novembro	100,82	6,44	14,39	7,95	7,95		5,00	5,00	0,00
dezembro	91,91	16,58	13,11	-3,47	0,00		5,00	1,53	0,00
<b>TOTAIS</b>	810,71	99,10	115,67						21,77









Aproveitamento de água pluvial total (m<sup>3</sup>) = 77,33 → 78,04 %



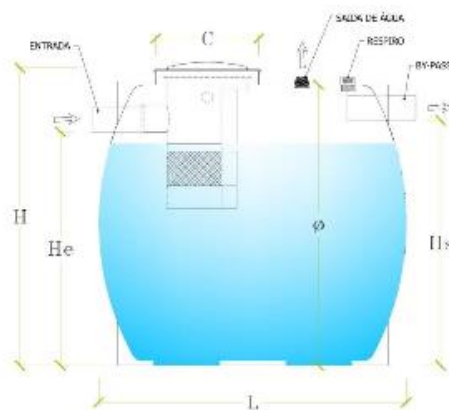
**Anexo X: Ficha técnica do sistema de aproveitamento de águas pluviais.**

## AQUAPLÚVIA SUBTERRÂNEO COM FILTRO DE PARTÍCULAS INCORPORADO – RSC/SAAP

### PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

-  Fabricado em polietileno linear aditivado anti-UV, por sistema de rotomoldagem;
-  Cor preta;
-  Reforços horizontais e verticais devidamente situados, que dotam a estrutura de elevada resistência;
-  Entrada de Homem Ø 400 mm;
-  Filtro de Partículas Incorporado amovível e de fácil limpeza (retenção de partículas > 1.2 mm);
-  Entrada/ By-pass Ø 110 mm;
-  Saída de água tratada - Passa-muros MF 2" x 1"1/2;
-  Respiro Ø 2"x 1"1/2;

4



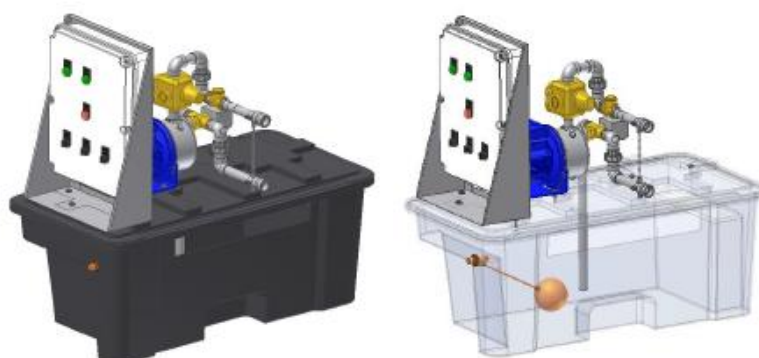
Modelo	Volume Total (l)	Ø (mm)	L (mm)	H (mm)	C (mm)	Ø Tubagem (mm)
RSHC/SAAP -5.000	5.000	1.800	2.360	1.870	400	110

## ACESSÓRIOS

### ECODEPUR PLUVIA SMARTBOX – Sistema de Gestão Inteligente da água

O módulo de Gestão Inteligente da água, Ecodepur PLUVIA SMARTBOX, corresponde a um sistema completo que permite o controlo e comando do sistema de pressurização da água para reutilização, incluindo a comutação automática das fontes de abastecimento. Este módulo, permite a pressurização de água pluvial sempre que o reservatório de acumulação a contenha, caso isto não se verifique, acciona automaticamente a entrada da água da rede.

