

Gestão inteligente de águas pluviais em meio urbano: capacidade de aproveitamento da água das chuvas em Portugal Continental

Intelligent management of rainwater in urban areas: ability to use rainwater in mainland Portugal

Gestión inteligente del agua de lluvia en áreas urbanas: capacidad de utilizar el agua de lluvia en Portugal continental

Bruno Miguel Freitas da Silva

Aluno do Mestrado de Engenharia do Ambiente, UTAD, Portugal
brunomiguelsilva1998@gmail.com

Fernando António Leal Pacheco

Professor Doutor, UTAD, Portugal
fpacheco@utad.pt

Luís Filipe Sanches Fernandes

Professor Engenheiro, UTAD, Portugal
lfilipe@utad.pt

RESUMO

Uma vez que a água se tem vindo a tornar cada vez mais escassa e é um bem essencial à vida, é cada vez mais importante perceber de que modo podemos aproveitar diferentes origens, com o objetivo de se aumentar a disponibilidade de água potável. Neste sentido este trabalho surge com o objetivo de estudar a possibilidade e a viabilidade da captação da água das chuvas para consumo de fins não potáveis, aumentando a sua disponibilidade nas zonas edificadas dispersas em Portugal Continental, bem como a importância de ferramentas de sistemas de informação geográfica neste tipo de estudos. Para isso foi então utilizado o programa ArcGIS Pro 3.0.3, onde se realizou um tratamento de diferentes dados como a precipitação média anual, área dos edifícios, através da digitalização destes e consumos *per capita*. Com estes dados determinou-se a capacidade de captação nas áreas anteriormente referidas, de modo a perceber qual o potencial e a viabilidade do aproveitamento da água das chuvas. Este trabalho mostra-se importante, pois permite as cidades tornarem-se mais sustentáveis, e ao mesmo tempo trás benefícios socioeconómicos. Assim, foi possível perceber que Portugal Continental poderá ter um potencial elevado para a captação da água das chuvas, bem como para a satisfação dos consumos. Por outro lado, este método mostrou-se bastante eficaz e bastante útil para este tipo de estudos, podendo ser aplicado em outras áreas, devido à sua versatilidade, pois permite fazer um tratamento de dados e a sua aplicação em qualquer território, em diferentes escalas.

PALAVRAS-CHAVE: Ligações clandestinas, SIG, Saneamento básico, Escassez de água, Gestão inteligente, Água da chuva.

ABSTRACT

As water becomes increasingly scarce and is an essential resource for life, it is becoming more important to find ways to utilize different sources in order to increase the availability of potable water. This study aims to explore the feasibility of capturing rainwater for non-potable use, thus increasing its availability in dispersed built-up areas in mainland Portugal. The study also highlights the importance of geographic information system (GIS) tools in such studies. The ArcGIS Pro 3.0.3 program was used to process data such as average annual precipitation, building area, and per capita consumption. This data was used to determine the potential for rainwater capture in the study areas and assess its viability. This work is important because it can help cities become more sustainable and bring about socioeconomic benefits. It was found that the mainland Portugal has a high potential for rainwater capture and consumption. Additionally, this method has proven to be effective and useful for such studies and can be applied in other areas due to its versatility in data processing and application across different territories and scales.

KEYWORDS: *Illicit connections, GIS, Basic sanitation, Water scarcity, Smart management, Rainwater.*

RESUMEN

Dado que el agua se está volviendo cada vez más escasa y es un recurso esencial para la vida, es cada vez más importante encontrar formas de aprovechar diferentes fuentes para aumentar la disponibilidad de agua potable. Este estudio tiene como objetivo explorar la viabilidad de la captura de agua de lluvia para uso no potable, aumentando su disponibilidad e áreas construidas dispersas en el continente portugués. El estudio también destaca la importancia de las herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) en estos estudios. Se utilizó el programa ArcGIS Pro 3.0.3 para procesar datos como la precipitación anual promedio, el área de construcción y el consumo per cápita. Estos datos se utilizaron para determinar el potencial de captura de agua de lluvia en las áreas de estudio y evaluar su viabilidad. Este trabajo es importante porque puede ayudar a las ciudades a volverse más sostenibles y generar beneficios socioeconómicos. Se encontró que el continente portugués tiene un alto potencial para la captura y consumo de agua de lluvia. Además, este método ha demostrado ser efectivo y útil para tales estudios y puede aplicarse en otras áreas debido a su versatilidad en el procesamiento de datos y la aplicación en diferentes territorios y escalas.

