



Aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cíveis

Sara Caroline Bona

Leiria, dezembro de 2020



Aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis no Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria

Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cíveis

Sara Caroline Bona

Dissertação realizada sob a orientação do Professor Doutor Ricardo de Jesus Gomes, docente da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, dezembro de 2020

Originalidade e Direitos de Autor

A presente dissertação é original, elaborada unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para a elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionada a Autora e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cíveis, no ano letivo 2019/2020, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação deste trabalho.

Dedicatória

*Aos meus pais Nei Valdo e Rosane,
a minha irmã Keyt Emanuele
pelo apoio e incentivos incondicionais.
Sem vocês nenhuma conquista valeria a pena!*

Agradecimentos

Agradeço ao professor e orientador Doutor Ricardo de Jesus Gomes, que aceitou orientar a minha dissertação de mestrado e por toda dedicação e disponibilidade durante o período de estudo e partilha de conhecimentos. Todas as sugestões bem como a permanente valorização do trabalho desenvolvido foram determinantes para o resultado alcançado.

À Direção dos Serviços Técnicos do Instituto Politécnico de Leiria, na pessoa do Eng.º David Armindo, e à Direção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, na pessoa do Subdiretor Fernando Silva, a cedência de informação necessária à concretização do estudo.

Aos meus pais e minha irmã, que mesmo de longe, sempre me apoiaram e incentivaram ao longo de toda a minha vida escolar e académica. Ao Mateus Queiroz, que esteve presente ao longo deste período, pelo carinho e constante motivação.

Aos amigos que estiveram próximos e, a todos os que direta ou indiretamente estiveram envolvidos durante este período, o meu muito obrigada.

Resumo

À medida que a escassez aumenta, a procura por fontes alternativas de água, o desenvolvimento de novas tecnologias para o seu uso eficiente e a necessidade de planeamento e gestão integrada dos recursos hídricos têm-se mostrado relevantes em diversas áreas de atuação. A utilização da água da chuva apresenta-se neste contexto como uma das fontes alternativas de água mais promissoras em edifícios, visto que o sistema pode ser facilmente instalado e a água recolhida pode ser usada sem tratamento significativo para fins não potáveis. Estudos e pesquisas anteriores provam que essa prática é economicamente viável, além de proporcionar ganhos ambientais na mitigação dos seus impactos. O estudo aqui apresentado, centra-se na análise da eficiência hídrica em edifícios públicos universitários, por meio da aplicação de técnicas e procedimentos de cálculo sugeridos pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP), tendo como caso de estudo o Edifício D do Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria. O objetivo principal deste estudo passa por identificar as boas práticas e técnicas que permitam reduzir o consumo de água potável no edifício em causa, e que permitam posteriormente ser replicadas em outros edifícios da Instituição. A viabilidade, confiabilidade e resiliência do sistema depende, basicamente, de fatores relacionados com a precipitação, a área de captação da água da chuva, a capacidade de armazenamento e ainda a procura/valor/tarifa da água potável. Os resultados obtidos permitiram constatar de forma objetiva que a alternativa proposta apresenta resultados satisfatórios quanto ao propósito de potencializar a eficiência hídrica e possibilitar que o edifício se torne mais sustentável.

Palavras-chave: Eficiência Hídrica, Edifícios Públicos Universitários, Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais

Abstract

As scarcity increases, the search for alternative sources of water, the development of new technologies for its efficient use and the need for planning and integrated management of water resources have been shown to be relevant in several fields. The use of rainwater appears in this context as one of the most promising alternative water sources for buildings, as the system can be easily installed, and the collected water can be used without significant treatment for non-potable purposes. Previous studies and research prove that this practice is economically viable, in addition to provide environmental gains in mitigating its impacts. The study presented here, focuses on the analysis of water efficiency in public university buildings, through the application of calculation techniques and procedures suggested by the National Association for Quality in Building Installations (ANQIP), having as case study Building D of Campus 2 of the Polytechnic of Leiria. The main goal of this study is to identify the good practices and techniques that make it possible to reduce the consumption of drinking water in the building in question, and that later allow it to be replicated in other buildings of the Institution. The viability, reliability and resilience of the system basically depends on factors related to precipitation, the area of rainwater catchment, the storage capacity and the demand / value / tax for drinking water. The results obtained allows to conclude objectively that the proposed alternative presents satisfactory results in terms of enhancing water efficiency and enabling the building to become more sustainable.

Keywords: Water Efficiency, Public University Buildings, Rainwater Harnessing System

Nota

O estudo aqui apresentado foi parcialmente publicado, através de comunicação oral, na 2ª Conferência Campus Sustentável 2020 (CCS2020), na categoria “Operações e iniciativas inteligentes para um campus sustentável”.



O evento foi promovido pela Rede Campus Sustentável (Portugal) e organizado pelo Instituto Politécnico de Tomar, no dia 30 de outubro de 2020, na cidade de Tomar e se constituiu de um fórum de discussão e reflexão sobre os mais recentes avanços na investigação, inovação e práticas na implementação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) nas Instituições de Ensino Superior, tendo como finalidade servir de plataforma de colaboração e intercâmbio de ideias entre estudantes, académicos, investigadores e especialistas, na procura de soluções inteligentes e inovadoras para um futuro mais sustentável.

A sessão plenária que se inseriu a comunicação oral do estudo aqui desenvolvido, identificado pela numeração 27, contou com outras três apresentações, sobre demais trabalhos que as Instituições de Ensino Superior estão a desenvolver em prol da Sustentabilidade nos Campi.

TALKS
SP:B2

OPERAÇÕES E INICIATIVAS INTELIGENTES P/ CAMPUS SUST.

9: APLICAÇÃO DE SOLUÇÕES PASSIVAS E ACTIVAS NUM EDIFÍCIO UNIVERSITÁRIO COM TOPOLOGIA COMPLEXA
Eusebio Conceição and João Gomes

23: PRODUÇÃO DE ÁGUA RECUPERADA PARA REGA DOS CAMPI DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR
Dina Mateus and Henrique Pinho

27: POTENCIAL PARA USO DA ÁGUA DA CHUVA EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS – CASO DE ESTUDO DO CAMPUS 2 DO POLITÉCNICO DE LEIRIA
Sara Caroline Bona and Ricardo Gomes

105: UMA INTERVENÇÃO NA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DA QUALIDADE DO AMBIENTE DE APRENDIZAGEM
Hermão Bernardo, Paulo Clemente, Guilherme Domingos and Filipe Oliveira

CCS2020 | 30OUT

Índice

Originalidade e Direitos de Autor	iii
Dedicatória	iv
Agradecimentos	v
Resumo	vi
Abstract	vii
Nota	viii
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xiii
Lista de siglas e acrónimos.....	xiv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento do tema	1
1.2. Motivação e objetivos	3
1.3. Estrutura da dissertação	5
2. Revisão bibliográfica	6
2.1. Uso da água da chuva em aeroportos	7
2.2. Uso da água da chuva em edifícios residenciais.....	11
2.3. Uso da água da chuva em edifícios públicos	17
2.4. Uso da água da chuva para suporte à agricultura urbana e rega de espaços verdes	20
3. Metodologia.....	23
3.1. Estudo de caracterização	26
3.2. Levantamento de dados	26

3.3. Plano de racionalização da água	33
3.4. Sistema de aproveitamento de água pluvial.....	34
4. Caso de estudo	37
4.1. Localização geográfica	38
4.2. Descrição do projeto de arquitetura do edifício	40
4.3. Descrição dos projetos das redes de águas e esgotos.....	44
4.4. Avaliação da eficiência hídrica global do edifício: método proposto pela ANQIP	48
4.5. Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva.....	63
4.6. Plano de racionalização da água	76
5. Conclusões.....	78
Referências.....	80
Anexos	93

Lista de figuras

Figura 1. 1 – Mapa ilustrativo do nível de stress hídrico no mundo.....	2
Figura 1. 2 – Índice de severidade de seca e percentagem de água no solo.....	2
Figura 2. 1 – Exemplo instalação típica para a captação de água pluvial.....	12
Figura 2. 2 – Logotipo eficiência hídrica AQUA+.....	17
Figura 3. 1 – Aplicação do Princípio dos 5Rs na Eficiência Hídrica.....	24
Figura 3. 2 – Fluxograma do método utilizado para a avaliação económica e potencial para o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial.....	25
Figura 3. 3 – Rótulos de Eficiência Hídrica adotados em Portugal.....	27
Figura 3. 4 – Percentagem afeta a cada uso em centros escolares.....	28
Figura 4. 1 – Localização ESTG IPEiria em Portugal Continental.....	38
Figura 4. 2 – Mapa geral do Campus 2 do IPEiria.....	39
Figura 4. 3 – Esquema projeto de arquitetura do Piso 0 - Edifício D.....	41
Figura 4. 4 – Esquema projeto de arquitetura do Piso -2 - Edifício D.....	41
Figura 4. 5 – Tipos de casas de banho nas instalações do Edifício D.....	42
Figura 4. 6 – Fachadas Edifício D: (a) Frontais (b) Fundos.....	43
Figura 4. 7 – Esquema do sistema de abastecimento de água e incêndio do Edifício D – Piso 0.....	44
Figura 4. 8 – Esquema do sistema de abastecimento de água do Edifício D – Piso -1.....	45
Figura 4. 9 – Esquema do sistema de coleta das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Cobertura.....	46
Figura 4. 10 – Esquema do sistema das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Piso -1.....	47
Figura 4. 11 – Esquema do sistema das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Piso -2.....	47
Figura 4. 12 – Dispositivos WC Feminino: Ala Norte.....	48
Figura 4. 13 – Dispositivos WC Masculino: Ala Norte.....	49
Figura 4. 14 – Dispositivos WC Feminino: Ala Sul.....	49
Figura 4. 15 – Dispositivos WC Masculino: Ala Sul.....	50
Figura 4. 16 – Dispositivos WC Adaptadas: Ala Sul.....	50
Figura 4. 17 – Dispositivos WC Feminino: Ala Central.....	51
Figura 4. 18 – Dispositivos WC Masculino: Ala Central.....	51
Figura 4. 19 – Dispositivos Cozinha.....	52

Figura 4. 20 – Dispositivos Laboratórios.	52
Figura 4. 21 – Volume de água potável registado à entrada do Edifício D ao longo do ano.	56
Figura 4. 22 – Histórico das séries de temperatura do ar média desde 1970 até 2015.	56
Figura 4. 23 – Percentagem afeta a cada uso em edifício universitário no Equador.	59
Figura 4. 24 – Histórico das séries de precipitações desde 1935 até 2015, registado na estação Leiria: 15E/01UG.	64
Figura 4. 25 – Pluviosidade média mensal registada na estação Leiria: 15E/01UG.	65
Figura 4. 26 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Cobertura.	66
Figura 4. 27 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 0.	66
Figura 4. 28 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 1.	67
Figura 4. 29 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 2.	67

Lista de tabelas

Tabela 2. 1 – Tráfego de passageiros e carga aérea em 2016.	8
Tabela 3. 1 – Volumes unitários de autoclismos.	29
Tabela 3. 2 – Volumes unitários de fluxómetros de mictórios.	29
Tabela 3. 3 – Volumes unitários de torneiras de lavatório.	30
Tabela 3. 4 – Volumes unitários de torneiras de cozinha.	30
Tabela 3. 5 – Volumes unitários de chuveiros e sistemas de duche.	30
Tabela 3. 6 – Consumos médios por utilizador em alguns edifícios não residenciais.	31
Tabela 3. 7 – Fatores de conforto para torneiras de lavatório e cozinha.	31
Tabela 3. 8 – Classificações de acordo com os padrões de consumo em edifícios administrativos ou de serviços de apoio à indústria.	32
Tabela 4. 1 – Caracterização dos dispositivos de consumo de água do edifício.	55
Tabela 4. 2 – Volume médio de água potável registado à entrada do Edifício D.	57
Tabela 4. 3 – Levantamento da ocupação máxima do Edifício D.	57
Tabela 4. 4 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D.	62
Tabela 4. 5 – Pluviosidade média mensal registada na estação Leiria: 15E/01UG.	64
Tabela 4. 6 – Identificação das áreas de coleta de água da chuva no Edifício D.	65
Tabela 4. 7 – Cálculo do volume do reservatório para armazenamento de água da chuva (Cenário 1).	69
Tabela 4. 8 – Cálculo do volume do reservatório para armazenamento de água da chuva (Cenário 2).	70
Tabela 4. 9 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D (Cenário 1).	73
Tabela 4. 10 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D (Cenário 2).	73
Tabela 4. 11 – Avaliação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o ano de 2005 (Cenário 1). .	74
Tabela 4. 12 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D num contexto desfavorável (Cenário 1).	75

Lista de siglas e acrónimos

ANQIP	Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais
ADENE	Agência para a Energia
ETA	Especificação Técnica ANQIP
ISO	International Organization for Standardization
SNIRH	Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos

1. Introdução

1.1. Enquadramento do tema

A água está no centro do desenvolvimento sustentável e diz respeito à promessa central do Objetivo 6 da Agenda 2030, constituída por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, aprovada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 2015 (UN-Water, 2018). Além de ser um recurso natural indispensável à sobrevivência da espécie humana e um fator essencial para o desenvolvimento socioeconómico, a água é também fundamental e estruturante para fazer frente às alterações climáticas, servindo como elo entre a sociedade e o meio ambiente.

O consumo mundial de água aumentou em seis vezes nos últimos cem anos, e continua a crescer de forma constante a uma taxa de cerca de 1% por ano e, a sua demanda deve permanecer a uma taxa similar até 2050 (UNESCO WWAP, 2019). Esse aumento constante se deve a uma combinação de crescimento populacional, do desenvolvimento económico e das mudanças nos padrões de consumo. Associado a um abastecimento de água cada vez mais irregular e incerto, as mudanças climáticas intensificarão a situação de regiões que já apresentam escassez de água, e provocarão estresse hídrico em regiões onde os recursos hídricos atualmente ainda são abundantes (UNESCO WWAP, 2020b). Atualmente, mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam escassez de água durante pelo menos um mês do ano (UNESCO WWAP, 2019; UN-Water, 2018). A Figura 1.1 fornece uma visão global dos países que vivenciam diferentes níveis de estresse hídrico.

Recentemente, em 2017, mas sem que o fenómeno fosse isolado, a região Mediterrânea, em que Portugal se insere, enfrentou uma situação de seca severa e extrema (Figura 1.2). Os fenómenos meteorológicos naturais muito afetam o ciclo da água e as disponibilidades hídricas, a incluir as secas e as cheias, e, num contexto global, dispõem tendência para aumentar, em regularidade e intensidade (ADENE et al., 2018; ANP/WWF, 2019). Portanto, soluções para utilização de recursos hídricos, que apresentem alternativas de menor impacto, tanto financeiro como ambiental, alinhadas à proteção da água pela eficiência no seu uso, devem ser fundamentais no desenvolvimento de estratégias públicas e uma medida de interesse económico para cidadãos e empresas.

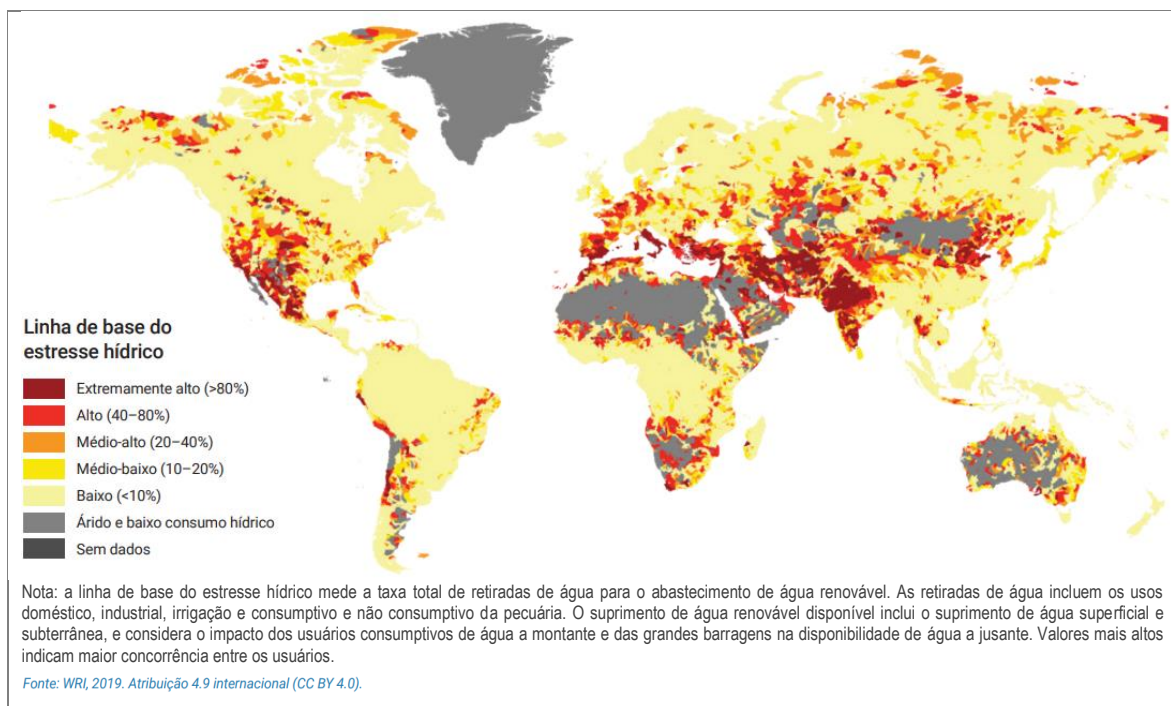


Figura 1.1 – Mapa ilustrativo do nível de stress hídrico no mundo.
(UNESCO WWAP, 2020a)

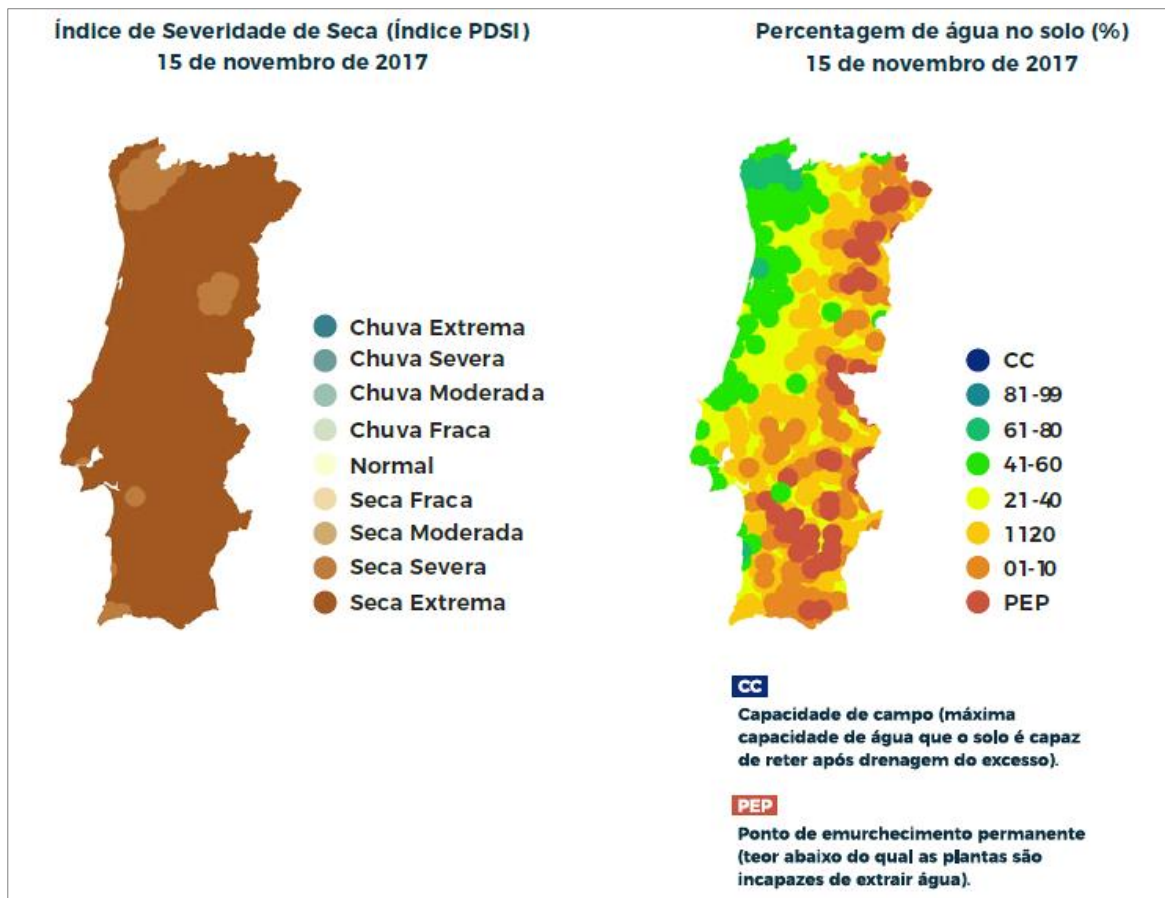


Figura 1.2 – Índice de severidade de seca e percentagem de água no solo.
(ADENE et al., 2018)

À nível de edifícios, existe um grande potencial para a adoção de práticas de eficiência hídrica, sem condicionar a eficácia da sua utilização, mantendo o conforto, a segurança e a qualidade da água e, assim, gerando benefícios associados à redução dos consumos de água potável (ADENE et al., 2018; Silva & Pimentel, 2017).

Atualmente, muitos países, dos mais desenvolvidos aos menos desenvolvidos, estão empenhados e comprometidos com o aproveitamento da água da chuva e com o desenvolvimento de tecnologias que facilitem e garantam o uso seguro desta fonte alternativa. Em Portugal esta prática é ainda incipiente, mas já são conhecidos vários bons exemplos da sua aplicação.

Vale destacar que em breve, Portugal terá o regulamento das redes prediais revisto, que prevê a aplicação de medidas de eficiência hídrica nos edifícios, à semelhança da já existente aplicada na eficiência energética. Nesse sentido, o mercado da construção, e por consequência o imobiliário, deverá adaptar-se à novas medidas e investimentos para esta realidade, constituindo uma nova oportunidade de diversificação da oferta construtiva. Na reabilitação urbana, o regulamento trará obrigações para os proprietários e também oportunidades de melhoria da eficiência, conforto e segurança no uso da água (ADENE et al., 2018).

Neste contexto e reconhecendo a eficiência hídrica como um fator crítico para a sustentabilidade ambiental e económica, o presente estudo, tem por finalidade reconhecer as boas práticas e técnicas que permitam diminuir o consumo de água potável em edifícios universitários, considerando como alternativa a implantação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais para o Edifício D da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Politécnico de Leiria.

1.2. Motivação e objetivos

Dentro do contexto referido na secção anterior, as mudanças climáticas virão afetar a disponibilidade, a qualidade e a quantidade de água para as necessidades humanas básicas e, potencialmente, ameaçarão o direito humano à água (UNESCO WWAP, 2020b). No presente, estas mudanças já estão a acrescentar desafios à gestão sustentável dos recursos hídricos, a incluir adaptações no âmbito da construção civil. Sendo assim, é necessário

promover educação, sensibilização e implantação para a otimização da eficiência hídrica nos edifícios, aliando estes, aos benefícios da evolução tecnológica e do desenvolvimento contínuo de soluções e produtos inovadores.

O estudo aqui apresentado tem por objetivo analisar e avaliar a viabilidade de redução dos consumos atuais de água potável, sem prejudicar a rede de saneamento existente, através do uso da água da chuva nas instalações sanitárias destinadas aos fins não potáveis, num edifício universitário na região central de Portugal, recorrendo à aplicação de técnicas e procedimentos de cálculo sugeridos pela Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais (ANQIP).

Como forma de alcançar o objetivo principal, implica que sejam atingidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar, através da revisão bibliográfica, as principais práticas e estratégias pertinentes a utilização da água da chuva para usos não potáveis em edificações, perante diferentes contextos, e no suporte à agricultura urbana e irrigação paisagística.
- Realizar um estudo de caracterização das instalações e dispositivos sanitários existentes, e quantificar os consumos atuais de água num edifício público universitário.
- Compreender e aplicar a metodologia proposta pela ANQIP para avaliação e classificação da eficiência hídrica e, desta forma, desenvolver um plano de racionalização de água para o edifício.
- Avaliar o potencial de redução de consumos de água potável na utilização de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para usos não potáveis na edificação.
- Sensibilizar a comunidade académica e a população em geral para a importância do uso eficiente de um recurso valioso e escasso como é a água potável, e potenciar novos estudos em outros setores, por exemplo, residencial, industrial e comercial.

1.3. Estrutura da dissertação

Este trabalho desenvolveu-se em cinco diferentes capítulos, procurando apresentar de forma lógica e compreensível o potencial da utilização do aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis, aplicada a um caso de estudo em Leiria, Portugal.

Neste primeiro capítulo são introduzidos os diferentes aspetos abordados nesta Dissertação, através do enquadramento do tema no panorama atual. Também são definidos os objetivos e, em seguida, a motivação e a estruturação descritas.

No Capítulo 2, através de uma breve pesquisa e revisão da literatura, são abordados alguns conceitos e funcionalidades, pertinentes ao uso da água da chuva sobre práticas em edificações. Como parte fundamental deste trabalho, apresentam-se exemplos de empregabilidade nos usos eficientes da água em cenários distintos, em especial nos complexos aeroportuários, edifícios domésticos e públicos, no suporte à agricultura urbana e na irrigação paisagística.

No Capítulo 3, desenvolveu-se uma metodologia de análise para identificar soluções que permita avaliar os potenciais de poupança e implementar medidas adequadas à redução de consumos de água potável para edificações. Em resumo, esta etapa estuda o mecanismo, técnicas e sistemas desenvolvidos para o uso da água da chuva para fins não potáveis.

No Capítulo 4, apresenta-se o estudo de caso, que compreende a caracterização do entorno e das instalações existentes, com o objetivo de quantificar os consumos neste edifício para, cuidadosamente, avaliar o potencial do aproveitamento de água pluvial e propor soluções adequadas para a redução dos consumos de água potável. Para atingir esse objetivo, a situação atual do edifício selecionado, a localização geográfica, as principais informações arquitetónicas e das redes de água e esgotos do edifício, o levantamento dos consumos de água, a classificação do edifício quando a eficiência hídrica e o dimensionamento do reservatório de água da chuva, são estudados. Ainda, expõem-se os resultados obtidos, tendo em vista o cumprimento dos objetivos propostos inicialmente.

Por último, o Capítulo 5 são apresentadas as conclusões acerca do trabalho desenvolvido, com sugestões de temas para futuros trabalhos relacionados aos sistemas de utilização de água mais eficientes que possibilitam a redução dos consumos potáveis e melhoram a eficiência hídrica em edificações.

2. Revisão bibliográfica

A água é um recurso natural insubstituível e essencial à vida humana, porém com disponibilidade limitada e, gradativamente, mais escassa. À medida que a carência hídrica fortalece, a busca por fontes alternativas de água e formas de promover seu uso racional e eficiente é de grande relevância não apenas para regiões que sofrem com a escassez de água, mas também para assegurar um suprimento estável que permita o aumento do consumo com a rápida urbanização e enfrente as alterações climáticas (ADENE et al., 2018). Conservar este recurso implica atuar de forma sistêmica na gestão e políticas públicas de uso eficiente dos recursos, a garantir incentivos, sensibilização, redução de perdas e satisfação desejada.

Neste contexto, os Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP) são uma prática antiga e em muitos países já possuem grande desenvolvimento (Amos et al., 2016). Contudo, nas últimas décadas, a tecnologia está a ganhar destaque e maior atenção, em vista do aumento da demanda de recursos hídricos nas áreas urbanas e, também, pela utilização como meio de contributo para atenuar e mitigar os impactos causados pelas alterações climáticas, por exemplo, como estratégia no controle de cheias em períodos de precipitação.

A captação de água da chuva é caracterizada por sua simplicidade e, em edifícios, está diretamente relacionada às superfícies de captação. A água recolhida é submetida a pequenos tratamentos e torna-se um recurso hídrico alternativo mais limpo, com uma ampla variedade de usos não potáveis (C. M. Silva et al., 2015). Portanto, com um simples tanque pluvial de armazenagem, a água da chuva posteriormente pode ser usada para lavagem de veículos, rega de jardins, equipamentos sanitários, limpeza de áreas externas e sistemas de controle de incêndio, tornando-se uma estratégia importante de uso eficiente da água em edificações (ANQIP-ETA 0701, 2015).

Ao longo deste capítulo, através da pesquisa e revisão da literatura, foram abordados diversos conceitos, em cenários distintos, pertinentes ao uso da água da chuva sobre práticas em edificações, em especial nos complexos aeroportuários, edifícios domésticos e públicos, no suporte à agricultura urbana e na irrigação paisagística.

2.1. Uso da água da chuva em aeroportos

As atividades dos complexos aeroportuários, em função de suas características, exercem influência significativa sobre o ambiente em seu entorno. Com a crescente demanda mundial por este tipo de transporte e a atual situação de escassez de água em diversos países, são necessários esforços para avaliar os consumos de água e alternativas para o seu uso eficiente (Carvalho et al., 2013; Moruzzi et al., 2016).

Para a operação e manutenção de suas infraestruturas, os aeroportos consomem quantidades expressivas de água, especialmente para atender demandas não potáveis. Este elevado consumo é uma das razões por apresentarem alto potencial para a implementação de políticas de uso racional da água, por meio da instalação de equipamentos de medição e dispositivos sanitários que proporcionam a economia de água, e também, para a diversificação de fontes alternativas, como a água da chuva, para atender na totalidade ou complementar os consumos não potáveis (Carvalho et al., 2013; Moreira Neto et al., 2012).

Geralmente, nos aeroportos, os principais consumos não potáveis referem-se ao uso de água em sistemas de ar condicionado, irrigação, controle de incêndio, autoclismos, lavagem de áreas pavimentadas e aeronaves (Moreira Neto et al., 2012). Além disso, esses ambientes possuem extensas áreas impermeáveis (coberturas de telhados e áreas pavimentadas) que podem ser usadas para captação de grandes volumes de água da chuva. Esse potencial, no entanto, depende da localização onde as instalações estão inseridas e das tecnologias disponíveis para tratamento das águas superficialmente coletadas. Diversas operações de aeroportos não aproveitam a água da chuva em áreas pavimentadas, devida a contaminação, por exemplo, por produtos químicos nas aplicações de descongelamento de sal, comumente utilizadas em regiões de clima frio, ou por óleo e graxa das aeronaves dispersas nas pistas. Contudo, a eliminação de poluentes deve ser avaliada no contexto da viabilidade econômica das tecnologias atuais acessíveis para tratamento de águas pluviais (Carvalho et al., 2013; Kuller et al., 2017).

É importante destacar a atual demanda pelo transporte aéreo para conhecimento do fluxo de passageiros nos aeroportos a nível mundial. Segundo o Airports Council International (ACI, 2017), o setor global de transporte aéreo acelera com crescimentos constantes a cada ano, com taxas superiores a 6%. O número de passageiros registados em 2016, em mais de 2.400 aeroportos de 175 países, alcançou a marca de 7,7 bilhões, com aumento de 6,5% em relação

a 2015. O mercado de transporte de carga aérea atingiu um total de 110,3 milhões de toneladas, com crescimento de 4% em relação a 2015. Neste contexto, de acordo com Schlumberger (2018), com o crescente cenário mundial de tráfego aéreo o número de passageiros dobrará a marca de 8 bilhões até o ano de 2032.

A seguir, na Tabela 2.1, estão identificados os números de passageiros e a quantidade de carga por região registrados no ano de 2016 e, também, o percentual de variação relacionado aos dados coletados no ano de 2015, segundo a ACI (2017).