5

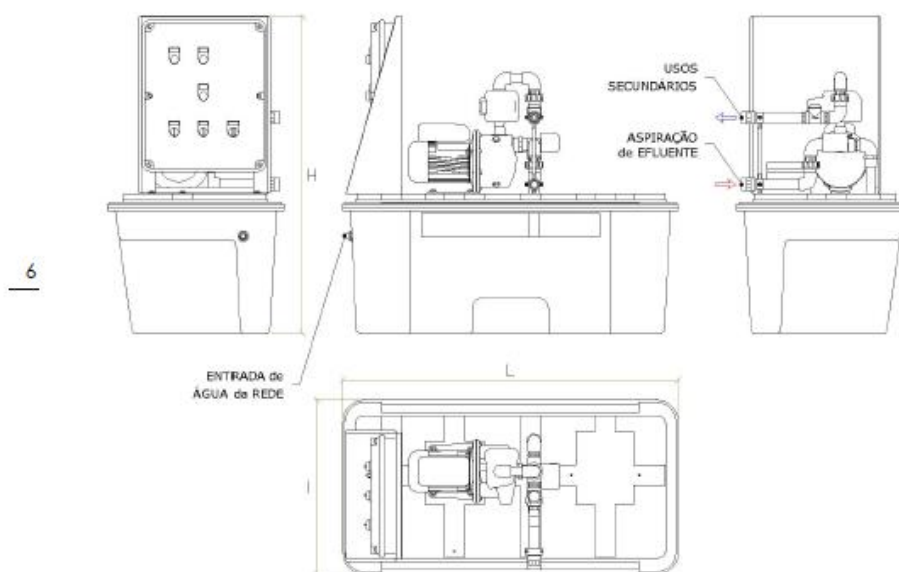


**Constituição da PLUVIA SMARTBOX:**

**Bomba Superfície**  
**Quadro Eléctrico**

Caudal de bombagem: 56 L/min; Potência: 0,90 kW; 230 VAC; 50 Hz  
Arranque directo c/ protecção térmica electrónica

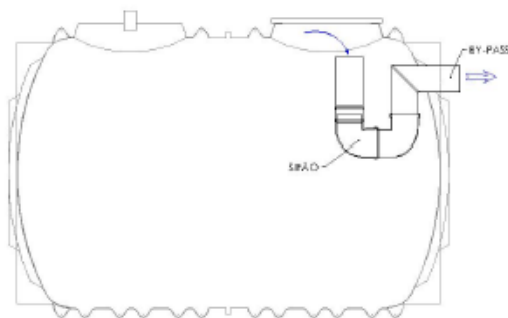
Modelo	L (Comprimento) (mm)	H (Altura) (mm)	I (Largura) (mm)	He (entrada água da rede) (mm)	Ø Tubagens (mm)	Peso Aprox. (kg)
PLUVIA SMARTBOX	1.150	1.030	600	365	1"	40



Trata-se de um sistema simples, prático e de fácil instalação, uma vez que os reservatórios fornecidos com este sistema de gestão inteligente da água, já são fornecidos com o respectivo sistema de aspiração do reservatório. Será apenas necessário proceder à ligação hidráulica entre a saída do reservatório e a entrada da PLUVIA SMARTBOX e a ligação entre o sistema de gestão e a reutilização pretendida.

### SIFÃO PARA BY-PASS

Os sifões impedem a passagem de cheiros provenientes do reservatório. Estes sifões serão montados nos reservatórios fornecidos, podendo possuir os seguintes diâmetros: 110 mm, 125 mm e 160 mm.



### BARREIRA ANTI-ROEDORES

7 A barreira anti-roedores impede a entrada de roedores no reservatório pela ligação ao esgoto.

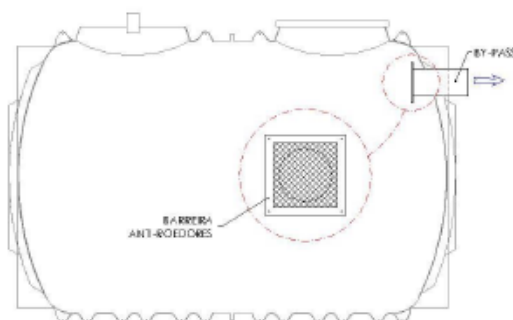


Figura X: Extrato da ficha técnica do do sistema de aproveitamento de águas pluviais (Ecodepur, s.d.).