CLAVE DE PALABRAS: *Conexiones clandestinas, SIG, Saneamiento básico, Escasez de agua, Gestión inteligente, Agua de lluvia.*

1 INTRODUÇÃO

“Dado que a água potável é vital para a sobrevivência dos seres vivos, em especial, do ser humano, e a sua disponibilidade está a ficar cada vez mais limitada, é crucial que o seu uso seja feito de forma consciente para satisfazer as necessidades básicas à escala global” (MARTINS & MOURA E SÁ, 2011, p. 292, *tradução nossa*). Isto verifica-se, “pois é previsto que a necessidade de água cresça dos 3,3 mil milhões, registados em 2007, para os 6,4 mil milhões em 2050” (Domènech & Saurí, 2011, p. 598, *tradução nossa*).

“Durante duas centenas de anos, a gestão de água para consumo público foi feita com a mentalidade de controlo e dominância, como se fosse um recurso inesgotável. No entanto, o crescimento da população, e conseqüentemente, das áreas urbanas, resultou num aumento das redes de drenagem de água, interferindo no seu ciclo natural. Isto pode causar efeitos negativos como o aumento do escoamento, a diminuição da retenção de água, a redução das taxas de evapotranspiração, a elevação dos níveis dos lençóis freáticos e a degradação da qualidade da água subterrânea. Além disso, há a questão preocupante das perdas de água nos sistemas de abastecimento, que, em escala global, correspondem a cerca de 35% da água consumida” (TESTON, GERALDI, COLASIO & GHISI, 2018, p.1-2, *tradução nossa*).

“Desta forma, a gestão do abastecimento de água potável em áreas urbanas é cada vez mais crítica, pois enfrenta problemas crescentes, especialmente devido às mudanças climáticas e ao rápido crescimento urbano. A urbanização causa mudanças nos ciclos hídricos regionais e na geologia do leito do rio” (HEIDARI, ARABI, WARZINIACK & SHARVELLE, 2021, p.1-8, *tradução nossa*). Portanto, torna-se crucial definir alternativas e estratégias para combater de forma eficaz a escassez de água.

Uma das opções já debatidas em diversos países é a coleta de água da chuva para fins não potáveis, como a irrigação de jardins ou a lavagem de carros. Estes estudos aconteceram um pouco por todo o mundo, em especial no Brasil, na Índia, nos Estados Unidos, na Austrália e na Alemanha, tendo como principal objetivo de avaliar vantagens, desvantagens e a viabilidade desta solução. Um dos exemplos destes estudos, foi um realizado por Domènech & Saurí (2011), onde foi possível conhecer as vantagens ambientais e socioeconómicas da captação das águas da chuva. Contudo, como estes autores referem, “é importante ter em conta que a população tem um papel importante nesta solução, uma vez que cada indivíduo se torna proprietário e gestor dos seus próprios sistemas de captação”. Isto significa que, por exemplo, numa residência unifamiliar os sistemas são geridos apenas por essa entidade, enquanto que numa habitação multifamiliar (apartamentos) ou num edifício comercial/empresarial, a gestão é comunitária, isto é, a gestão tem responsabilidade partilhada.

2 OBJETIVOS

Apesar de, como já foi referido anteriormente, existirem vários trabalhos sobre a captação das águas da chuva, ainda não existe muitos, ou nenhum, que analisem esta solução através do uso de ferramentas, como os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) com uma escala mais específica, sendo que poderão existir apenas alguns a uma escala muito macro.

Com isto, este trabalho tem como principal objetivo, perceber qual o potencial da captação de água das chuvas em Portugal Continental, em áreas residenciais dispersas, através de SIG, como por exemplo, o ArcGIS Pro, ou o QGIS. Este objetivo surge, uma vez que esta poderá ser uma solução viável para a escassez de água, e para o controlo das ligações ilegais de água pluvial à rede de saneamento, impedindo assim a sobrecarga destas últimas, facilitando a preservação da qualidade da água, e consequentemente o cumprimento das regulações jurídicas referentes ao abastecimento de água e gestão de águas pluviais e residuais.