Tabela 2.1 – Tráfego de passageiros e carga aérea em 2016.
(adaptado de ACI, 2017)

REGIÕES (definição ACI)	Nº PASSAGEIROS	VARIAÇÃO (2015 a 2016)	CARGA (toneladas)	VARIAÇÃO (2015 a 2016)
Ásia-Pacífico	2,73 bilhões	(+) 10,6 %	43,4 milhões	(+) 5,4 %
Europa	2,04 bilhões	(+) 5,2 %	20,1 milhões	(+) 5,0 %
América do Norte	1,79 bilhão	(+) 3,8 %	30,8 milhões	(+) 2,4 %
América Latina – Caribe	588 milhões	(+) 1,2 %	5,1 milhões	(+) 0,9 %
Oriente Médio	369 milhões	(+) 9,4 %	8,8 milhões	(+) 2,7 %
África	182 milhões	(-) 0,4 %	2,1 milhões	(+) 1,3 %

Os números apresentados destacam a urgência de enfrentar o desafio da capacidade aeroportuária nos próximos anos, com destaque a regiões e mercados emergentes, que em parte, lideram este crescimento. Embora o transporte aéreo possa não continuar na mesma taxa de crescimento nos próximos anos, já é possível verificar dificuldades em relação a capacidade em muitos aeroportos, logo, são necessários, de imediato, investimentos em infraestrutura (Schlumberger, 2018).

As estruturas aeroportuárias apresentam consumos de água significativos para manutenção de sua rotina de infraestrutura e operação, que pode ser comparada à de pequenas e médias cidades. Este cenário, enfatiza a necessidade do desenvolvimento de políticas de uso racional de água, para promover um aumento seguro e sustentável da capacidade de transporte nestes ambientes (Moreira Neto et al., 2012).

A nível mundial, os aeroportos atuam como precursores no emprego de sistemas inovadores de abastecimento de água, incluindo a captação de água da chuva, e provam que essa prática é economicamente viável, além de proporcionar ganhos ambientais na mitigação dos seus

impactos (Carvalho et al., 2013; Kuller et al., 2017). Esse conceito ganha força à medida que a escassez de água aumenta, isto é, aeroportos de grande movimentação e localizados em regiões com menor disponibilidade hídrica, têm liderado iniciativas para a redução do consumo e diversificação de fontes de provimento de água (Moruzzi et al., 2016).

Na Alemanha, o Aeroporto Internacional de Frankfurt é um bom exemplo, onde a Fraport AG opera várias estações de tratamento de águas pluviais localizadas em Cargo City South, nos Terminais 1 e 2, e também, no novo Pier A-Plus. A água de serviço utilizada nas instalações é obtida através da coleta de água subterrânea e de água da chuva, que contam com uma rede de drenagem de águas pluviais com extensão de aproximadamente 200 km, dispersas nas áreas de degelo, estradas, estacionamentos e telhados. Em épocas de baixa precipitação, a água tratada do Rio Main é fornecida ao sistema para auxílio. Em Cargo City South existe um sistema completo para coleta, tratamento e abastecimento de água da chuva, com uma área de 290 hectares e um potencial de captação de até 500.000 m³ de água da chuva por ano. Duas estruturas de armazenamento de águas pluviais foram construídas, onde cada estrutura compreende quatro tanques com capacidade de 2.250 m³ cada, para permitir a canalização e armazenamento do escoamento superficial. Após coleta e tratamento, essa água é usada para fins não potáveis, no qual, todo ano, cerca de 20.000 m³ de água da chuva captada são usadas para sistema de hidrantes, de controle de incêndio, de irrigação paisagística e nos equipamentos sanitários. Portanto, ao utilizar a água da chuva, o consumo da água potável e da água subterrânea é menor (Fraport AG, 2017; Trautner, 2001).

Com esse conceito, em conjunto a outros tem promovido uma economia de milhares de metros cúbicos de água por ano e estabelece novos padrões de tecnologias aliadas a medidas socio ambientais (Trautner, 2001). De acordo com Fraport AG (2017), em 2016 um total de 1,782 milhões de m³ de água foram consumidos no Aeroporto Internacional de Frankfurt, onde, aproximadamente, os volumes de água potável totalizaram 1,5 milhão de m³ e de água de serviço 0,3 milhão de m³ (água não potável). Anualmente observa-se o crescimento do uso da água de chuva no aeroporto e, conseqüentemente, a diminuição no consumo de água potável.

Na França, os aeroportos da região de Paris (Paris-Charles de Gaulle, Paris-Orly e Paris-Le Bourget) estão em fase de adaptações nas instalações hidráulicas para pôr em ação medidas estipuladas em plano estratégico. Um dos objetivos é a redução do consumo interno de água potável por passageiro em 5% até o fim deste ano. Dentre as diversas medidas, há o aumento

da capacidade de coleta e tratamento de água pluvial. Em setembro de 2018 no Aeroporto Paris-Charles de Gaulle foi finalizada a unidade de separação e a rede de tubulações subterrâneas, este sistema faz a separação da água da chuva e dos poluentes orgânicos contidos. O efluente mais pesado é canalizado para uma unidade de tratamento, enquanto a água não poluída, excedente, é descarregada no ambiente natural. Ainda, em 2018, houve a recuperação e reciclagem de mais de 72.600 m³ de água da chuva, equivalente a 5% do consumo anual de água potável. Essa recuperação e reutilização gerou uma economia anual de aproximadamente 150.000 € (Groupe ADP, 2019).

O Aeroporto Internacional Hartsfield-Jackson Atlanta, localizado na Geórgia, Estados Unidos, é considerado um dos aeroportos mais movimentados do mundo, onde diariamente atendem mais de 260.000 passageiros. Atualmente há grandes investimentos na implantação de novas medidas de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e, com estas ações, espera-se uma redução no consumo de água potável em 20% até o fim deste ano (DOA Atlanta, 2016).

De acordo com a Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (Infraero), empresa pública que faz a operação e a administração de 54 aeroportos no Brasil, em 2018 foi realizada a captação e o aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em 11 aeroportos, com um total de economia de 17.830 m³ de água potável. Uma das medidas adotadas, no aproveitamento de água da chuva, refere-se à realização de testes diários nos Caminhões Contraincêndios, onde cerca de 170 caminhões consomem aproximadamente 51.300 m³/ano de água. Com esta ação, estima-se uma redução de consumo, de aproximadamente, 19.500 m³/ano, o que representa uma economia de aproximadamente 1,2% da água consumida na Infraero (INFRAERO, 2019).

Em relação a Portugal, durante o ano de 2018 a ANA (Aeroportos de Portugal), empresa que gere 10 aeroportos no território nacional, foi responsável pelo consumo total de 673.982 m³ de água, representando uma redução de 5,3% em comparação a 2017. Nos últimos anos a empresa tem vindo a investir na melhoria dos sistemas de drenagem das águas pluviais e, conseqüentemente, através da introdução destas ações, espera-se resultados ainda mais positivos (ANA, 2019).

2.2. Uso da água da chuva em edifícios residenciais

A captação e uso da água da chuva é provavelmente a prática mais antiga, a nível global, utilizada desde as civilizações antigas, para lidar com as necessidades de abastecimento de água. Nas últimas décadas muitos países implementam tal técnica como medida de adaptação às mudanças climáticas para atender às crescentes pressões no fornecimento de água associadas ao crescimento populacional, urbanização e desenvolvimento industrial (Amos et al., 2016; Campisano et al., 2017).

À medida que o crescimento populacional e a urbanização, diante dos impactos das mudanças climáticas, continuam a aumentar, há um forte interesse em analisar o potencial dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais. Esta tecnologia é um tema recorrente como parte das práticas sustentáveis para construções urbanas (Das et al., 2015). Em edifícios domésticos, esta prática é uma das fontes hídricas alternativas mais promissoras, visto que o sistema pode ser facilmente instalado e a água coletada pode ser usada sem tratamento significativo para fins não potáveis, tais como, autoclismos, lavagem de áreas externas e irrigação de jardins (Devkota et al., 2015; C. M. Silva et al., 2015).

Embora existam diferenças relacionadas aos componentes dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais, um sistema típico à nível residencial compreende quatro elementos básicos: a superfície de recolha, o sistema de transporte, os sistemas de armazenamento e a distribuição (C. M. Silva et al., 2015). A superfície de recolha é a projeção em planta do local onde é recolhida a água da chuva, em geral, corresponde a telhados da habitação (Wurthmann, 2019). Nesta etapa a configuração espacial, o material da superfície de captação e, também, a sua manutenção, podem afetar diretamente a qualidade e a quantidade da água da chuva residual (C. M. Silva et al., 2015). Em seguida, a água captada passa pelo sistema de transporte até o tratamento, que por via de regra, incluem condutores horizontais (caleiras) e verticais (tubo de queda), um primeiro dispositivo de descarga e um dispositivo de filtração (C. M. Silva et al., 2015; Wurthmann, 2019). O dispositivo de descarga desvia o volume inicial de precipitação (*first flush*) em cada chuvada, que propende a ser mais contaminado devido à lavagem dos poluentes dispostos na superfície de coleta durante o período anterior. Em Portugal, recomenda-se esta prática, preferencialmente de funcionamento automático, face às prolongadas estiagens de verão que caracterizam seu clima. O dispositivo de filtração oferece um pré-tratamento à água da chuva, limitado às características físicas, onde intercepta resíduos arrastados da área de captação, por exemplo,

sedimentos, detritos de animais, folhas ou outros que reduzam a qualidade da água (ANQIP-ETA 0701, 2015; C. M. Silva et al., 2015). Após a filtragem, a água da chuva é encaminhada para armazenamento, através de reservatório, a partir do qual, a água da chuva é distribuída até o ponto de uso final (C. M. Silva et al., 2015). Nesta etapa a água é conduzida para os pontos de utilização a partir de processos por gravidade ou de bombagem, que pressuriza a rede de distribuição da água da chuva, com o objetivo de suprir os fins estabelecidos em cada projeto (ANQIP-ETA 0701, 2015).

Na Figura 2.1 apresenta-se um esquema típico onde se identificam os principais componentes de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais.

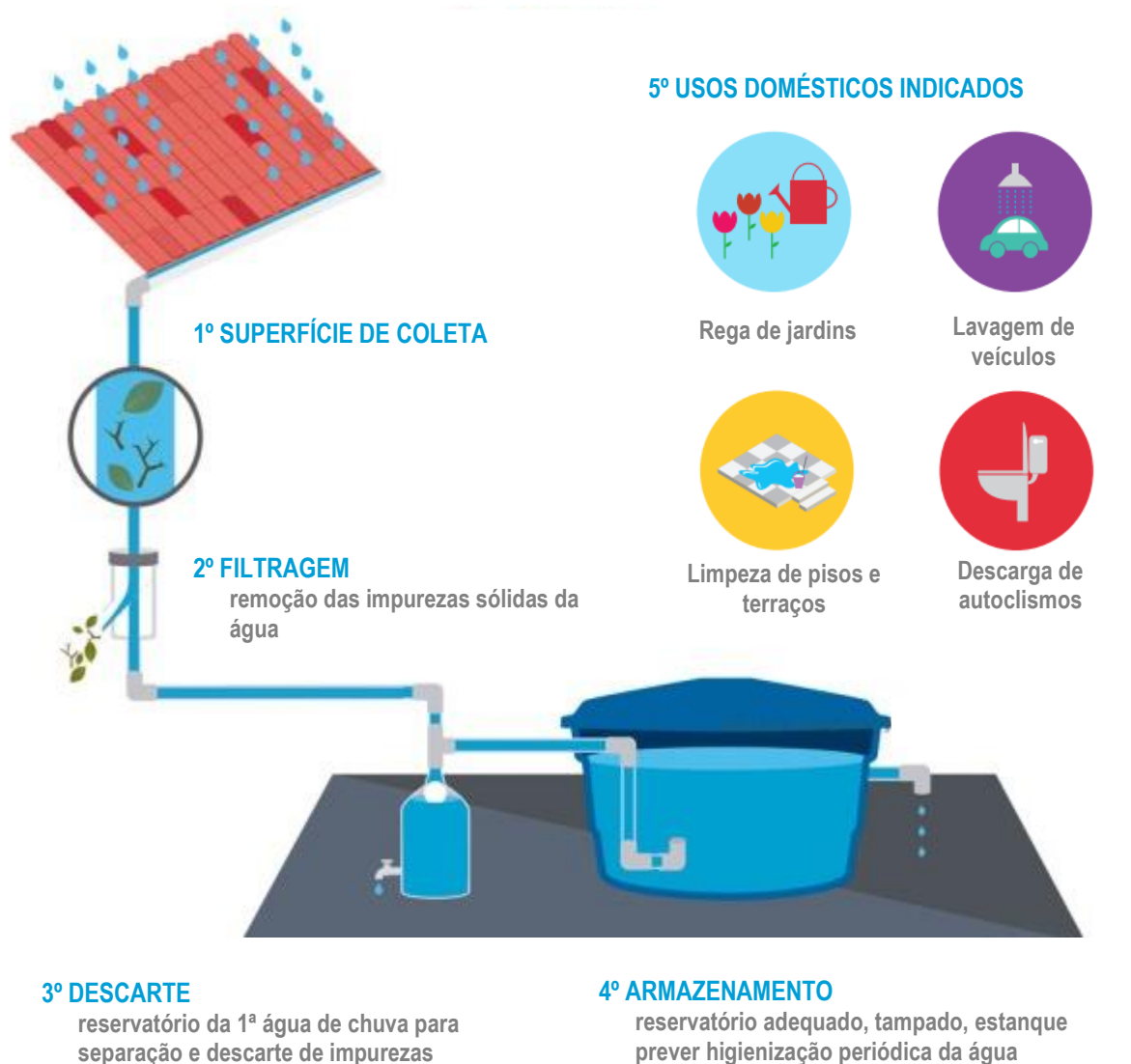


Figura 2. 1 – Exemplo instalação típica para a captação de água pluvial.
(adaptado de Mota, 2015)

Segundo Silva et al. (2015), um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais pode ter tanques de armazenamento e distribuição distintos ou apenas um reservatório para ambas as funções, porém, ao menos um deve ser conectado a outra fonte de água, por exemplo à rede de abastecimento público de água, para assegurar o fornecimento de água quando a água da chuva não é suficiente. Dependendo da localização dos reservatórios, elevados ou subterrâneos, e do ponto de consumo final, pode ser necessário um sistema de bombeamento para fornecer pressão adequada. Opcionalmente, processos de tratamento adicionais podem ser incluídos antes do tanque de armazenamento para garantir maior qualidade da água da chuva, mas normalmente não é necessário para usos não potáveis.

Estes sistemas, em geral, podem proporcionar uma economia significativa a um custo razoável. Para tanto, sugere-se a necessidade do emprego de diretrizes a nível de projeto que abordem especificamente fatores determinantes no dimensionamento e implantação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais. Estudos revelam que para a avaliação do benefício econômico e confiabilidade na implantação destes sistemas, ao nível doméstico, são necessárias, além das dimensões do sistema (área de captação e capacidade de armazenamento), considerações referente ao preço atual da água potável e as suas futuras previsões, a demanda diária de água potável e não potável e ainda possíveis mudanças adaptativas no local de instalação devido a alterações nos padrões de precipitação (Amos et al., 2016; Devkota et al., 2015; Santos et al., 2020; Semaan et al., 2020; A. S. Silva & Ghisi, 2016; Zhang et al., 2019).

É importante destacar, de acordo com Gonela et al. (2020), que os sistemas com maior capacidade de armazenamento sejam mais resilientes às mudanças climáticas, porém ao aumentar a capacidade do reservatório acima do volume ideal acrescentará expressivamente o custo de implantação e, conseqüentemente, reduzirá a economia sem potencializar a confiabilidade do sistema. Outro fator que deve ser analisado, caso haja a necessidade de utilização de bombas, é a energia utilizada no sistema, visto que, ao eliminar ou reduzir a energia de bombeamento há a minimização de custos de operação e manutenção. Nestes casos, quando possível, recomenda-se o uso de energias alternativas, por exemplo, a energia solar (Ghimire et al., 2017).

Embora haja planejamento com grande precisão do desempenho de um Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais, dificilmente há o alcance da independência total da água não potável numa edificação, frente aos diferentes padrões de precipitações anuais (Upshaw

et al., 2017). Distintos estudos indicam que o potencial de economia de água potável é de 50% em média (Diehl de Souza & Ghisi, 2020; Marinoski & Ghisi, 2019; Pavolová et al., 2019; A. S. Silva & Ghisi, 2016), com possibilidades de atingir até 88% (Bocanegra-Martínez et al., 2014; Upshaw et al., 2017) e, o tempo de retorno do investimento inicial, em geral, é inferior a 15 anos (Alim et al., 2020).

A aceitabilidade destes sistemas, perante os potenciais usuários, está diretamente ligada aos custos de instalação, manutenção e operação (Alim et al., 2020). Por consequência, o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para novas construções ou edifícios existentes, recebe a atenção de vários níveis de governo em todo o mundo, inclusive de autoridades locais, através de incentivos fiscais. De acordo com Shazmin et al. (2016), verificou-se que incentivos financeiros, em particular de abatimento sobre impostos prediais, foram amplamente adotados por vários países em todo o mundo, incluindo Espanha, Romênia, Itália, Bulgária, Estados Unidos, Canadá, Malásia e Índia.

Em muitos países do continente africano, a coleta e o aproveitamento de águas pluviais é praticado em pequena escala, em comunidades rurais, como resultado da falta de infraestrutura para captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água potável. Por outro lado, muitos países asiáticos, em particular o Japão, desde o início dos anos 80 do século passado, vêm a promover amplamente a introdução de instalações domésticas de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais como uma medida preventiva para regiões que enfrentam problemas de escassez de água, inundações urbanas e que estão suscetíveis a terremotos. Outras medidas de incentivo a nível residencial foram constatadas na Coreia do Sul, Tailândia, China e Taiwan (Campisano et al., 2017).

A Austrália, sendo um dos continentes que mais sofre com secas e inundações, possui grande predominância destes sistemas (Musayev et al., 2018). Há uma larga implementação de tanques de águas pluviais em residenciais na Austrália, segundo resultados de uma pesquisa do Australian Bureau of Statistics (ABS, 2013, 2015). Em 2013 houve uma grande mudança de comportamento nas famílias australianas, das quais cerca de 1,7 milhão instalaram tanques de água da chuva em suas residenciais. Portanto, pouco mais de 2,3 milhões de famílias utilizaram a água da chuva como fonte de água em 2013. Este aumento é atribuído às restrições do uso de água impostas pelas autoridades hídricas, descontos concedidos pelo governo, regulamentação hídrica favorável e fatores relacionados ao preço da água.

Nos Estados Unidos, em geral, há um interesse crescente em tecnologias de aproveitamento de água pluvial. Na última década vários Estados criaram ou modificaram a legislação pertinente destes sistemas. Alguns deles ainda não possuem regulamentos, enquanto outros, como Texas e Ohio permitem a captação de água da chuva para fins potáveis, em Rhode Island, Texas e Virgínia oferecem créditos ou isenções de impostos na compra de equipamentos para aproveitamento de água da chuva e no Oklahoma foi aprovada a lei “Water for 2060”, em 2012, para promover projetos-piloto no uso de águas pluviais e águas cinzas, entre outras abordagens de conservação de água (NCSL, 2018).

No Brasil, a partir de 1999, a Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA) desenvolveu um dos maiores programas sociais do mundo para o uso da água da chuva implantada na região nordeste do país, “Programa Um Milhão de Cisternas” (PIMC), com cerca de um milhão e cem cisternas construídas até o ano de 2019 para famílias carentes rurais (ASA Brasil, 2019). Outros programas foram implementados em várias regiões do país, devido a mecanismos legais de incentivo ao aproveitamento de água de chuva, onde cerca de 65% dos estados brasileiros (17 dos 26 estados) apresentam legislação nesse sentido (Tavares et al., 2019).

Países que se destacam, a nível europeu, na implementação de tecnologias de aproveitamento de águas da chuva para uso doméstico são, em especial, Reino Unido e Alemanha. Nestes países o suprimento doméstico de água da chuva é fundamentalmente limitado a usos não potáveis (irrigação, descarga de autoclismos, lavanderia e lavagem). Atualmente, mesmo com variações na implementação destes sistemas, a popularidade vem aumentando em muitos países europeus (Campisano et al., 2017; Musayev et al., 2018).

Em Portugal esta prática é ainda incipiente, mas já são conhecidos bons exemplos da sua aplicação (Santos et al., 2020; C. M. Silva et al., 2015). No país, a conceção, instalação e exploração dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais devem atender as exigências impostas pela legislação, regulamentação e normalização vigente a nível nacional e europeia. Os projetos técnicos dos Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais e todos os componentes constituintes do sistema devem respeitar as imposições da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho, as disposições do Decreto Regulamentar n.º 23/95 ou da Norma Europeia EN 12056-3 e as normas e regulamentos relativos a ruído e vibrações (ANQIP, 2015). Além disso, de maneira a garantir um funcionamento adequado e um correto dimensionamento destes sistemas em edifícios, para outros fins que não para o consumo humano e que tem em conta especificidades concretas nacionais, é necessário cumprir os

critérios estabelecidos pela Especificação Técnica ANQIP (ETA 0701 – Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em Edifícios) e certificados de acordo com a ETA 0702 (Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais), por razões de garantia de qualidade técnica e de saúde pública (Silva & Pimentel, 2017).

As Especificações Técnicas ANQIP relacionadas a este mecanismo, em grande parte, aproveitou a experiência de outros países, em especial as disposições normativas já conhecidas neste domínio, para o emprego de soluções em território nacional (Silva & Pimentel, 2017). A ETA 0701 prescreve os termos e definições quanto à constituição típica de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em edifícios, orientações técnicas para cálculo e dimensionamento das instalações, os usos e a qualidade da água necessários, aspetos referentes à inspeção e manutenção, tudo de acordo com as referências legais e normativas (ANQIP-ETA 0701, 2015; Silva & Pimentel, 2017). A ETA 0702 refere-se às condições para a certificação destes sistemas, executados de acordo com a ETA 0701. Neste, é exigido o cumprimento de requisitos essenciais para o processo, incluindo a certificação do projeto, intervenção de instaladores certificados e habilitados e, por fim, a certificação das instalações, através de vistorias durante a montagem e finalização da obra, a garantir o correto funcionamento global do sistema (ANQIP-ETA 0702, 2015).

Importa salientar as novas abordagens elaboradas e propostas pela ADENE (Agência para a Energia), através de parcerias com organizações e entidades públicas no desenvolvimento de projetos e metodologias para promover o uso eficiente da água. Atualmente, há diversos programas em distintos setores com a finalidade de impactar de forma positiva práticas em Portugal. A título de exemplo, são as ações a nível de edifícios (AQUA+, H2Design e B-Water Smart), da indústria e agricultura (CERTAGRI), da administração pública (Barómetro Eco.AP 2.0), de capacitação de profissionais e público em geral (Aqua eXperience e WATTer Skills), e ainda, na atuação água-energia no setor das águas, com desenvolvimento de capacitação e formação para a melhoria da eficiência de recursos no setor, cujos ganhos, quando combinados, permitem o aumento de poupanças e apresentam bons resultados (ADENE, 2020).

A nível residencial há disponível o sistema AQUA+, instrumento de caráter voluntário, para a avaliação e classificação da eficiência hídrica de edifícios. Este, utiliza uma metodologia inovadora a nível mundial e pioneira na Europa, que permite diagnosticar o nível e o desempenho hídrico, numa escala de classificação universal de F (menos eficiente) a A+

(mais eficiente), com base em infraestruturas e equipamentos que influenciam o consumo de água no imóvel e, através deste, identificar pontos de melhorias e poupança (Figura 2.2). O nível de eficiência no uso da água é avaliado por entidades auditoras reconhecidas e qualificadas (empresa ou técnico). Durante o processo são avaliados dispositivos e produtos de uso da água, fontes e redes de água, eletrodomésticos, sistemas de produção e distribuição de água quente e os usos exteriores de água no edifício. Esta metodologia pode ser aplicável em projeto de novos edifícios, em intervenções de reabilitação ou em imóveis em utilização (ADENE, 2019; AQUA+, 2020).



Figura 2. 2 – Logotipo eficiência hídrica AQUA+.
(AQUA+, 2020)

2.3. Uso da água da chuva em edifícios públicos

Nas últimas décadas, tem-se observado uma preocupação acrescida por parte de governos e instituições públicas no que toca ao desenvolvimento de soluções mais eficientes e da responsabilidade de considerar a sustentabilidade ambiental, econômica e social em suas

atividades. As instituições de ensino superior desempenham um papel especial e fundamental na sociedade, principalmente, devido às suas atividades e missão inerentes, como: (a) responsabilidade de preparar futuros líderes e cidadãos para serem mais conscientes e ativos na disseminação de princípios sustentáveis; (b) deterem de estruturas físicas que consomem recursos, tendo por oportunidade a implementação de ações para diminuição de custos e impactos associados às suas operações; (c) organização administrativa que possibilita o engajamento entre funcionários, academia e comunidade; (d) comprometimento social de incorporar todas essas temáticas, a atuar como exemplo (Amaral et al., 2020).

Várias iniciativas, compromissos e alianças foram criadas, desde o início da década de 1970, para que as instituições de ensino superior possam implementar metas de desenvolvimento sustentável em seus sistemas acadêmicos e escopos de atividade, através da estrutura institucional, educação, pesquisa, extensão, avaliação e relatórios. As declarações e cartas constitutivas assinadas por líderes universitários e revisadas por Lozano et al. (2015) expressam o compromisso de apoiar a conservação ambiental.

Normalmente, por serem estruturas de grande escala e portarem áreas substanciais, independente do uso, os edifícios públicos possuem uma parcela considerável no consumo de recursos, por exemplo, água e energia. Na União Europeia, estima-se que cerca de 16% dos edifícios não residenciais são universidades e outras instituições de ensino (European Commission, 2016). Embora haja notáveis investimentos para a implantação de um edifício público, os custos com operações, manutenções e reformas representam uma grande parcela do total de despesas de um empreendimento. Por consequência, é natural que seja valorizada à redução de custos e de consumo de recursos durante a operação destas instalações (Amaral et al., 2020).

Neste enquadramento, os sistemas de aproveitamento de águas da chuva são uma técnica promissora em comparação com outras origens de água alternativas, visto que são economicamente mais viáveis e possuem menores períodos de retorno financeiro quando implantados em edifícios públicos. Estas estruturas são ideais para a instalação destes sistemas, em decorrência das grandes áreas de cobertura e da alta demanda de água não potável, por exemplo, para uso em banheiros e limpeza. Neste contexto, é importante demonstrar aos gestores públicos a viabilidade deste tipo de instalações em construções existentes e em novos projetos, indicar parâmetros de referência para obtenção de um maior

potencial de economia de água potável e tornar os investimentos públicos economicamente mais atraentes. Em muitas regiões, outros aspetos económicos influenciam diretamente na viabilidade como, por exemplo, as tarifas de água cobradas pelas concessionárias para a categoria pública, que pode ser mais alta em comparação à categoria residencial (Campos Cardoso et al., 2020; Lani et al., 2018; L. C. C. da Silva et al., 2019; Thomé et al., 2019). Importa também destacar que o tempo de retorno do investimento inicial, em média, para instalações em grande escala equivale a um período inferior a 10 anos (Campos Cardoso et al., 2020; L. C. C. da Silva et al., 2019; Sousa et al., 2019; Strelets et al., 2016; Thomé et al., 2019).

As barreiras à implementação de sistemas e tecnologias sustentáveis existem e são comuns, podem-se citar, por exemplo, a falta de financiamento, de recursos humanos e de apoio da administração, além da resistência à prática por parte de colaboradores, diretoria e estudantes nas instituições de ensino (Razman et al., 2017). Nesse sentido, estes feitos são fortemente influenciados por políticas e restrições sociais, organizacionais e económicas internas. Logo, fundamentado nas circunstâncias económicas, justifica-se haver uma tendência para países desenvolvidos para o envolvimento em iniciativas sustentáveis que abrangem maior investimento, como a adoção de sistemas eficientes em edifícios, em particular nas instituições de ensino superior. Outros fatores, como às especificidades de cada campus, cultura, clima ou política, também são relevantes para este comprometimento sustentável (Amaral et al., 2020).

Segundo Lozano et al. (2015), após pesquisa a nível global entre universidades, houve um maior interesse na integração de medidas sustentáveis nas instituições localizadas na União Europeia do que em outras regiões. Noutro estudo, com algumas das principais instituições de ensino superior do mundo que adotaram iniciativas para práticas sustentáveis em suas instalações e operações, cerca de 70% das universidades optaram pela captação de água da chuva para usos não potáveis. Portanto, nota-se que o investimento nestes sistemas traz maiores retornos e aumentam o impacto positivamente no desenvolvimento sustentável. As diversas instituições analisadas estão localizadas no Reino Unido, Irlanda, Estados Unidos, Canadá, Austrália, Singapura, África do Sul e Dinamarca (Razman et al., 2017).

2.4. Uso da água da chuva para suporte à agricultura urbana e rega de espaços verdes

Em escala global, a urbanização constitui a principal fonte de alteração da paisagem, de modo, a aumentar significativamente as áreas urbanas e provocar a redução da cobertura vegetativa. Por consequência, os efeitos do crescimento das superfícies impermeáveis geram alterações nos ciclos hidrológicos, a envolver mudanças, por exemplo, na infiltração dos solos, nos níveis dos lençóis freáticos, no volume e nas taxas de escoamento superficial (Parece et al., 2016). Face ao exposto, uma infinidade de questões socioambientais e preocupações crescentes com os efeitos das mudanças climáticas obrigam que as cidades sejam repensadas, bem como as práticas convencionais de gestão dos recursos urbanos (Suleiman et al., 2020).

A agricultura urbana surge nas cidades de forma a cooperar na ampliação de espaços verdes e proporcionar benefícios ambientais, além de atender às demandas e contribuir para a segurança alimentar das populações locais (Parece et al., 2016; Amos et al., 2018). Nesse sentido, os sistemas de aproveitamento de águas da chuva oferecem uma relação entre a produção urbana de alimentos e uma alternativa sustentável de fonte de água para irrigação. Portanto, as instalações de coleta de água da chuva podem se tornar uma questão fundamental para a sustentabilidade e a resiliência das cidades (Suleiman et al., 2020; Lupia et al., 2017).

A coleta de água pluvial proveniente de captações em telhados tem sido predominantemente limitado ao uso interno na edificação ou para limpeza de áreas externas, porém, de acordo com Amos et al. (2018), existe um forte potencial deste recurso no aumento da produção agrícola no território urbano, através de alterações no design dos sistemas e com maior compreensão referente a seleção de culturas, dos efeitos climáticos, da primordialidade de água e outros aspetos econômicos relacionados com a implantação e operação dos sistemas de aproveitamento de águas da chuva. A coleta da água da chuva e seu uso na agricultura urbana, combinados, proporcionam diversos benefícios sustentáveis e de melhoria de vida da população, como: (a) possibilidade de melhoria da qualidade e disponibilidade de alimentos, principalmente entre a população mais carente; (b) diminuição no consumo de combustível para transporte e, logo, na emissão de gases de efeito estufa e nos custos, através do suprimento local de alimentos; (c) benefícios socioeconômicos, como interações sociais e educação; (d) redução do efeito climático “ilha de calor urbana”, através do aumento de

espaços verdes; (e) contribuição no ciclo natural da água e no combate a inundação, devido a maior infiltração no solo.

