

UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE COIMBRA



Livro de Resumos

Ciência em Palco

JORNADAS CIENTÍFICAS

22 SET 2026

Editores Científicos
Ana Sofia Fajardo
Carla Moura



FICHA TÉCNICA

Livro de Resumos das Jornadas Científicas Ciência em Palco

Título: Livro de Resumos das Jornadas Científicas Ciência em Palco

Editores: Ana Sofia Fajardo; Carla Moura

Edição: 1.^a Edição

Design Editorial e Capa: Filipe Clemente

Editora: Universidade Politécnica de Coimbra

ISBN: 978-989-8649-25-6 (ebook)



Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços

S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra

Telefone: +351 239 791250

E-mail: ipc@ipc.pt

Internet: www.ipc.pt

Coordenadas: Latitude 40°12'17.65"N | Longitude 8°27'14.13"W



COMISSÕES

COMISSÃO CIENTÍFICA

Ana Paula Fonseca — Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Ana Sofia Fajardo — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Anabela Gomes — Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Andreia Moura — Escola Superior de Educação de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Carla Ferreira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Carla Moura — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Clara Viseu — Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Fernando Martins — Escola Superior de Educação de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Filipe Clemente — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Guilherme Furtado — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

João José Joaquim — Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

João Matça — Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Lara Mendes — Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Marta Henriques — Escola Superior Agrária de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Paula Ferreira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Paulo Matafome — Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Rafael Demczuk — Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Oliveira do Hospital, Universidade Politécnica de Coimbra

Ricardo Carmo — Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Ricardo Ramos — Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Oliveira do Hospital, Universidade Politécnica de Coimbra

Rui Costa — Escola Superior Agrária de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Sara Sousa — Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Sofia Gonçalves — Escola Superior de Educação de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra

Sónia Chelinho — Serviços Centrais, Universidade Politécnica de Coimbra

Sónia Costa — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Vera Cunha — Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Oliveira do Hospital, Universidade Politécnica de Coimbra

Verónica Oliveira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

COMISSÃO ORGANIZADORA

Ana Sofia Fajardo — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Carla Ferreira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Carla Henriques — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Carla Moura — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Daniel Ferreira — Serviços Centrais, Universidade Politécnica de Coimbra

Diana Lima — INOPOL Academia de Empreendedorismo, Universidade Politécnica de Coimbra

Diana Garcia — INOPOL Academia de Empreendedorismo, Universidade Politécnica de Coimbra

Filipe Clemente — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Guilherme Furtado — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Júlia Maciel — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Lara Portugal — INOPOL Academia de Empreendedorismo, Universidade Politécnica de Coimbra

Paula Cruz — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Paula Ferreira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra

Sónia Chelinho — Serviços Centrais, Universidade Politécnica de Coimbra

Verónica Oliveira — Instituto de Investigação Aplicada, Universidade Politécnica de Coimbra



Índice

<i>Ambiente, Biodiversidade e Território</i>	6
Otimização da Micropropagação de Plantas Aquáticas	7
SHIFT COIMBRA <i>Sustainable Tourism</i> Large Language Models: observatório de empregabilidade e pacto de competências para o turismo sustentável	8
Valorização da Filhó Espichada: preservar a tradição, promover o território	9
Análise Composicional de Dados aplicada à variabilidade espacial de nutrientes e à fertilidade em fósforo nos solos de arroz do Vale do Baixo Mondego	10
A vulnerabilidade da Pampilhosa da Serra: Análise da recorrência de grandes incêndios e as implicações na gestão do risco	11
Implementação e potencialidades de uma Horta no Seminário Maior de Coimbra	12
Fertilização e dinâmica do fósforo num sistema de produção de milho forrageiro	13
WetAgriMed - Melhorar a agricultura de regadio no Mediterrâneo através de abordagens participativas envolvendo soluções digitais avançadas e baseadas na natureza	14
Urbanização portuária, dinâmica da vegetação e ilhas de calor em cidades costeiras do sul do Brasil: análise multissensor por séries temporais de satélite (2013–2025)	15
<i>Educação, Transformação Digital, Sociedade e Organizações</i>	16
Utilização da plataforma <i>Hypatiamat</i> na promoção da literacia estatística e no desenvolvimento do pensamento computacional: uma prática de ensino exploratório no 3.º ano de escolaridade	17
Determinantes ESG na indústria siderúrgica: uma análise em painel de empresas europeias	18
Utilização da plataforma <i>Hypatiamat</i> na promoção da literacia estatística e no desenvolvimento do pensamento computacional: uma prática de ensino exploratório no 4.º ano de escolaridade	19
Inteligência Artificial como mediador epistémico nas aprendizagens matemáticas do 3.º ano de escolaridade	20
Qualidade preditiva na indústria automóvel: uma abordagem estatística e de aprendizagem automática explicável rumo ao desperdício zero	21
Otimização do planeamento operacional diário em reparação de equipamentos	22
Pensamento Computacional e desenvolvimento do conhecimento didático na formação inicial de professores	23
Consolidação do conhecimento linguístico através da gamificação: um modelo de intervenção e de investigação-ação na formação inicial de professores	24
Uma prática STEAM no 4.º ano de escolaridade: literacia estatística e a poluição dos oceanos	25
Sentidos da operação aritmética da divisão, autorregulação e autoeficácia: o impacto da applet “Divisão I” da plataforma <i>Hypatiamat</i>	26
Habitação Social: Realidades e Tendências no Brasil e em Portugal	27
Governança territorial e desenvolvimento sustentável	28
Uma análise longitudinal de uma cooperativa agroindustrial brasileira	28
Utilização da Plataforma <i>Hypatiamat</i> na promoção da aprendizagem da área do retângulo: uma prática de ensino exploratório no 4.º ano de escolaridade	29
<i>Bioeconomia Circular, Alimentação e Valorização de Recursos</i>	30



Valorização de biochar de Acácia para produção de elétrodos aplicados à conversão eletroquímica de nitrato em amónia	31
Ação de compostos fenólicos e glicocalcoides de folhas do tomate contra o vírus ToBRFV (<i>Tomato brown rugose fruit virus</i>)	32
Fontes alternativas de proteínas e abordagens estratégicas para um sistema alimentar sustentável.....	33
Modelo integrado nutricional, comportamental e tecnológico para a redução do desperdício alimentar em refeitórios escolares ...	34
Para além da degustação: o papel da experiência multissensorial no valor percebido do espumante	35
Valorização da quercetina da casca de cebola para a funcionalização de hidrogéis	36
Mitigação de <i>Pseudomonas</i> spp. presentes em leite cru e queijo curado por tecnologias não térmicas: UV-C e CO ₂ dissolvido	37
Valorização integrada do pó de cortiça para aplicações têxteis sustentáveis.....	38
<i>Água, Resíduos e Tecnologias Ambientais</i>	39
Casca de laranja: de resíduo agroalimentar a matéria-prima de alto valor acrescentado.....	40
Desempenho de um <i>Bioscrubber</i> no tratamento de efluentes gasosos da indústria do mobiliário	41
Tratamento de efluentes e potencial de reutilização na indústria de mobiliário por uma tecnologia eletroquímica sustentável	42
Digestão anaeróbia de efluentes pecuários: limitações da mono-digestão e seleção de co-substratos para valorização energética	43
Potencial das Microbial Fuel Cells (MFCs) no tratamento de águas residuais	44
Do pó às estruturas 3D: fotocatalisadores estruturados para o tratamento de águas residuais.....	45
Fotocatalisadores suportados em polímeros para tratamento quaternário de águas residuais	46
Compostagem comunitária e valorização de biorresíduos: avanços, desafios e oportunidades	47
Avaliação de estratégias químicas e físicas para o controlo de <i>Daphnia</i> spp. em estações de tratamento de águas residuais urbanas	48
<i>Engenharia, Energia e Construção Sustentável</i>	49
A influência da sustentabilidade na análise de estruturas	50
Otimização de sistemas de transferência indutiva dinâmica de potência em veículos elétricos de duas rodas	51
Análise CFD de um forno de cerâmica: eficiência energética e descarbonização	52
Influência da lignina de hidrólise enzimática no comportamento mecânico de misturas betuminosas temperadas com incorporação de MBR	53
Simulação numérica do arrefecimento de matrizes de extrusão de alumínio com recurso a cold spraying	54
Desenvolvimento e conceção de um sofá modular	55
Avaliação da circularidade de um bloco construtivo modular sustentável e o seu contributo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	56
Estratégias de carregamento inteligente para veículos elétricos em postos de carregamento públicos: avaliação dos impactos na operação, nos custos e na rede de distribuição elétrica	57
Colapso da Ponte Hintze Ribeiro: erros & lições aprendidas.....	58
Comportamento do betão armado em situação de incêndio: propriedades, normas e estratégias de proteção	59
Conceitos e aplicações de treliças na engenharia civil.....	60
Aplicação web para a seleção preliminar de unidades exteriores em sistemas multi-split.....	61
Ferramenta de apoio à decisão para substituição de uma caldeira a GPL por bombas de calor	62
Avaliação de ciclo de vida de um sistema de arrefecimento termoelétrico	63
<i>Saúde, Biomedicina e Tecnologias para o Bem-Estar</i>	64



Desenvolvimento de uma aplicação de análise termográfica para a deteção precoce de patologias no pé diabético	22 SET 2026	65
Scaffolds bicamada funcionalizados com magnésio para regeneração óssea		66
ExploreHOUSE VR: plataforma adaptativa de realidade virtual imersiva para a autonomia funcional		67
Resposta do metabolismo lipídico ao consumo de gelatina vegetal numa população jovem		68
Otimização de protocolos de Imagem Guiada por kV-CBCT:		69
aplicação em contexto clínico no serviço de Radioterapia da ULS de Coimbra		69
Outcomes clínicos de pacing na área do ramo esquerdo versus pacing no ventrículo direito: um estudo de centro único		70
Desenvolvimento de uma metodologia padronizada para preparação de dados e reconstrução tridimensional longitudinal de artérias coronárias		71
Hidrogel granular injetável para a reparação de perfurações do disco da articulação temporomandibular		72
Modelos diferenciais para processos de cicatrização de feridas		73
Biomarcadores circadianos na saliva: avaliação de uma abordagem não invasiva		74
Tecnologia e humanização: duas faces da otimização em TC cardíaca		75
Alterações da glicose influenciam a barreira intestinal e a presença de DNA bacteriano no tecido adiposo		76
Influência do tempo de exposição a ecrãs no Sistema Vestibular		77
Comportamento do teste da Acuidade Visual e vHIT com o avançar da idade		78
A influência da otite média com derrame no equilíbrio postural e no reflexo vestibulo-ocular em crianças		79
Sistema Vestibular e equilíbrio postural em surfistas		80



Ambiente, Biodiversidade e Território



Otimização da Micropropagação de Plantas Aquáticas

Jânia Bucur^{1,2}, Maciej Jakobina², Renata Galek²

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Departamento de Melhoramento Vegetal e Produção de Sementes, Universidade de Ciências Ambientais e da Vida de Breslávia, Praça Grunwaldzki, n.º 24a, 50-363 Breslávia, Polónia.