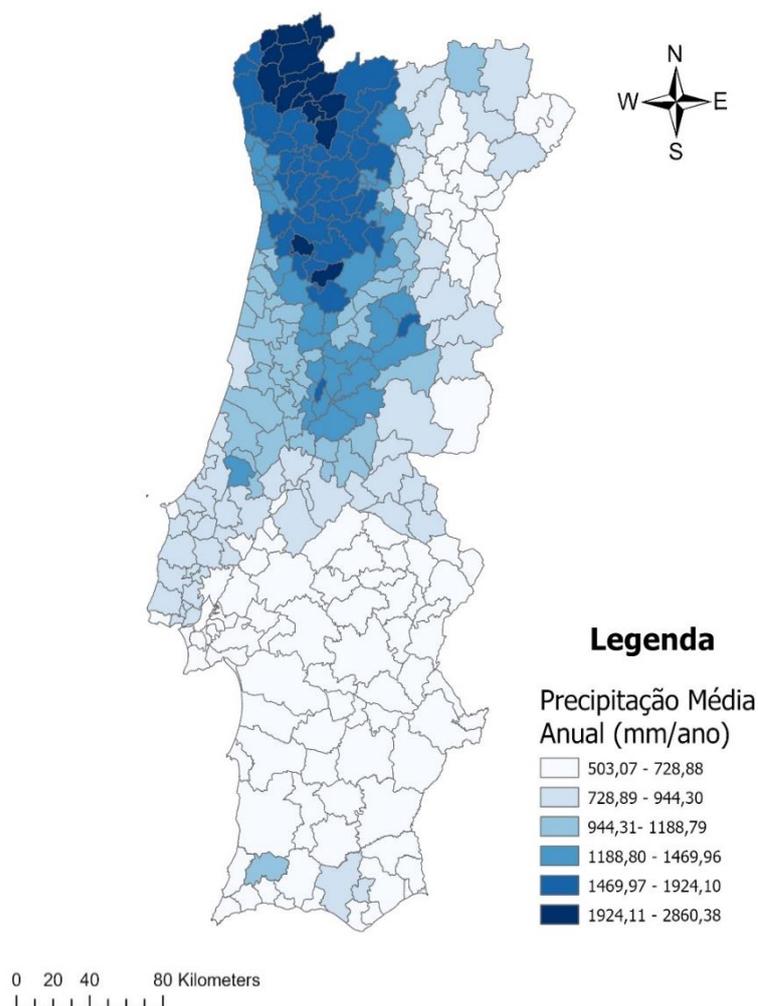
Por outro lado, esta solução poderá ainda apresentar vantagens aos níveis ambiental e socioeconómico, uma vez que permite a maior disponibilidade de água potável da rede pública, a redução dos gastos referentes ao consumo dessa mesma água, entre outras.

3 METODOLOGIA

3.1 Precipitação

No início deste trabalho, realizou-se a recolha dos dados de precipitação. Para isto recolheu-se um “raster” com a normal meteorológica de 1959 – 1991 (RASTER da Normal Meteorológica de 1959 - 1991). De seguida no ArcGIS Pro 3.0.3 obteve-se os valores médios da precipitação anual por município, utilizando a ferramenta “Zonal Statistics as Table” no “raster” anteriormente referido e na shapefile com os municípios. Feito isto, fez-se a categorização, obtendo-se o mapa da Figura 1.

Figura 1 – Mapa da precipitação média anual de Portugal Continental.



3.2 Consumos de cada município.

Inicialmente recolheu-se os dados de consumos *per capita* referentes ao ano de 2011, uma vez que a “shapefile” das edificações, referida no ponto 3.3, corresponde também a este ano (EXCEL da Água Distribuída/consumida por habitante em 2011).

Após a recolha dos dados antes referidos, procedeu-se a um tratamento, obtendo-se uma folha Excel com os consumo por cada município.

De seguida, inseriu-se essa folha no ArcGIS Pro 3.0.3, tendo-se juntado esta tabela à dos limites administrativos de Portugal continental, resultando assim o ficheiro dos consumos municipais.