Segundo Ghimire & Johnston (2013), as técnicas de aproveitamento de águas da chuva tem grande potencial para atender às crescentes demandas hídricas e, portanto, é importante avaliar o seu impacto. Por conseguinte, compreender a capacidade e as limitações deste sistema no emprego da agricultura urbana é essencial no aumento da segurança alimentar e numa produção sustentável. Os ganhos podem ser perceptíveis em várias esferas, ou seja, os países em desenvolvimento tendem a se beneficiarem de sistemas de coleta e uso de águas da chuva no processo de irrigação na agricultura urbana, a resultar na maximização da produção de alimentos e, logo, auxiliar na autossuficiência alimentar e no combate a desnutrição. Por outro lado, nos países desenvolvidos, caracterizados por terem suprimentos suficientes de comida e água, o emprego destas técnicas resulta em melhorias na sustentabilidade das cidades e contribui para um estilo de vida mais saudável (Amos et al., 2018).

Na Índia, com base em estudos, constatou-se que através da irrigação de pequenos jardins domésticos (áreas em torno de 20m²) utilizado para produção de alimentos e recarga em águas subterrâneas de até 40% da precipitação local excedente, obtinham-se períodos de retorno rápidos, dentro de até um ano, sobre o valor de implantação. Estes espaços teriam o objetivo de atender a demanda alimentar de famílias típicas indianas e, quando possível, auxiliariam na geração de renda através da venda dos alimentos excedentes (Stout et al., 2017). Algumas regiões do país disponibilizam medidas de incentivo fiscal para comunidades, através de subsídios de 10% sobre os custos de implantação de sistemas de aproveitamento de águas da chuva no meio urbano, com a finalidade de assegurar a recarga natural das águas subterrâneas que estão em risco (Amerasinghe et al., 2008; IWP, 2020).

Por meio de pesquisa na área urbana de Roma, na Itália, com jardins residenciais no cultivo de vegetais e frutas para o autoconsumo das famílias, constatou-se que existe um potencial considerável de economia de água potável, através da coleta de água da chuva nos telhados locais, onde até 33% dos jardins poderiam ser autossuficientes em água destinada à irrigação (Lupia et al., 2017).

Frente ao atual cenário, com a promoção da agricultura urbana e do aumento de áreas verdes no meio urbano, surgem questões sobre a disponibilidade de água e quais são as implicações econômicas de seu uso em países desenvolvidos ou em desenvolvimento. Logo, são

necessárias mais pesquisas e incentivos na integração da captação de água da chuva e utilização na agricultura urbana, de modo a maximizar a contribuição na produção e sustentabilidade de alimentos (Amos et al., 2018; Kongo & Jewitt, 2006).

Referente a fatores que impulsionam a implementação de tecnologias de aproveitamento de águas pluviais em meios urbanos, Bashar et al. (2018) e Suleiman et al. (2020) propõem que deva haver maior apoio político à flexibilidade no planejamento público, ao contexto adaptativo e à capacidade dos envolvidos, especialmente em aproveitar as oportunidades para a materialização de novas ideias e projetos, onde a chuva se torne um recurso e não um risco às cidades. Além disso, a rega de espaços verdes é uma das áreas que mais recursos hídricos consome no setor urbano e, potencialmente, há uma grande quantidade de água precipitada disponível para atender a estas demandas (Demuzere et al., 2014).

Nas cidades, nota-se um crescente interesse na investigação de alternativas de coleta, armazenamento e uso posterior das águas da chuva, visto que, além de ser uma fonte alternativa de água para aplicações não potáveis a nível urbano, estes sistemas podem ser explorados na redução dos volumes de escoamento superficial de águas pluviais e no alívio dos sistemas públicos e infraestruturas de coleta (Torres et al., 2020). Segundo estudos, os sistemas de aproveitamento de águas da chuva podem oferecer diversas vantagens, através, por exemplo, da implementação de tanques subterrâneos nos meios urbanos. Em Melbourne, na Austrália, resultados mostram que a implementação extensiva de reservatórios subterrâneos é economicamente viável e pode reduzir aproximadamente 30% dos custos provenientes de danos decorrentes de chuvas na região (Jamali et al., 2020). Já no estado americano da Flórida, uma área com alta densidade habitacional e propensa a inundações rotineiras causadas por precipitações, através da instalação de cisternas pluviais tem o potencial de reduzir em mais de 20% as inundações locais, segundo estudos (Deitch & Feirer, 2019).

3. Metodologia

A água, sendo um recurso natural indispensável para a vida e atualmente escasso, deve estar no centro das políticas de uso eficiente dos recursos em todos os tipos de edificações, independente da sua forma arquitetónica e tipo de utilização. O uso eficiente da água está diretamente relacionado a importância deste recurso e ao menor impacto sobre o ambiente, como também, aos fatores que beneficiam os utilizadores, quanto a redução de encargos e volumes consumidos, por meio da implantação de boas práticas e gestão eficiente.

Neste contexto e numa tentativa de sistematização, pressupõe-se que as vias para se conseguir um uso mais eficiente da água nos edifícios estão relacionadas com o princípio dos 5R (ADENE et al., 2018; Silva-Afonso, 2009), conforme Figura 3.1. Esta conceção refere-se a cinco ações que devem ser aplicadas como etapa fundamental para transformar o comportamento e os hábitos a nível urbano e podem ser entendidas da seguinte forma:

- **1. Reduzir as perdas e os desperdícios:** um importante passo é a identificação de perdas de água que impactam nos custos económicos e nos consumos de recursos naturais. Em geral, estas perdas podem ser identificadas nas instalações de redes ou nos dispositivos instalados no imóvel.
- **2. Reduzir os consumos:** está relacionado com a adoção de técnicas e estratégias para redução do consumo de água potável nos edifícios, em especial, com a utilização de produtos e dispositivos certificados e rotulados como mais eficientes do ponto de vista hídrico.
- **3. Reutilizar a água:** todo o volume de água que pode ser reutilizado para consumo não potável após sua utilização ou drenagem, e que se encontra em condições de uso sem a necessidade de tratamento, usualmente numa utilização distinta da inicial.
- **4. Reciclar a água:** os efluentes do descarte de água residual (águas cinzentas) após tratamento, apresentam um potencial significativo de reutilização, reintroduzindo água no circuito e constituindo um recurso alternativo no consumo não potável.
- **5. Recorrer a origens alternativas:** benefício de dispor de uma origem de água alternativa. Hoje, existem diversas fontes de água que podem ser utilizadas além da convencional, como, por exemplo, a água da chuva e as águas freáticas.



Figura 3. 1 – Aplicação do Princípio dos 5Rs na Eficiência Hídrica.
(ADENE et al., 2018)

Tais políticas atreladas à realização de um diagnóstico da situação num edifício, em termos de medidas diretas de poupança da água e de medidas indiretas ao nível dos comportamentos dos usuários, têm como objetivo potencializar a redução de perdas, desperdícios e consumos de água.

Nesta perspetiva, foi desenvolvida uma metodologia de análise para identificar soluções em nível local que permita avaliar os potenciais de poupança e implementar medidas adequadas à redução de consumos de água potável.

Para uma melhor visualização e compreensão da metodologia proposta para a análise da viabilidade e potencial para o uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva no presente caso de estudo, elaborou-se um fluxograma sequencial, que apresenta, de uma forma simplificada, as etapas de atividades do projeto (Figura 3.2).

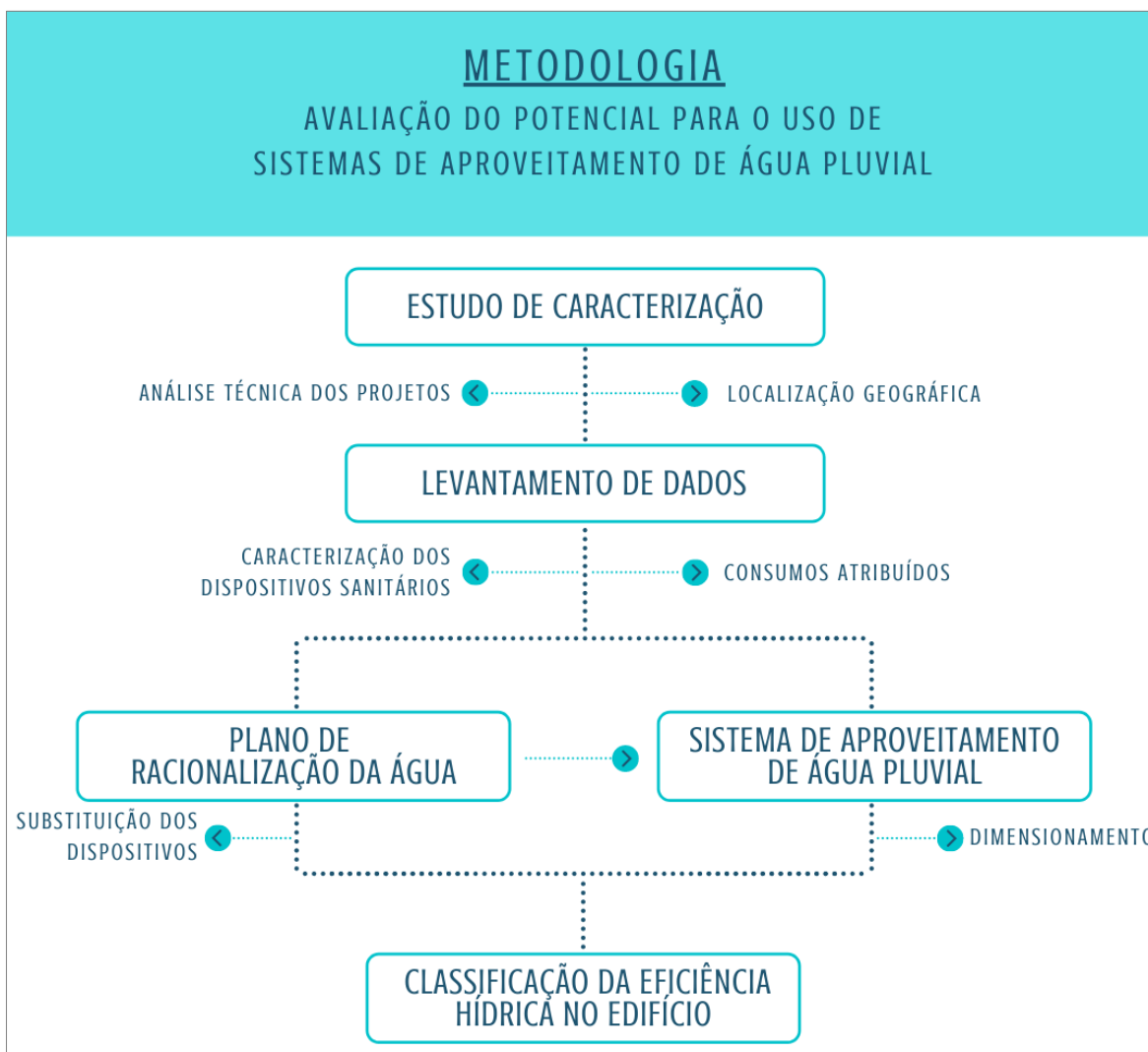


Figura 3. 2 – Fluxograma do método utilizado para a avaliação económica e potencial para o uso de sistemas de aproveitamento de água pluvial.

O diagrama de fluxo está a exibir a sequência de trabalho adotada que compõe o processo, e através deste, está representada a estruturação de cada fase, tendo por início o estudo de caracterização da edificação, em seguida o levantamento de dados em campo, o desenvolvimento do plano de racionalização da água e do sistema de aproveitamento de água da chuva, e por fim, a avaliação para implantação das medidas propostas para o caso de estudo, através da classificação da eficiência hídrica. Abaixo, seguem as descrições e particularidades de cada etapa da metodologia, conforme é identificado no fluxograma.

3.1. Estudo de caracterização

O estudo de caracterização da edificação refere-se a etapa inicial do caso de estudo, com uma breve indicação da localização no espaço geográfico e descrição do contorno existente nas proximidades da construção. Outro ponto abordado diz respeito a análise técnica dos projetos, que tem por finalidade o estudo sistemático e completo dos projetos arquitetónicos e de rede de água e esgotos, com o objetivo de analisar as instalações existentes e caracterizar os dispositivos sanitários no edifício. Esta fase é de grande importância para que nos próximos passos seja possível avaliar a capacidade de atendimento aos requisitos da qualidade e eficiência hídrica no edifício, a partir da identificação de falhas que possam existir e, assim, propor soluções.

3.2. Levantamento de dados

Trata-se da coleta de dados em campo, onde possibilita o uso destas informações para posteriormente serem submetidas a tratamentos e análises. Logo, entende-se que esta etapa é constituída pelo levantamento dos pontos de água, com uma caracterização e identificação dos dispositivos que compõem as instalações existentes do edifício (por exemplo: autoclismos, chuveiros, urinóis, torneiras de lavatório e de cozinha/laboratório) e, também, quando aplicável, dos equipamentos que utilizam água.

É possível, através de uma inspeção visual, que seja averiguado para a globalidade do edifício a deteção de fugas visíveis e as condições dos sistemas consumidores de água, quanto a funcionalidade e seu estado de conservação.

É importante destacar que o levantamento dos volumes ou consumos individuais de cada dispositivo, pode se dar através da rotulagem dos mesmos ou, caso não estejam rotulados, podem ser medidos localmente ou a partir de consulta ao catálogo do fabricante (Silva & Pimentel, 2017).

Em Portugal, a ANQIP desenvolveu um sistema voluntário de certificação e rotulagem de eficiência hídrica para os produtos comercializados a nível nacional, com base nos critérios de avaliação dos esquemas de rotulagem ambiental, expressa pela série ISO 14020. A rotulagem ambiental representa um conjunto de instrumentos informativos que procura facilitar a escolha de produtos e serviços com menores impactes ambientais, levando em consideração os seus desempenhos ambientais (ADENE et al., 2018; Silva & Pimentel, 2017).

O rótulo de eficiência hídrica dos produtos baseia-se no volume total de água consumida, no conforto das utilizações, nos aspetos de saúde pública e performance das redes prediais, onde A++ é considerado o mais alto grau de eficiência e E, o mais baixo (Figura 3.3). As condições de adoção do sistema, as características e condições de utilização dos rótulos são descritas e definidas na Especificação Técnica ANQIP ETA 0802 – Regulamento do Sistema Voluntário ANQIP de Certificação e Rotulagem de Eficiência Hídrica de Produtos, e na ETA 0803 – Rótulos de Eficiência Hídrica de Produtos (ANQIP-ETA 0802, 2015; ANQIP-ETA 0803, 2015).

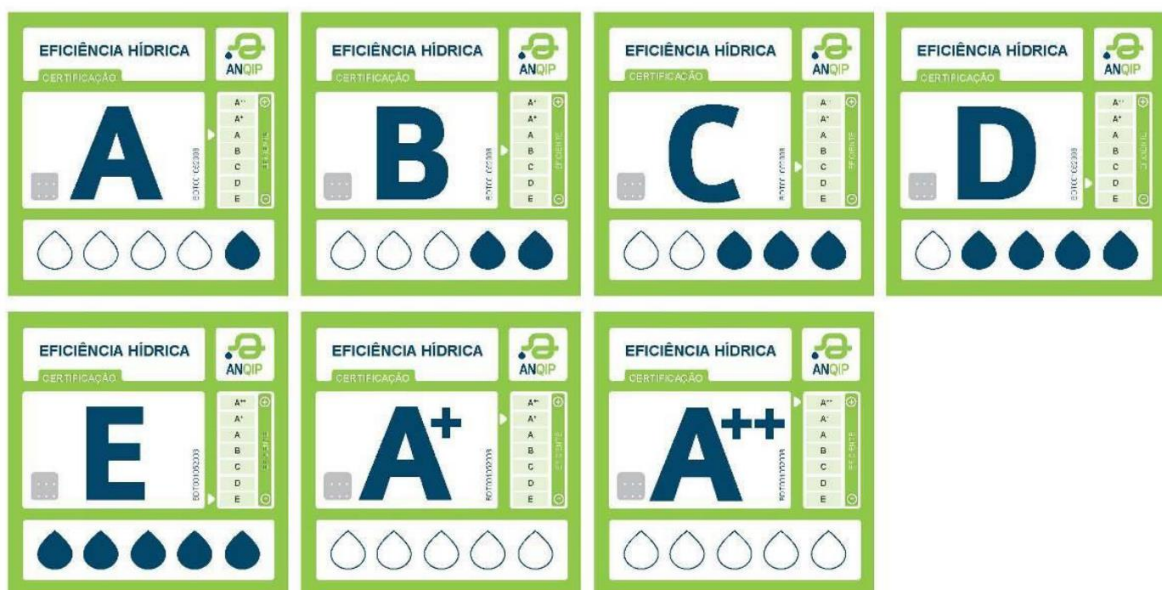


Figura 3. 3 – Rótulos de Eficiência Hídrica adotados em Portugal.
(Silva & Pimentel, 2017)

Nota-se que na rotulagem dos produtos constam várias informações relativas à eficiência hídrica atribuída ao produto certificado, no qual, à direita consta a sua escala de eficiência, à esquerda encontra-se a letra atribuída consoante o gasto de água do dispositivo, ao canto superior direito está referenciada a entidade de certificação e na parte inferior apresenta-se uma série de gotas, que indicam o volume de água que o dispositivo irá consumir.

Nesse contexto, para o desenvolvimento do presente estudo foi aplicada a metodologia de cálculo ANQIP proposta para a avaliação da eficiência hídrica de edifícios não residenciais, conforme seu Manual (Silva & Pimentel, 2017). O modelo exige o conhecimento não só do valor de consumo médio do edifício, mas, também, do modo como os consumos se repartem nas instalações. Em síntese, o método consiste em somar os fluxos de cada dispositivo que faz parte das instalações sanitárias do edifício em estudo e multiplicando-os pelo número de usuários que os utilizam para determinar o consumo total de água. Para tanto, é necessário a definição e obtenção de elementos na aplicação do método, sendo: diagramas de consumo por tipo de edifício, fatores de uso, fatores de conforto, número de utilizadores médios equivalentes e, fatores de correção.

Através de estudos e auditorias realizadas pela ANQIP foi possível obter uma percentagem de consumo por uso ou dispositivo pela tipologia da edificação. Para o efeito observa-se a distribuição que se considera válida para o sector educacional em Portugal, em termos médios (Figura 3.4).

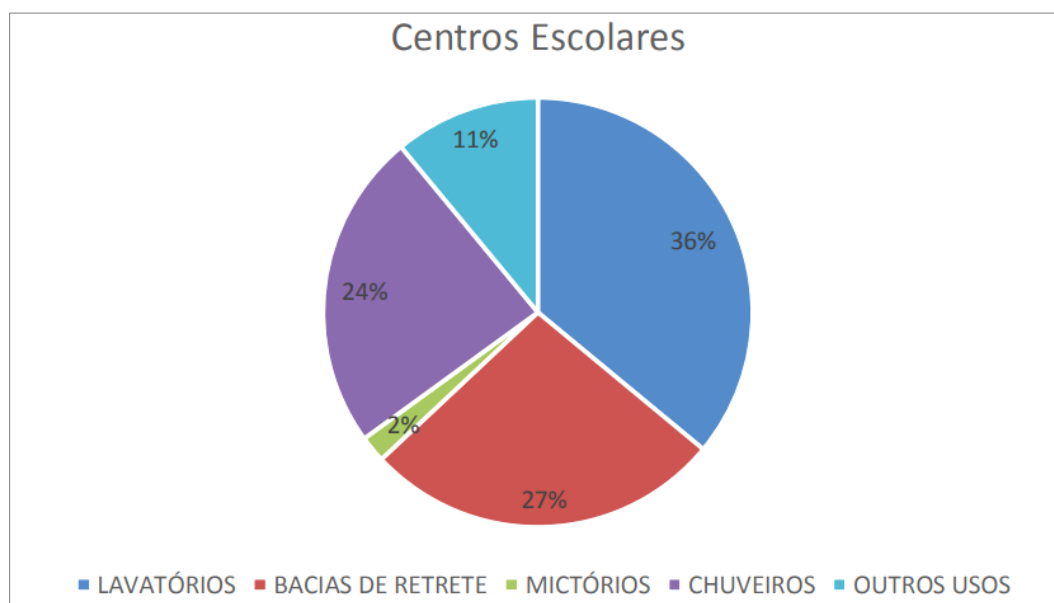


Figura 3. 4 – Percentagem afeta a cada uso em centros escolares.
(Silva & Pimentel, 2017)

Para a determinação dos fatores de uso, é necessária a escolha de valores relativos para as categorias dos produtos, a metodologia apresentada sugere que em Portugal os produtos simples da categoria D são os mais comuns entre os dispositivos, exceto no que se refere aos chuveiros onde são mais comuns os da letra C. Nas Tabelas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 encontram-se os valores que servem como base na escolha dos consumos de cálculo para efeitos da determinação dos fatores de uso.

Tabela 3. 1 – Volumes unitários de autoclismos.
(Silva & Pimentel, 2017)

AUTOCLISMO	CATEGORIA	VOLUMES (litros)	
		MÍNIMOS	REFERÊNCIA PARA O MODELO
Dupla Descarga	A++	4,0/2,0	2,7
Dupla Descarga	A+	4,5/3,0	3,5
Dupla Descarga	A	6,0/3,0	4,0
Dupla Descarga	B	7,0/3,0	4,3
Dupla Descarga	C	8,0/3,0	4,8
Descarga Interrompida	A+	4,0	3,0
Descarga Interrompida	A	5,0	3,8
Descarga Interrompida	B	6,0	4,5
Descarga Interrompida	C	7,0	5,3
Descarga Interrompida	D	8,5	6,4
Descarga Completa	A	4,0	4,0
Descarga Completa	B	5,0	5,0
Descarga Completa	C	6,0	6,0
Descarga Completa	D	7,0	7,0
Descarga Completa	E	8,5	8,5

Tabela 3. 2 – Volumes unitários de fluxómetros de mictórios.
(ANQIP-ETA 0808, 2015)

VOLUME DE DESCARGA (litros)	CATEGORIA	VOLUME DE REFERÊNCIA PARA O MODELO (litros)
$V \leq 1,0$	A++	0,5
$1,0 < Q \leq 2,0$	A+	1,5
$2,0 < Q \leq 4,0$	A	3,0
$4,0 < Q \leq 6,0$	B	5,0
$6,0 < Q \leq 8,0$	C	7,0
$8,0 < Q \leq 10,0$	D	9,0
$10,0 < Q$	E	12,0

Tabela 3. 3 – Volumes unitários de torneiras de lavatório.
(Silva & Pimentel, 2017)

CAUDAL (litros/minuto)	CATEGORIA			CAUDAL DE REFERÊNCIA PARA O MODELO (litros/minuto)
	Torneira Simples	Torneira com Eco- Stop ou Arejador	Torneira com Eco- Stop e Arejador	
$Q \leq 2,0$	A+	A++	A++	1,5
$2,0 < Q \leq 4,0$	A	A+	A++	3,0
$4,0 < Q \leq 6,0$	B	A	A+	5,0
$6,0 < Q \leq 9,0$	C	B	A	7,5
$9,0 < Q \leq 12,0$	D	C	B	10,5
$12,0 < Q$	E	D	C	15,0

Tabela 3. 4 – Volumes unitários de torneiras de cozinha.
(Silva & Pimentel, 2017)

CAUDAL (litros/minuto)	CATEGORIA			CAUDAL DE REFERÊNCIA PARA O MODELO (litros/minuto)
	Torneira Simples	Torneira com Eco- Stop ou Arejador	Torneira com Eco- Stop e Arejador	
$Q \leq 4,0$	A+	A++	A++	3,5
$4,0 < Q \leq 6,0$	A	A+	A++	5,0
$6,0 < Q \leq 9,0$	B	A	A+	7,5
$9,0 < Q \leq 12,0$	C	B	A	10,5
$12,0 < Q \leq 15,0$	D	C	B	13,5
$15,0 < Q$	E	D	C	17,5

Tabela 3. 5 – Volumes unitários de chuveiros e sistemas de duche.
(Silva & Pimentel, 2017)

CAUDAL (litros/minuto)	CATEGORIA			CAUDAL DE REFERÊNCIA PARA O MODELO (litros/minuto)
	Chuveiros e Sistemas de Duche	Torneira Termostática ou Eco-Stop	Torneira Termostática e Eco-Stop	
$Q \leq 5,0$	A+	A++	A++	3,5
$5,0 < Q \leq 7,2$	A	A+	A++	5,0
$7,2 < Q \leq 9,0$	B	A	A+	7,5
$9,0 < Q \leq 15,0$	C	B	A	10,5
$15,0 < Q \leq 30,0$	D	C	B	13,5
$30,0 < Q$	E	D	C	17,5

Os volumes unitários de referência de fluxómetros de mictórios estabeleceram-se pelas mesmas relações dos volumes e consumos dos demais produtos, com base nas Especificações Técnicas ANQIP ETA 0808 (Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros) e por métodos explorados no Manual

de Eficiência Hídrica em Edifícios da ANQIP (ANQIP-ETA 0808, 2015; Silva & Pimentel, 2017). Logo, adotaram-se os consumos de referência por base nos valores médios em cada uma das categorias de eficiência hídrica e, para o caudal mínimo e máximo, os valores de 0,5 e 12 litros.

Além dos valores relativos é necessário que se tenha o conhecimento dos consumos de água. Este dado é possível tendo o número de utilizadores médios das instalações prediais e o consumo total do edifício. Caso não se tenham essas informações, o Manual sugere consumos médios por utilizador em edifícios não residenciais (Tabela 3.6).

Tabela 3. 6 – Consumos médios por utilizador em alguns edifícios não residenciais.
(Silva & Pimentel, 2017)

TIPO DE EDIFÍCIO	CONSUMO TOTAL litros/(utilizador.dia) (*)
Administrativo	30
Piscinas Públicas	70
Pavilhões Desportivos	20
Centros Escolares	20

(*) Inclui funcionários e utentes.

Com base nos indicadores acima referidos e na metodologia proposta, é possível determinar os fatores de uso para cada dispositivo, através da relação entre percentagem de consumo por uso, o consumo de água do edifício e o volume relativo de cada dispositivo.

A seguir, na Tabela 3.7, encontram-se os fatores de conforto aplicados sobre os caudais máximos de torneiras. Segundo o método de cálculo aplicado, nas torneiras nem sempre é feita a abertura máxima, por razões de conforto do utilizador, em especial quando o caudal é elevado. Nessa perspetiva é aconselhável adotar um caudal de conforto.

Tabela 3. 7 – Fatores de conforto para torneiras de lavatório e cozinha.
(Silva & Pimentel, 2017)

CATEGORIA DE EFICIÊNCIA HÍDRICA	FATOR DE CONFORTO
A	1,0
B	0,9
C	0,8
D	0,7
E	0,6

Outro ponto a ser considerado num caso de estudo diz respeito a existência de circuitos de retorno de água quente sanitária nas instalações. Pois a falta deste recurso pode aumentar ligeiramente os tempos de usos e, portanto, os fatores de uso relativos a torneiras e chuveiros – os consumos devem ser aumentados em valor estimado de 1 minuto nos chuveiros e de 0,5 minutos nas torneiras. Este método contribui para integrar os circuitos de retorno, como medida reconhecida de eficiência hídrica em edifícios.

Por último, os fatores de correção têm em atenção a existência de consumos não englobados no modelo, que se consideram não passíveis de intervenção para redução de consumos, como também, um ajuste dos resultados da aplicação do modelo à classificação proposta para edifícios. Em via de regra, em edifícios não-residenciais que não possuam em suas instalações máquinas de lavar roupa e/ou de lavar loiça, o componente multiplicativo dos fatores de correção não é considerado, ou seja, adota-se o valor de 1,0.

Para os edifícios não residenciais a metodologia da ANQIP desenvolveu classificações das categorias de A++ até E de acordo com os padrões de consumo em edifícios administrativos ou de serviços de apoio à indústria. Admitindo serem consumos semelhantes, ao comparar com os valores médios por utilizador dos centros escolares, estabeleceu-se a mesma tabela de classificação (Tabela 3.8).

Tabela 3. 8 – Classificações de acordo com os padrões de consumo em edifícios administrativos ou de serviços de apoio à indústria.
(Silva & Pimentel, 2017)

CATEGORIA	CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL DA REDE PÚBLICA [litros/(utilizador.dia)] (c)
A++	$0 < c \leq 20$
A+	$20 < c \leq 25$
A	$25 < c \leq 30$
B	$30 < c \leq 40$
C	$40 < c \leq 55$
D	$55 < c \leq 75$
E	$c > 75$

(*) Considera-se aplicável para edifícios de centros educacionais em Portugal.

3.3. Plano de racionalização da água

A partir dos consumos atribuídos a cada dispositivo e da classificação global do edifício, referente a eficiência hídrica, é possível apresentar um plano de racionalização da água. Comumente, são várias as áreas de um edifício com potencial de redução de desperdícios e, sob um diagnóstico da situação é possível conduzir melhorias às instalações existentes em termos de medidas diretas de poupança de água e de medidas indiretas ao nível dos comportamentos dos utilizadores (ADENE et al., 2018; Silva & Pimentel, 2017).

As medidas diretas, referem-se à substituição de dispositivos convencionais, que consumam uma maior quantidade de água potável, por dispositivos que asseguram maior eficiência e igual ou melhor conforto, procurando economias significativas nos custos inerentes ao seu uso, a nível ambiental, económico e social. Há a possibilidade de minimização dos consumos de água e conforto, sem substituição de dispositivos, através de adequação do volume consumido com redutores de caudal, podendo ser do tipo arejador, pulverizador ou redutor de fluxo laminado, respeitando sempre os valores mínimos de referência de cada dispositivo (ADENE et al., 2018).

Por outro lado, as medidas indiretas são ações de sensibilização e de formação para os utentes e responsáveis na promoção da redução do tempo despendido em cada utilização ou para a monitorização dos próprios consumos.

Outras medidas complementares à renovação e substituição de dispositivos e equipamentos são, os sistemas para a circulação e retorno de águas quentes e, a identificação de perdas de água causadas por deficiência/roturas na rede predial com o auxílio, por exemplo, dos sistemas de monitorização e gestão inteligente de consumos de água. Estes sistemas de gestão de consumos de água consistem na ligação da rede predial a sistemas de telegestão com informação relativa aos próprios hábitos de consumo, podendo ser instalados sempre que existam contadores parciais e for possível solicitar o serviço junto da entidade gestora (ADENE et al., 2018). Existem ainda, os sistemas de reutilização e reciclagem de águas cinzentas e os sistemas de aproveitamento de água pluvial e águas freáticas, que podem gerar poupanças significativas nos edifícios, devendo ser dimensionados e adaptados caso a caso (Silva & Pimentel, 2017).

3.4. Sistema de aproveitamento de água da chuva

Com o objetivo de dimensionar os componentes do sistema de captação e armazenamento de água da chuva, é fundamental conhecer as características do edifício, a área e o tipo de superfície de captação, a zona pluviométrica da região onde está inserido o edifício e o volume de água passível de ser utilizado na edificação (ANQIP-ETA 0701, 2015; Silva & Pimentel, 2017). A metodologia para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água da chuva tem por base a Especificação Técnica ANQIP ETA 0701, que estabelece critérios técnicos e de cálculo, para fins não potáveis de água (ANQIP-ETA 0701, 2015).

Para efeito de dimensionamento é necessário efetuar o estudo de pluviosidade para a zona da instalação, recorrendo-se a dados de precipitação de fontes oficiais. Recomenda-se que o estudo contemple séries históricas de precipitação correspondentes a períodos de no mínimo 10 anos, assegurando uma maior precisão no dimensionamento (ANQIP-ETA 0701, 2015). Em Portugal, as pluviosidades médias mensais nas diversas estações meteorológicas dispersas pelo território nacional podem ser obtidas através de dados disponibilizados no SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (www.snirh.pt).