e-mail: jania.bucur@gmail.com

Resumo

O presente estudo avaliou o efeito da concentração do meio de cultura de Murashige e Skoog (MS completo contra 1/2 MS)[1] e da suplementação com carvão ativado (2 g/L)[2] no desenvolvimento *in vitro* de cinco espécies aquáticas: *Rotala boschi*, *Staurogyne repens*, *Pogostemon stellata*, *Limnophila aromatica* e *Bacopa caroliniana*. O trabalho foi desenvolvido em duas fases experimentais, a exploratória e a quantitativa. Numa fase exploratória, foi avaliada qualitativamente a adaptação das cinco espécies aos diferentes meios de cultura. Numa segunda fase, de natureza quantitativa, explantes provenientes de culturas-mãe mantidas em meio basal MS completo foram distribuídos por quatro tratamentos experimentais (MS, 1/2 MS, MS + carvão ativado e 1/2 MS + carvão ativado), sendo avaliados parâmetros morfológicos e fisiológicos em *Bacopa caroliniana*, *Limnophila aromatica* e *Rotala boschi*. Adicionalmente, foi efetuada a caracterização do perfil de compostos voláteis das espécies aromáticas através de GC-MS. *Bacopa caroliniana* apresentou maior desenvolvimento vegetativo em meio basal MS completo, enquanto *Limnophila aromatica* e *Rotala boschi* apresentaram melhores indicadores de desenvolvimento radicular nos tratamentos com redução da concentração do meio basal MS, particularmente em associação com carvão ativado. Em *Rotala boschi*, a presença de carvão ativado esteve associada ao menor escurecimento dos tecidos e a melhores parâmetros de desenvolvimento radicular. Em culturas de *Bacopa caroliniana* foi ainda observada a formação de precipitados cristalinos, para os quais os ensaios realizados não forneceram evidência de origem microbiológica. A análise por GC-MS revelou perfis químicos distintos entre as espécies estudadas, tendo sido identificados compostos pertencentes maioritariamente às classes dos monoterpenos e sesquiterpenos. Apesar das limitações associadas ao número reduzido de réplicas em alguns tratamentos e à ocorrência de contaminação em determinadas culturas, os resultados obtidos fornecem informação relevante para o desenvolvimento e otimização de protocolos.

Agradecimentos e financiamento

A autora agradece à Prof.ª dr hab. inż. Renata Galek, professor Uczelni, pela orientação científica, e a mgr. inż. Maciej Jakobina, pela coorientação e pelo apoio técnico e científico prestado durante o desenvolvimento deste trabalho. A autora agradece igualmente ao Departamento de Genética, Melhoramento Vegetal e Sementes da Universidade de Ciências Ambientais e da Vida de Breslávia pelas condições disponibilizadas para a realização deste trabalho, desenvolvido no âmbito de um estágio curricular da Licenciatura em Biotecnologia da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Coimbra, ao abrigo do Programa Erasmus+. Este trabalho não recebeu financiamento específico para além do apoio à mobilidade concedido pelo Programa Erasmus+.

Referências bibliográficas

- [1] T. Murashige and F. Skoog, "A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures," *Physiologia Plantarum*, vol. 15, pp. 473–497, 1962.
- [2] T. D. Thomas, "The role of activated charcoal in plant tissue culture," *Biotechnology Advances*, vol. 26, no. 6, pp. 618–631, 2008.



SHIFT COIMBRA *Sustainable Tourism Large Language Models*: observatório de empregabilidade e pacto de competências para o turismo sustentável

Daniela Loureiro, Daniela Marques, Andreia Moura, Maria do Rosário Mira

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: a2021118426@esec.pt

Resumo

Entre 2013 e 2024, a atividade turística em Coimbra registou um crescimento significativo, acompanhado pela duplicação das receitas do setor [1]. Contudo, a estada média manteve-se reduzida, situando-se em 1,5 noites em 2023, e os fluxos turísticos continuaram concentrados na Universidade de Coimbra - Alta e Sofia [2]. Esta concentração intensifica os desafios relacionados com a mobilidade, a preservação do património, a qualificação dos profissionais, a qualidade dos serviços e os impactos do turismo nas comunidades residentes [2].

Neste contexto, o projeto SHIFT COIMBRA — *Sustainable Tourism LLM* visa desenvolver, testar e validar um modelo inovador, inteligente e orientado por dados para apoiar a gestão sustentável de Coimbra enquanto destino turístico. O projeto procura articular a preservação do património, a sustentabilidade, a competitividade territorial, a valorização da experiência turística e a qualidade de vida das comunidades locais, envolvendo entidades públicas, instituições de ensino superior, empresas, parceiros tecnológicos e outros agentes do território [2].

No âmbito do *work package* liderado pelo Instituto Politécnico de Coimbra, a investigação tem como objetivo geral diagnosticar as necessidades atuais e emergentes de competências e qualificação dos profissionais e das organizações do setor turístico da região de Coimbra, produzindo evidência científica que sustente o desenvolvimento do Observatório de Empregabilidade e do Pacto de Competências para o Turismo Sustentável. Especificamente, pretende-se identificar as competências técnicas, digitais, relacionais, interculturais e de sustentabilidade consideradas prioritárias; compreender os desafios associados à formação, à empregabilidade, ao recrutamento, à retenção e à valorização das profissões turísticas; analisar os desajustamentos entre as necessidades das organizações, as competências disponíveis e a oferta formativa; e apoiar a definição de uma matriz de competências e de respostas formativas ajustadas aos diferentes perfis profissionais e subsectores de atividade.

Para alcançar estes objetivos, adotou-se uma metodologia mista, de natureza sequencial exploratória, articulando métodos qualitativos e quantitativos [3]. A componente qualitativa foi desenvolvida através de sessões de audição junto de *stakeholders* locais, incluindo uma dinâmica de *World Café* e *focus groups*. O *World Café* constitui um método participativo que favorece a exploração coletiva das perceções, experiências e necessidades dos participantes, bem como o diálogo e a aprendizagem mútua [4]. Até ao momento, estas ações envolveram 19 representantes de diferentes organizações e subsectores turísticos. Numa fase subsequente, foi aplicado um inquérito por questionário aos *stakeholders* do setor turístico, em âmbito nacional, com o objetivo de identificar e hierarquizar as necessidades de competências, os níveis de proficiência e as prioridades de formação. A integração dos resultados permitirá fundamentar respostas formativas e orientações estratégicas para o desenvolvimento de competências ajustadas às necessidades de empregabilidade do setor.

Os resultados preliminares da componente qualitativa indicam que o Observatório de Empregabilidade e o Pacto de Competências para o Turismo Sustentável poderão afirmar-se como ferramentas estratégicas de apoio ao emprego, à formação, ao mapeamento de competências e à análise das tendências de empregabilidade no turismo da região de Coimbra. Assente numa abordagem integrada que articula inteligência artificial, qualificação profissional, participação dos *stakeholders* e governação baseada em dados, o Observatório apresenta potencial para responder aos desafios da sustentabilidade turística. Nesta componente, foram identificadas necessidades prioritárias de formação nas áreas do atendimento, do conhecimento do território e *storytelling*, das línguas estrangeiras, da inteligência artificial e da gestão, destacando-se a sustentabilidade como uma competência transversal ao desenvolvimento do setor. Evidenciaram-se, ainda, desafios relacionados com a atratividade das profissões turísticas e a retenção de talento.

Em síntese, esta investigação propõe um modelo integrado de apoio à gestão sustentável do destino turístico de Coimbra, contribuindo para uma maior articulação entre profissionais, organizações e entidades formadoras e para o reforço da tomada de decisão baseada em evidência nos domínios do emprego e da formação. Os resultados obtidos fornecem suporte científico e operacional para o reforço da qualificação dos profissionais e da competitividade das organizações, servindo de apoio à consolidação de um modelo de desenvolvimento turístico mais sustentável na região de Coimbra.

Financiamento

SHIFT COIMBRA — *COIMBRA Sustainable Tourism Large Language Models applied to create better experiences for tourists and local communities, whilst supporting the development of a Sustainable Tourism Destination* (EUI02-188), cofinanciado pela União Europeia, através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), no âmbito da *European Urban Initiative – Innovative Actions, Call 2*.

Referências bibliográficas

- [1] PORDATA, “Coimbra — Turismo — Retrato dos Municípios.” [Online]. Disponível em: <https://retratos.pordata.pt/turismo/coimbra>. (Acedido em: 31 jul. 2026).
- [2] Câmara Municipal de Coimbra, *COIMBRA Sustainable Tourism LLM: Large Language Models Applied to Create Better Experiences for Tourists and Local Communities, Whilst Supporting the Development of a Sustainable Tourism Destination*, formulário de candidatura, Projeto n.º EUI02-188, *European Urban Initiative — Innovative Actions, Call 2*, 2024.
- [3] J. W. Creswell e V. L. Plano Clark, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, 3.ª ed. Thousand Oaks, CA, EUA: SAGE Publications, 2017.
- [4] K. Löhr, M. Weinhardt e S. Sieber, “The ‘World Café’ as a participatory method for collecting qualitative data,” *International Journal of Qualitative Methods*, vol. 19, 2020, Art. n.º 1609406920916976, doi: 10.1177/1609406920916976.

Valorização da Filhó Espichada: preservar a tradição, promover o território

Marisa Monsanto¹, Lara Mendes^{2,3}, Cristina Pintado¹, Marta Henriques^{2,4}

¹Universidade Politécnica de Castelo Branco, Avenida Pedro Álvares Cabral, n.º 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

³Centro de Estudos Organizacionais e Sociais (CEOS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

⁴Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

e-mail: marisa.monsanto@gmail.com

Resumo

A Filhó Espichada é um produto tradicional da Pampilhosa da Serra, profundamente ligado à história, às tradições e à identidade da região. A sua confeção provém de conhecimentos transmitidos entre gerações, preservando um saber-fazer que faz parte da memória coletiva da comunidade e constitui um importante elemento do património gastronómico local.

Este trabalho, pretende sistematizar uma estratégia integrada de valorização cultural, económica e turística do produto, com articulação qualitativa de valorização da Filhó Espichada, de investigação sobre os saberes e fazeres de um doce tradicional e de estudos sobre promoção gastronómica, identidade e desenvolvimento territorial [1].

Com base na revisão da literatura, foram identificados quatro eixos estratégicos fundamentais para a valorização deste produto: (i) documentação histórica e etnográfica do saber-fazer, incluindo receitas, técnicas, terminologia, contextos de consumo e mecanismos de transmissão intergeracional; (ii) organização coletiva dos produtores, com regras de adesão, promovendo a rastreabilidade, o controlo interno da qualidade e a harmonização de procedimentos, salvaguardando a descaracterização da produção artesanal; (iii) qualificação técnico-científica e comercial, através da caracterização físico-química e sensorial, estudos de vida útil, desenvolvimento de soluções de embalagem e rotulagem; e (iv) construção de uma narrativa territorial coerente apoiada na ligação entre produto, comunidade e o território, reforçando a sua promoção turística e cultural.

