

# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022



# SOLO E RECURSOS HÍDRICOS

*conservação,  
recuperação  
e manejo*

ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR  
*(organizador)*



EDITORA  
ARTEMIS

2022



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Editora Chefe</b>     | Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira |
| <b>Editora Executiva</b> | M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin                          |
| <b>Direção de Arte</b>   | M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano                                     |
| <b>Diagramação</b>       | Elisangela Abreu   |
| <b>Organizador</b>       | Prof. Dr. Ariston da Silva Melo Júnior                             |
| <b>Imagem da Capa</b>    | Ziglinda/123RF   |
| <b>Bibliotecária</b>     | Janaina Ramos – CRB-8/9166   |

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato, México*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil



Prof.ª Dr.ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México  
Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College*, Estados Unidos  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, México  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, Universidad Nacional Autónoma de México, México  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I*, Espanha  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S689 Solo e recursos hídricos: conservação, recuperação e manejo / Organizador Ariston da Silva Melo Júnior. – Curitiba-PR: Artemis, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-87396-67-5

DOI 10.37572/EdArt\_290822675

1. Solos. 2. Recursos hídricos. 3. Sustentabilidade. I. Melo Júnior, Ariston da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 631.45

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166



## APRESENTAÇÃO

O título **Solo e Recursos Hídricos – Conservação, Recuperação e Manejo** traz para o mundo atual uma das maiores preocupações com a preservação do nosso planeta e dos biomas que compõem toda a estrutura da Terra. O estudo constante de novas tecnologias, metodologias e gerenciamento deve promover um crescimento sustentável e garantir o futuro das próximas gerações.

A importância desse tema nesse século XXI é tamanha que a própria Organização das Nações Unidas (ONU) apresenta em sua agenda de 2030 o tema sustentabilidade e manutenção do meio ambiente como meta de desafio a ser alcançado de forma a que os recursos hídricos e a conservação do solo sejam foco primordial de interesse e responsabilidade política e social das nações. Tal proposta da ONU já vem sendo empregada por governos em projetos como, por exemplo, cobrança d'água do setor agrícola para minimizar a poluição de rios e lagos e impedir a contaminação de solos. Sendo esse controle realizado pelos denominados Comitês de Bacias Hidrográficas, o que mostra a relevância e atualidade do presente livro.

Este livro não se propõe a trazer soluções finais e vindouras, o que seria pretencioso; mas apresentar a preocupação e zelo que os autores tiveram em compartilhar seus conhecimentos. Assim, o livro apresenta o que de melhor está sendo realizado no mundo acadêmico e científico, de modo a trazer propostas, ensaios científicos e reflexões que permeiem as mentes de todos e todas de modo a podermos trazer uma nova proposta de melhoria a manutenção da qualidade e fertilidade de nossos solos e de técnicas para o uso racional das reservas hídricas do mundo, com os novos conceitos que vem sendo estudados pelas universidades e centros de pesquisas em relação ao bioma terrestre e aquático. Exemplos como a chamada pegada hídrica e claro apresentar uma nova proposta pedagógica em que as novas gerações tenham em mente a responsabilidade em um contínuo respeito a nosso lar – planeta Terra.

Nesse sentimento que a organização dessa obra propõe uma leitura crítica e atenta às pesquisas que os autores e autoras trazem nessa obra de modo a permitirem a generosidade em compartilhar seus conhecimentos e pensamentos para a formação contínua do leitor e leitora.

Uma boa leitura a você leitor/leitora e que as próximas páginas possam levar a uma reflexão da importância sustentável que esse livro tem como meta e sonho: um mundo novo, melhor e mais harmônico para toda humanidade!

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA. CONTRIBUTOS NA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Carla Maria Rolo Antunes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226751](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226751)

### **CAPÍTULO 2..... 14**

USO EFICIENTE DA ÁGUA EM LISBOA - CÁLCULO DA PEGADA HÍDRICA

Manuela Moreira da Silva

Leandro Muller

Susana Neto

Carla Pimentel Rodrigues

Armando Silva Afonso

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226752](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226752)

### **CAPÍTULO 3..... 21**

DESEMPENHO EM FILTRO LENTO QUANTO A MELHORIA NO PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE ESGOTO DOMÉSTICO

Ariston da Silva Melo Júnior

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226753](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226753)

### **CAPÍTULO 4..... 36**

ATIVOS ECOLÓGICOS E BALANÇO DE CARBONO DE UM ESPAÇO VERDE URBANO – CONTRIBUTOS PARA UMA *WATER SENSITIVE CITY*

Manuela Moreira da Silva

Sandra Caetano

Daniel Pimenta

Lídia Terra

Horácio Carvalho

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_2908226754](https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226754)

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>  | <b>50</b>  |
| MONITORAMENTO DA DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO (DQO) EM LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO  |            |
| Ariston da Silva Melo Júnior<br>Kleber Aristides Ribeiro<br>Abrão Chiaranda Merij   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226755</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 6.....</b>  | <b>65</b>  |
| FLOW VELOCITY STRUCTURE AND TURBULENCE CHARACTERISTICS IN A PARTIALLY VEGETATED CHANNEL WITH RIGID EMERGENT VEGETATION  |            |
| Cristina Maria Sena Fael<br>César Augusto Vaz Santos<br>Cátia Sofia Batista Taborda   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226756</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 7.....</b>  | <b>78</b>  |
| HACIA EL BUEN ESTADO QUÍMICO DE NUESTRAS AGUAS CONTINENTALES: ¿SÓLO LAS EDAR SON RESPONSABLES DEL MISMO?  |            |
| Rafael Marín Galvín   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226757</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 8.....</b>  | <b>91</b>  |
| EFICIÊNCIA NA REMOÇÃO DE COMPOSTOS NITROGENADOS EM SISTEMA DE ALAGADOS CONSTRUÍDO   |            |
| Ariston da Silva Melo Júnior<br>Kleber Aristides Ribeiro<br>Leonardo Gerardini  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758">https://doi.org/10.37572/EdArt_2908226758</a> |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO .....</b>   | <b>110</b> |