Em virtude das constantes estiagens de verão características de Portugal, recomenda-se, como anteriormente retratado, que seja ponderado o desvio das primeiras águas (*first flush*) em função da qualidade necessária nas utilizações finais (Silva & Pimentel, 2017). Conforme recomendações da metodologia de cálculo, o volume a ser desviado pode ser determinado pelo critério de tempo, adotando-se um volume mínimo correspondente aos primeiros 10 minutos de precipitação após prolongadas estiagens e, também, podendo adotar-se um valor mais baixo quando o intervalo entre precipitações não exceda grandes períodos. Além deste, é possível definir o volume das primeiras águas com base em uma relação entre a área da cobertura e numa altura de precipitação pré-estabelecida, que pode variar entre 0 e 8 mm, conforme as condições locais, as utilizações e os intervalos entre precipitações. Na ausência de dados ou estudos das condições locais, recomenda-se que seja feito o desvio de um volume mínimo correspondente a 2 mm de precipitação (ANQIP-ETA 0701, 2015).

O volume de água a desviar do sistema pode ser estimado através da Equação 3.1 (ANQIP-ETA 0701, 2015):

$$V_d = P \cdot A \quad (3.1)$$

onde:

V_d – Volume de água a desviar do sistema (litros)

P – Altura de precipitação a desviar (mm)

A – Área de captação (m^2)

A metodologia (ANQIP-ETA 0701, 2015) propõe que a determinação do volume de água a aproveitar num determinado período seja obtido com base nas características da superfície de captação e na precipitação registada, conforme é caracterizado por meio da Equação 3.2:

$$V_d = C \cdot P \cdot A \cdot \eta_f \quad (3.2)$$

onde:

V_a – Volume anual de água da chuva aproveitável (litros)

C – Coeficiente de escoamento (relação entre o volume captado e o volume total de precipitação num determinado período, tendo em atenção as retenções, absorções, evaporação e desvios das primeiras águas)

P – Altura de precipitação acumulada no período considerado (mm)

A – Área de captação (m^2)

η_f – Eficiência hidráulica da filtragem

O valor do coeficiente de escoamento (C) varia significativamente com a altura de precipitação, recomendando-se, para coberturas impermeáveis, que seja adotado um valor entre 0,70 e 0,90, visto que nem toda a precipitação que ocorre num determinado local e num determinado período é passível de ser captada (ANQIP-ETA 0701, 2015).

A eficiência hidráulica da filtragem (η_f) corresponde à razão entre o volume de água que chega ao reservatório e o volume total de água que é filtrada em filtros com manutenção e limpeza regulares. Em situações correntes pode ser admitida uma eficiência de 0,9, exceto se as especificações técnicas desses acessórios recomendarem outro valor (ANQIP-ETA 0701, 2015).

Considerando-se que nem toda a água precipitada é armazenada, é possível dimensionar reservatórios para os sistemas de aproveitamento de águas da chuva, tendo como referência

o volume correspondente ao consumo de água não potável na edificação. Estes reservatórios devem ser dimensionados de acordo com critérios técnicos, económicos e ambientais, considerando sempre as boas práticas de engenharia. Para efeitos de dimensionamento do reservatório, devem ser considerados períodos ideais de reserva da água na cisterna entre 20 e 30 dias, admitindo-se que esta retenção possa ser prolongada até no máximo de 90 dias, desde que as condições de armazenamento sejam adequadas. De acordo com o exposto, as Equações 3.3, 3.4 e 3.5 definem uma metodologia simplificada para o dimensionamento da cisterna de água da chuva (ANQIP-ETA 0701, 2015):

$$V = \text{Min} \{V_1 \text{ ou } V_2\} \quad (3.3)$$

com

$$V_1 = 0,0015 \cdot P \cdot A \cdot N \quad (3.4)$$

e

$$V_2 = 0,003 \cdot U \cdot C_{AE} \cdot N \quad (3.5)$$

onde:

V_1 – Volume de água da chuva aproveitável (litros)

P – Pluviosidade média anual no local da instalação (mm)

A – Área de captação (m²)

N – Número máximo de dias de retenção da água na cisterna

V_2 – Volume de água não potável consumido (litros)

U – Número de utentes do edifício

C_{AE} – Consumo de água não potável anual estimado (litros)

É importante destacar que para assegurar o seu funcionamento nos períodos de ausência de chuva, os sistemas de aproveitamento carecem de ser dotados de um sistema alternativo de abastecimento de água, podendo o suprimento de água ser realizado sem que seja interrompido o abastecimento da rede não potável – aumentando desta forma a resiliência do sistema de distribuição de água predial. Para estes casos é recomendável a instalação de sistemas que façam, de forma automática e segura, a gestão e a comutação das fontes de abastecimento. Além disso, deve-se garantir em todas as situações a impossibilidade de conexões cruzadas que permitam a entrada de água não potável na rede de água para consumo humano (ADENE et al., 2018).

4. Caso de estudo

A necessidade de criar políticas de conscientização sobre a economia de recursos hídricos e o consumo responsável de água potável é determinante na motivação do desenvolvimento desta dissertação para a aplicação de técnicas e procedimentos estabelecidos por entidades nacionais nas instalações do Instituto Politécnico de Leiria.

O Politécnico de Leiria é uma instituição pública de ensino superior, fundada em 1980. A instituição possui grande reconhecimento a nível nacional e internacional, tendo constantemente a investir em instalações modernas e bem equipadas durante seu funcionamento. No entanto, não há mecanismo de controle em tempo real ou regulamentação para o consumo de água potável em suas instalações. O sistema público municipal é a única fonte de abastecimento de água, onde atende à demanda em toda a universidade.

À vista disso, foi selecionado um edifício público que faz parte da infraestrutura da instituição de ensino e que recebe um grande número de usuários (estudantes e docentes) em suas instalações. A ideia principal deste estudo é a identificação de soluções técnicas em nível local, particularmente no Edifício D da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, que permita reduzir o consumo de água potável na edificação, além de viabilizar a certificação de eficiência hídrica em edifícios públicos, através de propostas de melhores alternativas técnicas que permitam a replicação futura desse tipo de intervenção a outros edifícios da Instituição. Este estudo pretende também sensibilizar a comunidade académica e a população em geral para a importância do uso eficiente de um recurso valioso e escasso como é a água potável, e com isto potenciar a replicação do projeto em outros níveis, por exemplo, residencial, industrial e comercial.

Ao longo deste capítulo é apresentado o estudo da localização geográfica do edifício tido como caso de estudo, a descrição dos projetos relevantes (arquitetónico e redes de água e esgotos), a avaliação da eficiência hídrica global do edifício e ainda o dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva.

4.1. Localização geográfica

Para aplicação da metodologia de análise escolheu-se, como caso de estudo, o Edifício D da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria (ESTG), situado no Campus 2 do Instituto Politécnico de Leiria (IPLeiria). A ESTG é uma das cinco escolas integradas do IPLeiria localizado na região central de Portugal, no Distrito de Leiria (Figura 4.1).



Figura 4. 1 – Localização ESTG IPLeiria em Portugal Continental.
(adaptado de Balaguer, 2016)

O Campus 2 integra igualmente a Escola Superior de Saúde de Leiria (ESSLei), a Biblioteca José Saramago, além de outros quatro edifícios (A, B, C e E), diversos parques de estacionamento, agência bancária, cantinas, bares e snack-bars, conforme identificado na Figura 4.2.

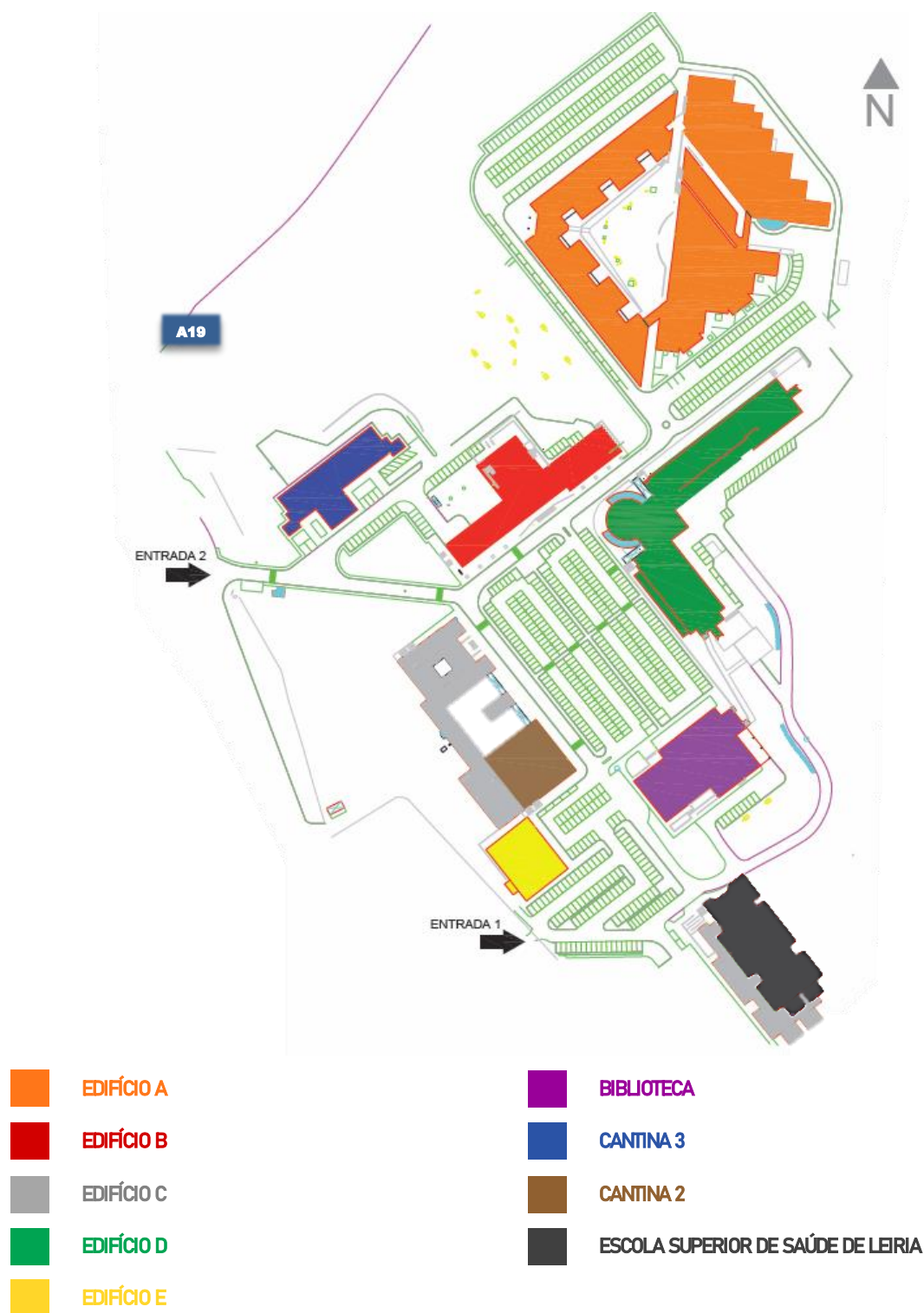


Figura 4. 2 – Mapa geral do Campus 2 do IPEleiria.
(adaptado de IPEleiria, 2015)

O campus 2 da ESTG é relativamente recente, tendo sido inaugurado no ano letivo de 1989/1990. A ESTG foi construída na freguesia de Parceiros, próxima a zona central da cidade de Leiria, numa área que acaba por favorecer o acesso ao campus, por estar junto a um dos principais eixos rodoviários nacionais (IC2 e a autoestrada A19), e próximo ao maior shopping da cidade. A sua planta encontra-se no Morro do Lena, Alto do Vieiro, Apartado 4133, com coordenadas GPS: 39°44'15.1"N 8°48'40.8"W.

4.2. Descrição do projeto de arquitetura do edifício

Atualmente, a ESTG é o maior estabelecimento de ensino superior localizado no Distrito de Leiria e conta com cerca de 5.400 estudantes, distribuídos por cursos técnicos superiores profissionais, licenciaturas e mestrados, em regime diurno e pós-laboral, nas áreas de Engenharia e Tecnologia e Ciências Empresariais e Jurídicas. Nas instalações, encontra-se o Edifício D, foco do estudo de caso, que comporta na sua maioria, anfiteatros, salas de aula, laboratórios, gabinetes de docentes e serviços de informática. O horário de funcionamento do edifício é das 07h45min às 00h30min nos dias úteis, das 08h00min às 18h15min aos sábados e nos domingos e feriados encontra-se encerrado.

O projeto foi concebido por volta de 2003 e a edificação apresenta uma área bruta de aproximadamente 14.225 m² onde se distribuem por dois pisos enterrados (Piso -1 e -2), o Rés-do-chão (Piso 0) e dois pisos elevados (Piso 1 e 2). No que diz respeito à planta de arquitetura da edificação, existem dois acessos principais ao edifício e, estes, encontram-se no Piso 0, além de comportar grande parte dos laboratórios e salas de aula, cozinha, receção, zona de convívio e acesso ao maior anfiteatro da construção (Figura 4.3). O Piso -2 possui uma área em torno de 225 m², correspondes apenas ao piso inferior do Laboratório de Estruturas de Betão Armado, que tem acesso através de um elevador de carga e uma escada posicionada no piso superior (Piso -1), conforme é identificada na Figura 4.4. No Piso -1 encontram-se os serviços técnicos de informática, laboratórios e dois anfiteatros. No Piso 1 localizam-se o restante das salas de aulas e laboratórios, como também, salas de projeto. O Piso 2, e último, abrange os gabinetes de docentes e salas de reuniões. Vale ressaltar que a cobertura do edifício é plana e acessível para manutenção e é utilizada como área técnica.

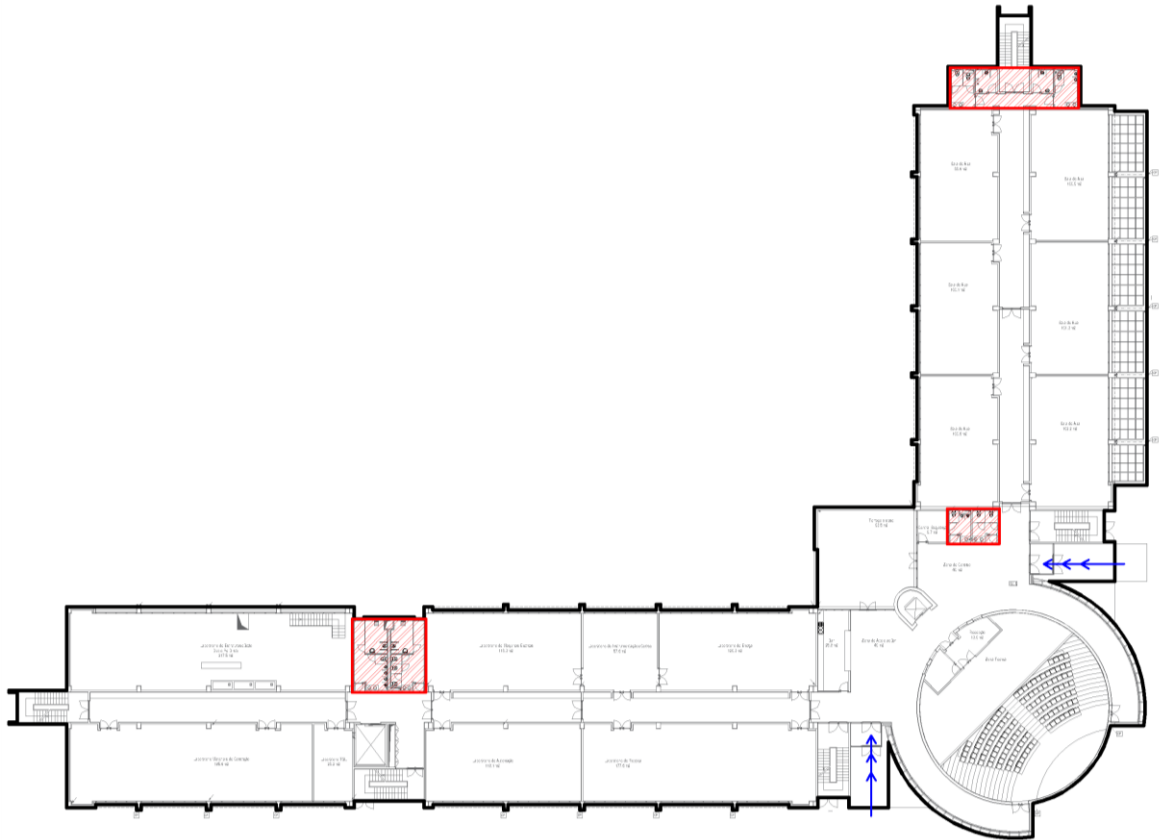


Figura 4. 3 – Esquema projeto de arquitetura do Piso 0 - Edifício D.

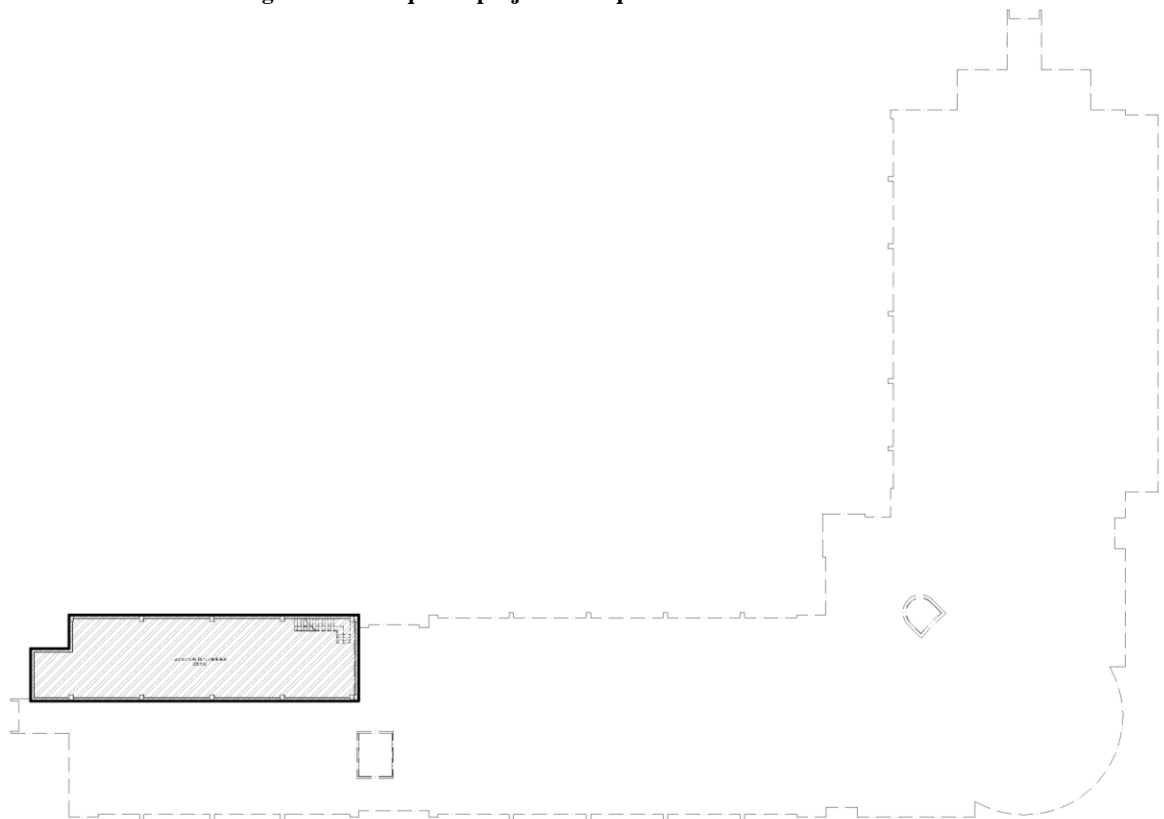


Figura 4. 4 – Esquema projeto de arquitetura do Piso -2 - Edifício D.

Na totalidade do edifício, há nove conjuntos de casas de banho, incluindo feminino e masculino, onde cada pavimento conta com dois conjuntos, com exceção do Piso 0, que possui um conjunto adicional no espaço de convívio, na zona do átrio na entrada principal da edificação, destacados na Figura 4.3. Abaixo, para melhor visualização, encontram-se representados os conjuntos mencionados acima. Estes estão identificados e diferenciados por alas, ou seja, compreendem a localização norte, sul e central (Figura 4.5).

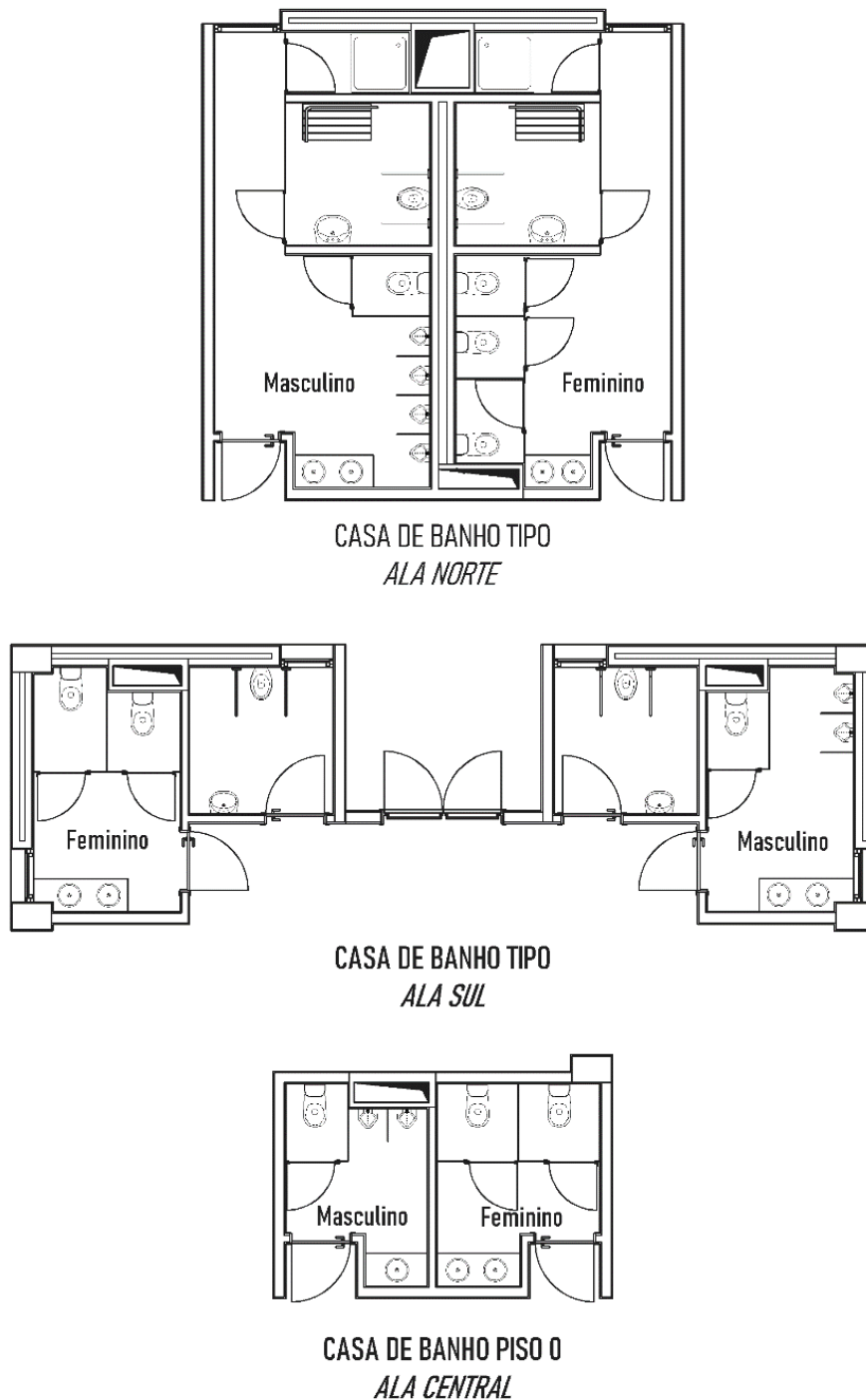


Figura 4. 5 – Tipos de casas de banho nas instalações do Edifício D.

Observa-se que, essencialmente, as instalações prediais, destinadas ao uso de água para fins higiênicos, na edificação são formadas por aparelhos sanitários do tipo: urinóis, sanitas e lavatórios.

Na figura a seguir, encontram-se as vistas superiores das fachadas do edifício, que permitem entender a configuração arquitetónica da estrutura, seu entorno e interação com o contorno natural do terreno (Figura 4.6).



Figura 4. 6 – Fachadas Edifício D: (a) Frontais (b) Fundos.
(Google Earth Pro 7.3, 2019)

4.3. Descrição dos projetos das redes de águas e esgotos

O sistema de distribuição de água agrupa as redes internas de água fria e quente do edifício, com a respetiva ligação à rede pública.

Relativamente ao projeto da rede de água do Edifício D, a distribuição de água potável na edificação é efetuada por um ramal que deriva da rede pública. Este ramal de alimentação entra pelo Piso 0, passa por um contador e, após, subdivide em três diferentes alas, uma abastece a região central e as demais derivam para a direção Norte e Sul do edifício. Em seguida, as tubagens direcionam as águas potáveis para o Piso -1 para abastecimento dos pontos de consumo do próprio piso e, também, derivam para os demais pavimentos, por colunas montantes. Além disso, a edificação é equipada com sistema de incêndio e sua alimentação é feita por uma estação elevatória, independente da rede de água. O sistema de águas descrito acima está representado a seguir por meio da Figura 4.7 e 4.8.

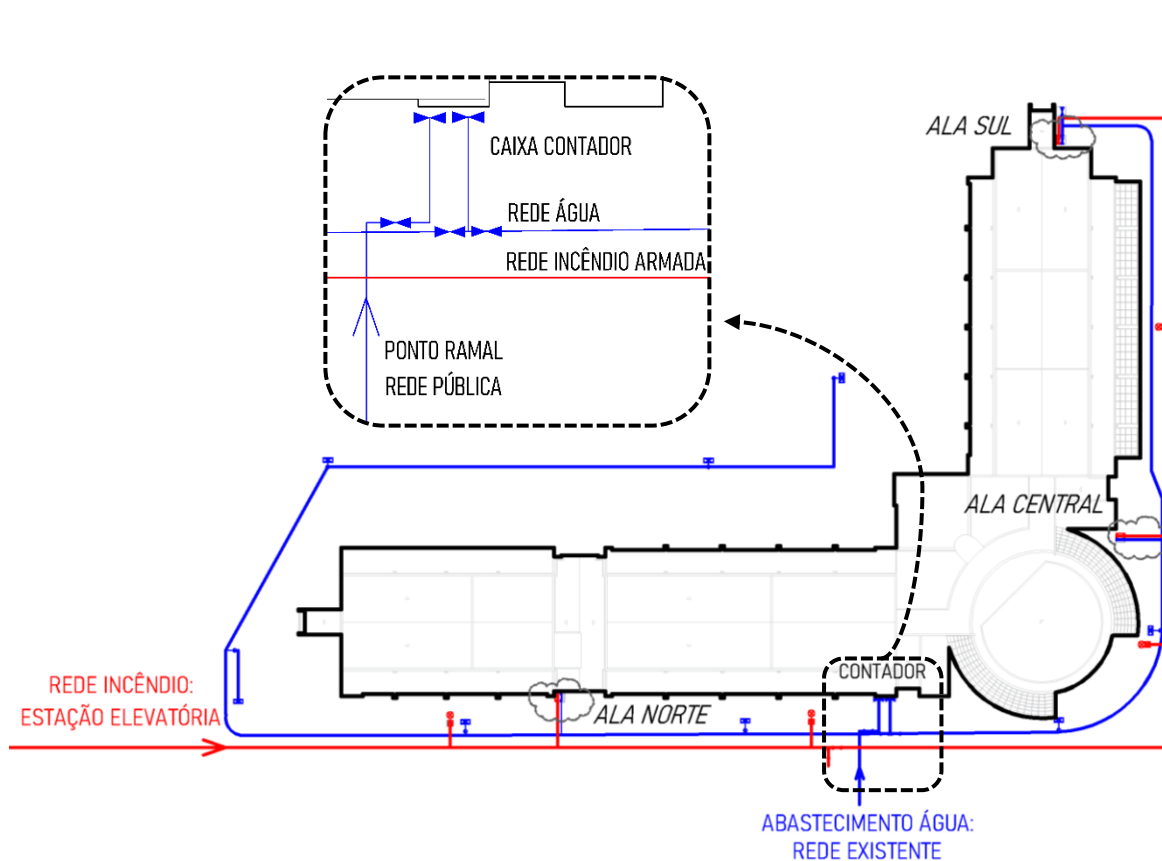


Figura 4. 7 – Esquema do sistema de abastecimento de água e incêndio do Edifício D – Piso 0.

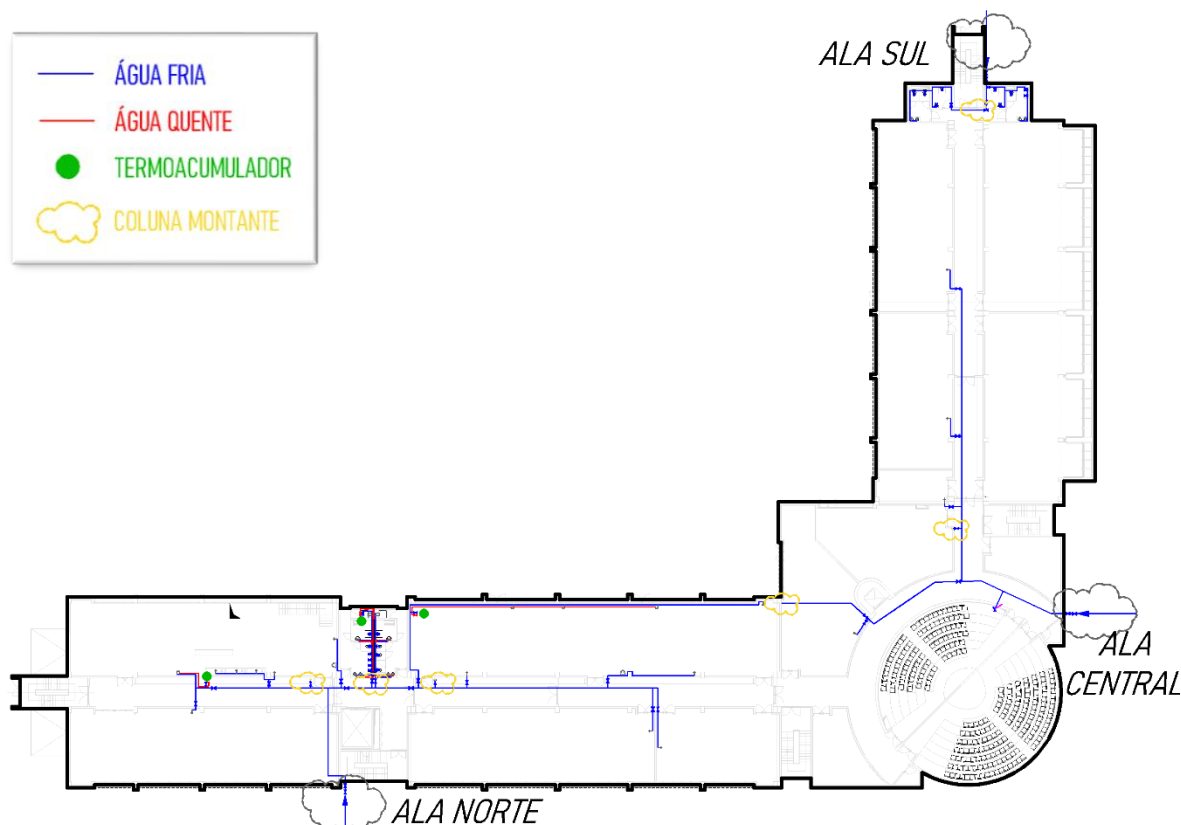


Figura 4. 8 – Esquema do sistema de abastecimento de água do Edifício D – Piso -1.