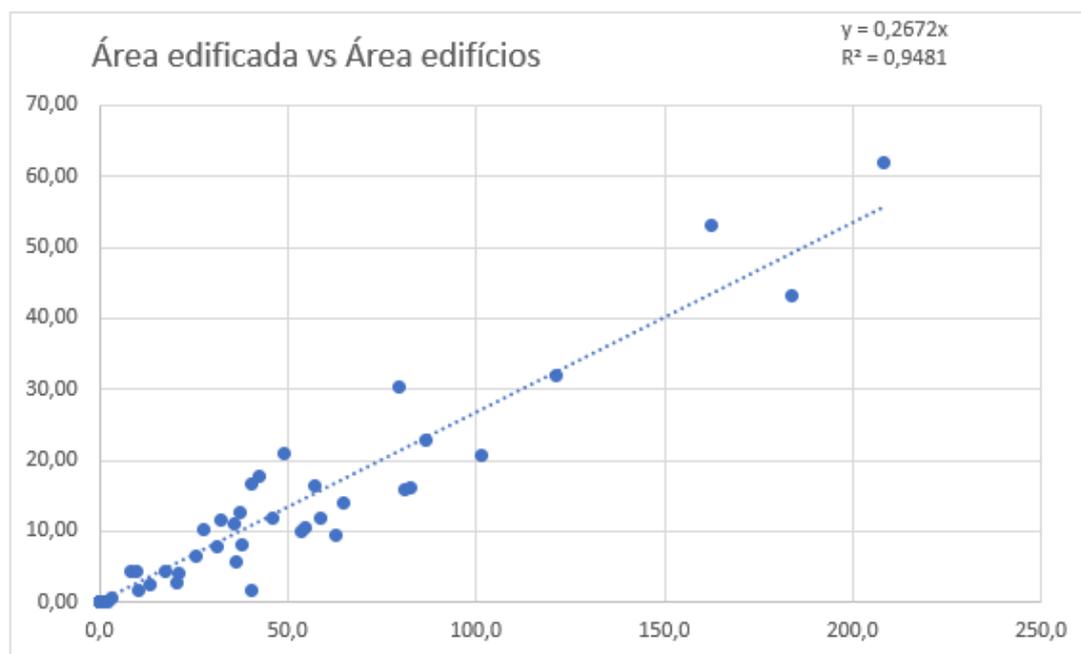
3.3 Cálculo das áreas dos edifícios

Para se calcular as áreas dos edifícios, foi necessário obter uma “shapfile” com as áreas edificadas (SHAPEFILE da Carta de Áreas Edificadas 2018).

De seguida, com recurso ao ArcGIS Pro 3.0.3, importou-se a “shapefile” referida no parágrafo anterior, tendo-se criado uma nova, onde se digitalizou todos os edifícios que estavam contidos dentro de uma determinada área edificada. Para este trabalho, apenas se digitalizaram os edifícios das áreas, descritas por Carmo *et al.* (2022) como “Tipo 2 – Área residencial dispersa/isolada”, ou seja, zonas mais remotas com um número de habitações entre 1 e 9, como o caso de aldeias mais remotas ou aldeamentos isolados.

Para se tornar estatisticamente relevante, convencionou-se digitalizar entre 50 a 100 áreas, sendo que se finalizou a digitalização quando o valor de R^2 fosse superior a 0,8, para de seguida se fazer a extrapolação das restantes áreas não digitalizadas. Após a digitalização, foram calculadas as áreas, em hectares (ha), de cada um dos edifícios digitalizados, com recurso à ferramenta “Calculate Geometry” disponível no ArcGIS Pro 3.0.3. De seguida, exportou-se a “Tabela de Atributos” para o Excel, onde se realizou a soma de todos os edifícios correspondentes à mesma área edificada. Posto isto, construiu-se um gráfico de dispersão (Figura 2), onde se colocou uma linha de tendência com a respetiva equação da reta, bem como o valor de R^2 .

Figura 2 – Gráfico de dispersão obtido após a digitalização das 50 áreas do tipo 2.



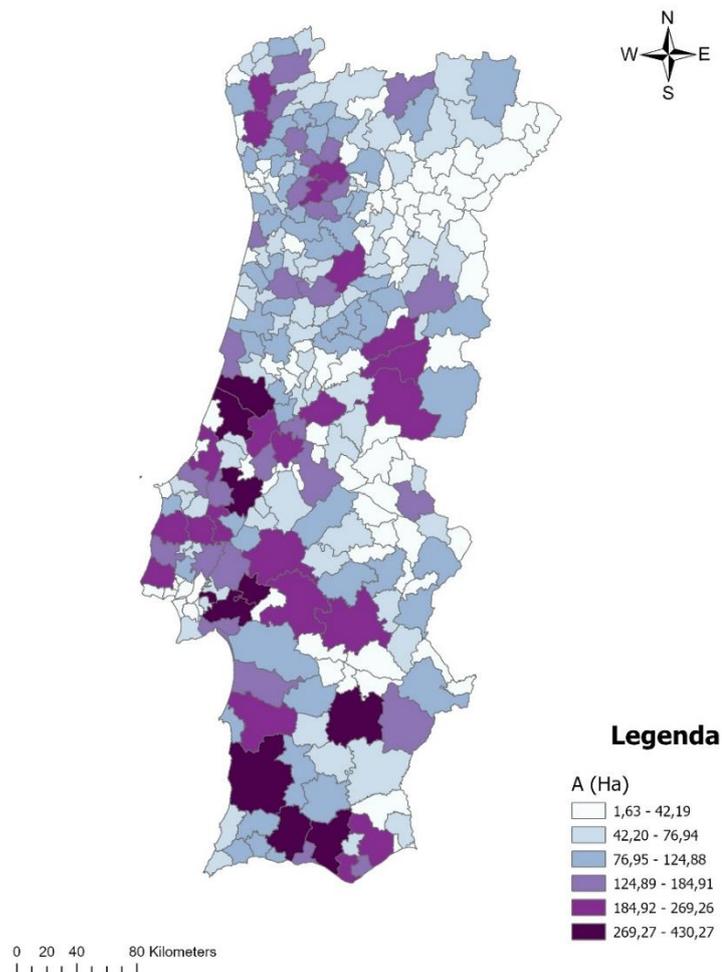
Tendo o gráfico representado na figura anterior, foi então possível realizar a extrapolação das restantes áreas, ou seja, com a equação da reta de tendência, em que o X será a área em ha da área edificada, ao calcular-se o Y obtém-se a área de todos os edifícios que compõem essa mesma área de edificação. Para esta última tarefa, usou-se a ferramenta “Calculate Field” do ArcGIS Pro 3.0.3.