# CAPÍTULO 4

## ATIVOS ECOLÓGICOS E BALANÇO DE CARBONO DE UM ESPAÇO VERDE URBANO – CONTRIBUTOS PARA UMA WATER SENSITIVE CITY

Data de submissão: 20/05/2022

Data de aceite: 10/06/2022

### **Manuela Moreira da Silva**

Universidade do Algarve  
Instituto Superior de Engenharia  
Faro – Portugal  
CIMA – Centro de Investigação  
Marinha e Ambiental  
CEiiA – Centro de Engenharia e  
Desenvolvimento  
<https://orcid.org/0000-0002-3331-8280>

### **Sandra Caetano**

Universidade do Algarve  
Escola Superior de Saúde  
Faro - Portugal  
CIMA – Centro de Investigação  
Marinha e Ambiental  
<https://orcid.org/0000-0002-5553-4857>

### **Daniel Pimenta**

Universidade do Algarve  
Instituto Superior de Engenharia  
Faro – Portugal

### **Lídia Terra**

Divisão de Ação Climática e Economia  
Circular da Câmara Municipal de Loulé  
Portugal

### **Horácio Carvalho**

Divisão de Ação Climática e Economia  
Circular da Câmara Municipal de Loulé  
Portugal

**RESUMO:** A importância dada aos espaços verdes urbanos tem vindo a crescer nos últimos anos, associada aos diversos serviços ecossistémicos que desempenham e à relevância destes para a qualidade de vida das populações. A integração da Natureza nos espaços urbanos, deve ser encarada como uma importante medida de mitigação do impacto das alterações climáticas, particularmente sentidas no Mediterrâneo, onde os episódios de escassez de água são cada vez mais frequentes. A evolução das cidades atuais para *Water Sensitive Cities*, carece de estratégias integradoras de soluções ecológicas com as da engenharia tradicional, sempre centradas nas pessoas e no desenvolvimento sustentável. Este estudo, realizou-se num jardim público urbano em Almancil (Loulé, Portugal) para avaliação dos seus ativos ecológicos e quantificação do seu balanço de carbono. Foi estimado que durante 2019, o jardim possui um saldo positivo de sequestro de 16.58 t CO<sub>2</sub>, concluindo-se que é possível aumentar a capacidade de armazenamento de água da chuva para rega, diminuir a dependência da água potável e aumentar o potencial para sequestro de carbono na biomassa vegetal. Foram implementadas medidas que associam a Natureza à tecnologia, e definidas estratégias para o futuro que vão permitir melhorar os serviços ecossistémicos que este espaço verde urbano assegura à comunidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Natureza em Zonas Urbanas. Escassez de água. Descarbonização.

## ECOLOGICAL ASSETS AND CARBON BALANCE IN A PUBLIC GREEN SPACE – CONTRIBUTIONS TO A WATER SENSITIVE CITY

**ABSTRACT:** During the last years, the awareness about the importance of public green spaces and their ecosystem services for urban communities is growing. Nature inclusion in urban areas is a crucial measure to mitigate the climate change impact, particularly in areas such as the Mediterranean, where water scarcity is increasingly frequent. The strategies integrating nature-based solutions and conventional engineering can contribute to promoting the evolution of current cities to Water Sensitive Cities, always centred on people and sustainable development. This study was carried out in an urban public garden in Algarve (Loulé, Portugal) and aimed to evaluate its ecological assets and quantify the carbon balance. It was estimated that during 2019, the garden has a positive sequestration balance of 16.58 t CO<sub>2</sub>. We concluded that it is possible to increase the capacity of rainwater storage for garden irrigation, reduce dependence on drinking water and increase the potential for carbon sequestration by terrestrial vegetal biomass. Several measures integrating nature and technology were implemented and some strategies were defined for the future, to improve the ecosystem services provided by this green space to the local community.

**KEYWORDS:** Nature in Urban Areas. Water Scarcity. Decarbonization.

### 1 INTRODUÇÃO

O aumento da densidade populacional urbana nas últimas décadas e a consequente pressão exercida sobre os recursos naturais, têm vindo a ameaçar capacidade de carga do nosso planeta (Galii et al, 2020). À medida que as pessoas migram para as cidades e a urbanização se expande, os ciclos naturais vão sofrendo cada vez mais alterações. Suprir as necessidades de água, alimento e energia das sociedades atuais, desenvolvendo as economias e mantendo a qualidade dos ecossistemas, é um dos maiores desafios da humanidade (WWF, 2018). Atualmente as cidades são a principal fonte de CO<sub>2</sub>, os cidadãos carecem de se mover numa lógica global, e o tráfego gera emissões gasosas que comprometem seriamente a qualidade do ar pondo em causa a saúde pública (Shan et al., 2017; Li et al., 2019). Numa abordagem ecotecnológica, os serviços ecossistémicos assegurados pelos espaços verdes urbanos, são cada vez mais relevantes para a qualidade de vida das populações. (Konijnendijk, et al., 2005; Soares et al., 2011). A integração da Natureza nas cidades traz numerosos benefícios sociais, ecológicos e económicos (Greene et al., 2018). As plantas integradas nas cidades, para além de mitigarem as consequências das alterações climáticas, podem contribuir significativamente para a descarbonização. De acordo com as metas definidas pelo Estado Português, até 2050 o balanço entre as emissões e a remoção de carbono da atmosfera deve ser nulo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e definir ações para melhorar os serviços ecossistêmicos do Jardim das Comunidades em Almancil (Loulé, Portugal), caracterizando-se os ativos ecológicos e definindo-se estratégias para reduzir o consumo de água potável e otimizar o balanço de carbono. Envolveram-se os diversos atores locais, nomeadamente o poder local e a comunidade escolar.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 LOCAL DE ESTUDO

Este jardim foi construído em 2003, localiza-se em Almancil – Loulé e corresponde a uma área total de arruamentos e zonas plantadas de 12180 m<sup>2</sup> mais um lago de 1 200 m<sup>2</sup> (Figura 1). Está ladeado por uma Escola Básica 2, 3, por um Centro de Dia e por blocos de apartamentos residenciais. Inclui vários ativos ecológicos nomeadamente, árvores, arbustos, 4300 m<sup>2</sup> de relvado da cultivar *Cynodon dactylon*, o lago central, bem como zonas lúdicas/desportivas para crianças e idosos. Desde a sua implantação, houve o cuidado de se utilizar espécies vegetais autóctones, que são exclusivamente regadas com água potável, fornecida pela rede de abastecimento público.