A revisão da revisão demonstraram que a valorização sustentável de especialidades locais depende da participação dos detentores do saber, do envolvimento dos jovens e da articulação entre produtores, autarquias, entidades turísticas, instituições de ensino e investigação e organismos de certificação. Neste contexto, a certificação poderá reforçar a proteção, autenticidade, e reconhecimento da Filhó Espichada, contribuindo para a sua diferenciação no mercado e o desenvolvimento da economia local; contudo, deve integrar uma estratégia mais ampla de salvaguarda cultural, formação, inovação responsável e comunicação. Conclui-se que este produto reúne potencial para se afirmar como emblema gastronómico da Pampilhosa da Serra, contribuindo para a autoestima comunitária, a atratividade turística e a projeção externa do território, desde que a valorização económica preserve a autenticidade e assegure benefícios para os produtores locais.



Figura 1. Filhó Espichada



Figura 2. Dimensões para a valorização do produto artesanal

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho contou com o apoio do Município da Pampilhosa da Serra, através da Câmara Municipal da Pampilhosa da Serra, entidade a quem se agradece a colaboração, a disponibilidade e o contributo para a valorização e divulgação das tradições locais

Referências bibliográficas

[1] Ó. D. G. Cabral, "Gastropolitics of Portuguese gastronomy: Gastrodiploacy and culinary diplomacy in the promotion of Portuguese gastronomy in the world," tese de doutoramento, Faculty of Gastronomic Sciences, Mondragon Unibertsitatea, 2025.

Análise Composicional de Dados aplicada à variabilidade espacial de nutrientes e à fertilidade em fósforo nos solos de arroz do Vale do Baixo Mondego

Rosinda Pato^{1,2}, Verónica Oliveira^{1,2}, Sérgio Oliveira¹, José Manuel Gonçalves^{1,2}, Teresa Albuquerque³

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³Universidade Politécnica de Castelo Branco, CERNAS, Av. Pedro Álvares Cabral, nº 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

e-mail: rlp@esac.pt

Resumo

O Vale do Baixo Mondego é uma das principais regiões produtoras de arroz em Portugal, caracterizada por uma elevada heterogeneidade dos solos e por diferentes práticas de gestão agrícola. Esta variabilidade pode influenciar a distribuição dos nutrientes e a dinâmica do fósforo no solo, tornando necessária uma melhor compreensão dos padrões de composição química ao longo do vale. A caracterização dos atributos químicos dos solos de arroz alagado permite avaliar a variabilidade espacial dos nutrientes e do fósforo [1] e identificar condições edáficas potencialmente associadas à mobilização e ao risco de perda de P [2]. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo caracterizar a variabilidade dos nutrientes entre diferentes setores do Vale do Baixo Mondego e explorar a sua relação com o fósforo, recorrendo à Análise Composicional de Dados (CoDA) [3].

Foram amostradas seis (6) explorações agrícolas, correspondentes a 12 parcelas distribuídas por diferentes setores do Vale. Recolheram-se amostras compostas de solo a duas profundidades (0–30, 30–60 cm) e foram determinados os teores de P_2O_5 , K_2O , Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg, K, Na, Cl, As e azoto mineral. A análise exploratória composicional foi realizada em duas etapas: 1) avaliação da variabilidade da composição dos nutrientes entre os diferentes setores, recorrendo a boxplots, médias geométricas e biplots; 2) reorganização das amostras nas cinco classes de fertilidade de P_2O_5 (Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto), permitindo explorar a associação entre o gradiente de fósforo e os restantes atributos do solo.

A análise por setores revelou diferenças nos perfis composicionais dos solos, identificando padrões distintos de abundância relativa dos nutrientes e outros atributos químicos. A análise das médias geométricas (Fig. 1) evidencia enriquecimentos e empobrecimentos relativos entre setores do Vale, confirmando uma importante componente espacial na variabilidade dos solos. A reorganização das amostras segundo as classes de P_2O_5 revelou diferenças na composição relativa dos restantes atributos ao longo do gradiente de fósforo. Entre os atributos analisados, Mn, azoto mineral, Fe, K_2O e Cl apresentaram maior capacidade para diferenciar as classes de P_2O_5 , enquanto os restantes mostraram comportamentos mais transversais (Fig.2).

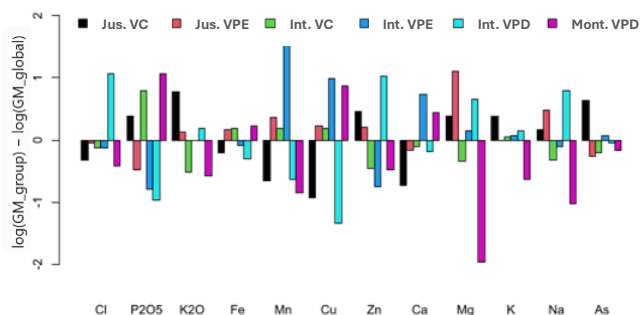


Figura 1. Diagrama de barras da diferença entre o logaritmo da média geométrica de cada grupo e o logaritmo da média geométrica global (Jus. VC: Jusante-Vale Central, Jus. VPE: Jusante-Vale Periférico Esquerdo, Int. VC: Zona intermédia-Vale Central, Int. VPD-Zona intermédia-Vale Periférico Direito, Mont. VPD: Montante-Vale Periférico Direito).

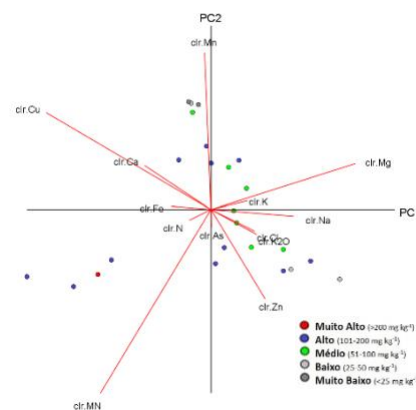


Figura 2. Biplot composicional das classes de fertilidade do fósforo extraível (P_2O_5).

Os resultados mostram que a CoDA permite passar de uma simples descrição da heterogeneidade dos solos para uma interpretação das relações entre a composição dos nutrientes e o estado de fertilidade em fósforo. Esta abordagem contribui para uma compreensão mais integrada da variabilidade dos solos de arroz do Vale do Baixo Mondego e constitui uma base metodológica para, numa etapa futura, identificar padrões espaciais associados à vulnerabilidade à poluição difusa por fósforo e apoiar estratégias de monitorização e gestão mais direcionadas.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem aos proprietários das explorações agrícolas a autorização para a realização do estudo de monitorização das parcelas. Este trabalho insere-se no âmbito do projeto PROMEDRICE - “Proteção dos recursos hídricos nos agroecossistemas orizícolas mediterrâneos através de práticas agrícolas eficazes” <https://sd.uit.ac.ma/promedrice/>; V. Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT, através do contrato do programa institucional de emprego científico (<https://doi.org/10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002>).

Referências bibliográficas

- [1] L. Duan, Z. Li, H. Xie, Z. Li, L. Zhang, and Q. Zhou, “Large-scale spatial variability of eight soil chemical properties within paddy fields,” CATENA, vol. 188, art. no. 104350, 2020, doi: 10.1016/j.catena.2019.104350.
- [2] X. Wu, Q. Jiang, T. Ma, and R. Wu, “Release risk of soil phosphorus under different farming systems: Indoor experiments and in-situ measurement,” Soil and Tillage Research, vol. 240, art. no. 106106, 2024, doi: 10.1016/j.still.2024.106106.
- [3] Martín-Fernández, J.-A., Daunis-i-Estadella, J., and G. Mateu-Figueras, “On the interpretation of differences between groups for compositional data,” SORT, vol. 39, no. 2, pp. 231–252, 2015.

A vulnerabilidade da Pampilhosa da Serra: Análise da recorrência de grandes incêndios e as implicações na gestão do risco

Duarte Chamiça¹, Dinis Costa¹; João P. Mar. Gouveia¹; Áurea A. V. Andrade^{2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Brasil.

³Centro de Estudo em Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Coimbra, Portugal.

e-mail: duartepintas58@gmail.com

Resumo

O presente resumo resulta do artigo divulgado nas 9as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos, que decorreu no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) em novembro de 2025. Este artigo técnico aborda a gestão do risco de incêndio rural no território florestal da Pampilhosa da Serra, um concelho de Portugal Continental que se tem revelado particularmente vulnerável à ocorrência de incêndios de grande escala, intensificados por condições climáticas extremas, abandono rural e continuidade da mancha florestal. A análise incide nas características do coberto vegetal e na morfologia do território, integrando ainda o histórico de incêndios, com especial destaque para os eventos catastróficos de 2017, que provocaram danos socioambientais profundos e evidenciaram lacunas estruturais na prevenção e resposta [1].

A vegetação predominante no concelho, composta essencialmente por espécies pirófilas como o pinheiro-bravo (*Pinus pinaster*) e o eucalipto (*Eucalyptus globulus*), associada a um modelo de gestão florestal fragmentado e descoordenado, tem contribuído para a elevada perigosidade estrutural do território. O abandono agrícola e o envelhecimento populacional, aliados à topografia acidentada, dificultam as ações de gestão de combustíveis e a implementação de infraestruturas eficazes de defesa da floresta contra incêndios [2].

A metodologia adotada combina análise espacial com Sistemas de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software *ArcGIS* para identificar zonas críticas de risco, tendo em conta variáveis como a declividade, orientação das vertentes, uso do solo, histórico de ignições e acessibilidade. Um dos eixos centrais da análise foi a distribuição dos pontos de água disponíveis (charcas, albufeiras, depósitos elevados), fundamentais para o apoio aéreo e terrestre no combate aos incêndios. A cartografia gerada permite não só apoiar as decisões em tempo real durante os eventos, como também contribuir para o planeamento preventivo e a alocação eficiente de meios.

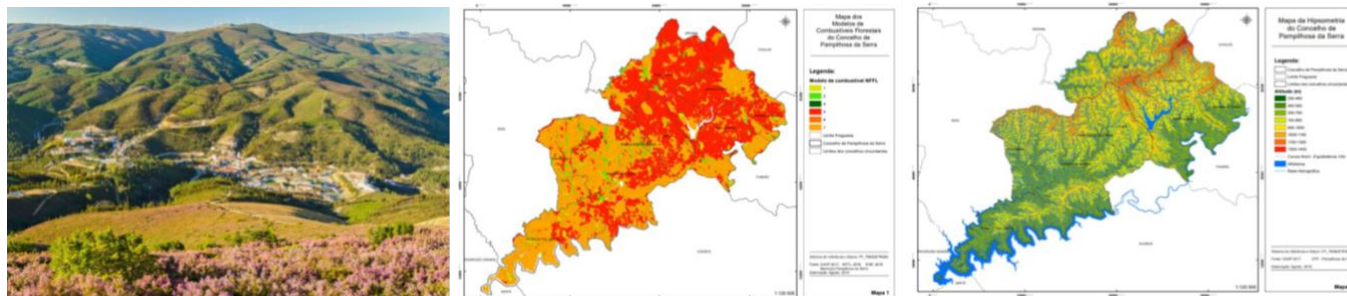


Figura 1. Paisagem da Pampilhosa da Serra, mapa de combustível florestais e mapa da hipsometria do concelho de Pampilhosa da Serra

Paralelamente à componente técnica, integra-se o conhecimento operacional fornecido por um elemento do executivo da câmara municipal, cuja experiência prática no terreno forneceu dados essenciais sobre constrangimentos logísticos de abastecimento, e limitações na mobilidade dos meios. Esta articulação entre ciência geoespacial e conhecimento empírico constitui o valor acrescentado do estudo, promovendo uma abordagem integrada da gestão do risco. A análise é ainda complementada com uma reflexão crítica sobre o ordenamento do território, a gestão florestal e a governação local do risco, com referência à necessidade de reestruturação da paisagem em mosaico agroflorestal, à implementação de Zonas de Intervenção Florestal (ZIF) e ao reforço de instrumentos de planeamento e financiamento de longo prazo, como os Programas de Reordenamento e Gestão da Paisagem promovidos após os incêndios de 2017 [3].