Tendo as áreas dos edifícios referentes a todas as áreas edificadas, usou-se a ferramenta “Tabulate Intersection” do programa referido no parágrafo anterior, permitindo

obter uma “Tabela de Atributos”, onde se encontrava a área de todos os edifícios em cada conselho (A). Posto isto, obteve-se então uma “shapefile” onde tinha os 278 municípios existentes em Portugal Continental com as respetivas área do municípios e da totalidade do área dos edifícios do mesmo.

Deste procedimento foi possível obter-se o mapa da Figura 3.

Figura 3 – Mapa da área dos edifícios de áreas edificadas dispersas por município.



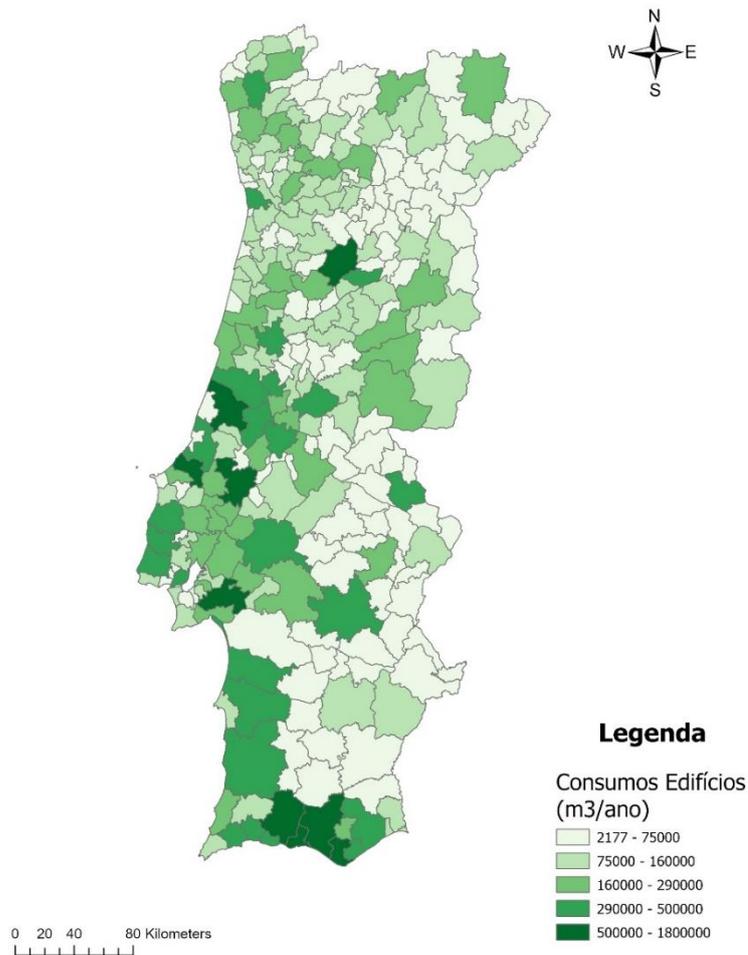
3.4 Cálculo do consumo de água anual nos edifícios

Inicialmente, na “shapefile” das áreas edificadas criou-se uma nova coluna, onde se calculou o número de residentes através da seguinte equação: $N.^{\circ}$ de residentes = Densidade de Residentes (“ResidHa”) x Área Edificada (“AreaHa”), sendo que estes dois valores já vinham de origem na “Tabela de Atributos”. Seguidamente utilizou-se a ferramenta “Tabulate Intersection” permitindo assim a obtenção de uma nova “shapefile” com o número de residentes das áreas edificadas dispersas e o consumo *per capita* em cada município. Para se

calcular o consumo, criou-se uma nova coluna, onde se calculou o consumo anual dos edifícios (Q), através da seguinte equação: $Q = \text{Consumos per capita} \times \text{Residentes}$.

Deste modo, foi possível obter-se o mapa representado na Figura 4.

Figura 4 – Mapa do consumo anual nas áreas edificadas dispersas.



3.5 Cálculo do armazenamento potencial anual dos edifícios e da capacidade de captação

Na fase final desta metodologia, realizaram-se mais duas tarefas, que foram o cálculo do armazenamento potencial anual dos edifícios em cada município (Pe) e a capacidade de captação das águas da chuva (C), sendo este último, o indicador utilizado para perceber o potencial da captação da água das chuvas através dos edifícios.

Primeiramente, criou-se uma shapefile nova, com o recurso à ferramenta “Tabulate Intersection” com a Precipitação média anual de longa duração e a A. De seguida, criou-se uma nova coluna para o Pe, e calculou-se o mesmo com a ferramenta “Calculate Field”, segundo a seguinte fórmula: $Pe = \text{precipitação anual média de longa duração} \times A$.