Figura 1. Vista aérea do Jardim das Comunidades e da sua envolvente urbana.



### 2.2 TRABALHO DE CAMPO E LABORATORIAL

Procedeu-se à caracterização deste espaço verde, considerando o seu lago e a vegetação terrestre envolvente.

## 2.2.1 Lago

Este lago apresenta 1200 m<sup>2</sup> de área e 1,30 m de profundidade máxima, e desde o início da sua construção, tem apresentado fenómenos recorrentes de eutrofização, reveladores da necessidade de se melhorar a hidrodinâmica. Assim, realizou-se uma intervenção para limpeza de sedimentos anóxicos acumulados no fundo e procedeu-se à alteração do sistema de adução de água, de forma melhorar a sua circulação e a evitar-se zonas estagnadas com estratificação, potencialmente anóxicas durante os períodos sem luminosidade. Foram realizadas duas amostragens de água do lago, uma antes do seu vazamento (novembro de 2019) e outra após a correção da sua hidrodinâmica (fevereiro de 2020), para se avaliar a evolução do estado trófico. Para isso, caracterizou-se a qualidade da água, quantificando-se *in situ* oxigénio dissolvido, pH, temperatura *in situ* e transparência ao disco Secchi, e em laboratório amónia, nitratos, fosfatos, clorofila *a* e feopigmentos (Baird *et al.*, 2017). Procedeu-se em simultâneo à caracterização da componente fitoplanctónica e à quantificação da sua densidade, preservando-se as amostras com uma solução de lugol ácido e posteriormente armazenadas de acordo com o protocolo de Utermhöl (1958) no qual se baseia a norma europeia em vigor (CEN-EN 15204:2006). Posteriormente as amostras foram observadas em microscopia de inversão utilizando-se um microscópio Zeiss - Observer A1 – AXIO, com as objetivas Zeiss LDA - Plan: 40x, 0,50 ph2, 441251 – 9915 e Achroplan 100x, 1,25 ph3, infinito/0,17. Para a contagem foi realizada uma análise qualitativa com base na identificação preliminar da composição fitoplanctónica, em campos aleatórios ou em toda a câmara, dependendo da densidade da amostra. Para a determinação do biovolume foi seguida a EN 16695:2015, para a medição das células e cálculo de unidade de volume. Para o cálculo do conteúdo de carbono utilizou-se um método que a partir do biovolume celular e dos respetivos fatores de conversão, permite estimar o conteúdo de carbono (EN 16695:2015, Menden-Deuer & Lessard, 2000). Realizou-se uma atividade de voluntariado com estudantes da Universidade do Algarve e retiraram-se as espécies exóticas existentes, incluindo peixes e quelónios (cágados e taratarugas), contando-se com a colaboração do Instituto de Conservação da Natureza e Florestas e de uma instituição certificada para as recolher. Durante o vazamento do lago, foi ainda feito o registo fotográfico da ictiofauna e posterior identificação.

## 2.2.2 Vegetação Terrestre e Cálculos de Carbono

Recorreu-se à informação existente nos serviços da Câmara Municipal de Loulé, relativa ao projeto deste espaço verde, sobre a idade e identificação das espécies vegetais terrestres, confirmando-se *in situ* a sua existência e as respetivas áreas de



cobertura. As áreas de cobertura, foram estimadas a partir de imagens de satélite (fotografia aérea do Google Earth) e posterior edição utilizando-se o QGIS. Fez-se uma estimativa aproximada do potencial de sequestro utilizando-se fatores de aplicáveis às espécies vegetais presentes, previamente publicados. Para se estimar o potencial de armazenamento de carbono no solo superficial, até 15 cm de profundidade, procedeu-se à recolha de três amostras junto à rizosfera das espécies mais frequentes. As amostras foram transportadas até ao laboratório, onde se prepararam amostras compósitas representativas de cada rizosfera. Procedeu-se à sua secagem a 105 °C durante 24 horas. Em seguida passaram-se por um peneiro de 2 mm, fez-se 3 tomas de cada amostra, e colocaram-se em cadinhos para serem incineradas, durante 4 h a 450 °C. Pesaram-se então para determinação da matéria orgânica. Após a pesagem, as amostras foram colocadas na mufla durante 4 h, a 950 °C e novamente pesadas. Procedeu-se ao cálculo do carbono orgânico, carbono inorgânico e carbono total (Houba et al., 1995): carbono orgânico = matéria orgânica x 0.58; carbono inorgânico = 0.273 x (massa da amostra após 450 °C

### 2.2.3 Recursos Necessários e Emissões de Carbono Associadas

Foram avaliados os consumos de água na rega e no lago, da energia elétrica, e da gasolina gasta nas operações de manutenção do jardim. Fez-se uma análise a possíveis origens alternativas de água para este local, de forma a reduzir-se ao mínimo o consumo de água tratada para consumo humano (potável). Estimaram-se os consumos energia elétrica e de gasolina e calcularam-se as emissões de carbono associadas relativas ao ano de 2019, a partir dos fatores de emissão correspondentes. Para a energia considerou-se o fator de emissão 248.65 g CO<sub>2</sub>e/ kWh, incluindo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O (EDP, 2020), e para a gasolina o fator de emissão 2 901 kg CO<sub>2</sub>e/ tep (APA/IPCC Guidelines).

## 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 3.1 LAGO

Os resultados analíticos obtidos nas duas amostragens realizadas à qualidade da água do lago, estão sintetizados na Tabela 1, onde se podem comparar com os Valores Máximos Admissíveis, referidos na legislação em vigor em Portugal. Analisando os parâmetros de qualidade da água quantificados, no geral parecem cumprir os requisitos ecológicos para as águas naturais, exceto para oxigénio dissolvido, em ambas as amostragens. No período de novembro a fevereiro, verificou-se uma diminuição dos

valores de Cl a, um aumento da transparência ao disco Secchi e uma diminuição do pH. Esta evolução estará associada a uma melhoria da hidrodinâmica do lago, que terá contribuído para diminuir a estratificação. Já está cientificamente comprovado, que a presença abundante de populações fitoplanctónicas tendem a consumir muito do CO<sub>2</sub> presente nas águas naturais, com conseqüente aumento do pH, e que o mesmo acontece em sistemas artificiais como reservatórios, albufeiras ou lagos como este (Talling, 1976; Engel, 2020). Também se sabe que, uma densidade demasiado elevada de fitoplancton pode induzir fenómenos de eutrofização. Os dados do presente estudo revelam uma redução do pH após a intervenção no lago, que é consistente com a diminuição da densidade fitoplanctónica, traduzindo-se numa menor taxa de remoção de CO<sub>2</sub> da água pelas microalgas.