A investigação conclui que a resiliência territorial aos incêndios rurais exige uma gestão integrada, sustentada em tecnologia geoespacial, conhecimento local e modelos de cogestão adaptados à realidade socioterritorial do interior. O caso da Pampilhosa da Serra ilustra, de forma clara, a necessidade de políticas públicas mais estruturadas, sustentáveis e territorializadas, assentes em evidência científica e operacional

Referências bibliográficas

- [1] Agência Portuguesa do Ambiente (APA), Relatório Técnico dos Incêndios de Outubro de 2017. Lisboa, Portugal: APA, 2018.
- [2] M. G. Pereira et al., "Vegetation, fire regimes and climate: The key factors of fire risk in central Portugal," *International Journal of Wildland Fire*, vol. 28, no. 5, pp. 356–368, 2019.
- [3] J. S. Silva et al., *Gestão da Paisagem e Prevenção de Incêndios: Uma Visão Integrada para o Pinhal Interior. Caderno do Observatório Técnico Independente*. Lisboa, Portugal: Assembleia da República, 2020.

Implementação e potencialidades de uma Horta no Seminário Maior de Coimbra

Evelyn Takasima¹, Paulo Morgado², Pedro Mendes-Moreira¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Seminário Maior de Coimbra, Coimbra, Portugal.

e-mail: Takasimaevelyn87@gmail.com

Resumo

Este trabalho apresenta a implementação de uma horta biológica no Seminário Maior de Coimbra, com o objetivo de reativar e valorizar um espaço agrícola existente, associando produção sustentável, aproveitamento de recursos locais e educação ambiental. Ao longo do estágio foram realizadas atividades como análise do solo, preparação manual dos canteiros, compostagem, vermicompostagem, germinação, transplantação, rega, controlo de pragas e acompanhamento das culturas, com base nos princípios de solo e fertilização em produção biológica [1]. O projeto permitiu produzir hortícolas e plantas aromáticas, reutilizar resíduos orgânicos do refeitório e envolver crianças em atividades pedagógicas. Conclui-se que, com planeamento, trabalho manual e respeito pelos ciclos naturais, é possível transformar um espaço sem atividade numa horta produtiva, educativa e sustentável.



Figura 1- Atividades pedagógicas no SMC.

Agradecimentos

Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) o apoio financeiro concedido ao Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS) (UIDB/00681/2025). DOI: <https://doi.org/10.54499/UID/00681/2025>.

LIVESEEDING, cofinanciado pela União Europeia (Acordo de Subvenção n.º 101059872), pela Secretaria de Estado Suíça para a Educação, Investigação e Inovação (Contrato n.º 22.0412) e pela UK Research and Innovation (UKRI). As opiniões e pontos de vista expressos são, contudo, da exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente os da União Europeia, da Agência de Execução Europeia da Investigação (REA), da Secretaria de Estado Suíça para a Educação, Investigação e Inovação (SERI) ou da UK Research and Innovation (UKRI). Nem a União Europeia, nem a REA, a SERI ou a UKRI podem ser responsabilizadas pelas mesmas.

Referências bibliográficas

[1] Escola Superior Agrária de Coimbra, *Solo e Fertilização em Produção Biológica*, material de apoio às aulas do CTesP- PAB, IPC, 130 p, 2024/2025.

Fertilização e dinâmica do fósforo num sistema de produção de milho forrageiro

Adelcia Veiga^{1,2}, Verónica Oliveira^{1,2}, Filomena Miguens^{1,2}, Célia Silva¹, Rosinda Pato^{1,2}, Carolina Coelho¹, Daniela Santos^{1,2}, Raquel Matesanz³, Carla Rodrigues^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços – S. Martinho do Bispo, 3045-093, Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³Itagra, Centro Tecnológico Agrário e Agroalimentar, Av. De Madrid, 44, 34004 Palencia, Espanha.

e-mail: adelcia.veiga@esac.pt

Resumo

As práticas de gestão sustentáveis do solo desempenham um papel determinante na dinâmica do fósforo (P), influenciando a sua acumulação no solo [1] e consequente contaminação dos recursos hídricos. A dependência dos fertilizantes químicos tem levantado preocupações ambientais devido ao seu impacto na saúde do solo, incluindo o desequilíbrio de nutrientes no solo, a acidificação e salinização, a degradação da estrutura do solo, a compactação e a perda de biodiversidade do solo. Mais de 80% dos fertilizantes fosfatados acumulam-se nos solos agrícolas, e menos de 5% do P total no solo encontra-se disponível para as plantas. A aplicação combinada dos fertilizantes químicos com práticas agrícolas sustentáveis tem vindo a ganhar interesse a nível mundial, como uma estratégia fundamental para controlar as perdas de P, otimizar a eficiência do ciclo dos nutrientes, melhorar as características físico-químicas do solo e estimular a atividade microbiana [2]. O presente estudo, desenvolvido no âmbito do projeto Phos4Cycle, financiado pelo Programa Interreg-Sudoe, teve como objetivo avaliar o efeito de três práticas agrícolas nos teores de fósforo e em indicadores de produtividade. O ensaio foi realizado em 2024, durante o ciclo cultural do milho forrageiro, em Aveiro, usando um delineamento experimental constituído por quatro modalidades: fertilização mineral (F), mineral + biochar (FB), mineral com cobertura de solo (FS) e uma parcela testemunha sem fertilização (T). Foram avaliados parâmetros químicos do solo, nomeadamente, pH, teor de matéria orgânica, bases de troca, fósforo e potássio assimiláveis, azoto total e micronutrientes. A produtividade do milho e a produção de biomassa aérea também foram determinados como indicadores agrónomicos da fertilidade do solo.

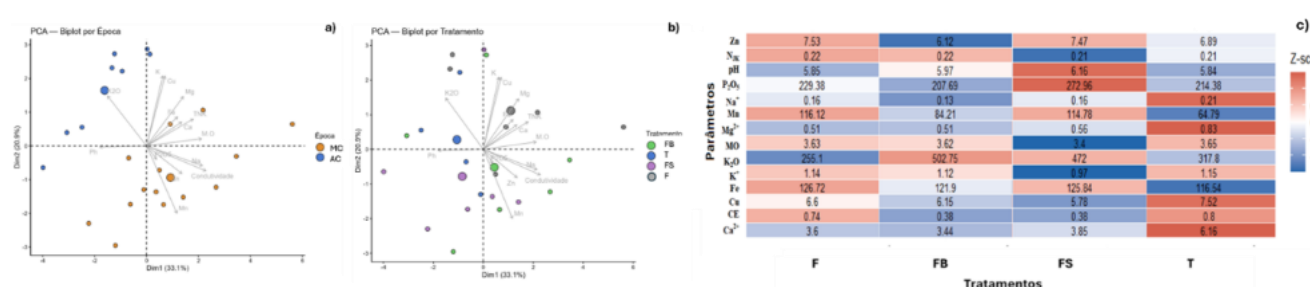


Figura 1. Biplot da análise de componentes principais (PCA) das propriedades químicas do solo. (a) Distribuição das amostras por época de amostragem (MC - meio do ciclo, laranja; AC - após a colheita, azul). (b) Distribuição das amostras por tratamento (FB – mineral + biochar, verde; T testemunha, azul; FS – mineral + cobertura do solo, lilás; F - fertilização mineral, cinzento). (c) Heatmap dos valores médios (z-score) das variáveis de solo por tratamento. Os valores apresentados em cada célula correspondem à média original da variável; a escala de cor representa o respetivo z-score, variando de azul (valores mais baixos) a vermelho (valores mais altos).

Os resultados demonstraram que o tratamento FS promoveu um aumento do teor de fósforo assimilável e um desempenho superior na produtividade, comparativamente aos tratamentos FB, F e à testemunha. Contudo, a biomassa aérea das plantas sujeitas apenas à fertilização mineral (F) apresentou teores mais elevados de fósforo comparativamente aos outros tratamentos, sugerindo uma maior extração de fósforo pela cultura, devido à elevada disponibilidade imediata do nutriente fornecido pelos fertilizantes minerais. A eficácia de práticas agrícolas sustentáveis com menor impacto ambiental, demonstrada neste estudo a curto prazo, como alternativas válidas à fertilização mineral convencional, reforça a necessidade de ensaios de longa duração que permitam consolidar os benefícios agrónomicos e ambientais em diferentes sistemas de produção agrícola.

Agradecimentos e financiamento

Este estudo foi desenvolvido no âmbito do projeto Phos4Cycle (S1/2.7/E0044), cofinanciado pelo Programa Interreg Sudoe através do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER). Verónica Oliveira, agradece o financiamento nacional pela FCT, através do contrato-programa institucional de emprego científico 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/ CT0002.

Referências bibliográficas

- [1] Cordell, D.; Drangert, J. O. & White, S., "The story of phosphorus: global food security and food for thought", *Global Environmental Change*, vol. 19, n. 2, p. 292-305, 2009.
- [2] He, J.; Wu, Y.; Zhu, H.; Zhou, J.; Luo, C. & Bing, H., "Soil phosphorus fractions dynamics along a 22-ka chronosequence of landslides, western Sichuan, China", *Catena*, vol. 235, 2024.

WetAgriMed - Melhorar a agricultura de regadio no Mediterrâneo através de abordagens participativas envolvendo soluções digitais avançadas e baseadas na natureza

António J.D. Ferreira^{1,2}, Kiril Bahcevandziev^{1,2}, Luís Coelho^{1,2}, Manuel Nunes², Rosinda L. S. Pato^{1,2}, Maria D. Gonçalves², Carla S.S. Ferreira^{1,2}

¹Centro de estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: aferreira@esac.pt

Resumo

O projeto WetAgriMed apresenta uma abordagem abrangente e integrada ao problema da sustentabilidade da agricultura de regadio no futuro. Para tal, o projeto apresenta várias inovações, nomeadamente a integração de soluções digitais de monitorização e governação, baseadas numa utilização mais criteriosa dos recursos, recorrendo a soluções de TI de ponta, incluindo a utilização de sensores em cluster da Internet das Coisas (IoT) para recolher informações detalhadas sobre dados meteorológicos, do solo, da água e das emissões de gases com efeito de estufa, juntamente com imagens de teledeteção de alta resolução. Estas informações serão processadas utilizando inovações em IA, tais como uma Rede Neural Gráfica (GNN) espaço-temporal; um agente de Aprendizagem por Reforço (RL); um painel de controlo de IA explicável (XAI) que utiliza valores SHAP; e um módulo de deteção de anomalias para gerar alertas precoces. Tudo isto será combinado com a informação fornecida pelo conselho consultivo, num processo de feedback bidirecional, com vista a melhorar a utilidade da ferramenta digital.