Por fim, criou-se uma nova “shapefile”, onde através do “Tabulate Intersection” se importou os valores de Pe e de Q. Posteriormente criou-se uma nova coluna, onde se calculou o valor de C, com o recurso à ferramenta “Calculate Field”, e segundo a seguinte fórmula: $C = \frac{Pe}{Q}$.

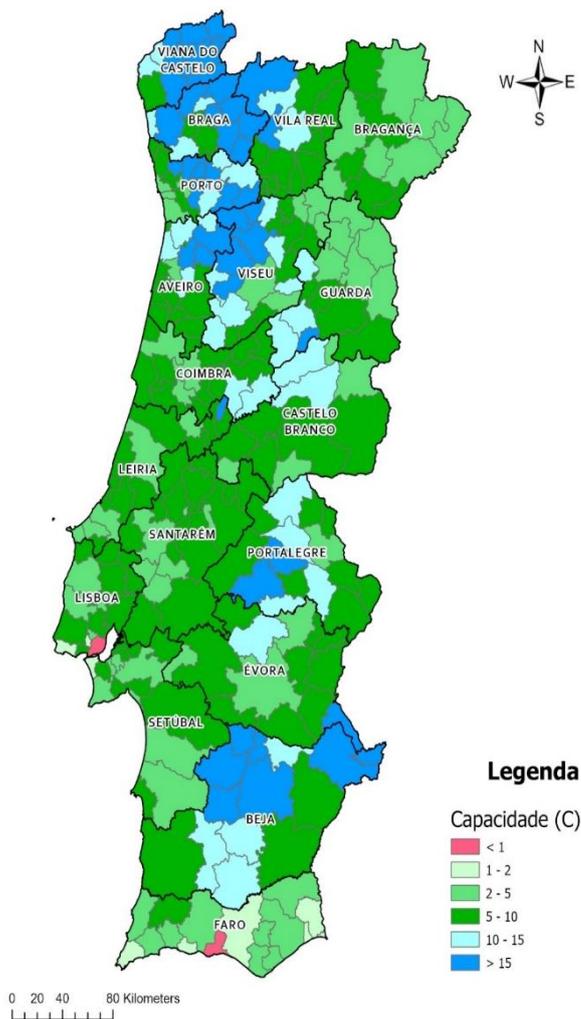
4 RESULTADOS

4.1 Capacidade máxima da recolha da água das chuvas

A capacidade de captação da água das chuvas permite então perceber se a quantidade captada é suficiente para satisfazer os consumos de água *per capita* durante um ano.

Através da análise do mapa da Figura 6, pode verificar-se que praticamente em todo o território continental português, a quantidade de água captada é suficiente para compensar os consumos anuais, ou seja, consegue satisfazer as necessidades de água dos habitantes.

Figura 6 – Mapa da capacidade a 100% do uso da água das chuvas em áreas edificadas dispersas



É importante referir ainda que existem dois municípios em que a água captada não satisfaz o consumo, sendo eles o município de Lisboa e o de Albufeira, representados pela cor rosa. Este resultado pode ser justificado pelo facto de serem zonas com uma elevada densidade populacional, visto que Lisboa conta com cerca de 1857 residentes nas áreas dispersas, e Albufeira com cerca de 4311 habitantes. Estes números, no caso de Lisboa, devem-se ao facto de esta cidade ser a capital do país, o que significa que existem mais oportunidades de trabalho, logo mais pessoas irão residir neste local, bem como esta ser uma zona histórica e por isso atrair algum turismo. Já no caso de Albufeira, este é um destino turístico muito escolhido devido ao seu clima mais quente, bem como as suas praias com água mais amena. Outro motivo, é que, pelo facto de serem zonas com alta densidade populacional, os edifícios serão na sua maioria multifamiliares, onde existem muitas pessoas no mesmo edifício.

Por outro lado, pode verificar-se ainda que alguns municípios de Beja, Évora e Portalegre, sendo zonas mais interiores, mostram uma maior capacidade de satisfação, apesar das precipitações serem muito inferiores, como se pode ver na Figura 1. Isto acontece uma vez que esses municípios são constituídos por zonas mais isoladas, com uma densidade populacional baixa, e consequente edifícios unifamiliares. Por este motivo, os consumos serão muito inferiores, e em contrapartida, como há mais edifícios por pessoa, o potencial de captação será maior também.

Quanto aos restantes municípios, verifica-se que seguem um comportamento idêntico ao representado na Figura 1, ou seja, onde há maior precipitação, maior será a capacidade de satisfazer o consumo de água através da captação da água das chuvas.

4.2 Capacidade de 25% de recolha da água das chuvas

O cenário da capacidade máxima de recolha, descrito no subcapítulo 4.1 é utópico, isto é, que não expectável que aconteça, pois isso implicaria que todos os edifícios do tipo 2 implementassem os sistemas de aproveitamento de águas pluviais, e ainda que os sistemas não tinham qualquer perda de eficácia na recolha.