Para a caracterização ecológica desta massa de água urbana, cruzaram-se os resultados obtidos com a classificação da produtividade de lagos (Thomann & Mueller 1987). Embora o método analítico utilizado neste trabalho para quantificação dos ortofosfatos apresente um LQ demasiado elevado (LQ = 0.383 mg/L), de acordo com os resultados obtidos, para a Cla (> 10 mg/m<sup>3</sup>) pode classificar-se este lago como eutrófico. Note-se que apesar de no momento da amostragem (período da manhã) se terem observado elevados níveis de oxigenação (> 90 % O<sub>2</sub>), nos períodos noturnos existe risco de depleção de oxigénio para a comunidade biótica do lago. Atualmente, estão em curso trabalhos para se melhorar a estimativa do Índice do Estado Trófico deste lago (de acordo com Jin et al., 1995 in Hu et al., 2016), incluindo a determinação de Fósforo Total e Azoto Total, para possibilitar a classificação através de uma escala numérica, variável entre 0 (oligotrófico) e 100 (hipertrófico).

Tabela 1- Caracterização da qualidade da água do lago do Jardim das Comunidades antes e após a intervenção respetivo.

| Parâmetro           | Unidade              | Resultado<br>26 nov 2019<br>( $\bar{x} + \sigma$ ) | Resultado<br>18 fev 2020<br>( $\bar{x} + \sigma$ ) | * Valor Máximo<br>Admissível |
|---------------------|----------------------|--|--|------------------------------|
| Temperatura         | °C                   | 16.2 ± 0.1   | 18.0 ± 0.4   | 30                           |
| pH                  | Esc.Sorenson         | 7.2 ± 0.4  | 5.5 ± 0.3  | 5.0 – 9.0                    |
| Oxigénio dissolvido | % O <sub>2</sub>     | 94 ± 4   | 138 ± 1  | 50                           |
| Transparência       | cm                   | 0.48 ± 0.11  | 0.63 ± 0.21  | --                           |
| Ortofosfatos        | mg/L PO <sub>4</sub> | <0.383(LQ)**                                       | <0.383(LQ)**                                       | --                           |
| Amónia              | mg/L NH <sub>4</sub> | <0.12(LQ)**  | <0.12(LQ)**  | 1.29                         |
| Nitratos            | mg/L NO <sub>3</sub> | <4.4(LQ)**   | <4.4(LQ)**   | --                           |
| Clorofila a         | mg/m <sup>3</sup>    | 15 ± 10  | 12 ± 4   | --                           |
| Feopigmentos        | mg/m <sup>3</sup>    | <1(LQ)**   | <1(LQ)**   | --                           |

\*DL 236/98 Anexo XXI; \*\*Valor inferior ao Limite Quantificação (LQ).

No que diz respeito à caracterização do fitoplâncton, na primeira amostragem foram identificados 15 taxa e na segunda 14, ou seja, aparentemente houve uma redução da diversidade fitoplanctónica em cerca de 7 %. Dos taxa identificados na segunda amostragem, 33 % não estavam presentes na primeira (Tabela 2). A biomassa fitoplanctónica é importante para determinar o estado ecológico dos ecossistemas aquáticos e está intimamente relacionada com variados parâmetros físico-químicos. A dimensão do lago em análise não deve comportar uma massa de fitoplâncton muito elevada, sendo que o normal funcionamento das comunidades fitoplanctónicas pressupõe uma alternância entre os estados de florescência e senescência. Durante o período de senescência a massa fitoplanctónica entra em decomposição e ocorrem elevados consumos de oxigénio o que pode ser bastante prejudicial à qualidade da água. Porém, segundo Engel et al., (2020) em regiões temperadas, o consumo de CO<sub>2</sub> por parte do fitoplâncton pode ser importante para a dinâmica do carbono em cerca de 20 % a 40 % dos lagos. Assim, em lagos de pequena dimensão, como é o caso em estudo, é difícil definir-se um equilíbrio entre a biomassa fitoplanctónica adequada à manutenção de uma boa qualidade da água e a massa necessária para que o fitoplâncton contribua para a remoção do CO<sub>2</sub> sem contribuir para a depleção de oxigénio. Verifica-se que dos taxa coincidentes em ambas as amostragens, 30 % apresentavam conteúdos de carbono superiores na segunda amostragem, em consequência do seu maior biovolume comparativamente ao encontrado na primeira amostragem para os mesmos taxa. Cerca de 66% das espécies fitoplanctónicas sofreram uma redução do seu biovolume e apenas 1% o mantiveram.

Tabela 2- Espécies fitoplanctónicas e respetivos conteúdos de carbono, nas duas amostragens efetuadas antes e após a intervenção no lago.

| Espécie                       | Carbono µg/L C |                |
|-------------------------------|----------------|----------------|
|                               | novembro 2019  | fevereiro 2020 |
| <i>Achnanthyidium sp.</i>     | 20.83          | 20.83          |
| <i>Ceratium sp.</i>           | 4.53           | --             |
| <i>Nitzschia sp.</i>          | --             | 126.53         |
| <i>Peridinium sp.</i>         | 2.22           | 64.17          |
| <i>Cosmarium spp.</i>         | 628.05         | 247.26         |
| <i>Staurastrum sp.</i>        | 30.96          | 139.00         |
| <i>Elakatothrix sp. spp.</i>  | 3.64           | --             |
| <i>Synedra sp.</i>            | --             | 465.05         |
| <i>Pediastrum boryanum</i>    | 30.96          | 59.74          |
| <i>Pediastrum simplex</i>     | 161.42         | 22.06          |
| <i>Tetraedron minimum</i>     | 26.95          | 9.13           |
| <i>Coelastrum reticulatum</i> | 29.21          | 14.33          |

| Espécie                   | Carbono µg/L C |                |
|---------------------------|----------------|----------------|
|                           | novembro 2019  | fevereiro 2020 |
| <i>Scenedesmus spp.</i>   | 3.94           | 1.47           |
| <i>Chodatella spp.</i>    | 4.31           | --             |
| <i>Cryptomonas sp.</i>    | --             | 14.00          |
| <i>Nephrocytium sp.</i>   | 35.08          | 1.30           |
| <i>Oocystis spp.</i>      | 29.13          | --             |
| <i>Sphaerellopsis sp.</i> | --             | 8.53           |
| <i>Aphanizomenon sp.</i>  | 61.24          | --             |
| <b>Total</b>              | <b>1072.49</b> | <b>1193.41</b> |