Os consumos admitidos no edifício são, em regra, para o abastecimento de casas de banho (descarga de autoclismos, urinóis e lavatórios), lava-olhos e torneiras de laboratórios, armazéns e cozinha.

O aquecimento de água da edificação é feito através de sistema de termoacumulador, que dispõe de reservatório próprio para armazenamento da água. O edifício conta com oito equipamentos que servem de fonte de água quente para casas de banho, laboratórios e cozinha.

De modo geral, um sistema de esgoto é caracterizado por compor uma rede de tubagens que recolhem e transportam águas residuais para posterior tratamento. No que diz respeito ao edifício estudado, nota-se através dos projetos, que a coleta é feita separadamente das águas pluviais. Os dispositivos sanitários que representam maior impacto sobre as águas residuais da instalação são as descargas de autoclismos, urinóis e torneiras das casas de banho. Após a coleta nos dispositivos sanitários, as águas são transportadas por tubos de queda até ao Piso -1, onde passam por caixas de visitas até a ligação final com a rede pública de coleta e, por fim, lançadas na Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Coimbrão.

A drenagem de águas pluviais incide essencialmente na recolha de águas das superfícies impermeáveis da edificação, que correspondem a cobertura e terraços. Essa recolha é realizada sucessivamente por caleiras, tubos de queda e coletores prediais que conduzem as águas pluviais até ao nível do solo. Nos pavimentos enterrados (Piso -1 e -2) há um sistema de drenagem para as águas freáticas, composto por drenos periféricos de captação na envoltória da edificação. Portanto, as águas pluviais recolhidas pelos coletores prediais e pelos drenos são direcionadas para a rede de coleta pública, transpondo por caixas de visitas e, por fim, lançadas no Rio Lena.

Para melhor entendimento do sistema das redes de esgotos e pluvial do Edifício D segue, abaixo, representação dos tubos de queda dispostos na cobertura para transporte de águas residuais e pluviais, separadamente, até o Piso -1, através da Figura 4.9.

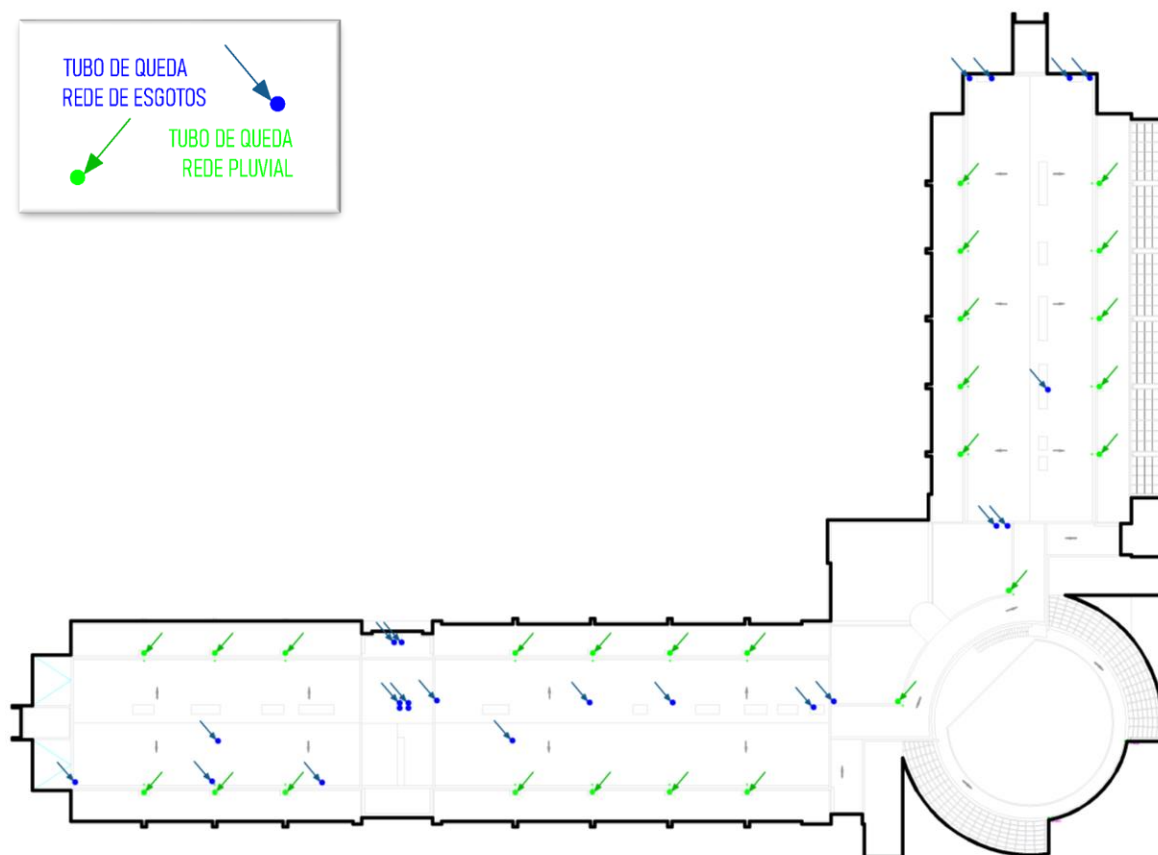


Figura 4. 9 – Esquema do sistema de coleta das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Cobertura.

Através dos esquemas a seguir (Figura 4.10 e 4.11) é possível compreender o sistema de drenagem dos pavimentos enterrados e também a disposição das tubagens e caixas de visitas que antecedem a ligação da rede predial para a rede de coleta pública.

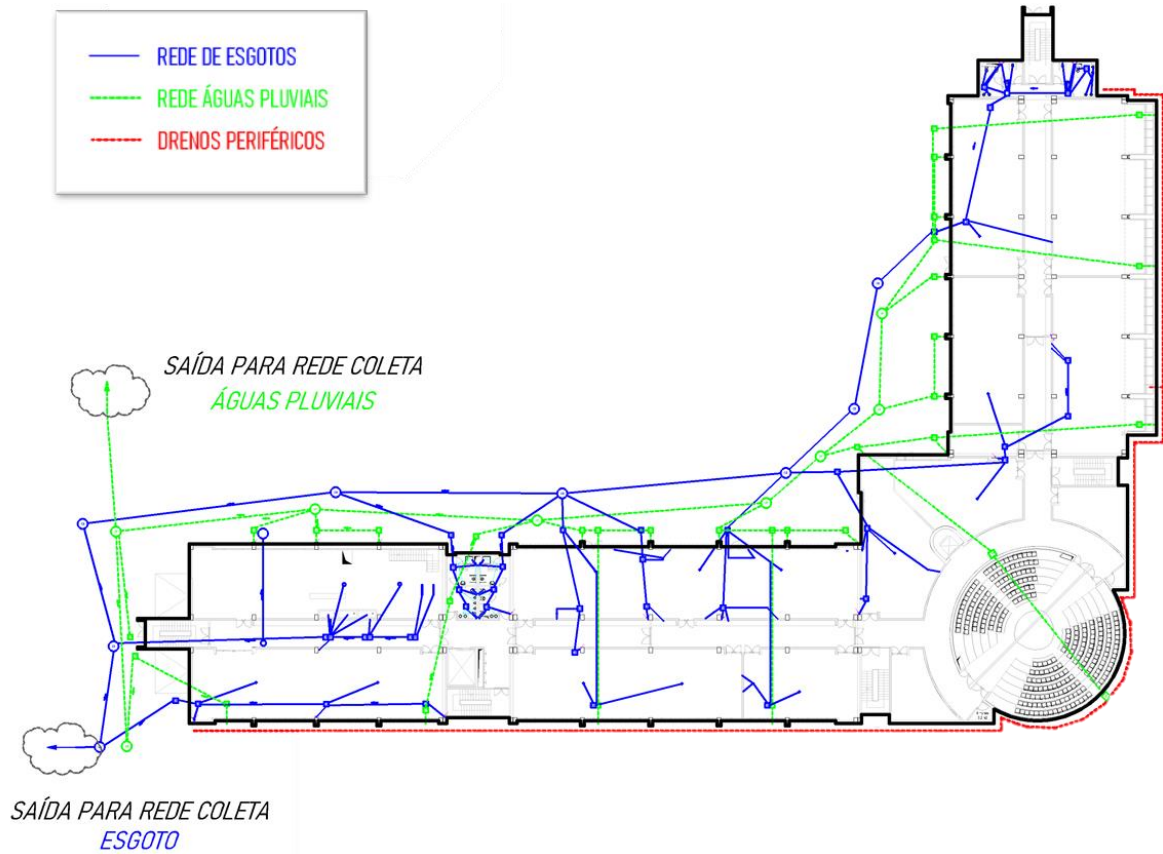


Figura 4. 10 – Esquema do sistema das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Piso -1.

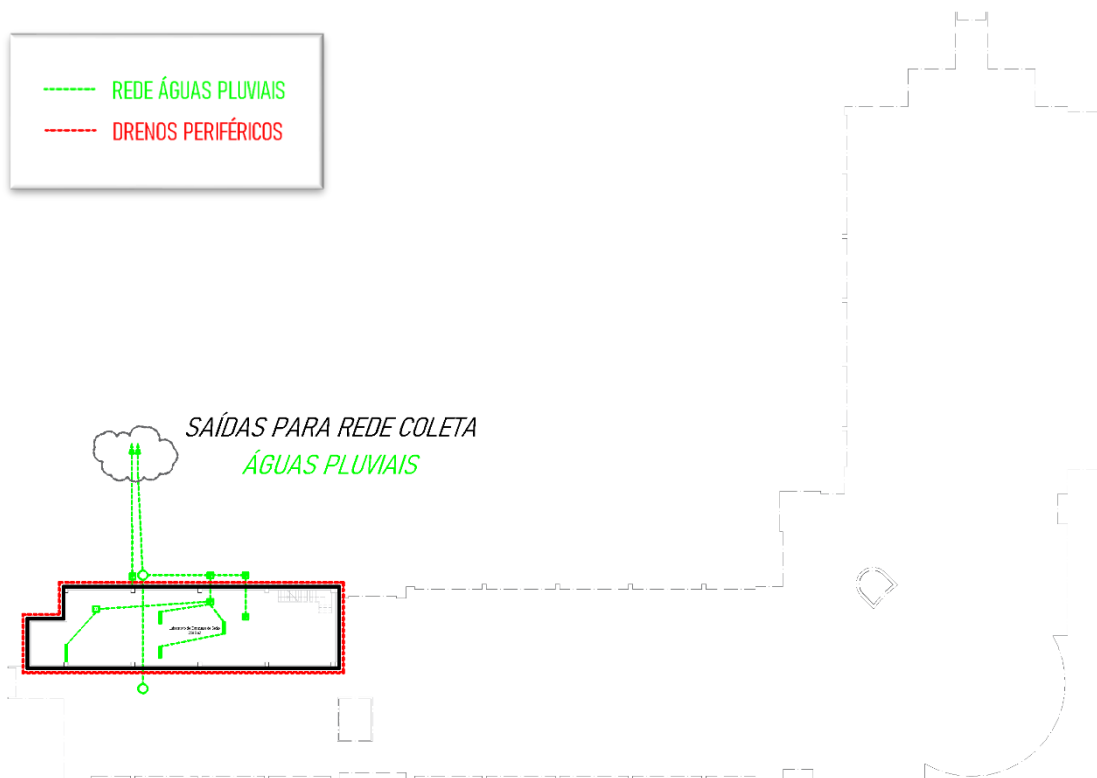


Figura 4. 11 – Esquema do sistema das redes de esgotos e pluvial do Edifício D – Piso -2.

4.4. Avaliação da eficiência hídrica global do edifício: metodologia proposta pela ANQIP

No dia 31 de julho de 2020 realizou-se a auditoria às instalações sanitárias do Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria, para validação e atualização dos cadastros das instalações técnicas de água e esgotos, disponibilizados pelos Serviços Técnicos do Politécnico de Leiria. Houve também uma reunião com o Eng.º David Armindo, técnico responsável pela área de manutenção do Campus. A inspeção visual permitiu identificar e caracterizar todos os pontos de consumo de água no edifício (instalações sanitárias, laboratórios, salas de aula e cozinha), com destaque para a funcionalidade e o estado de conservação dos dispositivos de consumo de água, e ainda as alterações recentes ao nível das instalações técnicas. As Figuras 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 e 4.18, referem-se às instalações sanitárias que fazem parte dos conjuntos de casas de banho padrão dos pisos existentes, incluindo feminino, masculino e as adaptadas para pessoas com mobilidade reduzida.

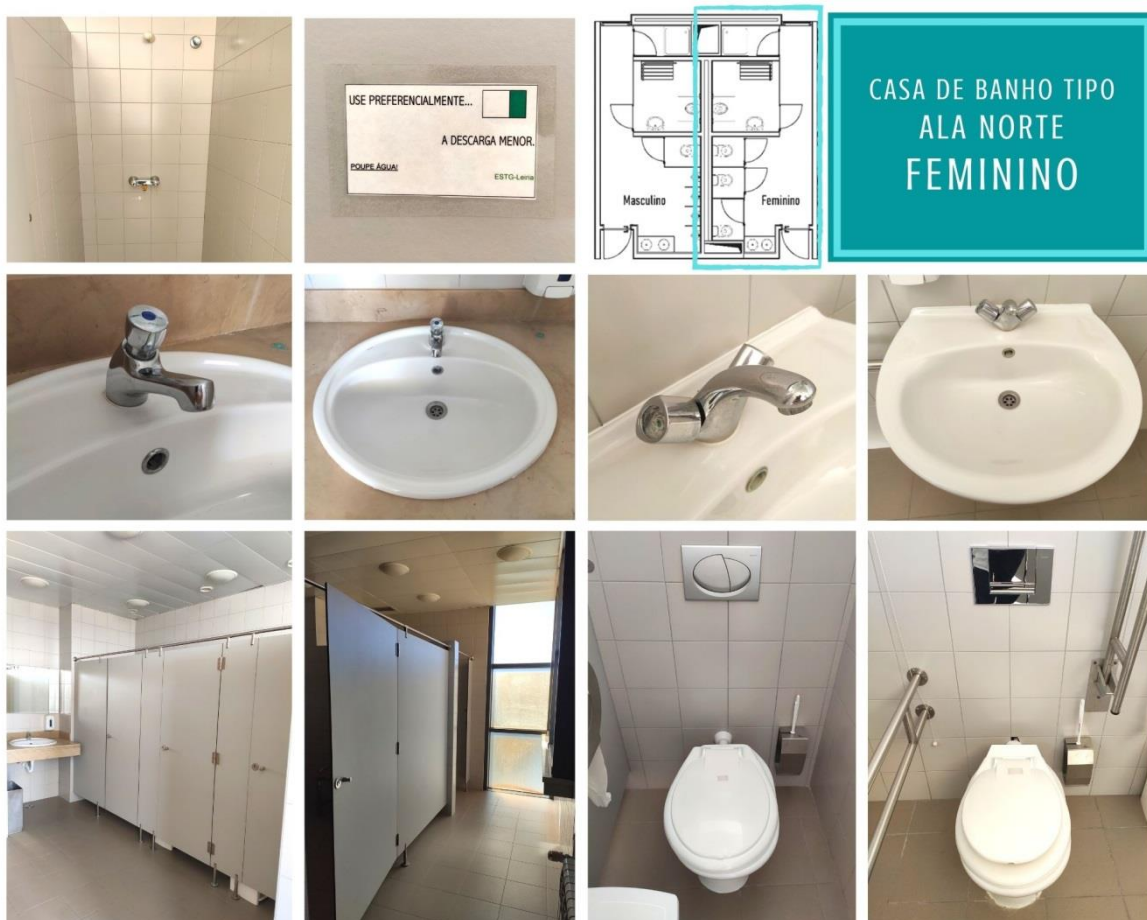


Figura 4. 12 – Dispositivos WC Feminino: Ala Norte.



Figura 4. 13 – Dispositivos WC Masculino: Ala Norte.



Figura 4. 14 – Dispositivos WC Feminino: Ala Sul.



Figura 4. 15 – Dispositivos WC Masculino: Ala Sul.



Figura 4. 16 – Dispositivos WC Adaptadas: Ala Sul.



Figura 4. 17 – Dispositivos WC Feminino: Ala Central.



Figura 4. 18 – Dispositivos WC Masculino: Ala Central.

A seguir estão dispostos os registos das instalações e equipamentos que fazem parte da cozinha e de alguns laboratórios do Edifício D (Figuras 4.19 e 4.20).



Figura 4. 19 – Dispositivos Cozinha.



Figura 4. 20 – Dispositivos Laboratórios.

A atribuição dos consumos de cada aparelho deu-se através de consulta aos catálogos de fabricante. A identificação de marcas e modelos foi possível por meio de relatório disponibilizado pelos Serviços Técnicos do Politécnico de Leiria e, este, validado e atualizado durante a auditoria realizada ao edifício.

Em relação aos autoclismos, na totalidade do edifício, encontram-se instalados dispositivos da mesma marca, com unidades de descarga interrompida e de dupla descarga. De acordo com o fabricante, os volumes de descarga por definições de fábrica compreendem os valores de 3 e 6 litros (GEBERIT, 2020a). Para os valores de referência do modelo, estabeleceram-se relações que se baseiam em indicações expostas no Manual de Eficiência Hídrica em Edifícios da ANQIP (Silva & Pimentel, 2017), no qual, para os autoclismos de dupla descarga, considera-se um volume de cálculo na proporção de duas descargas reduzidas e uma completa e para os autoclismos de descarga interrompida considera-se um valor ponderado entre uma descarga completa e uma meia descarga.

Para os fluxómetros de mictórios foram identificadas duas tipologias de dispositivos. Um dos modelos possui acionamento automático de descargas com deteção por infravermelhos que consome aproximadamente 1,3 litros por lavagem (GEBERIT, 2020b) e a outra tipologia encontrada no edifício, referem-se aos fluxómetros temporizados, que consomem em média 2,6 litros por lavagem (IDRAL, 2020).

Durante o levantamento de caracterização das torneiras de lavatório foi possível verificar que todas as unidades possuem arejador e que grande parte das casas de banho da ala norte possuem torneiras do tipo controle manual, com válvulas misturadoras, devida a disponibilização de água quente nestas unidades. Os restantes dispositivos de torneira de lavatório do edifício possuem temporizadores, com consumos inferiores aos demais. Segundo as especificações técnicas destes dispositivos, os caudais variam de 6 à 10 litros por minuto nas torneiras temporizadas e 12 litros por minuto nas torneiras de controle manual (Clever, 2020b; IDRAL, 2020a; Leroy Merlin Portugal, 2020b; Sanindusa, 2020b, 2020c).

Para as torneiras de laboratório optou-se por classificá-las juntamente com as torneiras de cozinha, a incluir estes consumos na metodologia aplicada. Nota-se, conforme é observado na Figura 4.20, que há diversas tipologias de torneiras instaladas nos laboratórios, logo, adotou-se diferentes designações e respeitou-se os consumos individuais de cada dispositivo. Os consumos atribuídos respeitam as especificações técnicas de fabricante (Carlos Arboles

S.A, 2000, 2020; DELABIE, 2020; Docol, 2016; IDRAL, 2020c, 2020d, 2020b) e, também, os valores de referência máximos para caudais de torneiras de cozinha, apresentados na Tabela 3.4. Segundo o método, para as torneiras de cozinha adota-se o valor máximo de 17,5 litros por minuto (Categoria E), dado não serem usuais no mercado torneiras com caudal superior a 20 litros por minuto. Portanto, para os dispositivos que apresentam consumos máximos de água acima deste valor durante a sua utilização, empregou-se na metodologia o valor de 17,5 litros por minuto, respeitando as questões de conforto e performance destes dispositivos.

Por fim, referente aos dispositivos de chuveiros, instalados nas instalações sanitárias da ala norte (feminino e masculino), constatou-se que há duas marcas distintas instaladas, com diferentes caudais de consumo (Clever, 2020a; Sanindusa, 2020a). Na auditoria foi possível observar que a grande maioria dos chuveiros instalados apresentam avarias ou os sistemas encontram-se incompletos. Estes sistemas disponíveis no edifício servem como estruturas de apoio, por exemplo, para que os utilizadores de bicicleta possam ter condições de higienização ao chegar no Campus, porém, nota-se que não há uso destes dispositivos por parte dos utilizadores das instalações.

É importante salientar que o edifício está preparado para receber futuros dispositivos de consumo de água, incluindo os respetivos pontos de drenagem. Esta situação decorre do facto de terem existido alterações no tipo de uso e ocupação de alguns espaços do edifício, em relação ao inicialmente projetado, e, conseqüentemente, dos projetos arquitetónicos e das instalações técnicas originais.

Os relatórios técnicos de caracterização dos diferentes dispositivos sanitários, com maior detalhamento de quantidades, marcas e consumos individuais atribuídos, encontram-se completos nos anexos do presente trabalho: Autoclismos – Anexo A; Fluxómetros de Mictórios – Anexo B; Torneiras Lavatórios – Anexo C; Torneiras Cozinha/Laboratórios – Anexo D e Chuveiros – Anexo E.

A título de resumo, segue abaixo na Tabela 4.1, o resultado da caracterização dos dispositivos de consumo de água de acordo com a análise realizada.

Tabela 4. 1 – Caracterização dos dispositivos de consumo de água do edifício.

DISPOSITIVO	QUANTIDADE (unidade)	CONSUMO (litros/minuto) ou (litros/lavagem)
Autoclismos	47	4,27
Fluxómetros de Mictórios	26	1,75
Torneiras Lavatório	46	9,45
Torneiras Cozinha/Laboratório	17	15,09
Chuveiros	6	11,00

Após a estimativa do consumo de água potável em cada dispositivo do edifício, importa definir qual o consumo total de água no edifício. A metodologia sugere consumos médios por utilizador em edifícios não residenciais, conforme é apresentado na Tabela 3.6. Em Portugal é estimado um consumo diário de 20 litros por utilizador para edifícios de centros escolares.

No presente estudo foram disponibilizados os consumos individuais do Edifício D, através das leituras registadas no contador instalado dentro do Campus, junto à entrada de alimentação predial. Através deste controle interno é possível verificar os consumos de água potável desde o ano de 2009 até 2020. Porém, para o presente estudo, optou-se por analisar apenas os consumos do primeiro ano de registo (2009) e dos últimos cinco anos (2016 a 2020), permitindo desta forma analisar a evolução dos consumos de água nos últimos anos e comparar esses valores com os verificados no ano de início dos registos.

A partir da Figura 4.21, verifica-se uma tendência para um padrão de consumos que por sua vez está relacionado com os períodos das atividades letivas e as variações das temperaturas ao longo do ano (Figura 4.22). O consumo de água está ainda relacionado com o número de estudantes que frequentam o Campus. Observa-se, também, que não está representado os consumos registados no ano de 2018, pois foi identificado uma grande desproporção no gráfico, representando um gasto fora do normal ou, ainda, alguma perda de água causadas por deficiência/roturas na rede predial. Portanto, optou-se por excluir do estudo os dados deste ano. Outro ponto a se destacar é referente aos consumos do ano de 2020, registados até o mês de julho. Verifica-se que a partir do mês de março os consumos sofreram uma repentina queda comparado ao mesmo período nos demais anos registados. Este decréscimo corresponde ao confinamento e as restrições impostas à entrada do Campus devido a pandemia Covid-19.

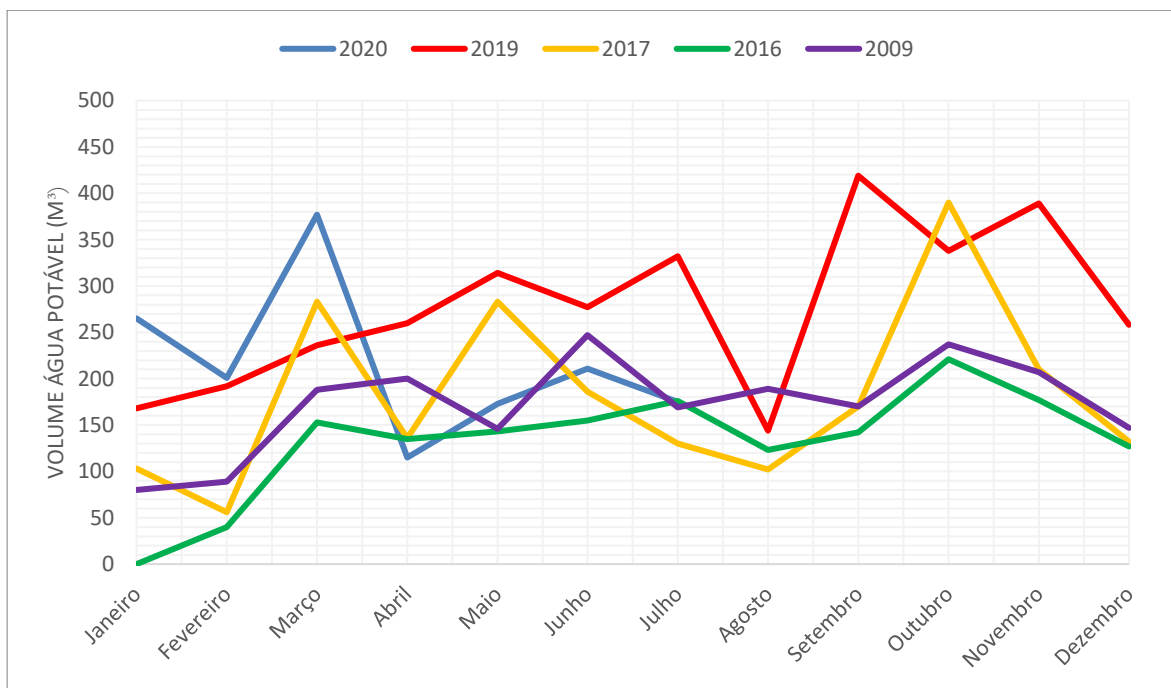


Figura 4. 21 – Volume de água potável registado à entrada do Edifício D ao longo do ano.

A seguir, encontram-se representados as variações anuais de temperatura média do ar ao longo dos anos, na Bacia Hidrográfica Lis/Ribeiras Costeiras, referente a Estação Meteorológica da Rede Monte Real (14D/03C), localizada na região de Leiria.

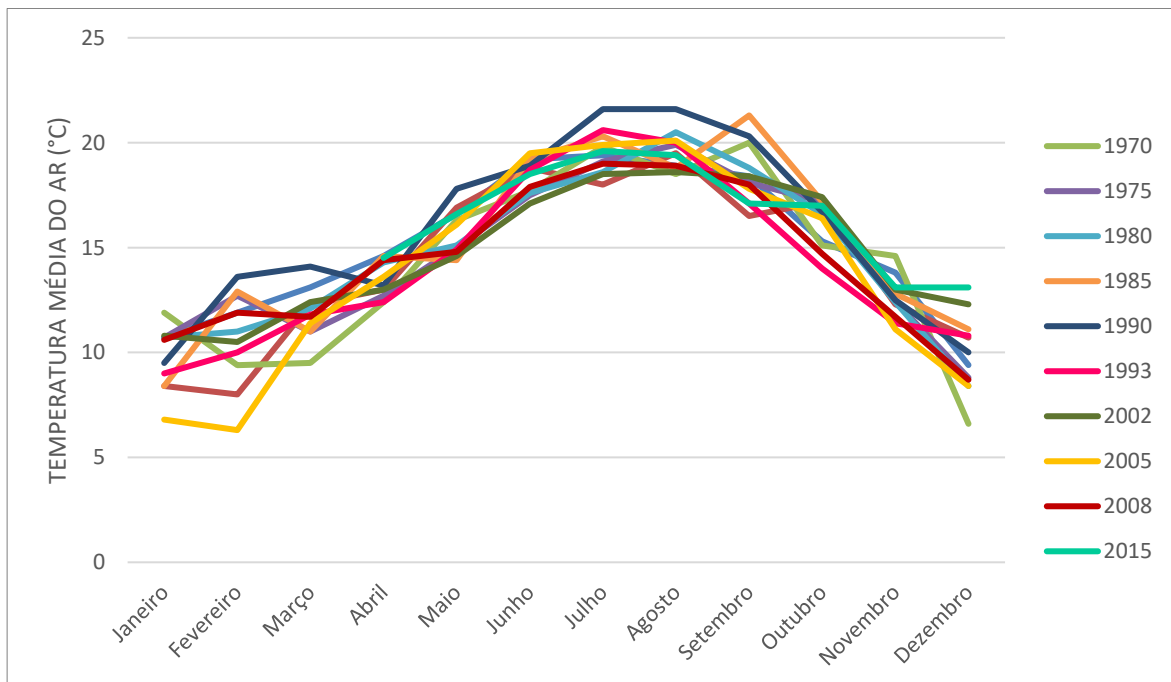


Figura 4. 22 – Histórico das séries de temperatura do ar média desde 1970 até 2015.
(adaptado de SNIRH, 2020)

Na Tabela 4.2 apresentam-se os volumes médios mensais e a média anual de água potável registados à entrada do Edifício D ao longo dos últimos cinco anos, com exceção do ano de 2018.

Tabela 4. 2 – Volume médio de água potável registado à entrada do Edifício D.

MESES	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
CONSUMO MÉDIO MENSAL (m³)	178,7	122,3	262,3	161,5	228,3	207,3	203,3	123,0	243,7	316,3	258,7	172,3
MÉDIA ANUAL	206,5 (m³/mês)											

A ocupação máxima do edifício foi estimada com base em dados disponibilizados pelo Gabinete de Organização Pedagógica (GOP) da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, tendo como referência a capacidade das salas de aula, anfiteatros e laboratórios. A esta acresce ainda os gabinetes de docentes e as salas de reunião.

Da análise efetuada, verifica-se que a ocupação máxima do edifício é de 2.289 lugares (Tabela 4.3).

Tabela 4. 3 – Levantamento da ocupação máxima do Edifício D.

DESIGNAÇÃO	CAPACIDADE (n.º lugares)
Salas	905
Laboratórios	738
Anfiteatros	500
Salas de Reunião	28
Gabinetes	118
TOTAL	2.289

Tendo por base a capacidade do edifício, os volumes médios mensais de água potável registados à entrada do edifício e o número médio de dias de operação em cada mês, é possível estimar os consumos médios diários por utilizador nas instalações. Assim, para a ocupação máxima do edifício e 22 dias de operação por mês (com dedução dos domingos, pois não há consumos nas instalações nestes dias, e dos sábados, devido ao horário reduzido de operação e baixa frequência de utilização), o consumo mínimo per capita na edificação é inferior à 5 litros/(utilizador.dia), muito abaixo dos 20 litros/(utilizador.dia), sugerido como referencial pela metodologia da ANQIP para centros escolares (Tabela 3.6). No entanto,

atendendo ao tipo de utilização do Edifício D e incluindo o fluxo de estudantes/docentes/funcionários ao longo do dia, optou-se pelo cálculo do consumo per capita ponderando 50% dos utilizadores das salas de aula, 20% dos utilizadores do conjunto de laboratórios e 15% dos utilizadores dos gabinetes de docentes – valores assumidos para este estudo com base na estimativa da ocupação permanente do edifício ao longo do dia; dada a impossibilidade de aferir estes valores durante o período em que decorreu o estudo (ano letivo 2019/2020). As restrições identificadas dizem respeito às fortes medidas de controlo da pandemia Covid-19, implementadas no Politécnico de Leiria no ano de 2020, e que resultou na substituição das aulas presenciais por aulas em regime telemático.