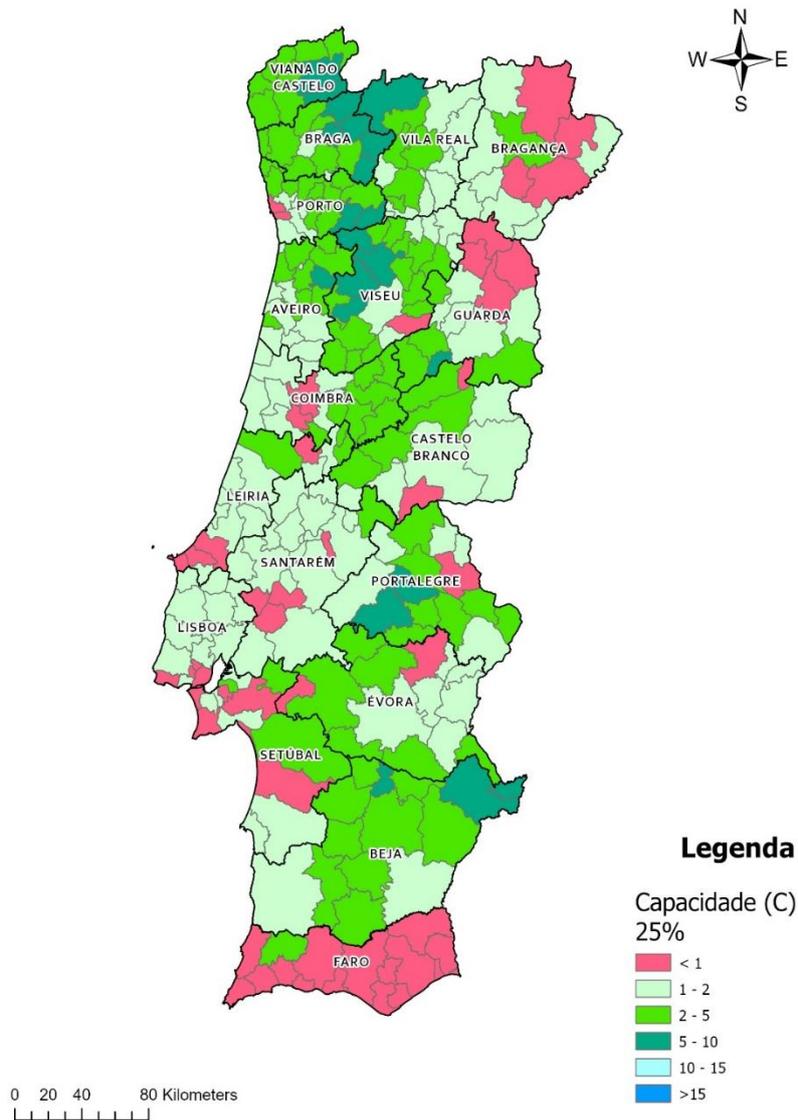
Assim, com o objetivo de tentar aproximar o cenário daquilo que será a realidade, projetou-se, exatamente com os mesmos dados, uma situação, em que a capacidade foi reduzida para 25%. Os restantes 75% representam as perdas de eficácia na captação devido ao tipo de superfície, as alterações de precipitação durante o ano, e a população que não implementou este sistema, seja por dificuldades económicas, porque as construções não o permitem, falta de interesse, entre outros.

Através da análise da Figura 7 pode verificar-se que o cenário altera, passando a existir muitos mais municípios que deixam de conseguir satisfazer as necessidades de água através da captação da água das chuvas.

A capacidade segue um comportamento muito idêntico ao da precipitação, ou seja, a maioria dos municípios onde se regista uma capacidade inferior a 1 é onde ocorrem as menores precipitações durante o ano. Contudo, é necessário realçar que, ainda assim, há três municípios no distrito de Beja (Barrancos, Cuba e Moura), e dois no distrito de Portalegre (Alter do Chão, e

Avis), que apesar das precipitações serem baixas, apresentam uma capacidade entre 5 e 10. Isto acontece devido a serem municípios com uma baixa densidade populacional e um baixo consumo per capita, o que faz com que seja necessária menos água para satisfazer as necessidades.

Figura 7 – Mapa da capacidade a 25% do uso da água das chuvas em áreas edificadas dispersas.