No momento de intervenção no lago, foram retiradas as espécies faunísticas exóticas com a colaboração do Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas, sobretudo tartarugas e cágados, que lá tinham sido inadvertidamente introduzidas pela população local, e que para além da desestabilização das espécies autóctones causavam uma sobrecarga de matéria orgânica na água.

### 3.2 VEGETAÇÃO TERRESTRE E POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO

As principais espécies arbustivas presentes no Jardim das Comunidades ocupam cerca de 415 m<sup>2</sup> e correspondem a medronheiro (*Arbutus unedo*), murta (*Myrtus communis*), romanzeira (*Punica granatum*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e folhado (*Viburnum tinus*). No que diz respeito à área coberta por árvores (área total das copas), é cerca de 2790 m<sup>2</sup>, estando presentes o abrunheiro (*Prunus cerasifera*), o freixo (*Fraxinus angustifolia*), o pinheiro manso (*Pinus pinea*), a alfarrobeira (*Ceratonia siliqua*), a oliveira (*Olea europea*), correspondendo, portanto a espécies autóctones, embora também exista a tília (*Tilia americana*), considerada alóctone. A área relvada corresponde a 4300 m<sup>2</sup> da cultivar *Cynodon dactylon*. Pretendeu-se fazer uma estimativa do potencial de sequestro de carbono pela biomassa vegetal no Jardim das Comunidades, tendo presente que esta depende da espécie, da idade dos indivíduos e das condições edafoclimáticas (Xu et al., 2018). Não dispondo de informação detalhada sobre o número exato de indivíduos de cada espécie nem sobre a idade de cada árvore, fez-se uma caracterização global e considerou-se a área ocupada pelos diferentes tipos de coberto vegetal, considerando-se em seguida a proporção das diferentes espécies arbóreas no espaço e utilizando-se os fatores de sequestro por espécie previamente validados noutros estudo científicos já publicados (Correia, 2005; Pereira et al., 2007; Soares et al., 2011; Palma et al., 2014; Velasco et al., 2016; Xu et al., 2018; Fu et al., 2019) chegando a um valor de 58 t CO<sub>2</sub> /ha,



para se aplicar a uma área de 3205 m<sup>2</sup> de árvores e arbustos no Jardim das Comunidades. No caso do relvado considerou-se o fator de sequestro de Song et al., (2018) para a área de 4300 m<sup>2</sup>, o que corresponde a 5.13 t CO<sub>2</sub> /ha. Assim sendo, a estimativa do sequestro de carbono pela biomassa vegetal no Jardim das Comunidades em 2019 é de 20.8 t CO<sub>2</sub>, sendo que 18.6 t CO<sub>2</sub> correspondem à componente de árvores e arbustos e 2.2 t CO<sub>2</sub> à da relva. Atendendo a que cerca de 20 % do carbono sequestrado pela vegetação arbórea urbana é armazenado nas raízes e nos sedimentos que as envolvem (rizosfera), e que na região do Mediterrâneo esse sequestro pela biomassa e posterior armazenamento pode atingir valores mais elevados do que noutras regiões (McPherson et al., 2013), fez-se uma primeira caracterização do potencial de armazenamento de carbono no solo do Jardim das Comunidades. Quantificou-se a massa de carbono nas suas diversas formas (orgânica, inorgânica e total) por kg de solo, considerando-se a rizosfera das principais espécies vegetais, tal como se apresenta na Tabela 3.

Tabela 3- Teores de carbono por kg de solo (média ± desvio padrão) na rizosfera das principais espécies vegetais no Jardim das Comunidades, com valores máximos realçados a negrito.

| Cobertura do solo      | Carbono Orgânico<br>(g C/ kg solo) | Carbono Inorgânico<br>(g C/ kg solo) | Carbono Total<br>(g C/ kg solo) |
|------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| <b>Alfarrobeira</b>    | <b>39.48 ± 3.70</b>                | 6.41 ± 0.18                          | 45.89 ± 3.69                    |
| <b>Oliveira</b>        | 13.46 ± 1.00                       | 15.75 ± 0.38                         | 29.21 ± 0.95                    |
| <b>Pinheiro manso</b>  | 34.72 ± 2.00                       | 6.30 ± 0.18                          | 41.01 ± 2.18                    |
| <b>Tília e Loendro</b> | 22.86 ± 2.99                       | 7.67 ± 0.35                          | 30.53 ± 3.34                    |
| <b>Loendro</b>         | 24.52 ± 0.49                       | <b>66.19 ± 1.45</b>                  | <b>90.71 ± 1.09</b>             |
| <b>Relva</b>           | 32.63 ± 1.50                       | 9.79 ± 0.53                          | 42.43 ± 1.99                    |

Embora os resultados não sejam expressos em valores absolutos de carbono armazenado, constatou-se que o solo na rizosfera da alfarrobeira é o mais rico em carbono orgânico (39.48 ± 3.70 g C/ kg solo), seguindo-se o do pinheiro manso (34.72 ± 2.00 g C/ kg solo) e o recolhido na zona da relva (32.63 ± 1.50 g C/ kg solo). Já no que se refere à componente na forma de minerais carbonatados (a inorgânica) o solo que apresentou a maior percentagem foi o da rizosfera do Loendro, onde também foram mais elevados os teores totais. A forma como o carbono está presente nos solos, depende de vários fatores, nomeadamente da capacidade que as diversas espécies vegetais têm para o sequestrar e através da fotossíntese produzirem exsudatos com hidratos de carbono (carbono orgânico) e oxigénio, e posteriormente os difundirem pelas suas raízes. A difusão destas substâncias pelas raízes, vai contribuir para o desenvolvimento de microrganismos (como fungos micorrízais e bactérias) no solo, e condicionar a mineralização do próprio carbono orgânico (Fisher, 2018). Por outro lado, a respiração das células vegetais da

biomassa subterrânea e dos microrganismos também contribui para as emissões de carbono (Chaparro & Terradas, 2009). O carbono armazenado no solo sob a forma de minerais carbonatados permanece aí de forma inerte e durante períodos muito longos (Gratani & Varone, 2007).