Portanto, com considerações relacionadas à afluência média de utilizadores, consumos médios mensais e período de operação das instalações prediais, foi possível estimar o consumo unitário de água potável por utilizador no presente caso de estudo, correspondente a 15 litros/(utilizador.dia). Este índice será utilizado como referência para a calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D.

Após definição dos consumos do edifício é possível determinar os fatores de uso. Nesta etapa é importante a definição da percentagem de utilização, pelos usuários, para cada dispositivo do edifício. Ao analisar a Figura 3.4, da secção anterior, notam-se que as percentagens indicadas pela metodologia de cálculo não condizem com a realidade do Edifício D, que por sua vez, não possuem consumos a nível de chuveiros e, em contrapartida, os urinóis são os principais dispositivos utilizados nas casas de banho masculinas. Como não foi possível executar uma estimativa em campo, através da aplicação de inquéritos aos utilizadores, devido as restrições de circulação ao campus durante a execução do trabalho, optou-se por utilizar como base um estudo realizado no Equador (Portilla, 2018), num edifício muito próximo ao aqui desenvolvido. Admite-se que possa haver certa discrepância, mas o estudo realizado deu-se num edifício que abriga salas de aula do Departamento de Engenharia Civil de uma instituição de ensino superior. À vista disso, acredita-se que existem semelhanças entre os estudos (Portilla, 2018).

A seguir, através da Figura 4.23, encontram-se os valores de referência que apontam para a mesma ordem de grandeza do presente estudo.

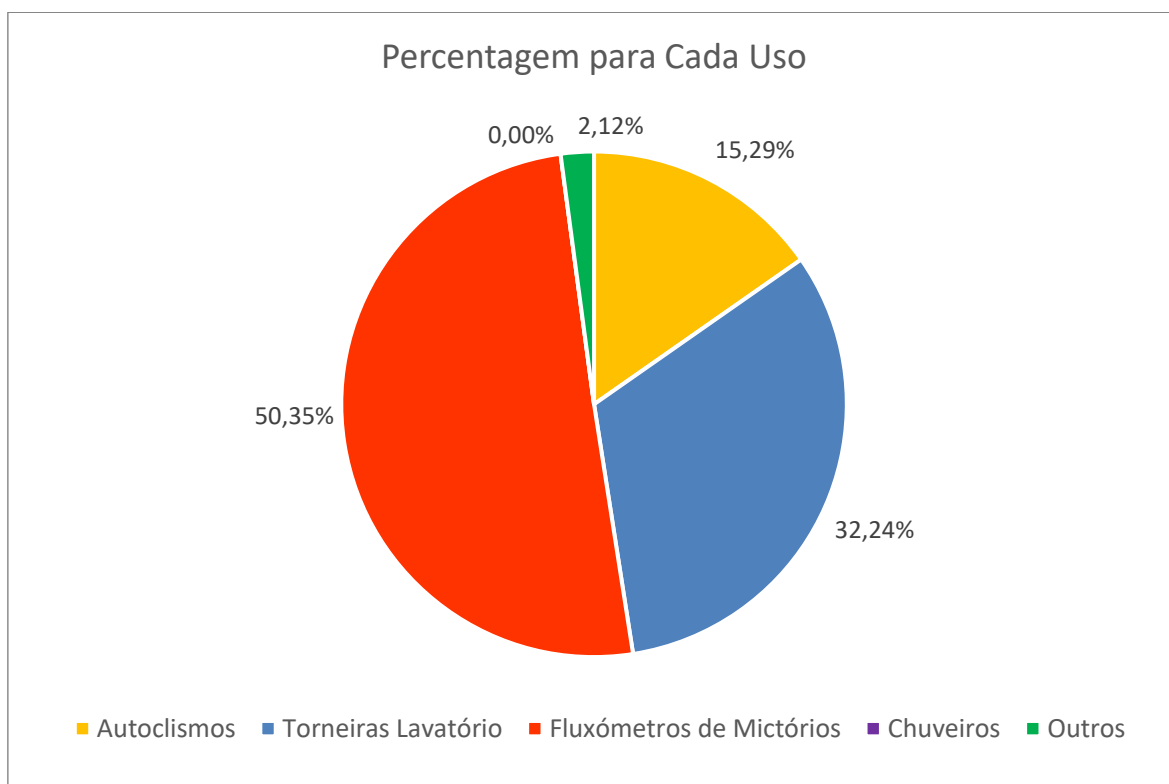


Figura 4. 23 – Percentagem afeta a cada uso em edifício universitário no Equador.
(Portilla, 2018)

Com base no consumo per capita de água potável, nas percentagens de utilização para cada uso do edifício (Figura 4.23) e os valores de referência dos dispositivos de consumo de água, determinam-se os fatores de uso. Conforme mencionado na secção 3.2 do presente estudo, a metodologia da ANQIP adota os valores de referência para a categoria D, exceto os chuveiros que comumente estendem-se a categoria C, por se tratar de dispositivos usualmente instalados nas edificações em Portugal. Entretanto, como é de conhecimento os consumos médios de referência dos dispositivos sanitários instalados no Edifício D, optou-se pela adoção destes valores na determinação dos fatores de uso para o caso de estudo aqui desenvolvido, conforme apresentados nos Relatórios Técnicos de Caracterização dispostos nos Anexos A, B, C, D e E, e resumidos através da Tabela 4.1, para os dispositivos de autoclismos, urinóis, torneiras de lavatório e cozinha/laboratórios e chuveiros.

Vale ressaltar que os consumos relacionados aos chuveiros são nulos para o caso de estudo e que as torneiras de cozinha/laboratório não exercem influência significativa a nível dos consumos de água na edificação. Portanto, para estes dispositivos foram considerados a percentagem referente a “outros” usos.

A seguir, pelas Equações 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5, encontram-se os resultados para os cálculos da determinação dos fatores de uso para os respetivos dispositivos instalados do caso de estudo aqui apresentado:

- Autoclismos (Equação 4.1):

para um volume de 4,27 litros

$$FU \text{ Autoclismos} = \frac{0,1529 \times 15}{4,27} = 0,54 \text{ usos}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.1)$$

- Fluxómetros de Mictórios (Equação 4.2):

para um volume de 1,75 litros

$$FU \text{ Mictórios} = \frac{0,5035 \times 15}{1,75} = 4,32 \text{ usos}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.2)$$

- Torneira de Lavatório (Equação 4.3):

para um volume de 9,45 litros/minuto

$$FU \text{ T. Lavatório} = \frac{0,3224 \times 15}{9,45} = 0,51 \text{ min}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.3)$$

- Torneira de Cozinha/Laboratório (Equação 4.4):

para um volume de 15,09 litros/minuto

$$FU \text{ T. Coz./Lab.} = \frac{0,0212 \times 15}{15,09} = 0,02 \text{ min}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.4)$$

- Chuveiros (Equação 4.5):

para um volume de 11,00 litros/minuto

$$FU \text{ Chuveiros} = \frac{0,0 \times 15}{11,00} = 0,00 \text{ min}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.5)$$

É importante considerar um fator de correção aplicado aos caudais de torneiras, conforme apontado na Tabela 3.7. As escolhas de categorias de eficiência hídrica para a adoção de fatores de conforto deram-se por base nos consumos atribuídos para as torneiras instaladas e as respetivas características destes dispositivos, por exemplo, quanto a existência de temporizadores e/ou arejadores.

A seguir, através das equações 4.6 e 4.7, são obtidos os novos fatores de uso com a introdução de correções para as torneiras de lavatório e de cozinha/laboratório.

- Torneira de Lavatório (Equação 4.6):
para um fator de conforto 0,8 (Categoria C)

$$FU T. Lavatório = \frac{0,51}{0,8} = 0,64 \text{ min}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.6)$$

- Torneira de Cozinha/Laboratório (Equação 4.7):
para um fator de conforto 0,7 (Categoria D)

$$FU T. Coz./Lab. = \frac{0,02}{0,7} = 0,03 \text{ min}/(\text{pessoa. dia}) \quad (4.7)$$

Conforme abordagem já referida na metodologia, os fatores após correção poderão ser acrescidos devido a inexistência de circuitos de retorno de água quente sanitária nas instalações. No edifício estudado não há estes sistemas instalados, porém o número de torneiras de lavatório que disponibilizam água quente nas suas funcionalidades são poucas e os termoacumuladores instalados estão muito próximos dos pontos de consumo. Desta maneira, optou-se por não considerar quaisquer acréscimos nos tempos de usos destes dispositivos de consumo.

Em relação as torneiras de cozinha e laboratório, seguem o mesmo princípio, pois o uso destes dispositivos são pouco recorrentes e praticamente não há pontos de utilização de água quente nestes ambientes no edifício. Esta adaptação ao modelo de cálculo tem por finalidade a aproximação no cenário real do caso de estudo.

De acordo com a metodologia de cálculo sugerida pela ANQIP, e os resultados obtidos para o caso de estudo, foi possível avaliar e classificar a eficiência hídrica do edifício. A este respeito é importante salientar que, tratando-se de um edifício onde não há máquinas de lavar roupa e loiça, o componente multiplicativo que faz parte dos fatores de correção estabelecidos pela metodologia não é considerado (fator de correção = 1,00).

Além disso, atualmente, o edifício não está adaptado para utilização de outras fontes alternativas de água para usos não potáveis e que influenciam no consumo final de água potável, como por exemplo, sistema de captação de águas da chuva, sistema de reciclagem de águas residuais ou a utilização de águas freáticas.

A Tabela 4.4 indica os resultados de cálculo dos padrões de consumos de água no Edifício D e a classificação final da eficiência hídrica, de acordo com os intervalos definidos na Tabela 3.8.

Tabela 4.4 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D.

TIPO DE INSTALAÇÃO	UNIDADES DE MEDIDA	VOLUME/CAUDAL (médio)	FATOR DE USO	litros/(pessoa.dia)
Autoclismos	litros	4,27	0,54	2,31
Fluxómetros de Mictórios	litros	1,75	4,32	7,56
Torneiras Lavatório	litros/minuto	9,45	0,64	6,05
Torneiras Cozinha/Laboratório	litros/minuto	15,09	0,03	0,45
Chuveiros	litros/minuto	11,00	0,00	0,00
Consumo total calculado	litros/(pessoa.dia)			16,37
Fator de correção				1,00
Consumo total	litros/(pessoa.dia)			16,37
CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRICA DO EDIFÍCIO				A++

Portanto, através da calculadora ANQIP e com todas as definições e considerações descritas acima para o presente caso desenvolvido para um edifício universitário, chegou-se ao consumo total de água potável igual a 16,37 litros/(pessoa.dia) e, sendo assim, a uma classificação de eficiência hídrica do edifício correspondente a Categoria A++.

4.5. Sistema de aproveitamento de água da chuva

Como estabelecido nos objetivos, nesta etapa estão descritos os parâmetros para o dimensionamento do sistema que utiliza a água da chuva como fonte alternativa para os consumos de água não potáveis em aparelhos sanitários do edifício foco do presente estudo. Este objetivo visa melhorar a eficiência hídrica da edificação e garantir a redução os consumos de água potável nas suas instalações e, conseqüentemente, diminuir o custo com a fatura de água potável.

Para o correto dimensionamento é importante ter em consideração um projeto que aproveite as superfícies disponíveis para captação da água da chuva e conduzi-la a um sistema de armazenamento que permita, posteriormente, a utilização desta água coletada nos dispositivos sanitários próprios para consumos não potáveis.

De início, para o estudo hidrológico do presente trabalho, foram utilizadas séries de precipitação disponibilizadas no website SNIRH. Tendo em consideração o local de implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva, através do mapa de localização das estações meteorológicas, foi possível identificar a estação que obtém os dados pluviométricos nas proximidades do caso de estudo: Bacia Hidrográfica Lis/Ribeiras Costeiras, Estação Meteorológica da Rede Leiria: 15E/01UG. Estão disponíveis para a estação selecionada registos constantes de precipitações deste o ano de 1931 até o ano de 2017.

A seguir, através da Figura 4.24, estão representadas as series de precipitações mensais a cada 10 anos, desde 1935 até 2015. É possível constatar, através dos gráficos (Figuras 4.24 e 4.25), que os meses de menor incidência de chuvas na região correspondem aos meses entre junho e setembro, e em contrapartida, os meses entre outubro e janeiro representam épocas de maiores ocorrências deste fenómeno meteorológico. Nota-se que esta tendência permanece ao longo do tempo na região.

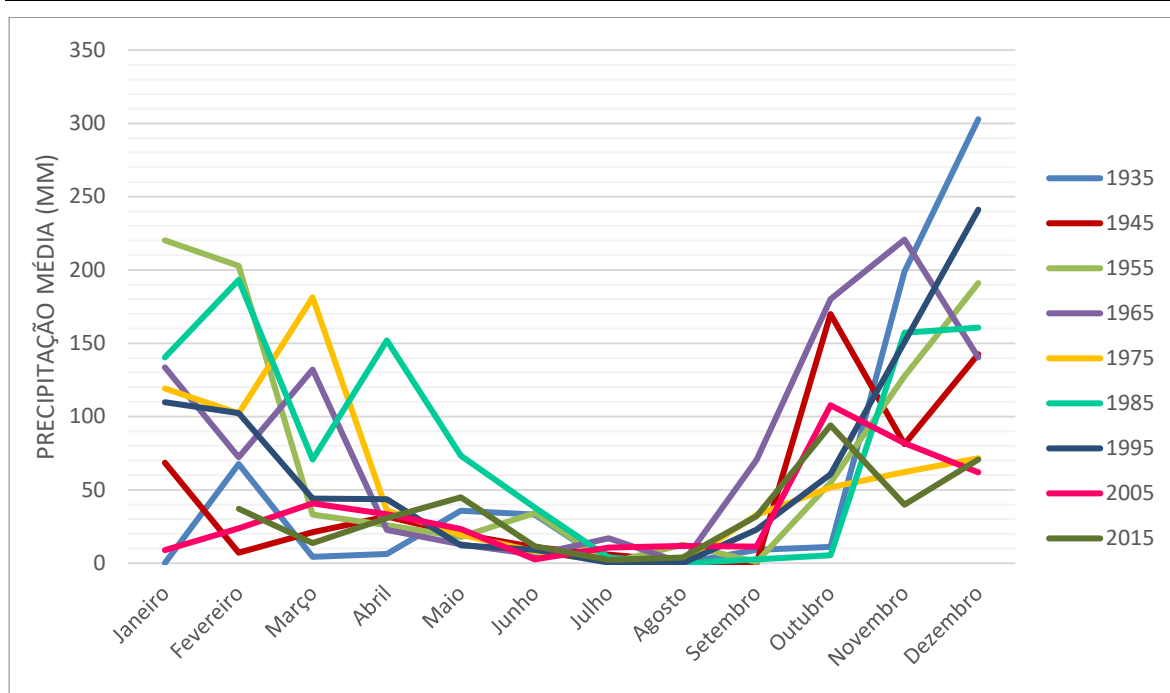


Figura 4. 24 – Histórico das séries de precipitações desde 1935 até 2015, registado na estação Leiria: 15E/01UG. (adaptado de SNIRH, 2020)

Conforme orientações da metodologia, no uso de séries de precipitação correspondentes a períodos mínimos de 10 anos, foram utilizados dados médios mensais das chuvas entre os anos de 1987 a 2017, exceto os anos entre 2009 e 2015, devido à falta de dados disponíveis no website SNIRH.

A Tabela 4.5 mostra a pluviosidade média mensal registada na estação meteorológica mais próxima do Edifício D.

Tabela 4. 5 – Pluviosidade média mensal registada na estação Leiria: 15E/01UG. (adaptado de SNIRH, 2020)

MESES	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (mm)	112,5	78,1	49,4	66,0	47,1	21,6	7,4	13,6	41,3	125,9	98,1	106,1

Para uma melhor visualização da tendência pluviométrica média mensal registada durante o período definido optou-se pela representação gráfica, conforme é identificado na Figura 4.25, a seguir.

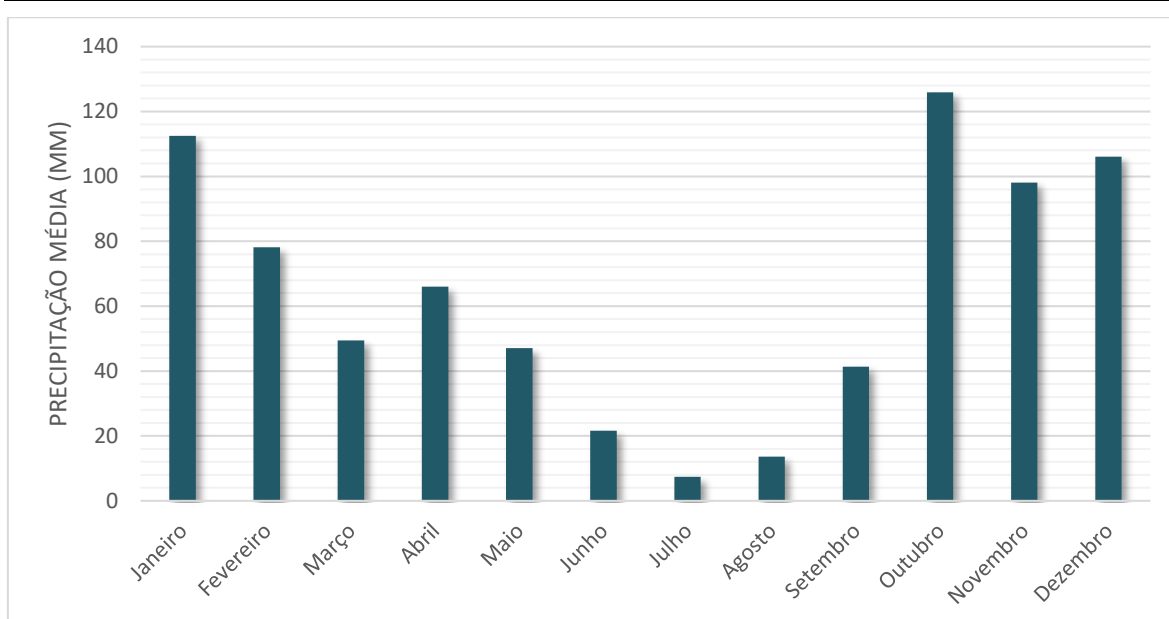


Figura 4. 25 – Pluviosidade média mensal registada na estação Leiria: 15E/01UG.
(adaptado de SNIRH, 2020)

A identificação das áreas para a captação de água da chuva deu-se por meio dos projetos arquitetónicos. A superfície da cobertura da edificação é plana, impermeável e acessível apenas para manutenção da área técnica, razão pela qual adotou-se um coeficiente de escoamento igual a 0,90, de acordo com a metodologia aplicada (ANQIP-ETA 0701, 2015; Silva & Pimentel, 2017). Contudo, considera-se como solução adicional, a coleta de água nas superfícies dos terraços da edificação, correspondentes em sua maioria aos terraços disponíveis nos gabinetes de docentes (Piso 2). As áreas apresentadas na Tabela 4.6 abrangem as superfícies sugeridas para coleta de água da chuva no edifício D.

Tabela 4. 6 – Identificação das áreas de coleta de água da chuva no Edifício D.

LOCALIZAÇÃO - PAVIMENTO	ÁREA DE CAPTAÇÃO (m ²)
Terraço - Piso 0	93,5
Terraços - Piso 1	126,4
Terraços - Piso 2	758,2
TOTAL TERRAÇOS	978,1
TOTAL COBERTURA	1.961,9
TOTAL EDIFÍCIO	2.940,0

Nas Figuras 4.26, 4.27, 4.28 e 4.29 estão representadas as áreas consideradas como zona suscetível de captação de água da chuva (polígono vermelho) totalizando 2.940 m².

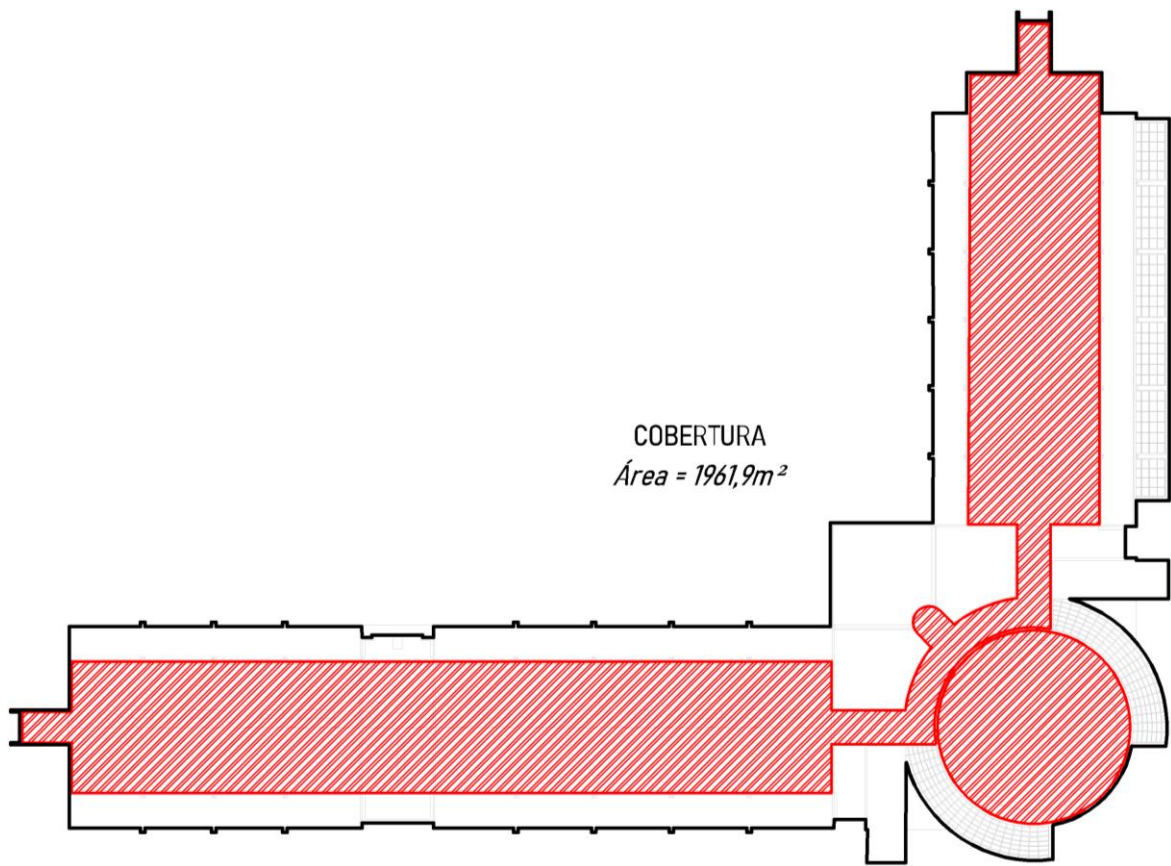


Figura 4. 26 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Cobertura.

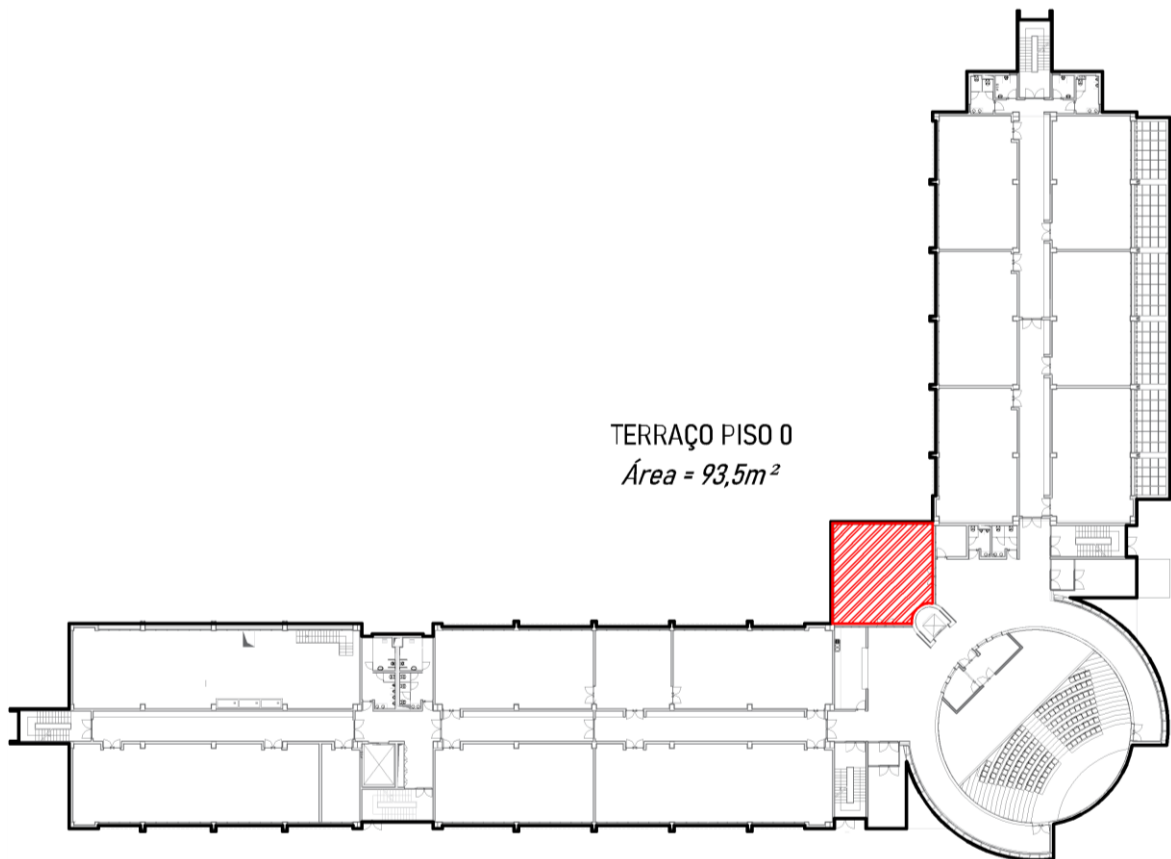


Figura 4. 27 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 0.

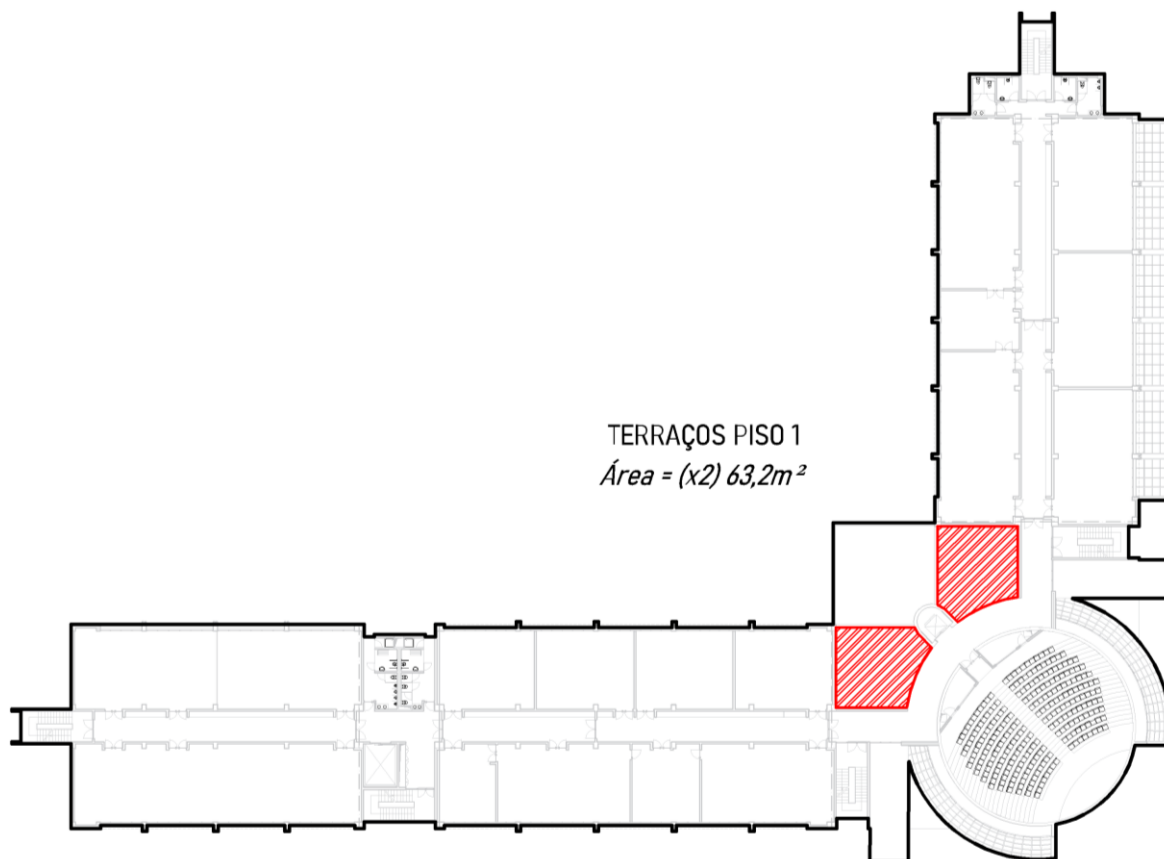


Figura 4. 28 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 1.

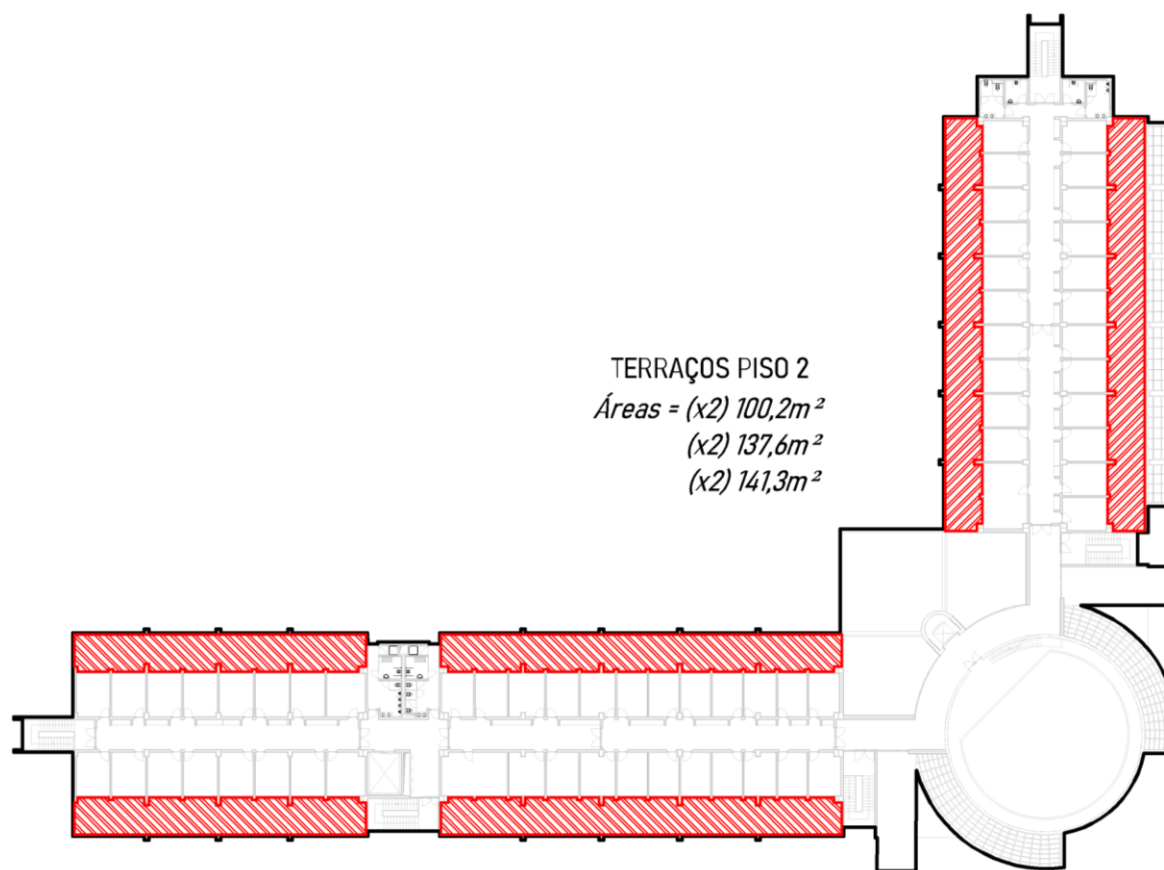


Figura 4. 29 – Superfície para captação de água da chuva no Edifício D – Piso 2.