O projeto começa com uma avaliação de referência e um diagnóstico contextual da agricultura em zonas húmidas nos diferentes países, com Living Labs, para identificar estrangulamentos, ineficiências hídricas, desafios de salinidade e vulnerabilidades socioeconómicas; uma avaliação das condições agroecológicas, incluindo o potencial para soluções adaptadas localmente, alternância entre humidade e secura, utilização de corretivos orgânicos e métodos de controlo biológico. Para o efeito, serão realizados ensaios de campo.

As Soluções Baseadas na Natureza (NbS) desempenham um papel importante na busca global pela sustentabilidade, desde a microescala — recorrendo a bactérias solubilizadoras de macronutrientes NPK — até ao reforço da utilização de plantas silvestres autóctones em torno das parcelas agrícolas (por exemplo, culturas de cobertura) e em pontos críticos (por exemplo, zonas húmidas artificiais) para servirem de zonas tampão.

O projeto implementa um processo participativo que é transversal a todos os pacotes de trabalho e será utilizado para identificar as questões críticas para o desenvolvimento, como ferramenta para a conceção e implementação conjuntas das soluções, e para monitorizar os resultados do projeto. Esta abordagem permite moldar os resultados num formato útil para os agricultores e outros atores-chave, nomeadamente no que diz respeito ao desenvolvimento de práticas novas e mais sustentáveis, à gestão, à governação, à legislação e à formulação de melhores políticas.

O WetAgriMed define um quadro para avaliar os resultados com base nos KPIs do PRIMA e nos indicadores agroambientais da UE, com o objetivo de orientar a monitorização do impacto e definir um roteiro para a expansão e o desenvolvimento conjunto de mecanismos de governação, legislação e políticas a nível regional e da UE.

O projeto irá testar os resultados em 7 «Living Labs» em ambas as margens do Mediterrâneo, abrangendo um leque de diferentes condições climáticas, sistemas agrícolas, culturais e de governação que proporcionarão uma visão mais aprofundada dos problemas enfrentados pela agricultura de regadio no Mediterrâneo, dada a maior variedade de condições e de potenciais soluções em análise.

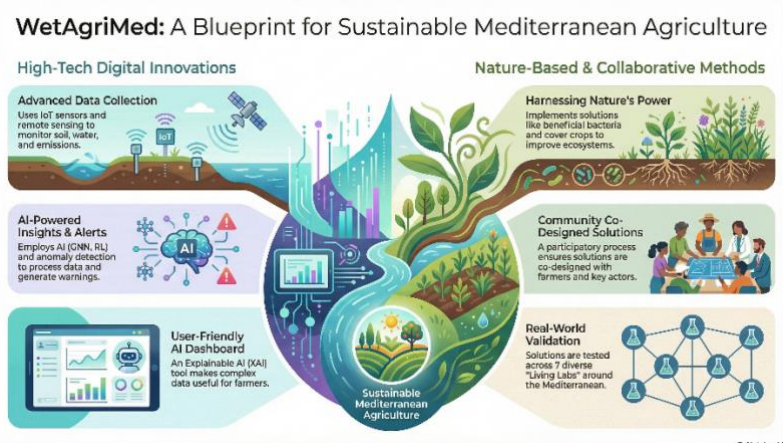


Figura 1. Modelo Conceptual do Projeto WetAgriMed

Agradecimentos e financiamento

Ao programa PRIMA Section 1 da União Europeia pelo financiamento do projeto WetAgriMed.

Urbanização portuária, dinâmica da vegetação e ilhas de calor em cidades costeiras do sul do Brasil: análise multissensor por séries temporais de satélite (2013–2025)

Gustavo de Souza Matias¹; João P. Mar. Gouveia²

¹Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Campus de Paranaguá, Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares (PALI), Paranaguá, Paraná, Brasil

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

As cidades portuárias constituem uma subclasse urbana distinta e ainda pouco estudada na literatura sobre ilhas de calor: a infraestrutura logística concentra superfícies impermeáveis, pátios de armazenagem e atividade industrial em posições costeiras de elevada exposição climática. Este trabalho analisa como a expansão urbana de seis cidades portuárias do litoral sul do Brasil — Paranaguá, Antonina, São Francisco do Sul, Itajaí, Imbituba e Laguna — afetou a cobertura vegetal e a temperatura de superfície entre 2013 e 2025.

A análise utiliza exclusivamente dados abertos de sensoriamento remoto processados no Google Earth Engine: NDVI anual derivado de composições Landsat 8/9 (30 m), temperatura de superfície do produto MODIS MOD11A2 (1 km) validada contra o Landsat 8/9 ST_B10, máscaras urbanas do MapBiomas e precipitação CHIRPS como covariável. A intensidade da ilha de calor urbana foi definida como o diferencial entre a temperatura da área urbana e a de uma zona rural de referência delimitada por buffer, e as tendências temporais de NDVI, temperatura e ilha de calor foram testadas com o teste de Mann-Kendall e o estimador de declive de Sen.

Os resultados revelam trajetórias heterogêneas entre as cidades: os núcleos de maior movimentação portuária apresentam sinais de intensificação do aquecimento superficial associados à perda de vegetação urbana, enquanto as cidades menores exibem dinâmica mais estável, sustentando a hipótese de que a intensidade da ilha de calor é modulada pelo porte da atividade portuária e mediada pela cobertura vegetal. O pipeline é integralmente reprodutível e o código é disponibilizado abertamente. O trabalho fundamenta a cooperação em curso entre a UNESPAR e o Politécnico de Coimbra, cuja próxima etapa é a extensão comparativa do mesmo pipeline a cidades portuárias portuguesas, com validação por dados abertos do IPMA, no quadro de gêmeos digitais urbano-climáticos para a resiliência de cidades costeiras.

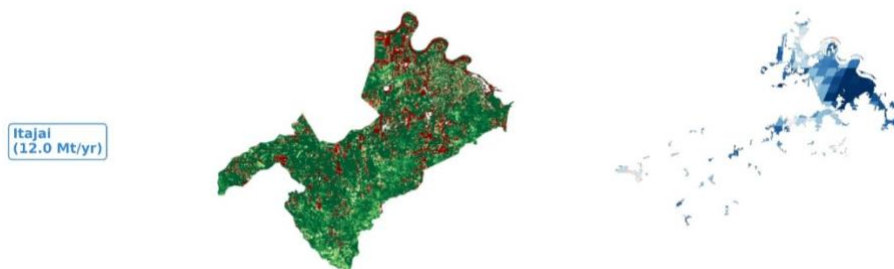


Figura 1. Mudança da vegetação e da temperatura na Cidade de Itajaí em estudo realizado para três cidades, num intervalo temporal de 12 anos.

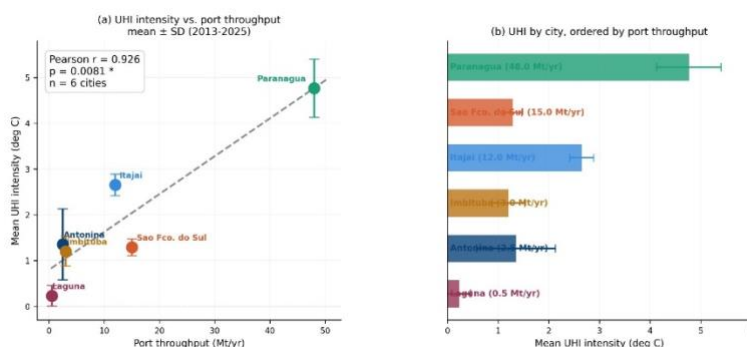


Figura 2. Gráficos da intensidade de calor local vs. débito anual de portos. e da temperatura por cidade, ordenada pelo débito do porto

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), ao Programa de Pós-Graduação em Ambientes Litorâneos e Insulares (PALI) e ao Instituto Politécnico de Coimbra pelo apoio institucional à cooperação bilateral que enquadra este trabalho.

Referências bibliográficas

- [1] T. R. Oke, "The energetic basis of the urban heat island", *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 108, nº 455, pp. 1–24, 1982.
- [2] J. A. Voogt e T. R. Oke, "Thermal remote sensing of urban climates", *Remote Sensing of Environment*, vol. 86, nº 3, pp. 370–384, 2003.
- [3] Q. Weng, D. Lu e J. Schubring, "Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies", *Remote Sensing of Environment*, vol. 89, nº 4, pp. 467–483, 2004.



Educação, Transformação Digital, Sociedade e Organizações

Utilização da plataforma *Hypatiamat* na promoção da literacia estatística e no desenvolvimento do pensamento computacional: uma prática de ensino exploratório no 3.º ano de escolaridade

Rafaela Oliveira¹, Rita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Virgílio Rato¹, Ricardo Pinto⁴, Cecília Costa^{3,5}, **Fernando Martins^{1,2}**

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

⁴Associação Hypatiamat, Portugal.