### 3.3 RECURSOS NECESSÁRIOS PARA MANUTENÇÃO DO JARDIM E EMISSÕES DE CARBONO ASSOCIADAS

#### 3.3.1 Combustíveis Fósseis: Gasolina

Neste jardim são realizados em média 16 operações de corte de relva por ano, com uso de um trator para *mulching* que consome 7.5 litros de gasolina 95 por corte, uma roçadora que consome 3.5 L de gasolina 95 por corte, e ainda um soprador que gasta 1.2 L de gasolina 95 por corte. Portanto, o consumo anual de gasolina 95 corresponde a  $16 \times 12.2 = 195.2$  L. Atendendo a que o fator de emissão é 2 901 kg CO<sub>2</sub>e/ tep (APA/ IPCC Guidelines) e o teor energético da gasolina é 0.7840 tep/m<sup>3</sup>, calculou-se o teor energético da gasolina anual de 0.1530 tep e portanto as emissões de carbono associadas ao consumo de gasolina correspondem a 0. 443.9 kg CO<sub>2</sub>e / ano

#### 3.3.2 Eletricidade

O consumo total de eletricidade para o funcionamento do Jardim de Almancil em 2019 foi a 15187 kWh, sendo que de acordo com a entidade fornecedora de energia elétrica (EDP, 2020), nesse ano em Portugal as 51 % da energia teve fontes renováveis, 42 % não renováveis e 7 % foi importada. O fator de emissão correspondeu a 248.65 g CO<sub>2</sub>e/ kWh, e portanto, nesse ano o consumo de eletricidade no jardim foi responsável pela emissão de 3.776 t CO<sub>2</sub>e/ kWh.

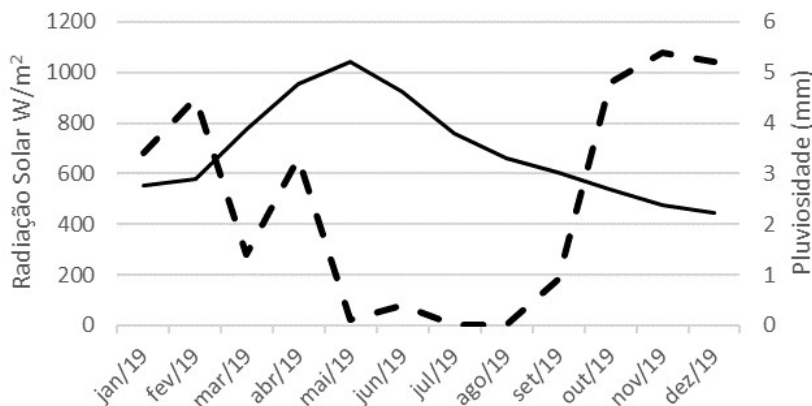
#### 3.3.3 Água para Rega e para o Lago

Atendendo a que não existia informação sobre os consumos reais da água na rega, estimaram-se os consumos médios (diário e mensal) nas quatro estações do ano (Tabela 4), com base no histórico das necessidades de rega desta cultivar de relva. A Figura 2 representa a pluviosidade e a radiação solar registadas durante 2019, de acordo com dados de uma estação meteorológica local. Os níveis de Radiação Solar foram muito elevados o ano inteiro e a Precipitação sempre inferior a 5 mm, exceto de outubro a dezembro. Isto evidencia a necessidade de grandes quantidades de água para rega, e a importância de se encontrarem origens alternativas à água potável.

Tabela 4- Consumos médios de água estimados para rega do Jardim das Comunidades.

| Necessidades hídricas / m <sup>2</sup> | Verão   | Primavera | Outono  | Inverno |
|--|---------|-----------|---------|---------|
|  | 8 L/dia | 5 L/dia   | 3 L/dia | 1 L/dia |
| Média mensal (m <sup>3</sup> )         | 974.9   | 609.3     | 365.6   | 121.9   |
| Média diária (m <sup>3</sup> )         | 32.5    | 20.3      | 12.2    | 4.1     |

Figura 2. Pluviosidade média (---) e Radiação Solar média (—) durante o ano de 2019.



O Jardim das Comunidades apresenta um reservatório de água de 60 m<sup>3</sup> que serve como tanque de compensação ao lago. Uma das principais funções do mesmo é armazenar a água para se manter a circulação. Este estudo demonstrou que solução para promover o armazenamento de água para rega passa por aproveitar os episódios de precipitação intensa ou mesmo extrema, que ocorrem tipicamente duas ou três vezes por ano na região. Este lago possui 1200 m<sup>3</sup> de água (1200 m<sup>2</sup> de área x 1 m profundidade), com as alterações efetuadas, consegue manter-se o seu funcionamento apenas com 70 cm de coluna de água, de boa qualidade, e assim deixar livres 360 m<sup>3</sup> que podem ser ocupados por água da chuva, sobretudo quando os eventos de precipitação são de grande intensidade. Esta solução, não tem custos de investimento associados, basta a alteração da altura da coluna de água e o controlo da quantidade de água que abastece o lago. Por outro lado, recomenda-se a colocação estratégica de um reservatório de água subterrâneo com capacidade para 180 m<sup>3</sup>, num local junto ao lago, definido de acordo com topografia do terreno, e que possa receber a água da chuva que é captada no lago, utilizando-se a gravidade para o seu transporte. Embora a instalação deste novo reservatório tenha um custo associado, vai permitir armazenar água para rega, evitar as perdas por evaporação que existem à superfície, diminuir o uso de água potável na rega,

e em momentos de precipitação extrema, quando a sua capacidade de armazenamento for excedida vai permitir a recarga do aquífero.

A implementação destas duas medidas, traria um aumento da capacidade de retenção de água de 600 m<sup>3</sup>, o que daria para regar o jardim durante um mês, com uma dotação de 20 m<sup>3</sup>/dia, correspondendo às necessidades hídricas num mês na Primavera.