Com o objetivo de dimensionar os componentes para o sistema de aproveitamento de água da chuva, é importante determinar os consumos mensais de água na edificação para os usos compatíveis com a utilização de água pluvial, ou seja, em que a utilização de água da rede pública de abastecimento é dispensável.

Conforme exposto na secção 4.4 (Tabela 4.4), o consumo total de água no Edifício D é correspondente a 16,37 litros/(pessoa.dia). Para o cálculo do consumo mensal para usos não potáveis foram considerados os mesmos princípios já referidos anteriormente, ou seja, a média mensal de operação das instalações corresponde a 22 dias, e a média diária de utilizadores igual a 618 pessoas.

A seguir, através da Equação 4.8, é obtido o volume de água consumido referente aos dispositivos sanitários que poderão ser abastecidos com água da chuva (água não potável), isto é, o conjunto de autoclismos e urinóis.

- Autoclismos e Fluxómetros de Mictórios:

$$(2,31 + 7,56) \frac{\text{litros}}{\text{pessoa} \cdot \text{dia}} \times \frac{618 \text{ pessoas} \cdot 22 \text{ dias}}{1000} = 134 \text{ m}^3 \quad (4.8)$$

Portanto, em média, o volume total necessário durante cada mês do ano para satisfazer as necessidades dos usuários do edifício em questão, equivale a aproximadamente 134 m³ de água da chuva (ou seja: aproximadamente 31 m³ para satisfazer a demanda de autoclismos e 103 m³ para urinóis).

Posteriormente, e tendo como referência os valores da precipitação média mensal da região de Leiria (www.snirh.pt), as áreas de superfície para a captação de água da chuva e os consumos mensais de água não potável é possível dimensionar todos os componentes do sistema de aproveitamento de água da chuva para o Edifício D da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria.

As Tabelas 4.7 e 4.8 mostram o estudo realizado para a estimativa do volume do reservatório para armazenamento de água da chuva no Edifício D, após a aplicação da metodologia proposta pela ANQIP (ANQIP-ETA 0701, 2015; Silva & Pimentel, 2017). O método parte de um reservatório com volume predefinido para simular o comportamento do volume de água armazenado no reservatório ao longo da série histórica estudada. Com isso, são

calculados os meses nos quais o reservatório selecionado atende ou não à demanda de água pluvial.

Para o estudo foram considerados dois cenários distintos, onde a área de superfície de coleta, no primeiro cenário (Tabela 4.7) equivale apenas a cobertura e, no segundo cenário (Tabela 4.8) corresponde a cobertura e terraços disponíveis. Vale destacar que os consumos mensais se referem aos usos de dispositivos que requerem água não potável no edifício (autoclismos e urinóis), garantido que o sistema dimensionado forneça o recurso exclusivamente a essas utilizações.

Para efeitos de cálculo, vale destacar que durante o mês de julho as atividades letivas são reduzidas, pois se trata de uma época de exames e exames de recurso, neste caso, o consumo mensal adotado equivale a 50% (67 m³). Em relação ao mês de agosto, o edifício encerra na totalidade as suas atividades letivas para férias, portanto o consumo máximo considerado neste período foi de 10% (13 m³), para eventuais consumos incomuns.

Tabela 4.7 – Cálculo do volume do reservatório para armazenamento de água da chuva (Cenário 1).

Coefficiente (C) = Efic. hidr. da filtragem (η) = Área de captação (A) [m²] =

Mês	Precipitação Média Mensal	Consumo Mensal	Volume Aproveitável de Chuva Mensal	Diferença	Diferenças de Cálculo	Volume Reservatório	Volume de Água no Reservatório (m ³)		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Jan.	112,5	134	178,9	44,9	44,9	15,00	15,0	15,0	0,0
Fev.	78,1	134	124,2	-9,8	0,0		15,0	5,2	0,0
Mar.	49,4	134	78,5	-55,5	0,0		5,2	0,0	50,3
Abr.	66,0	134	104,9	-29,1	0,0		0,0	0,0	29,1
Mai.	47,1	134	74,9	-59,1	0,0		0,0	0,0	59,1
Jun.	21,6	134	34,3	-99,7	0,0		0,0	0,0	99,7
Jul.	7,4	67	11,8	-55,2	0,0		0,0	0,0	55,2
Ago.	13,6	13	21,6	8,6	8,6		0,0	8,6	0,0
Set.	41,3	134	65,7	-68,3	0,0		8,6	0,0	59,7
Out.	125,9	134	200,2	66,2	66,2		0,0	15,0	0,0
Nov.	98,1	134	156,0	22,0	22,0		15,0	15,0	0,0
Dez.	106,1	134	168,7	34,7	34,7		15,0	15,0	0,0
Total	767,1	1420							353,1

Aproveitamento de água da chuva total [m³] = ⁽¹⁰⁾ \longrightarrow ⁽¹¹⁾

Abaixo seguem as etapas e considerações de cálculo conforme a metodologia para qual se rege o presente estudo:

- (1) = Dados do SNIRH para a estação pluviométrica de Leiria próxima ao caso de estudo;
 (2) = Demanda mensal para usos não potáveis;
 (3) = $C.P.A.\eta_f$;
 (4) = (3) - (2);
 (5) = 0 se (4) negativo;
 (6) = Volume adotado para reservatório;
 (7) = Volume inicial do reservatório;
 (8) = Volume final do reservatório;
 (9) = Suprimento necessário da rede quando não atendido pelo sistema;
 (10) = $\Sigma (2) - \Sigma (9)$
 (11) = (10) / $\Sigma (2)$

Tabela 4. 8 – Cálculo do volume do reservatório para armazenamento de água da chuva (Cenário 2).

Coefficiente (C) = Efic. hidr. da filtragem (η) = Área de captação (A) [m²] =

Mês	Precipitação Média Mensal	Consumo Mensal	Volume Aproveitável de Chuva Mensal	Diferença	Diferenças de Cálculo	Volume Reservatório	Volume de Água no Reservatório (m ³)		Suprimento
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	Início	Fim	(m ³)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Jan.	112,5	134	267,9	133,9	133,9	15,0	15,0	15,0	0,0
Fev.	78,1	134	186,0	52,0	52,0		15,0	15,0	0,0
Mar.	49,4	134	117,6	-16,4	0,0		15,0	0,0	1,4
Abr.	66,0	134	157,2	23,2	23,2		0,0	15,0	0,0
Mai.	47,1	134	112,2	-21,8	0,0		15,0	0,0	6,8
Jun.	21,6	134	51,4	-82,6	0,0		0,0	0,0	82,6
Jul.	7,4	67	17,6	-49,4	0,0		0,0	0,0	49,4
Ago.	13,6	13	32,4	19,4	19,4		0,0	15,0	0,0
Set.	41,3	134	98,4	-35,6	0,0		15,0	0,0	20,6
Out.	125,9	134	299,8	165,8	165,8		0,0	15,0	0,0
Nov.	98,1	134	233,6	99,6	99,6		15,0	15,0	0,0
Dez.	106,1	134	252,7	118,7	118,7		15,0	15,0	0,0
Total	767,1	1420							160,8

Aproveitamento de água da chuva total [m³] = ⁽¹⁰⁾ → ⁽¹¹⁾

Da análise das Tabelas 4.7 e 4.8 pode-se observar os resultados obtidos para os cenários de cálculo, com os seguintes pontos de destaque:

- De um modo geral o volume disponível de precipitação média mensal permite cobrir a demanda mensal para os usos não potáveis (134 m^3);
- Os valores negativos na coluna (4) representam a carência de água da chuva para atender a demanda mensal dos autoclismos e mictórios (demanda de água não potável);
- A água no reservatório pode ser substituída pela rede pública sempre que o volume aproveitável da água da chuva seja inferior ao consumo de água não potável no edifício;
- Quando houver excesso de água da chuva, ou seja, um volume acima da capacidade máxima do reservatório, este excedente deverá ser devidamente encaminhado para a rede de drenagem de águas pluviais existe no campus;
- Outro ponto a ser destacado é o período de férias da instituição de ensino, que simultaneamente corresponde aos meses onde há menores incidências de chuva, favorecendo o sistema;
- Ao considerar unicamente o volume total aproveitável de chuva no primeiro cenário num período de um ano era possível a coleta de aproximadamente 1.220 m^3 (somatório da coluna 3) de água, um valor inferior ao consumo total de água não potável (1.420 m^3), ou seja, para este cenário indiferente da dimensão do reservatório de águas pluviais não seria possível atender na totalidade a demanda de água não potável das instalações. Todavia, o mesmo não acontece no segundo cenário, que apresenta uma maior área de captação e, conseqüentemente, um volume total de precipitação aproveitável de 1.827 m^3 (somatório da coluna 3) ao ano, ou seja, neste cenário é possível optar por um reservatório que atenda na totalidade a demanda de água para os usos não potáveis da edificação. Neste caso, um reservatório com capacidade igual ou superior à 170 m^3 seria satisfatório para atender a demanda total para o Cenário 2. Outro ponto a ponderar durante o dimensionamento da cisterna, seria a aplicação das equações 3.3, 3.4 e 3.5, apresentadas na secção 3.4, referente a metodologia simplificada sugerida pelo manual ANQIP. Para o Cenário 1 obtém-se um valor de 68 m^3 de capacidade mínima de reserva e para o Cenário 2 um total de 79 m^3 . À vista das alternativas expostas e analisadas acima e tendo por princípio a viabilidade económica, ao considerar uma capacidade de reservatório acima do

volume ideal acrescentaria expressivamente o custo de implantação e manutenção do sistema, e desta forma, inviabilizaria o projeto;

- Perante o exposto, considerou-se em ambos cenários uma reserva de 15 m³ como sendo a capacidade ideal do sistema de aproveitamento de água da chuva para o estudo aqui desenvolvido. Por conseguinte, o sistema pode oferecer uma garantia de independência de água para abastecimento de consumos não potáveis correspondente há seis meses no primeiro cenário (janeiro, fevereiro, agosto, outubro, novembro e dezembro) e de sete meses no segundo cenário (janeiro, fevereiro, abril, agosto, outubro, novembro e dezembro). Isto significa que nos meses onde há déficits maiores que a capacidade do reservatório é necessária assistência de outras fontes de água para suprimento da demanda;
- Após análise de resultados e tendo em consideração o Cenário 1 e um reservatório de 15 m³, nota-se que o volume disponível de precipitação permite cobrir grande parte da demanda para usos não potáveis, com possibilidade de suporte em até 75% de água da chuva para estes consumos. Por outro lado, no Cenário 2 e com um reservatório com mesma capacidade, um total de 89% da demanda de consumos não potáveis nas instalações do Edifício D podem ser atendidos com a água da chuva.

Ao inserir os resultados obtidos no dimensionamento do reservatório para o sistema de aproveitamento da água da chuva na calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica da edificação, anteriormente apresentado pela Tabela 4.4, é possível avaliar os ganhos a nível de eficiência hídrica no Edifício D da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria, conforme é apresentado na Tabela 4.9.

Para o cálculo foram acrescentados os consumos referentes aos dispositivos sanitários que utilizam água não potável (autoclismos e urinóis) que totalizam 9,87 litros/(pessoa.dia) e, ainda, foi considerada a percentagem final de aproveitamento de água da chuva do sistema (75%), referente ao primeiro cenário. Logo, no presente caso de estudo e para o Cenário 1, ao considerar um contributo médio do aproveitamento de águas pluviais correspondente a 7,40 litros/(pessoa.dia), o consumo total de água potável reduz para 8,97 litros/(pessoa.dia) no edifício. Vale destacar que a escala de classificação permanece a máxima, correspondente a Categoria A++.

Tabela 4. 9 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D (Cenário 1).

TIPO DE INSTALAÇÃO	UNIDADES DE MEDIDA	VOLUME/CAUDAL (médio)	FATOR DE USO	litros/(pessoa.dia)
Autoclismos	litros	4,27	0,54	2,31
Fluxómetros de Mictórios	litros	1,75	4,32	7,56
Torneiras Lavatório	litros/minuto	9,45	0,64	6,05
Torneiras Cozinha/Laboratório	litros/minuto	15,09	0,03	0,45
Chuveiros	litros/minuto	11,00	0,00	0,00
Consumo total calculado	litros/(pessoa.dia)			16,37
Fator de correção				1,00
Contributo do Aproveitamento de Águas da Chuva	litros/(pessoa.dia)			7,40
Consumo total	litros/(pessoa.dia)			8,97
CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRICA DO EDIFÍCIO				A++

Seguindo o mesmo princípio de cálculo e considerando o contributo do aproveitamento de água da chuva, estimado em 8,78 litros/(pessoa.dia), porém para o Cenário 2, que apresenta um aproveitamento próximo de 89% de águas pluviais para os dispositivos de consumos não potáveis, mantém-se uma classificação final corresponde a categoria máxima de eficiência hídrica (A++), com um consumo total de água equivalente a 7,59 litros/(pessoa.dia). Estes resultados podem ser analisados a seguir, através da Tabela 4.10.

Tabela 4. 10 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D (Cenário 2).

TIPO DE INSTALAÇÃO	UNIDADES DE MEDIDA	VOLUME/CAUDAL (médio)	FATOR DE USO	litros/(pessoa.dia)
Autoclismos	litros	4,27	0,54	2,31
Fluxómetros de Mictórios	litros	1,75	4,32	7,56
Torneiras Lavatório	litros/minuto	9,45	0,64	6,05
Torneiras Cozinha/Laboratório	litros/minuto	15,09	0,03	0,45
Chuveiros	litros/minuto	11,00	0,00	0,00
Consumo total calculado	litros/(pessoa.dia)			16,37
Fator de correção				1,00
Contributo do Aproveitamento de Águas da Chuva	litros/(pessoa.dia)			8,78
Consumo total	litros/(pessoa.dia)			7,59
CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA HIDRICA DO EDIFÍCIO				A++

A captação da água da chuva é uma estratégia dominante, à nível de fonte alternativa de água, no entanto, devido a irregularidade do regime de chuvas é importante a avaliação do desempenho do sistema, em especial do reservatório, para atendimento da demanda de água em estações secas.

Vale ressaltar que os resultados acima analisados se deram a partir de valores médios de precipitação ao longo dos anos na região de estudo. Neste contexto e com a finalidade de simular o potencial do sistema em anos mais secos, onde a precipitação é inferior à média, foram considerados para o dimensionamento apresentado na Tabela 4.7 (Cenário 1) as precipitações médias mensais correspondentes ao ano de 2005, caracterizado pela baixa incidência de chuva em Portugal.

A seguir, na Tabela 4.11, apresenta-se o desempenho do sistema num contexto crítico para o caso de estudo.

Tabela 4. 11 – Avaliação do sistema de aproveitamento de água da chuva para o ano de 2005 (Cenário 1).

Coeficiente (C) = Efic. hidr. da filtragem (η) = Área de captação (A) [m²] =

Mês	Precipitação Média Mensal	Consumo Mensal	Volume Aproveitável de Chuva Mensal	Diferença	Diferenças de Cálculo	Volume Reservatório	Volume de Água no Reservatório (m ³)		Suprimento (m ³)
	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)		Início	Fim	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)		(6)	(7)	
Jan.	8,8	134	14,0	-120,0	0,0	15,0	15,0	0,0	105,0
Fev.	23,8	134	37,8	-96,2	0,0		0,0	0,0	96,2
Mar.	40,8	134	64,9	-69,1	0,0		0,0	0,0	69,1
Abr.	33,3	134	52,9	-81,1	0,0		0,0	0,0	81,1
Mai.	23,3	134	37,0	-97,0	0,0		0,0	0,0	97,0
Jun.	2,6	134	4,1	-129,9	0,0		0,0	0,0	129,9
Jul.	10,7	67	17,0	-50,0	0,0		0,0	0,0	50,0
Ago.	11,7	13	18,6	5,6	5,6		0,0	5,6	0,0
Set.	11,2	134	17,8	-116,2	0,0		5,6	0,0	110,6
Out.	107,7	134	171,2	37,2	37,2		0,0	15,0	0,0
Nov.	81,9	134	130,2	-3,8	0,0		15,0	11,2	0,0
Dez.	61,9	134	98,4	-35,6	0,0		11,2	0,0	24,4
Total	417,7	1420							763,3

Aproveitamento de água da chuva total [m³] = ⁽¹⁰⁾ → ⁽¹¹⁾

Logo, a partir dos resultados expressos acima, para o presente caso de estudo, nota-se que com um reservatório de 15 m³ em condições desfavoráveis é possível suprir aproximadamente 46% a demanda de água pluvial, pelo que o restante deverá ser assegurado pela rede pública de abastecimento de água (763,3 m³). Nestas circunstâncias, em apenas três meses o sistema iria garantir na totalidade a demanda de água do edifício (agosto, outubro e novembro).

Em relação a classificação hídrica do edifício, para o contexto mais desfavorável, permanece a Categoria A++ com um consumo total de água equivalente a 11,83 litros/(pessoa.dia). (Tabela 4.12).

Tabela 4. 12 – Calculadora de consumos e classificação da eficiência hídrica do Edifício D num contexto desfavorável (Cenário 1).

TIPO DE INSTALAÇÃO	UNIDADES DE MEDIDA	VOLUME/CAUDAL (médio)	FATOR DE USO	litros/(pessoa.dia)
Autoclismos	litros	4,27	0,54	2,31
Fluxómetros de Mictórios	litros	1,75	4,32	7,56
Torneiras Lavatório	litros/minuto	9,45	0,64	6,05
Torneiras Cozinha/Laboratório	litros/minuto	15,09	0,03	0,45
Chuveiros	litros/minuto	11,00	0,00	0,00
Consumo total calculado	litros/(pessoa.dia)			16,37
Fator de correção				1,00
Contributo do Aproveitamento de Águas da Chuva	litros/(pessoa.dia)			4,54
Consumo total	litros/(pessoa.dia)			11,83
CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA HÍDRICA DO EDIFÍCIO				A++

Vale ressaltar, que há ganhos à nível de eficiência hídrica, mesmo ao se manter a escala de categorização das instalações, no presente classificado em A++, antes e após inclusão do contributo do aproveitamento de água da chuva na edificação, pois houve expressiva redução do consumo de água potável nos diferentes cenários e contextos ao simular o potencial do sistema para o edifício em questão.

4.6. Plano de racionalização da água

Para o desenvolvimento de um plano de racionalização da água numa edificação, a partir de soluções diretas de poupança de água e indiretas ao nível dos comportamentos dos utilizadores, é importante, se possível e aplicável, um estudo das limitações das instalações para que a adoção de medidas de economia seja executada de forma equilibrada, assegurando o bom funcionamento das instalações.

Para o desenvolvimento sustentável dos campi do Politécnico de Leiria, a ação dos Serviços Técnicos desde cedo procurou soluções para o uso eficiente da água em seus edifícios. Com o objetivo de implementar soluções de poupança de água, na sua maioria de baixa complexidade (por exemplo: substituição de autoclismos de descarga simples por dupla descarga, aplicação de sinalética de sensibilização, afinação dos dispositivos do tipo autoclismos e torneiras temporizadas), obteve-se resultados de redução de consumos, porém surgiram algumas dificuldades associadas, sobretudo ao nível da rede de saneamento interna no campus onde se insere o caso de estudo. Estas dificuldades foram perceptíveis através de ações de manutenção geral das instalações e referem-se, à nível da redução do volume de água descarregada na rede de saneamento, a obstrução de urinóis, o mau funcionamento de sistemas de bombagem e a obstrução de troços da rede de saneamento (Armando, 2020).

Constata-se, para o presente caso de estudo, que os consumos dos dispositivos existentes no Edifício D têm vindo a ser controlados, pelo que não poderão ser reduzidos sob o ponto de vista de potencializar deficiências no funcionamento da rede de saneamento e, assim, exceder financeiramente a economia obtida na redução dos consumos de água.

Com este conhecimento do modo de funcionamento das instalações, parte-se do princípio que para aumentar a eficiência hídrica, uma das soluções apresentadas é a implantação e gestão adequada de uma fonte alternativa de água para usos não potáveis. Na secção 4.5 do presente trabalho, foram apresentados, em diferentes cenários e contextos, estudos sobre o dimensionamento de reservatório de água da chuva para a aplicação de Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais no Edifício D.

A captação de água da chuva desempenha um papel importante como fonte suplementar de água para uso não potável, no entanto, há custos associados à sua implantação. O trabalho aqui desenvolvido não tem como objetivo a análise de viabilidade económica para implantação deste sistema do caso de estudo, e sim, avaliar o potencial em sua utilização.

Desta forma, para verificar, de maneira breve e objetiva, se é viável a execução de um projeto para esta fonte alternativa de água para a edificação, que por si só apresenta bons resultados a nível de eficiência hídrica, fez-se algumas análises financeiras, dispostas a seguir.

Ao considerar o preço do tarifário de abastecimento de água potável para Leiria, atualmente em vigor, fixado em 1,5750 €/m³ para utilizador não doméstico (Diário da República, 2020), no Cenário 1 em diferentes contextos (condições normais e desfavoráveis) analisados anteriormente e apresentados pelas Tabelas 4.7 e 4.11, obtém-se anualmente uma economia na fatura de aproximadamente, 1.680 € e 1.034 €, respetivamente, sem considerar os custos de implantação e manutenção do sistema. Para o Cenário 2 e os resultados apresentados pela Tabela 4.8, chega-se a uma economia anual de 1.983 € na fatura de abastecimento de água potável.

Sabe-se que uma das parcelas mais dispendiosas no custo de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva compreende ao reservatório. Neste sentido, foram consultadas na região de Leiria empresas que fornecem reservatórios de água pluvial. Logo, um reservatório subterrâneo de polietileno com capacidade útil de 15.000 litros apresenta um preço de mercado de aproximadamente 5.500 €. O preço é bastante semelhante ao optar por três unidades de 5.000 litros (Leroy Merlin Portugal, 2020a; Tubofuro, 2018), onde cada reservatório atenderia a demanda nas três alas do edifício: norte, sul e central.

A partir destes valores, é possível analisar o retorno do investimento unicamente do(s) reservatório(s) de águas da chuva. Para o primeiro cenário, num contexto otimista, onde o regime de precipitação permanecesse constante, correspondente aos valores médios considerados, seriam necessários um pouco menos de 3 anos e meio de operação para o retorno do investimento. Em contrapartida, num contexto mais desfavorável, eram precisos aproximadamente 5 anos e meio de operação para pagamento do reservatório de água. Seguindo o mesmo princípio de cálculo, porém para o segundo cenário, eram necessários menos de 3 anos de operação para retorno de investimento do(s) reservatório(s) de água da chuva para o Edifício D.

5. Conclusões

A água e a correta gestão deste recurso é, e será gradativamente mais, um fator decisivo para a sustentabilidade ambiental e económica, para combater as causas e os impactos das alterações climáticas e para o cumprimento dos objetivos e metas estabelecidos a nível internacional e nacional, referentes à água, ambiente, clima e energia. Nos edifícios, em particular à nível académico, a eficiência hídrica pode traduzir-se em benefícios económicos, ambientais e estratégicos, mas principalmente constituir oportunidades para a conscientização social sobre a necessidade de preservar a água como recurso natural, através da implementação simples e planejada de sistemas que contribuem para a melhoria da sustentabilidade, por exemplo, os sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais. Em geral, estes sistemas podem atuar como um mecanismo de suprimento alternativo para as edificações e como reserva de água em estações secas.

O intuito do trabalho aqui apresentado foi analisar a eficiência hídrica e o potencial para utilização da água da chuva para fins não potáveis em edifícios públicos universitários, por meio da aplicação de técnicas e procedimentos de cálculo sugeridos pelo manual da ANQIP. O estudo de caso foi realizado nas instalações do Edifício D do Campus 2 do Politécnico de Leiria. Diferentes cenários e contextos foram analisados para a obtenção de resultados de desempenho e viabilidade do sistema quanto a capacidade do reservatório de águas pluviais para o caso de estudo, sem prejudicar o conforto e a qualidade no abastecimento de água.

A partir da análise dos resultados, ficam evidentes as vantagens quanto ao potencial significativo para o uso da água da chuva em edifícios públicos em Portugal Continental, pois pode-se alcançar como uma medida direta de aumento da eficiência hídrica e, ainda, a redução dos custos com a fatura de água potável. A exemplo da simulação para o caso de estudo, que mesmo em períodos de seca, este mecanismo permite resultados positivos e demonstraram ser uma mais-valia para o campus.

Não foram desenvolvidas grandes análises quanto a viabilidade económica na implementação e manutenção do sistema, porém sabe-se que as principais desvantagens associadas a esta técnica se relacionam com o facto do sistema implicar um investimento inicial significativo, o que por vezes pode inviabilizar o projeto e/ou apresentar retornos financeiros demasiados longos. Outro ponto a destacar é a limitação da quantidade de

precipitação utilizada em resultado da sua variabilidade temporal, o que pode ser acentuado em virtude das alterações climáticas previstas. Portanto, recomenda-se como estudo subsequente uma análise detalhada de custo, tanto de instalação quanto de operação, ao longo da vida útil do sistema, com o objetivo de averiguar a viabilidade económica deste mecanismo e, ainda, um estudo macro que possibilita avaliar os resultados numa esfera que contemple o campus universitário como um todo.

Atualmente, estamos a viver num período, que pode vir a ser marcante, no que respeita à reabilitação de edifícios, tempo que constitui uma oportunidade de estabelecer mudanças radicais que motivam a aplicação de projetos sustentáveis e gerem um novo olhar sobre esta temática.

Referências

- ABS. (2013). Environmental Issues: Water use and Conservation (Media Release). Australian Bureau of Statistics. Disponível em: <<https://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/Latestproducts/4602.0.55.003Media%20Release1Mar%202013?opendocument&tabname=Summary&prodno=4602.0.55.003&issue=Mar%202013&num=&view=>>>. Acesso em: 08 maio 2020.
- ABS. (2015). Contents: Water use and Conservation. Australian Bureau of Statistics. Disponível em: <<https://www.abs.gov.au/ausstats/abs@.nsf/PrimaryMainFeatures/4602.0.55.003?OpenDocument>>. Acesso em: 08 maio 2020.
- ACI. (2017). WATR 2017: Annual World Airport Traffic Report. Airports Council International.
- ADENE. (2019). AQUA +, um sistema simples, ágil e voluntário para classificar o uso eficiente da água nos edifícios. ADENE - Agência para a Energia. Disponível em: <<https://www.adene.pt/aqua-um-sistema-simples/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ADENE. (2020). Eficiência Hídrica. ADENE - Agência para a Energia. Disponível em: <<https://www.adene.pt/hidrica/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- ADENE, EPAL, & ANQIP. (2018). Guia Aqua eXperience: Eficiência hídrica em edifícios. Disponível em: <<https://www.aquaexperience.pt/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- Alim, M. A., Rahman, A., Tao, Z., Samali, B., Khan, M. M., & Shirin, S. (2020). Suitability of roof harvested rainwater for potential potable water production: A scoping review. *Journal of Cleaner Production*, 248, 119226. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119226>>. Acesso em: 08 maio 2020.
- Amaral, A. R., Rodrigues, E., Gaspar, A. R., & Gomes, Á. (2020). A review of empirical data of sustainability initiatives in university campus operations. *Journal of Cleaner Production*, 250, 119558. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119558>>. Acesso em: 18 maio 2020.
- Amerasinghe, P., Devenish, C., & Suleman, K. (2008). Rainwater Harvesting Potential for Urban Agriculture in Hyderabad. *Urban Agriculture in Hyderabad*, 20, 34-36(3).

Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.737.9155&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 26 maio 2020.

Amos, C. C., Rahman, A., & Gathenya, J. M. (2016). Economic Analysis and Feasibility of Rainwater Harvesting Systems in Urban and Peri-Urban Environments: A Review of the Global Situation with a Special Focus on Australia and Kenya. *Water*, 8(4), 149. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/w8040149>>. Acesso em: 28 abr. 2020.

Amos, C. C., Rahman, A., Karim, F., & Gathenya, J. M. (2018). A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus. *Journal of Cleaner Production*, 202, 174–190. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.108>>. Acesso em: 25 maio 2020.

ANA. (2019). Relatório de Desempenho Ambiental 2018. ANA Aeroportos de Portugal - VINCI Airports. Disponível em: <https://www.ana.pt/pt/system/files/documents/ana_rda2018_04.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.

ANP/WWF. (2019). Vulnerabilidade de Portugal à Seca e Escassez de Água: Relatório Outubro 2019. ANP/WWF – Associação Natureza Portugal em Associação com a World Wide Fund for Nature. Disponível em: <<https://www.natureza-portugal.org/>>. Acesso em: 22 out. 2020.

ANQIP-ETA 0701. (2015). Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais em edifícios (Versão 9). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: <https://anqip.pt/images/stories/ETA_0701_v.9_novo.2.1.pdf>. Acesso em: 15 maio 2020.

ANQIP-ETA 0702. (2015). Certificação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (Versão 5). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: <https://anqip.pt/images/stories/ETA_0702_v.5_novo.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2020.

ANQIP-ETA 0802. (2015). Regulamento do sistema voluntário ANQIP de certificação e rotulagem de eficiência hídrica de produtos (Versão 6). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: <https://anqip.pt/images/stories/ETA_0802_v.6_novo.1.pdf>. Acesso em: 09 set. 2020.

- ANQIP-ETA 0803. (2015). Rótulos de eficiência hídrica de produtos. Características e condições de utilização (Versão 4). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: <https://anqip.pt/images/stories/ETA_0803_v.4_novo.1.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.
- ANQIP-ETA 0808. (2015). Especificações para a atribuição de rótulos de eficiência hídrica ANQIP a torneiras e fluxómetros de mictórios (Versão 3). Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais. Disponível em: <https://anqip.pt/images/stories/ETA_0808_v.3.1_novo.pdf>. Acesso em: 02 set. 2020.
- AQUA+. (2020). Sistema AQUA+. ADENE – Agência para a Energia. Disponível em: <<https://www.aquamais.pt/>>. Acesso em: 30 ago. 2020.
- Armindo, D. (2020). Webinar: Medidas de Poupança de Água em Instalações Sanitárias de uma IES e sua Consequência no funcionamento da Rede de Saneamento. 21. Leiria.
- ASA Brasil. (2019). ASA 20 Anos: Água potável é vida e bênção para a infância do Semiárido. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/noticias?artigo_id=11021>. Acesso em: 10 maio 2020.
- Balaguer, J. (2016, Agosto 27). Mapas de Portugal. Cidades de Portugal. Disponível em: <<http://www.cidadesdeportugal.com/noticias/mapa-portugal-distancia-cidades>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Bashar, M. Z. I., Karim, Md. R., & Imteaz, M. A. (2018). Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting: A comparative study within six major cities of Bangladesh. *Resources, Conservation and Recycling*, 133, 146–154. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.025>>. Acesso em: 27 maio 2020.
- Bocanegra-Martínez, A., Ponce-Ortega, J. M., Nápoles-Rivera, F., Serna-González, M., Castro-Montoya, A. J., & El-Halwagi, M. M. (2014). Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into a residential development. *Resources, Conservation and Recycling*, 84, 44–56. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.01.001>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Bona, S. C., & Gomes, R. J. (2020). Potencial para uso da água da chuva em edifícios públicos – caso de estudo do Campus 2 do Politécnico de Leiria. CCS2020 - 2a Conferência Campus Sustentável, Tomar - Portugal.

- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L. N., Ghisi, E., Rahman, A., Furumai, H., & Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.02.056>>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- Campos Cardoso, R. N., Cavalcante Blanco, C. J., & Duarte, J. M. (2020). Technical and financial feasibility of rainwater harvesting systems in public buildings in Amazon, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121054. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121054>>. Acesso em: 18 maio 2020.
- Carlos Arboles S.A. (2000). Catalogue of Laboratory Taps. Disponível em: <<https://www.carlosarboles.com>>. Acesso em: 09 set. 2020.
- Carlos Arboles S.A. (2020). Mezclador monobloc agua fría y caliente, montaje mesa, aireador. Carlos Arboles. Disponível em: <<https://www.carlosarboles.com>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Carvalho, I. de C., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, M. D. F. M. e, Moreira Neto, R. F., Santiago, A. da F., & de Souza, M. H. B. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 27–36. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.02.016>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Clever. (2020a). Ducha (ref. 98683) | Clever Grifería. Standard Hidráulica. Disponível em: <<https://www.clevertaps.com/Shower/Agora/reference/98683>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Clever. (2020b). Lavabo Temporizado. Standard Hidráulica Clever Grifería. Disponível em: <<https://www.clevertaps.com/Basin%20mixer/Temporizados/reference/96127>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Deitch, M. J., & Feirer, S. T. (2019). Cumulative impacts of residential rainwater harvesting on stormwater discharge through a peri-urban drainage network. *Journal of Environmental Management*, 243, 127–136. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.018>>. Acesso em: 27 maio 2020.

- DELABIE (2020). Lava-olhos de emergência de coluna. DELABIE Portugal S.A.. Disponível em: <<https://www.delabie.pt/os-nossos-produtos/torneiras-especificas/torneiras-de-emergencia/9201-lava-olhos-de-emergencia-de-coluna>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Demuzere, M., Coutts, A. M., Göhler, M., Broadbent, A. M., Wouters, H., van Lipzig, N. P. M., & Gebert, L. (2014). The implementation of biofiltration systems, rainwater tanks and urban irrigation in a single-layer urban canopy model. *Urban Climate*, 10, 148–170. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.10.012>>. Acesso em: 27 maio 2020.
- Devkota, J., Schlachter, H., & Apul, D. (2015). Life cycle based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation. *Journal of Cleaner Production*, 95, 311–321. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.021>>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- Diário da República. (2020). Serviços municipalizados de água e saneamento da Câmara Municipal de Leiria - Parte H (n. 51). Disponível em: <https://1315b142-b091-e230-2c0b-57ea105520f4.filesusr.com/ugd/8b9090_bbad129cea9a407d81aff6c64e35e91d.pdf>. Acesso em: 27 set. 2020.
- Diehl de Souza, T., & Ghisi, E. (2020). Harvesting rainwater from scaffolding platforms and walls to reduce potable water consumption at buildings construction sites. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120909. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120909>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- DOA Atlanta. (2016). 2015 Annual Sustainability Report: Hartsfield-Jackson Atlanta International Airport. Department of Aviation. Disponível em: <<http://www.atl.com/wp-content/uploads/2016/09/Hartsfield-Annual-Sustainability-Report-Ebook-062716.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Docol. (2016). Curva: 1/min | m.c.a. Docol. Disponível em: <<https://docol-product-file.s3.amazonaws.com/manuais/Curva%20de%20Vaz%C3%A3o%20MCA/007840XX.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- European Commission. (2016). Breakdown of non-residential buildings by branches [Text]. Energy - European Commission. Disponível em: <<https://ec.europa.eu/energy/>>

- content/breakdown-non-residential-buildings-branches_en>. Acesso em: 18 maio 2020.
- Fraport AG. (2017). Environmental Statement 2017 Fraport. Fraport AG Frankfurt Airport Services Worldwide. Disponível em: <<https://www.fraport.com/>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- GEBERIT. (2020a). Autoclismo de interior Geberit Sigma 8 cm, 6/3 litros. Geberit Tecnologia Sanitária, S.A. Disponível em: <<https://catalog.geberit.pt/pt>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- GEBERIT. (2020b). Sistema de descarga Geberit para urinol com acionamento eletrónico, alimentação elétrica, placa de acesso. Geberit Tecnologia Sanitária, S.A. Disponível em: <<https://catalog.geberit.pt/pt>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Ghimire, S. R., & Johnston, J. M. (2013). Impacts of domestic and agricultural rainwater harvesting systems on watershed hydrology: A case study in the Albemarle-Pamlico river basins (USA). *Ecohydrology & Hydrobiology*, 13(2), 159–171. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2013.03.007>>. Acesso em: 27 maio 2020.
- Ghimire, S. R., Johnston, J. M., Ingwersen, W. W., & Sojka, S. (2017). Life cycle assessment of a commercial rainwater harvesting system compared with a municipal water supply system. *Journal of Cleaner Production*, 151, 74–86. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.025>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Gonela, V., Altman, B., Zhang, J., Ochoa, E., Murphy, W., & Salazar, D. (2020). Decentralized rainwater harvesting program for rural cities considering tax incentive schemes under stakeholder interests and purchasing power restrictions. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119843. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119843>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Google Earth Pro 7.3. (2019). ESTG - IPLeia [Map].
- Groupe ADP. (2019). Information Corporate Social Responsibility Report 2018. Groupe ADP. Disponível em: <https://www.parisaeroport.fr/docs/default-source/groupe-fichiers/rse/rapports-rse/rse_2018_en.pdf?sfvrsn=69fcf9bd_4>. Acesso em: 20 abr. 2020.

- IDRAL. (2020a). TECHNICAL CHARACTERISTICS: Basin mounted self-closing tap with fixed flow time; classic model. Idral: Prodotti sanitari per ambienti pubblici. Disponível em: <<https://www.idral.it/en/products/classic-series-self-closing-basin-tap-with-push-button/>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- IDRAL. (2020b). TECHNICAL CHARACTERISTICS: Basin tap ½” with swinging spout. Idral: Prodotti sanitari per ambienti pubblici. Disponível em: <[https://www.idral.it/en/products/column-basin-tap-1-2"-with-swinging-spout/](https://www.idral.it/en/products/column-basin-tap-1-2)>. Acesso em: 08 set. 2020.
- IDRAL. (2020c). TECHNICAL CHARACTERISTICS: Short lever sink kitchen mixer with swinging spout. Idral: Prodotti sanitari per ambienti pubblici. Disponível em: <<https://www.idral.it/en/products/single-lever-kitchen-mixer-with-short-lever-and-swivel-spout/>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- IDRAL. (2020d). TECHNICAL CHARACTERISTICS: Sink mixer with swinging spout. Idral: Prodotti sanitari per ambienti pubblici. Disponível em: <<https://www.idral.it/en/products/sink-mixer-with-swivel-spout/>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- INFRAERO. (2019). Relatório Anual 2018. Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. Disponível em: <http://www4.infraero.gov.br/media/677261/relatorio_anual_2018.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2020.
- IPLeiria, E. (2015). Academia de Verão—Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Disponível em: <<http://www.academiadeverao.estg.ipleiria.pt/2015/>>. Acesso em: 10 abr. 2020.
- IWP. (2020). Rainwater Harvesting. India Water Portal. Disponível em: <<https://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/media/rwhbasic/sunrwhl01/resources/page2.htm>>. Acesso em: 26 maio 2020.
- Jamali, B., Bach, P. M., & Deletic, A. (2020). Rainwater harvesting for urban flood management – An integrated modelling framework. *Water Research*, 171, 115372. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115372>>. Acesso em: 27 maio 2020.

- Kongo, V. M., & Jewitt, G. P. W. (2006). Preliminary investigation of catchment hydrology in response to agricultural water use innovations: A case study of the Potshini catchment – South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 31(15), 976–987. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pce.2006.08.014>>. Acesso em: 26 maio 2020.
- Kuller, M., Dolman, N. J., Vreeburg, J. H. G., & Spiller, M. (2017). Scenario analysis of rainwater harvesting and use on a large scale – assessment of runoff, storage and economic performance for the case study Amsterdam Airport Schiphol. *Urban Water Journal*, 14(3), 237–246. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1086007>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Lani, N. H. M., Syafiuddin, A., Yusop, Z., Adam, U. binti, & Amin, M. Z. bin M. (2018). Performance of small and large scales rainwater harvesting systems in commercial buildings under different reliability and future water tariff scenarios. *Science of The Total Environment*, 636, 1171–1179. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.418>>. Acesso em: 19 maio 2020.
- Leroy Merlin Portugal. (2020a). Depósito águas pluviais 4000 litros. Disponível em: <https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Canalizacao/Tratamento-de-agua/WPR_REF_17920896>. Acesso em: 27 out. 2020.
- Leroy Merlin Portugal. (2020b). Torneira de lavatório com temporizador: ZENITE. Leroy Merlin Portugal. Disponível em: <https://www.leroymerlin.pt/Produtos/Casa-de-banho/Torneiras/Especificas/WPR_REF_13946604>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Lozano, R., Ceulemans, K., Alonso-Almeida, M., Huisingh, D., Lozano, F. J., Waas, T., Lambrechts, W., Lukman, R., & Hugé, J. (2015). A review of commitment and implementation of sustainable development in higher education: Results from a worldwide survey. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1–18. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.048>>. Acesso em: 20 maio 2020.
- Lupia, F., Baiocchi, V., Lelo, K., & Pulighe, G. (2017). Exploring Rooftop Rainwater Harvesting Potential for Food Production in Urban Areas. *Agriculture*, 7(6), 46. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/agriculture7060046>>. Acesso em: 25 maio 2020.

- Marinoski, A. K., & Ghisi, E. (2019). Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 144, 100–114. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.035>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Moreira Neto, R. F., Carvalho, I. de C., Calijuri, M. L., & Santiago, A. da F. (2012). Rainwater use in airports: A case study in Brazil. *Resources, Conservation and Recycling*, 68, 36–43. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.005>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Moruzzi, R. B., Sousa Júnior, W. C. de, Arduino, J., & Julio, M. de. (2016). Avaliação do aproveitamento de água pluvial para atendimento de uso não potável no Aeroporto Internacional de São Paulo/Guarulhos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 21(1), 17–28. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41520201600100117248>>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Musayev, S., Burgess, E., & Mellor, J. (2018). A global performance assessment of rainwater harvesting under climate change. *Resources, Conservation and Recycling*, 132, 62–70. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.023>>. Acesso em: 10 maio 2020.
- NCSL. (2018, Fevereiro 2). State Rainwater Harvesting Laws and Legislation. National Conference of State Legislatures. Disponível em: <<https://www.ncsl.org/research/environment-and-natural-resources/rainwater-harvesting.aspx>>. Acesso em: 11 maio 2020.
- Parece, T. E., Lumpkin, M., & Campbell, J. B. (2016). Irrigating Urban Agriculture with Harvested Rainwater: Case Study in Roanoke, Virginia, USA. Em T. Younos & T. E. Parece (Eds.), *Sustainable Water Management in Urban Environments* (pp. 235–263). Springer International Publishing. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29337-0_8>. Acesso em: 25 maio 2020.
- Pavolová, H., Bakalár, T., Kudelas, D., & Puškárová, P. (2019). Environmental and economic assessment of rainwater application in households. *Journal of Cleaner Production*, 209, 1119–1125. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.308>>. Acesso em: 04 maio 2020.

- Portilla, C. A. V. (2018). Water Efficiency Analysis in the Classroom Building and Hydraulics Laboratory of the Faculty of Engineering, Physical Sciences and Mathematic – Central University of Ecuador [Dissertation Master in Civil Engineering - Building Construction]. Polytechnic Institute of Leiria and Central University of Ecuador.
- Razman, R., Abdullah, A. H., Abd Wahid, A. Z., & Muslim, R. (2017). Web Content Analysis On Sustainable Campus Operation (SCO) Initiatives. MATEC Web of Conferences, 87, 01020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/mateconf/20178701020>>. Acesso em: 19 maio 2020.
- Sanindusa. (2020a). Chuveiro de mão 3 funções Alfa. Sanindusa - Industria de Sanitários, S.A. Disponível em: <<https://www.tec.sanindusa.pt/chuveiro-de-mao-3-funcoes-alfa>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Sanindusa. (2020b). Misturadora de lavatório Aveiro com castelos tradicionais e VDA. Sanindusa - Industria de Sanitários, S.A. Disponível em: <<https://www.tec.sanindusa.pt/misturadora-de-lavatorio-aveiro-castelos-tradicionais-com-vda>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Sanindusa. (2020c). Torneira temporizada Eco de lavatório. Sanindusa - Industria de Sanitários, S.A. Disponível em: <<https://www.tec.sanindusa.pt/torneira-temporizada-eco-de-lavatorio>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Santos, C., Imteaz, M. A., Ghisi, E., & Matos, C. (2020). The effect of climate change on domestic Rainwater Harvesting. Science of The Total Environment, 729, 138967. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138967>>. Acesso em: 08 set. 2020.
- Schlumberger, C. E. (2018). ACI World Report—March 2018. What to expect during this year's ACI–World Bank Annual Symposium and Conference, 34–35.
- Semaan, M., Day, S. D., Garvin, M., Ramakrishnan, N., & Pearce, A. (2020). Optimal sizing of rainwater harvesting systems for domestic water usages: A systematic literature review. Resources, Conservation & Recycling: X, 6, 100033. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100033>>. Acesso em: 04 maio 2020.

- Shazmin, S. A. A., Sipan, I., & Sapri, M. (2016). Property tax assessment incentives for green building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 536–548. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.081>>. Acesso em: 06 maio 2020.
- Silva, A., & Pimentel, C. (2017). *Manual de Eficiência Hídrica em Edifícios*. ANQIP - Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais.
- Silva, A. S., & Ghisi, E. (2016). Uncertainty analysis of daily potable water demand on the performance evaluation of rainwater harvesting systems in residential buildings. *Journal of Environmental Management*, 180, 82–93. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.028>>. Acesso em: 04 maio 2020.
- Silva, C. M., Sousa, V., & Carvalho, N. V. (2015). Evaluation of rainwater harvesting in Portugal: Application to single-family residences. *Resources, Conservation and Recycling*, 94, 21–34. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.004>>. Acesso em: 29 abr. 2020.
- Silva, L. C. C. da, Filho, D. O., Silva, I. R., Pinto, A. C. V. e, & Vaz, P. N. (2019). Water sustainability potential in a university building – Case study. *Sustainable Cities and Society*, 47, 101489. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101489>>. Acesso em: 18 maio 2020.
- Silva-Afonso, A. (2009). Building rainwater harvesting systems. Doubts and certainties. In *Anais do CIB W062 2009-Water Supply and Drainage for Buildings, Dusseldorf-Germany*, 7.
- SNIRH. (2020). Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://snirh.apambiente.pt/>>. Acesso em: 12 out. 2020.
- Sousa, V., Silva, C. M., & Meireles, I. (2019). Performance of water efficiency measures in commercial buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 143, 251–259. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.013>>. Acesso em: 20 maio 2020.
- Stout, D. T., Walsh, T. C., & Burian, S. J. (2017). Ecosystem services from rainwater harvesting in India. *Urban Water Journal*, 14(6), 561–573. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1573062X.2015.1049280>>. Acesso em: 26 maio 2020.

- Strelets, K., Ovchinnikov, P., & Dzampaev, T. (2016). Performance based evaluation of rainwater harvesting system in public buildings. *MATEC Web of Conferences*, 73, 03006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1051/matecconf/20167303006>>. Acesso em: 20 maio 2020.
- Suleiman, L., Olofsson, B., Saurí, D., & Palau-Rof, L. (2020). A breakthrough in urban rain-harvesting schemes through planning for urban greening: Case studies from Stockholm and Barcelona. *Urban Forestry & Urban Greening*, 51, 126678. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126678>>. Acesso em: 25 maio 2020.
- Tavares, L. C., Bravo, J. M., & de Almeida, I. R. (2019). Incentivos legais ao aproveitamento de água de chuva no brasil. 6.
- Thomé, A. C. B., Santos, P. G., & Fisch, A. G. (2019). Using rainwater in cooling towers: Design and performance analysis for a petrochemical company. *Journal of Cleaner Production*, 224, 275–283. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.249>>. Acesso em: 19 maio 2020.
- Torres, M. N., Fontecha, J. E., Zhu, Z., Walteros, J. L., & Rodríguez, J. P. (2020). A participatory approach based on stochastic optimization for the spatial allocation of Sustainable Urban Drainage Systems for rainwater harvesting. *Environmental Modelling & Software*, 123, 104532. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104532>>. Acesso em: 27 maio 2020.
- Trautner, H.-J. (2001). Rainwater utilization at the Frankfurt Airport. *World Pumps*, 2001(414), 42–43. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0262-1762\(01\)80098-5](https://doi.org/10.1016/S0262-1762(01)80098-5)>. Acesso em: 27 abr. 2020.
- Tubofuro. (2018). Reservatórios em Polietileno - Tabela de Preços. Disponível em: <<https://www.tubofuro.pt/>>. Acesso em: 27 out. 2020.
- UNESCO WWAP. (2019). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2019: Não deixar ninguém para trás, Resumo Executivo. UNESCO World Water Assessment Programme.

UNESCO WWAP. (2020a). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: Água e Mudança Climática, Fatos e Dados. UNESCO World Water Assessment Programme.

UNESCO WWAP. (2020b). Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2020: Água e Mudança Climática, Resumo Executivo. UNESCO World Water Assessment Programme.

UN-Water. (2018). Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Relatório-síntese 2018 sobre Água e Saneamento, Resumo Executivo. United Nations.

Upshaw, C. R., Rhodes, J. D., & Webber, M. E. (2017). Modeling electric load and water consumption impacts from an integrated thermal energy and rainwater storage system for residential buildings in Texas. *Applied Energy*, 186, 492–508. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.130>>. Acesso em: 04 maio 2020.

Wurthmann, K. (2019). Assessing storage requirements, water and energy savings, and costs associated with a residential rainwater harvesting system deployed across two counties in Southeast Florida. *Journal of Environmental Management*, 252, 109673. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109673>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

Zhang, S., Zhang, J., Yue, T., & Jing, X. (2019). Impacts of climate change on urban rainwater harvesting systems. *Science of The Total Environment*, 665, 262–274. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.135>>. Acesso em: 04 maio 2020.

Anexos

Anexo A) Relatório Técnico de Caracterização dos AUTOCLISMOS.

RELATÓRIO TÉCNICO DE CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SANITÁRIOS													
Estudo de Caso:		Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão											
Responsável:		Sara Bona e Ricardo de Jesus Gomes					Data Inspeção: 31/07/2020						
Local:		Edifício D					Cidade / País: Leiria / Portugal						
AUTOCLISMOS													
PISO -1													
Localização Projeto	Ala			WC			Descarga		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Volume de Descarga (litros)	Volume de Referência (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	DD	DI					
DWC.-1.01		X			X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.-1.02		X			X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.-1.03		X		X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.-1.04		X		X			X		2	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
DWC.-1.05	X			X			X		3	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
	X			X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.-1.06	X				X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
	X				X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
Média de Consumo (litros)												4,27	
PISO 0													
Localização Projeto	Ala			WC			Descarga		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Volume de Descarga (litros)	Volume de Referência (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	DD	DI					
DWC.00.01		X			X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.00.02		X			X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.00.03		X		X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.00.04		X		X			X		2	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
DWC.00.05			X	X			X		2	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
DWC.00.06			X	X			X	X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.00.07	X			X			X		3	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
	X			X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.00.08	X				X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
	X				X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
Média de Consumo (litros)												4,25	
PISO 1													
Localização Projeto	Ala			WC			Descarga		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Volume de Descarga (litros)	Volume de Referência (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	DD	DI					
DWC.01.01		X			X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.01.02		X			X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.01.03		X		X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.01.04		X		X			X		2	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
DWC.01.05	X			X			X		3	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
	X			X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.01.06	X				X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
	X				X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
Média de Consumo (litros)												4,27	
PISO 2													
Localização Projeto	Ala			WC			Descarga		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Volume de Descarga (litros)	Volume de Referência (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	DD	DI					
DWC.02.01		X			X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.02.02		X			X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.02.03		X		X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.02.04		X		X			X		2	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
DWC.02.05	X			X			X		3	Geberit	3,0 a 6,0	4,0	-
	X			X		X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
DWC.02.06	X				X			X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
	X				X	X		X	1	Geberit	3,0 a 6,0	4,5	-
Média de Consumo (litros)												4,27	
LEGENDA													
Ala	N: Norte												
	S: Sul												
	C: Central												
Tipologia WC	F: Feminino												
	M: Masculino												
	A: Adaptado												
Tipologia Descarga	DD: Dupla Descarga												
	DI: Descarga Interrompida												
QUADRO RESUMO - AUTOCLISMOS													
Quantidade Total de Dispositivos (un)											47		
Média Total de Consumo (litros)											4,27		

Anexo B) Relatório Técnico de Caracterização dos FLUXÓMETROS DE MICTÓRIOS.

RELATÓRIO TÉCNICO DE CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SANITÁRIOS															
Estudo de Caso: Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão															
Responsável: Sara Bona e Ricardo de Jesus Gomes						Data Inspeção: 31/07/2020									
Local: Edifício D						Cidade / País: Leiria / Portugal									
FLUXÓMETROS DE MICTÓRIOS															
PISO -1															
Localização Projeto	Ala			WC			Fluxómetro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Dados Técnicos		Volume de Descarga (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	N	S	C	F	M	A	S	T			Taxa Fluxo (l/s)	Tempo (s)			
DWC.-1.01		X			X			X		2	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
DWC.-1.06	X				X			X		3	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
	X				X				X	1	Idral	0,32	8,0	2,6	-
Média de Consumo (litros)													1,52		
PISO 0															
Localização Projeto	Ala			WC			Fluxómetro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Dados Técnicos		Volume de Descarga (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	N	S	C	F	M	A	S	T			Taxa Fluxo (l/s)	Tempo (s)			
DWC.00.01		X			X				X	2	Idral	0,32	8,0	2,6	-
DWC.00.06			X		X				X	2	Idral	0,32	8,0	2,6	-
DWC.00.08	X				X			X		3	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
	X				X				X	1	Idral	0,32	8,0	2,6	-
Média de Consumo (litros)													2,11		
PISO 1															
Localização Projeto	Ala			WC			Fluxómetro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Dados Técnicos		Volume de Descarga (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	N	S	C	F	M	A	S	T			Taxa Fluxo (l/s)	Tempo (s)			
DWC.01.01		X			X				X	2	Idral	0,32	8,0	2,6	-
DWC.01.06	X				X			X		4	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
Média de Consumo (litros)													1,73		
PISO 2															
Localização Projeto	Ala			WC			Fluxómetro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Dados Técnicos		Volume de Descarga (litros)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	N	S	C	F	M	A	S	T			Taxa Fluxo (l/s)	Tempo (s)			
DWC.02.01		X			X			X		2	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
DWC.02.06	X				X			X		3	Geberit	0,18	7,0	1,3	-
	X				X				X	1	Idral	0,32	8,0	2,6	-
Média de Consumo (litros)													1,52		
LEGENDA															
Ala	N: Norte														
	S: Sul														
	C: Central														
Tipologia WC	F: Feminino														
	M: Masculino														
	A: Adaptado														
Tipologia Fluxómetro	S: Sensor de Acionamento Automático														
	T: Temporizado														
QUADRO RESUMO - FLUXÓMETROS DE MICTÓRIOS															
Quantidade Total de Dispositivos (un)												26			
Média Total de Consumo (litros)												1,75			

Anexo C) Relatório Técnico de Caracterização das TORNEIRAS DE LAVATÓRIO.

RELATÓRIO TÉCNICO DE CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SANITÁRIOS												
Estudo de Caso:		Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão										
Responsável:		Sara Bona e Ricardo de Jesus Gomes					Data Inspeção: 31/07/2020					
Local:		Edifício D					Cidade / País: Leiria / Portugal					
TORNEIRAS DE LAVATÓRIO												
PISO -1												
Localização Projeto	Ala			WC			Torneira		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	M	T				
DWC.-1.01		X			X			X	2	Idral	6.0	-
DWC.-1.02		X			X	X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.-1.03		X		X		X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.-1.04		X		X				X	1	Idral	6.0	-
									1	Sanindusa	8.0	-
DWC.-1.05	X			X				X	1	Sanindusa	12.0	-
	X			X		X		X	1	Sanindusa	12.0	-
DWC.-1.06	X				X			X	2	Sanindusa	12.0	-
	X				X	X		X	1	Sanindusa	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)											9.27	
PISO 0												
Localização Projeto	Ala			WC			Torneira		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	M	T				
DWC.00.01		X			X			X	1	Clever	10.0	-
									1	Zenite	8.6	-
DWC.00.02		X			X	X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.00.03		X		X		X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.00.04		X		X				X	2	Sanindusa	8.0	-
DWC.00.05			X	X				X	1	Idral	6.0	-
DWC.00.06			X		X			X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.00.07	X			X				X	1	Sanindusa	12.0	-
	X			X		X		X	1	Sanindusa	12.0	-
DWC.00.08	X				X			X	2	Sanindusa	12.0	-
	X				X	X		X	1	Sanindusa	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)											9.58	
PISO 1												
Localização Projeto	Ala			WC			Torneira		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	M	T				
DWC.01.01		X			X			X	1	Idral	6.0	-
									1	Sanindusa	8.0	-
DWC.01.02		X			X	X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.01.03		X		X		X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.01.04		X		X				X	2	Sanindusa	8.0	-
DWC.01.05	X			X				X	1	Sanindusa	12.0	-
	X			X		X		X	1	Sanindusa	12.0	-
DWC.01.06	X				X			X	2	Sanindusa	12.0	-
	X				X	X		X	1	Sanindusa	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)											9.64	
PISO 2												
Localização Projeto	Ala			WC			Torneira		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	N	S	C	F	M	A	M	T				
DWC.02.01		X			X			X	2	Sanindusa	8.0	-
DWC.02.02		X			X	X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.02.03		X		X		X		X	1	Sanindusa	8.0	-
DWC.02.04		X		X				X	2	Sanindusa	8.0	-
DWC.02.05	X			X				X	1	Idral	6.0	-
	X			X		X		X	1	Sanindusa (*)	12.0	-
DWC.02.06	X				X			X	2	Sanindusa	12.0	-
	X				X	X		X	1	Sanindusa	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)											9.27	
LEGENDA												
Ala	N: Norte											
	S: Sul											
	C: Central											
Tipologia WC	F: Feminino											
	M: Masculino											
	A: Adaptado											
Tipologia Torneira	M: Controle Manual com Arejador											
	T: Temporizada com Arejador											
QUADRO RESUMO - TORNEIRAS DE LAVATÓRIO												
Quantidade Total de Dispositivos (un)											46	
Média Total de Consumo (litros/minuto)											9.45	
Notas: (*) Dispositivo apresenta avaria												

Anexo D) Relatório Técnico de Caracterização das TORNEIRAS DE COZINHA/LABORATÓRIOS.

RELATÓRIO TÉCNICO DE CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SANITÁRIOS													
Estudo de Caso:		Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão											
Responsável:		Sara Bona e Ricardo de Jesus Gomes						Data Inspeção: 31/07/2020					
Local:		Edifício D						Cidade / País: Leiria / Portugal					
TORNEIRAS DE COZINHA / LABORATÓRIOS													
PISO -1													
Localização Projeto	Torneira								Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	PP	LO	T	L	MA	MV	V	S					
DS.-1.03 B				X					2	C. Arboles	5.0	-	
DS.-1.07			X						1	Idral (**)	6.0	-	
								X	1	-	17.5	-	
DS.-1.08		X							1	Delabie-Senda	17.5	-	
					X				2	Idral	16.0	-	
								X	1	-	17.5	-	
	X								1	-	0.0	-	
DS.-1.09		X							1	Delabie-Senda	17.5	-	
					X				1	Idral	16.0	-	
								X	4	-	17.5	-	
DS.-1.12		X							1	Delabie-Senda	17.5	-	
								X	1	Idral	17.5	-	
Média de Consumo (litros/minuto)											14.94		
PISO 0													
Localização Projeto	Torneira								Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica	
	PP	LO	T	L	MA	MV	V	S					
DS.00.08						X			1	Idral (*)	17.5	-	
DS.00.09	X								2	-	0.0	-	
DS.00.11	X								2	-	0.0	-	
DS.00.14	X								1	-	0.0	-	
Média de Consumo (litros/minuto)											17.50		
LEGENDA													
Tipologia Torneira	PP: Ponto Preparado												
	LO: Lava-Olhos												
	T: Temporizada com Arejador												
	L: Laboratório com Arejador												
	MA: Misturadora com Alavanca e Arejador												
	MV: Misturadora com Válvulas e Arejador												
V: Válvula com Arejador													
S: Simples de Serviço													
QUADRO RESUMO - T. DE COZINHA/LABORATÓRIO													
Quantidade Total de Dispositivos (un)											17		
Média Total de Consumo (litros/minuto)											15.09		
Notas: (*) Dispositivo apresenta avaria (**) Dispositivo classificado como Torneira de Lavatório													

Anexo E) Relatório Técnico de Caracterização das CHUVEIROS E SISTEMAS DE DUCHE.

RELATÓRIO TÉCNICO DE CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS SANITÁRIOS						
Estudo de Caso: Instituto Politécnico de Leiria - Escola Superior de Tecnologia e Gestão						
Responsável: Sara Bona e Ricardo de Jesus Gomes			Data Inspeção: 31/07/2020			
Local: Edifício D			Cidade / País: Leiria / Portugal			
CHUVEIROS E SISTEMAS DE DUCHE						
PISO -1						
Localização Projeto	Chuveiro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	CM	PP				
DWC.-1.05	X		1	Clever	9.0	-
DWC.-1.06	X		1	Clever	9.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)						9.00
PISO 0						
Localização Projeto	Chuveiro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	CM	PP				
DWC.00.07		X	1	-	0.0	-
DWC.00.08		X	1	-	0.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)						0.00
PISO 1						
Localização Projeto	Chuveiro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	CM	PP				
DWC.01.05	X		1	Sanindusa (*)	12.0	-
DWC.01.06	X		1	Sanindusa	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)						12.00
PISO 2						
Localização Projeto	Chuveiro		Quantidade (unidade)	Marca dos Dispositivos	Caudal de Referência (l/min)	Categoria de Eficiência Hídrica
	CM	PP				
DWC.02.05	X		1	Sanindusa (**)	12.0	-
DWC.02.06	X		1	Sanindusa (*)	12.0	-
Média de Consumo (litros/minuto)						12.00
LEGENDA			QUADRO RESUMO - CHUVEIROS E SISTEMAS DE DUCHE			
Tipologia Chuveiro e Sistema de Duche			Quantidade Total de Dispositivos (un)			6
CM: Chuveiro de Mão PP: Ponto Preparado			Média Total de Consumo (litros/minuto)			11.00
Notas:			(*) Dispositivo apresenta avaria (**) Sistema incompleto pela ausência de acessórios			