⁵Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

e-mail: fmlmartins@esec.pt

Resumo

A literacia estatística assume um papel fundamental na formação dos cidadãos, contribuindo para a capacidade de compreender, interpretar e comunicar informação baseada em dados presentes em situações do quotidiano [1]. Paralelamente, as atuais orientações curriculares para a Matemática no 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) valorizam o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC) enquanto capacidade matemática transversal, articulada com a resolução de problemas [2]. Neste contexto, a utilização de artefactos digitais assume um papel relevante na criação de ambientes de aprendizagem que favoreçam a exploração e a construção de conhecimento matemático pelos alunos [3]. No âmbito do estágio realizado numa turma do 3.º ano do 1.º CEB, foram identificadas dificuldades na organização, construção e interpretação de dados estatísticos. Os alunos revelavam fragilidades na construção de tabelas de frequências absolutas, gráficos de barras e diagramas de caule-e-folhas, bem como na compreensão dos conceitos de moda, mínimo e máximo. Simultaneamente, verificou-se que as diferentes dimensões do PC não eram mobilizadas pelos alunos. Face a este contexto, desenvolveu-se uma investigação de natureza mista, com índole interpretativa e um design aproximado à investigação-ação. O estudo teve como objetivo analisar de que forma a utilização das applets “Representação de dados” e “Organização e tratamento de dados”, disponibilizadas na Plataforma *Hypatiamat* (PH), poderia promover aprendizagens relativas às tabelas de frequências absolutas, aos gráficos de barras, aos diagramas de caule-e-folhas e aos conceitos de moda, mínimo e máximo, desenvolvendo, simultaneamente, o PC em alunos do 3.º ano do 1.º CEB. A intervenção pedagógica desenvolveu-se ao longo de cinco sessões, estruturadas segundo as Práticas de Ensino Exploratório (PEE) [4], nas quais os alunos resolveram situações problemáticas recorrendo às applets da PH. A opção por esta abordagem procurou atribuir aos alunos um papel ativo na exploração das tarefas, na construção de estratégias e na discussão das respetivas resoluções [5]. Antes e após a intervenção, os alunos resolveram individualmente folhas de exploração destinadas a avaliar os seus conhecimentos estatísticos e a mobilização das diferentes dimensões do PC. A recolha de dados qualitativos integrou registos de campo, produções dos alunos, fotografias, vídeos e gravações áudio, que sustentaram a elaboração de Narrações Multimodais. Os dados quantitativos resultaram da aplicação de critérios de classificação que permitiram determinar os níveis de conhecimento e o desempenho dos alunos nos momentos de pré e pós-intervenção. Relativamente às aprendizagens estatísticas, verificou-se uma evolução na construção e interpretação das tabelas de frequências absolutas, dos gráficos de barras e dos diagramas de caule-e-folhas, bem como na identificação e interpretação da moda, do mínimo e do máximo. Os alunos passaram progressivamente a reconhecer e integrar os elementos estruturais das diferentes representações, a organizar os dados com maior rigor e a utilizá-los na fundamentação das suas respostas. No que respeita ao PC, observaram-se progressos nas cinco dimensões consideradas no estudo, nomeadamente a abstração, a decomposição, o reconhecimento de padrões, a algoritmia e a depuração, traduzidos numa maior capacidade para selecionar informação relevante, decompor problemas em etapas, reconhecer regularidades, sequenciar procedimentos e verificar e reformular as soluções construídas. Estes resultados convergem com Rodrigues et al. [6], ao evidenciarem as potencialidades da articulação entre a PH, a literacia estatística e o desenvolvimento do PC. O presente estudo contribuiu para a construção de uma proposta didática que articula a PH, as PEE, a resolução de situações problemáticas, o trabalho colaborativo e a avaliação formativa, promovendo simultaneamente conhecimentos no domínio dos Dados e Probabilidades e dimensões do PC. Os resultados permitem concluir que a utilização das applets, quando integrada num ambiente de aprendizagem exploratório e acompanhada pela mediação docente e pela discussão coletiva, favoreceu a aprendizagem da literacia estatística e o desenvolvimento do PC nos alunos participantes. Importa salientar que os resultados devem ser interpretados no contexto específico da investigação, não permitindo atribuir a evolução observada exclusivamente às applets, mas antes à articulação dos diferentes elementos que constituíram o ambiente de aprendizagem. Acrescenta-se ainda que este estudo contribuiu para o enriquecimento do projeto *Hypatiamat* na ESEC, através da disponibilização dos recursos didáticos criados para a intervenção.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, UID/00194/2025 – CIDTFF com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/00194/2025>, e no âmbito da bolsa de investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] F. Martins, I. Duque, L. Pinho, A. Coelho e V. Vale, *Educação pré-escolar e literacia estatística: A criança como investigadora*, 1.ª ed. Psicosoma, 2017.
- [2] Ministério da Educação, *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 3.º ano*. Direção-Geral da Educação, 2021.
- [3] R. Pinto, J. Martins e F. M. L. Martins, “Projeto Hypatiamat, artefactos digitais para ensinar e aprender matemática,” in *Artefactos digitais, aprendizagens e conhecimento didático: Contributos para promover a compreensão da matemática*, F. Martins, R. Pinto e C. Costa, Eds. Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Educação de Coimbra, 2022.
- [4] A. P. Canavarro, H. Oliveira e L. Menezes, “Práticas de ensino exploratório da matemática: O caso de Célia,” in *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática 2012*, A. P. Canavarro, L. Santos, A. Boavida, H. Oliveira, L. Menezes e S. Carreira, Orgs. Sociedade Portuguesa de Investigação em Educação Matemática, 2012.
- [5] Y. A. Freitas, M. Abbasi, S. Brito-Costa, R. Pinto, V. J. Rato e F. M. L. Martins, “Exploratory teaching: Integrating applet to teach arithmetic multiplication operation,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 20, n.º 12, em2546, 2024. doi: 10.29333/ejmste/15666.



Determinantes ESG na indústria siderúrgica: uma análise em painel de empresas europeias

Nuno Rafael Teixeira Coelho, Maria Elisabete Neves, Lucimara de Nazaré Rodrigues Lopes de Freitas

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: a1992009136@alumni.iscac.pt

Resumo

A crescente implementação do Sistema de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia (EU ETS) e do Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (CBAM) tem vindo a alterar profundamente o ambiente competitivo da indústria siderúrgica europeia, tornando essencial compreender se o investimento em práticas ambientais, sociais e de governação (ESG) constitui uma fonte de criação de valor ou apenas um custo adicional de conformidade. Neste contexto, o presente estudo analisa o impacto das diferentes dimensões do ESG no desempenho financeiro de 230 empresas siderúrgicas europeias, recorrendo a um painel dinâmico não balanceado estimado através do Método dos Momentos Generalizados em Sistema (System GMM), metodologia adequada para controlar problemas de endogeneidade e persistência temporal. A análise avalia simultaneamente a rentabilidade do capital próprio (ROEA) e a margem de lucro bruto (GPM%), proporcionando uma perspetiva complementar do desempenho empresarial. Os resultados demonstram que o desempenho ambiental e a gestão proativa do risco climático constituem determinantes positivos da criação de valor para o acionista, enquanto a intensidade carbónica e as emissões relativas aos ativos afetam negativamente a eficiência operacional, evidenciando um *trade-off* entre os custos de transição no curto prazo e os ganhos de competitividade no longo prazo. Globalmente, os resultados reforçam a crescente materialidade financeira das variáveis climáticas num setor de elevada intensidade carbónica e evidenciam que a descarbonização deixou de representar apenas uma obrigação regulatória, afirmando-se como um fator estratégico de competitividade para a siderurgia europeia. O estudo contribui para a literatura ao fornecer evidência setorial específica sobre uma indústria *hard-to-abate*, distinguindo os efeitos das diferentes dimensões do ESG em múltiplas métricas de desempenho financeiro.

Agradecimentos e financiamento

Os autores declaram que este estudo não recebeu financiamento específico para a sua realização.

Referências bibliográficas

- [1] M. Arellano e S. Bond, "Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations", *Review of Economic Studies*, vol. 58, n. 2, pp. 277–297, 1991.
- [2] R. Blundell e S. Bond, "Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models", *Journal of Econometrics*, vol. 87, n. 1, pp. 115–143, 1998.
- [3] M. E. Porter e C. Van der Linde, "Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 9, n. 4, pp. 97–118, 1995.
- [4] A. Flori et al., "The environmental-financial performance nexus of EU ETS firms: quantile regression approach", *Energy Economics*, 2024. DOI: 10.1016/j.eneco.2024.00036.
- [5] N. Jalkh, "Carbon emissions and firm profitability", *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 2024. DOI: 10.1080/20430795.2024.2386476.
- [6] G. Benini, E. Enstad, A. A. Mersha e L. Rossini, "Technical versus environmental efficiency in steel production: a global perspective", *Journal of Environmental Management*, 2026.

Utilização da plataforma *Hypatiamat* na promoção da literacia estatística e no desenvolvimento do pensamento computacional: uma prática de ensino exploratório no 4.º ano de escolaridade

Madalena Almiro¹, Filipa Pinto^{1,2}, Rita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Virgílio Rato¹, Ricardo Pinto⁴, Cecília Costa^{3,5}, Fernando Martins^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

⁴Associação *Hypatiamat*, Portugal.

⁵Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

e-mail: madalenaalmiro@gmail.com

Resumo

A literacia estatística constitui uma competência transversal, essencial para interpretar e utilizar informação em diferentes contextos do quotidiano [1],[2]. Paralelamente, a integração de artefactos digitais (AD) nas práticas letivas tem aumentado [3], em consonância com o currículo de Matemática, que também destaca o desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC) [4]. Reconhecido como uma capacidade essencial para responder aos desafios da sociedade contemporânea, o PC tem assumido relevância na investigação em educação [5]. No âmbito do estágio realizado no decorrer do Mestrado de Formação de Professores da Escola Superior de Educação de Coimbra, numa turma do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico, foram identificadas dificuldades dos alunos na organização e análise de dados quantitativos recorrendo a diagramas de caule-e-folhas duplos e no desenvolvimento da capacidade PC. Face a este contexto, desenvolveu-se uma investigação de natureza mista, de caráter interpretativo e com um *design* de investigação-ação com o principal objetivo analisar de que forma a utilização das *applets* “Diagrama de Caule-e-Folhas” (DCF) e “Organização e tratamento de dados – moda, média e mediana” (OTD), disponibilizadas na Plataforma *Hypatiamat* (PH), contribui para a promoção de aprendizagens relacionadas com as representações gráficas (diagramas de caule-e-folhas simples e duplos), e com conceitos estatísticos (moda, mínimo e máximo), promovendo, em simultâneo, o desenvolvimento do PC. A intervenção decorreu em quatro sessões, organizadas de acordo com as Práticas de Ensino Exploratório (PEE) [6], nas quais os alunos realizaram tarefas recorrendo aos AD da PH. Antes e após a intervenção, cada aluno resolveu um conjunto de tarefas relacionadas com a construção e a análise do diagrama de caule-e-folhas, com conceitos estatísticos e com as diferentes dimensões do PC. A recolha dos dados qualitativos baseou-se nas notas de campo, nas gravações realizadas, nas produções dos alunos e nas Narrações Multimodais. Os dados quantitativos foram obtidos através da aplicação de critérios que permitiram determinar os níveis de conhecimento e de desempenho dos alunos na resolução das tarefas [7]. Relativamente às dimensões do PC, verificou-se que os alunos demonstraram capacidade para reconhecer padrões durante o processo de construção de um diagrama de caule-e-folhas duplo, descrever e sequenciar as diferentes etapas da sua construção, bem como decompor esse processo em tarefas de menor complexidade [8],[9]. Os resultados evidenciaram a existência de diferenças estatisticamente significativas entre os momentos de pré e pós-intervenção, tanto ao nível global do conhecimento como do desempenho. Esta evolução das aprendizagens refletiu-se, em particular, no conhecimento relativo aos diagramas de caule-e-folhas duplos, aos seus elementos fundamentais (título, fonte e legenda), aos conceitos estatísticos de moda, mínimo e máximo e, igualmente, às diferentes dimensões do PC. Os resultados obtidos permitem concluir que a integração das *applets* DCF e OTD nas PEE favoreceu o desenvolvimento do PC, contribuindo igualmente para a aprendizagem de conteúdos relacionados com o diagrama de caule-e-folhas, e dos conceitos estatísticos de moda, mínimo e máximo. Deste modo, o principal contributo deste estudo consiste na apresentação de uma proposta didática que integra a PH e as PEE, promovendo, em simultâneo, o desenvolvimento do PC e de conhecimentos matemáticos do tema Dados e Probabilidades. Adicionalmente, este estudo contribui para o enriquecimento do projeto *Hypatiamat* na ESEC, através da disponibilização de novos recursos didáticos.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026 e da Bolsa de Investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] F. Martins, I. Duque, L. Pinho, A. Coelho e V. Vale, *Educação pré-escolar e literacia estatística: A criança como investigadora*, 1.ª ed. Porto, Portugal: Psicosoma, 2017.
- [2] R. N. Rodrigues, M. Almiro, V. Rato, R. Pinto, C. Costa e F. Martins, “Desenvolvendo o pensamento computacional e a literacia estatística através da plataforma HypatiaMat,” *APeDuC Revista*, vol. 6, n.º 1, pp. 122–142, 2025. doi: 10.58152/APeDuCJournal.554.
- [3] B. L. Moorhouse e K. M. Wong, “Blending asynchronous and synchronous digital technologies and instructional approaches to facilitate remote learning,” *Journal of Computers in Education*, vol. 9, n.º 1, pp. 51–70, 2022.
- [4] Ministério da Educação, *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 4.º ano*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação, 2021.
- [5] R. N. Rodrigues, C. Costa, S. Gonçalves e F. Martins, “Evaluating Pre-Service Primary School Teachers’ Scientific Knowledge on Computational Thinking,” *Educational Process International Journal*, vol. 18, n.º 1, 2025. doi: 10.22521/edupij.2025.18.477.
- [6] R. N. Rodrigues, F. Martins, S.-N. Moral-Sánchez, and C. Costa, “Didactic knowledge in mathematics in the integration of computational thinking: Evidence in exploratory teaching practices of pre-service primary school teacher,” *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 22, no. 4, p. em2803, Apr. 2026, doi: 10.29333/ejmsste/18106.
- [7] M. Almiro, *Desenvolvimento do pensamento computacional e aprendizagens sobre representações gráficas, moda, mínimo e máximo usando applets da plataforma Hypatiamat*, Relatório final de mestrado, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2026. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/62706>
- [8] B. Palop, I. Díaz, L. J. Rodríguez-Muñiz e J. J. Santaengracia, “Redefining computational thinking: A holistic framework and its implications for K-12 education,” *Education and Information Technologies*, vol. 30, n.º 10, pp. 13385–13410, 2025. doi: 10.1007/s10639-024-13297-4.
- [9] H. Chaabi, A. Azmani e J. M. Dodero, “Bridging computational thinking research and practice of pre-service and in-service teachers,” *Humanities and Social Sciences Communications*, vol. 12, art. 666, 2025, doi: 10.1057/s41599-025-04895-9.