### 3.4 BALANÇO DE CARBONO DO JARDIM DAS COMUNIDADES

Esta primeira estimativa do balanço de carbono, no ano de 2019 aponta para: Emissões associadas aos consumos energéticos e de combustíveis fósseis = 4.22 t CO<sub>2</sub>; Sequestro pela biomassa vegetal = 20.8 t CO<sub>2</sub>; portanto, Balanço de carbono = 16.58 t CO<sub>2</sub>.

Deve recolher-se informação mais detalhada, durante um período mais longo, sobre as diversas variáveis que contribuem para as emissões e para o sequestro de carbono. No entanto, se atendermos a que em 2019 cada português, nas suas diversas atividades, terá emitido cerca de 4.9 t CO<sub>2</sub> e (PORDATA, 2020), é evidente a necessidade de se definirem e adotarem ações que melhorem o desempenho ambiental deste espaço em particular, e de outros similares, de forma que contribuam para a neutralidade carbónica das cidades.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPETIVAS FUTURAS

As intervenções efetuadas contribuíram para a melhoria do estado ecológico do lago. A instalação de novos reservatórios subterrâneos conectados com o lago e posicionados em locais estratégicos, permitirá armazenar água da chuva e reduzir o consumo de água potável, numa quantidade equivalente ao consumo de 3175 pessoas por dia em Loulé (ERSAR, 2019). Retiradas as espécies exóticas e recorrendo, a mais soluções baseadas na Natureza, como por ex. o uso de macrófitas autóctones (ex. *Typha sp.*, *Phragmites sp.* ou *Juncus sp.*), são evitados episódios de eutrofização, sendo necessário manter-se a sua monitorização da qualidade da água e a verificação periódica do estado trófico. A energia é recurso que mais contribui para as emissões de carbono estando em análise a instalação de painéis fotovoltaicos e em verificação os sistemas de bombagem instalados no jardim. Estão em curso estudos mais aprofundados para caracterização dos serviços ecossistémicos assegurados pela vegetação terrestre, em particular do sequestro de carbono. Continuam a ser promovidas atividades pedagógicas, envolvendo académicos, técnicos e políticos locais, para interagirem com os jovens estudantes, e promover o seu empoderamento e responsabilização pela preservação da Natureza no jardim das Comunidades.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APA/IPCC Guidelines (2020). Disponível em <https://www.apambiente.pt/clima/monitorizacao-de-emissoes>

Baird, R. B., Rice, C., & Eaton, A. (2017). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 23rd. Water Environment Federation, American Public Health Association, American Water Works Association.

Chaparro L., Terradas J., (2009) **Ecological Services of Urban Forest in Barcelona**. Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals Universitat Autònoma de Barcelona.

Correia, A., Evangelista, M., Ochoa P., Pereira, J.P. (2005). **O sequestro de carbono em ecossistemas de pinhal manso no Sul de Portugal**. Disponível em: <https://www.fsantos.utad.pt/bibliografia/Doc141.pdf>.

EDP (2020) Disponível em: <https://www.edp.pt/origem-energia/>

Engel, F., Attermeyer, K. and Weyhenmeyer, G.A. (2020) **A simplified approach to detect a significant carbon dioxide reduction by phytoplankton in lakes and rivers on a regional and global scale**. The Science of Nature, 107:29.

ERSAR (2019). Disponível em: <https://www.ersar.pt/pt/publicacoes/relatorio-anual-do-setor>

Fisher, A. (2018) **Gardening, Healthy Soil, and Carbon Sequestration**. Climate Change - Ecological Landscape Alliance. Disponível em: <https://www.ecolandscaping.org/01/developing-healthy-landscapes/climate-change/gardening-healthy-soil-carbon-sequestration/>

Fu, D., Bu, B., Wu, J. Singh, R.P., (2019). **Investigation on the carbon sequestration capacity of vegetation along a heavy traffic load expressway**. Journal of Environmental Management. 241, 549–557.

Galli, A., Iha, K., Pires, S. M., Mancini, M. S., Alves, A., Zokai, G., ... Wackernagel, M. (2020). **Assessing the Ecological Footprint and biocapacity of Portuguese cities: Critical results for environmental awareness and local management**. Cities, 96, 102442.

Gratani, L. & Varone, L. (2007) **Plant crown traits and carbon sequestration capability by *Platanus hybrida* Brot. In Rome**. Landscape and Urban Planning. 81, 282-286. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2007.01.006

Greene C.S., Robinson P.J., Millward A.A. (2018) **Canopy of advantage: Who benefits most from city trees?** Journal of Environmental Management. 208, 24-35.

Houba, V., Van der Lee, J., Novozamsky, I. (1995) **Soil analysis procedures; other procedures (soil and plant analysis, part 5B)**. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University.

Hu, Z., Sun, X., Cai, Y., Guo, L., Chen, Q., Liu, T., Shi, F., Yang L. (2016) **The habitat type and trophic state determine benthic macroinvertebrate communities in lowland shallow lakes of China**. J. Limnol. 75(2), 330-339. DOI: 10.4081/jlimnol.2016.1220

Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, T.B., Schipperin, J. (Eds.) (2005) **Urban Forests and Trees: A Reference Book**. Springer-Verlag, Berlin.

Li, Y., Zheng, J., Dong, S., Wen, X., Jin, X., Zhang, L., & Peng, X. (2019). **Temporal variations of local traffic CO<sub>2</sub> emissions and its relationship with CO<sub>2</sub> flux in Beijing, China.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, 67, 1-15.

McPherson, E. G., Xiao, Q., & Aguaron, E. (2013) **A new approach to quantify and map carbon stored, sequestered and emissions avoided by urban forests.** Landscape and Urban Planning, 120, 70-84.

Menden-Deuer, Susanne, Lessard, Evelyn J., (2000) **Carbon to volume relationships for dinoflagellates, diatoms, and other protist plankton.** Limnology and Oceanography, 3.

Palma, J. H. N., Paulo, J. A., Tome, M., (2014). **Carbon sequestration of modern *Quercus suber* L. silvoarable agroforestry systems in Portugal: a YieldSAFE based estimation.** Agroforest Syst. 88, 791-801.