Por outro lado, também é importante destacar, que algumas cidades, onde há maiores precipitações, como o caso do Porto e Matosinhos, no distrito do Porto, apresentam uma capacidade inferior a 1. Nestes casos, verifica-se estes resultados, pois são zonas com elevada densidade populacional, e conseqüentemente alto consumo *per capita*, aliados a uma menor área de captação de água das chuvas *per capita*, o que faz com que a água captada não seja suficiente para satisfazer o consumo. O facto de esta área ser menor, deve-se ao facto de que

em municípios deste género a maioria dos edifícios são multifamiliares, e a maior parte das áreas são urbanas, logo não entram nas áreas edificadas dispersas.

5 CONCLUSÕES

A captação da água das chuvas através da superfície dos edifícios, apesar de ser um método que à primeira vista possa parecer bastante eficaz e vantajoso, depende de diferentes variáveis, que num caso prático podem mudar a eficácia desta técnica. Isso é visível pois nem todos os edifícios terão a mesma capacidade de captação de água e aproveitamento devido ao tipo de superfície que possuem, e a possibilidade de instalação de toda a infraestrutura necessária para a aplicação desta técnica. Por outro lado, o bom funcionamento desta técnica está também dependente, de uma forma direta, dos proprietários dos edifícios. Estes podem optar por não aplicarem esta técnica de aproveitamento de água da chuva devido a vários motivos, como por exemplo, a falta de interesse, dificuldade económica, falta de informação, entre outros.

Ainda assim, e considerando, que apenas 25% dos edifícios das áreas edificadas dispersas teriam a implementação deste sistema de aproveitamento, consegue verificar-se que na maioria do território português, seria possível abastecer as áreas anteriormente referidas através da captação da água das chuvas. Os locais onde isto não acontece são os municípios com uma elevada densidade populacional, a existência de uma maioria de edifícios multifamiliares, ou de zonas urbanas extensas, aliados a uma baixa precipitação.

Pode também observar-se um comportamento da capacidade muito semelhante ao da precipitação.

Em jeito de conclusão, pode então afirmar-se que Portugal Continental terá um grande potencial do uso da água das chuvas captada através dos edifícios para usos não domésticos, como rega de jardins/campos agrícolas, lavagem de automóveis, entre outros.

É de elevada importância referir que este trabalho é uma abordagem macro à capacidade de abastecimento de água por via da recolha da chuva. Por este motivo e, devido a todas as variáveis antes referidas, de modo a tentar integrá-las nos cenários, com o objetivo de tornar as previsões mais aproximadas da realidade, é aconselhado fazer mais estudos futuramente, de modo a integrar os restantes tipos de áreas (áreas urbanas e áreas não residenciais) e as diferentes variáveis.

6 FINANCIAMENTO

Este estudo foi financiado pelo projeto I&D OBTain - Objective Building Sustainability n.º de operação NORTE-01-0145-FEDER-000084, cofinanciado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do programa NORTE 2020.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARMO, F. d.; CAETANO, M.; NICOLAU, R.; GARRETT, C.; COSTA, H.; PAGE, Y. L.; CARDOSO, J. M.; CAMPAGNOLO, M.; PENIM, L. Carta de Áreas Edificadas e Cartas de Interfaces de Áreas Edificadas para Portugal Continental. Direção-Geral do Território, 30 jun. 2022. Disponível em:

https://geo2.dgterritorio.gov.pt/info/CartografiaAreasEdificadas2021_DGT_POSEUR_Visualizador_junho2022.pdf.

Acesso em: setembro 2022.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*. P. 598 – 608. 2011. DOI: 10.1016/j.jclepro.2010.11.010.

EXCEL da Água Distribuída/consumida por habitante em 2011. PORDATA. Fundação Francisco Manuel dos Santos. 2009. Disponível em: <https://www.pordata.pt/municipios/agua+distribuida+consumida+por+habitante-484>. Acesso em: setembro 2022.

HEIDARI, H; ARABI, M.; WARZINIACK, T.; SHARVELLE, S. Effects of Urban Development Patterns on Municipal Water Shortage. *Frontiers in Water*. Vol. 3. 2021. DOI: 10.3389/frwa.2021.694817.

MARTINS, R.; MOURA E SÁ, P., Promoting sustainable residential water use: a Portuguese case study in ownership and regulation. *Policy Studies*. Vol. 32, p. 291 – 301. 2011- DOI: 10.1080/01442872.2011.561697.

RASTER da Normal Meteorológica de 1959 - 1991. SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. APA – Associação Portuguesa do Ambiente. 1995. Disponível em: snirh.apambiente.pt. Acesso em: setembro 2022.

SHAPEFILE da Carta de Áreas Edificadas 2018, Direção-Geral do Território. Disponível em <https://dados.gov.pt/pt/datasets/carta-de-areas-edificadas-2018/>. Acesso em: setembro 2022.

TESTON, A.; GERALDI, M. S.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Rainwater Harvesting in Buildings in Brazil: A Literature Review. *In: 2nd International Electronic Conference on Water Science*. 25. 2018. Florianópolis. Santa Catarina: USC, 2018. p. 25.