Inteligência Artificial como mediador epistémico nas aprendizagens matemáticas do 3.º ano de escolaridade

Ana Rita Simões¹, Ana Teresa Saltão¹, Maria Ferreira¹, Virgílio Rato¹, Filipa Pinto^{1,2}, Rita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Sílvia-Natividade Moral-Sánchez⁴, Fernando Martins^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

⁴Departamento de Didáctica de la Matemática, de las CCSS y de las CCEE, Universidad de Málaga, Málaga, Espanha.

e-mail: a2022137329@esec.pt

Resumo

A Inteligência Artificial (IA) ocupa um papel cada vez mais central e transformador no panorama educativo contemporâneo, exigindo repensar os processos de ensino, de aprendizagem e de avaliação pedagógica [1], [2]. Neste cenário de transição digital, as diretrizes internacionais e nacionais enfatizam que a integração das tecnologias no 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB) deve priorizar o desenvolvimento de competências humanas não automatizáveis, destacando-se o Pensamento Computacional (PC) e o Pensamento Crítico (PCr) [1]. O presente estudo tem como objetivo descrever e analisar uma prática de ensino exploratório mediada por ferramentas de IA generativa (*ChatGPT* e *Gemini*), centrada na promoção da literacia estatística e na mobilização do PC e PCr, implementada no âmbito do estágio realizado no decorrer do Mestrado de Formação de Professores da Escola Superior de Educação de Coimbra. A problemática subjacente a esta intervenção decorre da escassez de práticas pedagógicas documentadas que integrem a IA generativa no 1.º CEB de forma intencional, ética e curricularmente fundamentada. A literatura documenta ainda dificuldades frequentes na compreensão de conceitos estatísticos e na interpretação de representações de dados por alunos deste nível de escolaridade [3], [4]. Em termos metodológicos, a intervenção adotou uma abordagem qualitativa de natureza interpretativa e desenrolou-se na Escola Básica de Cernache numa turma do 3.º ano do 1.º CEB, com 25 alunos (8 e 9 anos), organizados em 5 grupos de 4 alunos e 1 grupo de 5 alunos, constituídos de forma heterogénea [5]. A disposição espacial da sala foi organizada em agrupamentos de mesas para favorecer o trabalho colaborativo. A sequência didática compreendeu quatro sessões estruturadas segundo práticas de ensino exploratório (PEE): introdução da tarefa, realização da tarefa, discussão da tarefa e sistematização das aprendizagens matemáticas [6], focando-se nos conceitos de moda, mínimo e máximo a partir de dados reais recolhidos sobre o número de calçado da turma. Nas duas primeiras sessões, os alunos organizaram dados discretos (número de calçado da turma) em tabelas de frequência absoluta, focando-se no reconhecimento dos conceitos de mínimo, máximo e moda. Na terceira sessão (com a duração de 90 minutos), os alunos foram desafiados a construir *prompts*, formulando instruções por escrito para que o *ChatGPT* e o *Gemini* gerassem uma proposta de resolução para a tarefa anteriormente concluída. Subsequentemente, efetuaram a análise comparativa entre os *outputs* gerados pelas ferramentas e as suas próprias resoluções manuais. A quarta sessão, centrou-se na construção e interpretação de gráficos de barras a partir de novos dados (número de irmãos da turma), permitindo sistematizar a leitura de representações gráficas e a identificação dos conceitos de mínimo, máximo e moda. Os principais resultados sugerem que a construção de *prompts* pelos alunos promoveu o desenvolvimento das dimensões fundamentais do PC, designadamente a abstração e a decomposição. Os alunos evidenciaram capacidade para identificar a informação essencial do problema (reconhecendo que a IA não tinha acesso aos dados da tarefa) e estruturar o pedido em etapas lógicas de menor complexidade. A fase de análise comparativa entre as respostas da IA e as dos grupos contribuiu para o desenvolvimento do PCr e da dimensão depuração do PC. Os alunos demonstraram capacidade de analisar criticamente o conteúdo e a estrutura das respostas, identificando omissões, imprecisões e alucinações nas ferramentas bem como compreenderam que a qualidade e precisão do *output* gerado dependem diretamente da clareza do *input* fornecido [7]. As dificuldades iniciais na distinção entre a variável e a frequência absoluta foram superadas ao longo da sequência, evidenciando melhorias notórias na leitura e interpretação de gráficos de barras. Conclui-se que o uso da IA generativa como mediador epistémico, num contexto de PEE, fortalece a literacia estatística e a literacia de *prompts*. O principal contributo deste estudo consiste na apresentação de uma proposta didática para integrar a IA generativa no 1.º CEB, valorizando o processo de aprendizagem e a capacidade de reflexão dos alunos sobre a mera obtenção do produto final e garantindo os princípios éticos no uso da tecnologia em contexto escolar. Esta proposta didática constitui ainda um recurso passível de apoiar a prática docente e contribui para o enriquecimento do projeto REFPESEC da ESEC através da disponibilização de novos recursos didáticos.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025– Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026 e da Bolsa de Investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), *Guía sobre el uso de la inteligencia artificial en el ámbito educativo*. Madrid, Spain: Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes, 2024.
- [2] UNESCO, *AI Competency Framework for Students*. Paris, France: UNESCO, 2024.
- [3] Costa, S. (2019). *Promoção da Literacia Estatística em contextos Interdisciplinares: uma experiência de ensino no 3.º ano de escolaridade* [Dissertação de mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra]. Repositório Institucional da Escola Superior https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/31112/1/SOFIA_LAURA_COSTA.pdf
- [4] R. N. Rodrigues, M. L. Gomes, P. Santos, V. Rato, and F. Martins, "Organização e tratamento de dados e a promoção de literacia estatística no 1.º CEB," *APEDuC Rev.*, vol. 3, no. 1, pp. 63–80, 2022.
- [5] R. A. Neves and M. F. Damiani, "Vygotsky e as teorias da aprendizagem," *UNirevista*, vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2006. [Online]. Available: https://guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/handle/prefix/5857/Vygotsky_e_as_teorias_da_aprendizagem.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [6] R. N. Rodrigues, C. Costa, Y. Freitas, J. Sacramento, V. Rato, S. Brito-Costa e F. Martins, *Pensamento Computacional e Práticas de Ensino Exploratório em Matemática Elementar: Propostas Didáticas para o 1.º Ciclo do Ensino Básico*. Porto, Portugal: iED – Centro de Investigação e Inovação em Educação, 2025. doi: 10.26537/ed.p.porto.186.
- [7] University of Michigan, *Generative Artificial Intelligence Advisory Committee Report*. Ann Arbor, MI, USA: University of Michigan, 2023.



Qualidade preditiva na indústria automóvel: uma abordagem estatística e de aprendizagem automática explicável rumo ao desperdício zero

Maria Margarido¹, Pedro Soares², Joana Leite^{1,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²WEST HORSE POWERTRAIN PORTUGAL, S.A. – HORSE AVEIRO, Aveiro, Portugal.

³CEOS.PP Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra, Coimbra, Portugal.

e-mail: a2024104121@alumni.iscac.pt

Resumo

Na era da Indústria 4.0, os dados em tempo real permitem a transição de um controlo de qualidade reativo para estratégias de qualidade preditiva [1]. Este estudo investiga uma linha de produção automóvel responsável pelo fabrico de dois tipos de produto (P1 e P2), com o objetivo de identificar os parâmetros críticos de processo que possam estar associados ao aparecimento de unidades não conformes (NOK), visando minimizar o desperdício industrial e aumentar a robustez do processo. Tradicionalmente, a garantia da qualidade em linhas multifásicas como esta, que integra prensagem, soldadura e inspeção por ultrassons, recorre à deteção de defeitos no final do processo, uma abordagem reativa que esta metodologia procura antecipar, atuando na fase inicial do processo [2]; o presente trabalho centra-se, assim, na prensagem. A abordagem começou com uma análise estatística de diagnóstico para detetar padrões nas condições de prensagem das unidades NOK. Esta análise revelou que algumas unidades rotuladas como conformes (OK) tinham sido, na verdade, processadas em condições anómalas, introduzindo ruído nos dados de treino. Para corrigir este problema, foi aplicado um filtro baseado em percentis (1 e 99) de variáveis críticas, que identificou e removeu essas unidades antes da modelação. Seguiu-se a aplicação de um modelo preditivo de classificação binária (XGBoost), enriquecido com variáveis especializadas construídas a partir dos dados do processo, como a rigidez e a energia, que atingiu um F1-score de 0,86, com recall de 0,92 e precisão de 0,80 na previsão de unidades não conformes. A análise de importância das variáveis e os valores SHAP identificaram a rigidez e a energia como as mais influentes na não conformidade, resultados consistentes com os padrões observados na fase de diagnóstico: em P1, 71,6% das unidades NOK apresentam forças de prensagem insuficientes (mediana de 292 kN), enquanto em P2, 58,6% apresentam forças excessivas e 39,8% forças insuficientes. Esta abordagem demonstra que a combinação de análise estatística, aprendizagem automática e conhecimento de domínio fornece uma estrutura explicável para a compreensão do comportamento do processo, suportando a tomada de decisão proativa em ambientes industriais complexos.