Pereira, J. S., Mateus, J. A., Aires, L. M., Pita, G., Pio, C. (2007) **Net ecosystem carbon exchange in three contrasting Mediterranean ecosystems? the effect of drought.** Biogeosciences, European Geosciences Union. 4 (5), 791-802.

Shan, Y., Guan, D., Liu, J., Mi, Z., Liu, Z., Liu, J., Schroeder, H., Cai, B., Chen, Y., Shao, S., Zhang, Q. (2017). **Methodology and applications of city level CO<sub>2</sub> emission accounts in China.** J. Cleaner Prod. 161, 1215-1225.

Soares A.L., Rego F.C., McPherson E.G., Simpson J.R., Peper P.J., Xiao Q. (2011) **Benefits and costs of street trees in Lisbon, Portugal.** Urban Forestry & Urban Greening 10, 69-78.

Song, J., Wan, S., Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Han, X., Zeng, D.-H., Cao, G., Wang, Q., Bai, W., and Liu, L. (2018) **The carbon sequestration potential of China's grasslands.** Ecosphere 9 (10).

Talling, J. F. (1976) **The Depletion of Carbon Dioxide from Lake Water by Phytoplankton.** Journal of Ecology, Published By: British Ecological Society Vol. 64, No. 1, pp. 79-121.

Thomann R.V. & Mueller J.A., (1987) **Principles of surface water quality modeling and control.** Harper & Row. 644 pp.

Velasco, E., Roth, M., Norford, L., Molina, L.T., (2016) **Does urban vegetation enhance carbon sequestration?** Landscape and Urban Planning. 148, 99-107.

WWF. 2018. **Living Planet Report (2018) Aiming Higher.** Grooten, M. and Almond, R.E.A.(Eds). WWF, Gland, Switzerland.

Xu, L., Shi, Y., Fang, H., Zhou, G., Xu, X., Zhou, Y., Tao, J., Ji, B., Xu, J., Li, C., Chen, L., (2018). **Vegetation carbon stocks driven by canopy density and forest age in subtropical forest ecosystems.** Science of the Total Environment. 631-632, 619-632.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**ARISTON DA SILVA MELO JÚNIOR** - GRADUADO em Engenharia agrícola e civil pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP; com PÓS-DOUTORADO no estudo de sinterização e obtenção de compósitos de terras raras em células à combustível pelo Centro de Ciências de Tecnologia de Materiais (CCTM) e PÓS-DOUTORADO no estudo da poluição atmosférica e a contribuição dos gases de efeito estufa (GEE) no impacto ambiental pelo Centro de Química e Meio Ambiente (CQMA) ambos realizados no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) da Universidade de São Paulo - USP. MESTRE em Engenharia de Recursos Hídricos - Água e Solos no estudo da relação e interferência dos parâmetros ecofisiológicos de macrófitas na depuração de esgoto doméstico na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da UNICAMP. DOUTOR em Engenharia de Recursos Hídricos e Energéticos estudando a relação e presença de metais pesados dispersos na atmosfera através da coleta de material particulado PM10 e análise pelas técnicas de reflexão total por raios X e microfluorescência com uso de radiação síncrotron aplicadas às análises pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Possui mais de 45 artigos publicados com temática no uso da engenharia e tecnológicas de ponta e alternativas para estudo dos processos de tratamentos de resíduos líquidos, gasosos e sólidos. Autor de 5 livros técnicos e de 2 capítulos de livros na área de engenharia civil e sanitária. Membro da Associação de Engenheiros da SABESP (Companhia de Saneamento Básico de São Paulo) atuou como avaliador e examinador na IBFCRL para concursos públicos na área de engenharia civil e agronomia, além de participar em bancas de mestrado e de concursos na UNICAMP e no IFSP. Adepto do ensino continuado realizou mais de 102 cursos de aperfeiçoamento no ensino superior pela Universidade Federal do Ceará, pela Universidade Estadual do Maranhão e outras IES. Possui mais de 10 anos no ensino superior na Universidade Paulista (UNIP); Faculdades Metropolitanas Unidas (FMU); Universidade Braz Cubas e FATEC-SP. Sendo professor nos cursos de Engenharia: Civil; Sanitária e Ambiental; Elétrica; Mecânica; além dos cursos de tecnologia de edifícios; gestão ambiental e arquitetura e urbanismo. Foi coordenador geral do curso de engenharia civil na FMU durante a gestão de 2015-2016. Tem como linha de pesquisa o estudo contínuo de novas tecnologias de tratamento de resíduos sólidos e líquidos para depuração e conservação do meio ambiente, atuando como pesquisador colaborador na USP e UNICAMP.

Endereço para acessar este CV: <http://lattes.cnpq.br/0010807076892082>

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Avaliação ambiental 1, 2, 3, 8, 11, 12, 13

### C

Contaminação 21, 22, 26, 51

### D

Descarbonização 36, 37

### E

Ecologia 50, 91, 94

EDAR 78, 81, 84, 86, 87, 88, 89

Engenharia 14, 21, 23, 34, 36, 50, 64, 93, 98, 108

Envolvimento dos cidadãos 15

Escassez de água 36, 53

Esgoto 21, 26, 28, 29, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 63, 64, 91, 92, 93, 95, 98, 100, 107

Estado químico 6, 78, 79, 83

Estado y potencial ecológico 78

Experimental study 65

### G

Gestão 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

### M

Meio ambiente 50, 51, 52, 63, 91, 108

### N

Natureza em Zonas Urbanas 36

Normas de calidad ambiental 78, 80, 81, 83, 84, 86, 89

### P

Pegada Hídrica 14, 15, 16, 17, 18, 19

Planeamento 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

Poupança de Água 15, 17, 19

## R

Recursos hídricos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 20, 50, 51, 91

Redutores de Caudal 14, 15, 19

Reuso 21, 30, 34, 53, 54, 63, 91, 94, 107

## S

Saneamento 15, 21, 23, 35, 50, 51, 52, 58, 64, 92

## T

Tejo 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 13

Tratamento 17, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 34, 35, 50, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 107, 108

Turbulent flow 65, 66, 68, 70, 73, 76, 77

## V

Vegetated corridor 65, 66, 71

Vertido 78, 85, 86, 87, 88, 89