Referências bibliográficas

- [1] A. Kausik, A. Rashid, R. Baki e M. Maktum, "Machine learning algorithms for manufacturing quality assurance: A systematic review of performance metrics and applications", *Array*, vol. 26, art. 100393, 2025.
- [2] A. H. Gomaa, "From TQM to TQM 4.0: A digital framework for advancing quality excellence through Industry 4.0 technologies", *International Journal of Natural-Applied Sciences and Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 30–57, 2025.



Otimização do planeamento operacional diário em reparação de equipamentos

Miguel Figueiredo¹, Pedro Martins¹, Emanuel Mendes²

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Olympus Medical Products Portugal, Rua Arquiteto Vasco Cunha nº 24 iParque, 3040-540 Coimbra, Portugal.

e-mail: miguelfigueiredo24@gmail.com

Resumo

A crescente complexidade dos processos de reparação de dispositivos médicos exige uma gestão operacional rigorosa e fundamentada em dados. Este trabalho foca-se no desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para otimizar o fluxo de reparação, auxiliando o planeamento diário no chão de fábrica da Olympus Medical Products Portugal que atua no setor de reparação de equipamentos médicos.

O estudo iniciou-se com a identificação dos principais bottlenecks operacionais e a categorização do fluxo de reparação, através de uma classificação baseada nos níveis de complexidade técnica das tarefas no chão de fábrica e nas diferentes famílias de modelos de equipamentos, permitindo padronizar e aumentar a exatidão dos tempos reais de intervenção em cada etapa de reparação. Para suportar a otimização de alocação de equipamentos, desenvolveu-se um algoritmo assente num modelo de Programação Linear Inteira Mista. Este modelo pretende maximizar a afetação diária de endoscópios às células de reparação, considerando a capacidade operacional da linha com a urgência de cada equipamento, avaliada pelo tempo de permanência do equipamento nas instalações e pela prioridade contratualmente estabelecida através da orçamentação com o cliente. A formulação matemática integra o fator humano, ajustando os tempos de processamento com base no índice de eficiência de cada técnico face à categorização efetuada para cada equipamento. Desta forma, o algoritmo penaliza a alocação a células de reparação menos eficientes, mas tenta garantir a existência de um balanço ponderado da carga de trabalho entre as equipas, evitando a sobrecarga de recursos críticos.

Os resultados da otimização alimentam dashboards interativos que simulam o comportamento cronológico da linha. Estes dashboards distinguem os tempos efetivos de processamento dos períodos de inatividade em cada uma das estações ao longo do fluxo operacional. Esta abordagem permite à organização, acesso a uma ferramenta com forte potencial para aumentar a transparência e a previsibilidade operacional da linha de reparação. Projetando-se para um cenário de implementação contínua, o modelo serve para contribuir para a mitigação de atrasos, redução dos tempos totais de reparação e otimização dos custos operacionais, com vista a atingir devoluções mais céleres aos clientes e suportando a gestão para decisões fundamentadas nos dados operacionais.

Agradecimentos e financiamento

Miguel Figueiredo agradece o apoio da Universidade Politécnica de Coimbra; e agradece também todo o apoio da empresa acolhedora do estágio curricular, Olympus Medical Products Portugal.

Referências bibliográficas

- [1] J. Bokrantz, A. Skoogh, C. Berlin, T. Wuest, and J. Stahre, "Smart Maintenance: an empirically grounded conceptualization," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 223, p. 107534, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107534>.
- [2] W.-Y. Ku and J. C. Beck, "Mixed Integer Programming models for job shop scheduling: A computational analysis," *Comput. Oper. Res.*, vol. 73, pp. 165–173, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.04.006>.
- [3] A. Karam, E.-A. Attia, and P. Duquenne, "A MILP model for an integrated project scheduling and multi-skilled workforce allocation with flexible working hours," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 13964–13969, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.2221>.
- [4] Y. Fang, C. Peng, P. Lou, Z. Zhou, J. Hu, and J. Yan, "Digital-Twin-Based Job Shop Scheduling Toward Smart Manufacturing," *IEEE Trans. Industr. Inform.*, vol. 15, no. 12, pp. 6425–6435, 2019, doi: [10.1109/TII.2019.2938572](https://doi.org/10.1109/TII.2019.2938572).

Pensamento Computacional e desenvolvimento do conhecimento didático na formação inicial de professoresRita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Cecília Costa^{3,4}, Sofia Gonçalves^{1,2}, Fernando Martins^{1,2}, Sónia Brito-Costa^{1,2}¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.²Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.⁴Centro de Investigação em Didática e Tecnologia na Formação de Formadores, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.**e-mail:** fmlmartins@esec.pt**Resumo**

O Pensamento Computacional (PC) tem vindo a assumir um papel relevante nos sistemas educativos, encontrando-se integrado nos currículos do ensino básico em diferentes países [1]. Em Portugal, a sua inclusão no currículo de Matemática do Ensino Básico [2], colocou novos desafios à formação inicial de professores, exigindo o desenvolvimento do conhecimento didático necessário à integração do PC nas práticas letivas [3]. Apesar do reconhecido potencial do desenvolvimento do PC para a resolução de problemas, o raciocínio lógico e a aprendizagem matemática, a investigação evidencia dificuldades dos futuros professores (FP) na planificação e implementação de tarefas que articulem o desenvolvimento das dimensões do PC com as aprendizagens matemáticas, bem como a escassez de programas de formação que promovam essa integração de forma sustentada [4]. Perante a escassez, em Portugal, de programas de formação centrados no desenvolvimento do conhecimento didático dos FP em matemática para a integração do PC nas práticas letivas, definiu-se como principal objetivo do estudo a criação de um programa de formação para desenvolver o conhecimento didático de FP em matemática necessário à implementação de tarefas que promovam a integração de dimensões de PC na sua prática letiva que simultaneamente proporciona aprendizagens de conhecimentos matemáticos. O estudo adotou uma abordagem metodológica de natureza mista e índole interpretativa, seguindo os princípios do *Design-Based Research* [5], tendo sido criado um programa de formação que foi implementado no ano letivo 2023/2024, com 38 FP de mestrado da Escola Superior de Educação de Coimbra (ESEC). Estruturado ao longo de dois semestres e organizado em duas fases, articulou unidades curriculares de Matemática, Didática da Matemática e Prática Educativa. Na primeira fase, os FP resolveram, adaptaram e planificaram tarefas matemáticas promotoras do PC, experienciando práticas de ensino exploratório (PEE). Na segunda fase, planificaram, reformularam e implementaram planos de intervenção nos seus contextos de estágio, tendo sido desenvolvidas sessões de microensino e momentos de tutoria, feedback e reflexão crítica. A sua avaliação baseou-se numa abordagem metodológica mista, recorrendo à análise de questionários, tarefas, planificações, narrações multimodais, trabalhos de grupo, notas de campo e reflexões críticas. Os resultados evidenciam que o programa de formação contribuiu para o desenvolvimento do conhecimento didático dos FP relativamente à integração de dimensões do PC nas suas práticas, verificaram-se melhorias nas perceções de competências [1] e autoeficácia [6], no conhecimento sobre PC [7] na mobilização do conhecimento didático durante a planificação [8], implementação [9] e reflexão sobre as práticas [10]. As PEE, as tarefas adaptáveis aos contextos de estágio, os ciclos de planificação e reformulação, o microensino, o feedback colaborativo e a reflexão sistemática revelaram-se determinantes para o desenvolvimento dos participantes. As principais dificuldades identificadas relacionaram-se com o conhecimento inicial sobre PC, a articulação entre objetivos, estratégias e recursos, a gestão do tempo e das discussões coletivas e a elaboração de reflexões críticas aprofundadas, sendo progressivamente ultrapassadas ao longo do programa. O principal contributo desta investigação consiste na validação de um programa de formação que responde a uma lacuna identificada na formação inicial de professores em Portugal e que se constitui como um modelo de formação passível de adaptação a diferentes contextos de formação inicial e contínua de professores, contribuindo para a integração intencional do Pensamento Computacional no ensino da Matemática. Os resultados desta investigação têm ainda contribuído para o enriquecimento do Projeto REFEPSEC da ESEC, através da disponibilização dos recursos didáticos e das publicações científicas produzidos no seu âmbito.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, UID/00194/2025 – CIDTFF com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/00194/2025>, e no âmbito da bolsa de investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] R. N. Rodrigues, C. Costa, S. Brito-Costa, M. Abbasi, and F. Martins, "Impact of a Training Program on Developing Computational Thinking in Pre-Service Primary School Teachers: From Theory to Practice," *EDUPIJ*, vol. 14, p. e2025037, 2025, doi: 10.22521/edupij.2025.14.37.
- [2] Ministério da Educação, *Aprendizagens essenciais de Matemática*. Lisboa: Lisboa: ME, 2021.
- [3] W. Dong, Y. Li, L. Sun, and Y. Liu, "Developing pre-service teachers' computational thinking: a systematic literature review," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 34, no. 1, pp. 191–227, 2024, doi: 10.1007/s10798-023-09811-3.
- [4] M. Yun and K. Crippen, "Computational Thinking Integration into Pre-Service Science Teacher Education: A Systematic Review," *J. Sci. Teacher Educ.*, vol. 36, no. 2, pp. 225–254, Aug. 2025, doi: 10.1080/1046560X.2024.2390758.
- [5] L. Cohen, L. Manion, and K. Morrison, *Research Methods in Education*, 8th ed. Routledge, 2018.
- [6] R. N. Rodrigues, C. Costa, M. Abbasi, S. Brito-Costa, and F. Martins, "From Potential to Practice: Training as a Promoter of Self-Efficacy in Computational Thinking for Pre-service Primary School Teachers," *EDUPIJ*, vol. 17, p. e2025346, 2025, doi: 10.22521/edupij.2025.17.346.
- [7] R. N. Rodrigues, C. Costa, S. Gonçalves, and F. Martins, "Evaluating Pre-Service Primary School Teachers' Scientific Knowledge on Computational Thinking," *EDUPIJ*, vol. 18, no. 1, 2025, doi: 10.22521/edupij.2025.18.477.
- [8] R. N. Rodrigues, F. Martins, S. Gonçalves, S. Brito-Costa, and C. Costa, "Evaluating Pre-Service Primary School Teachers' Didactic Knowledge in Mathematics through the Planning of Exploratory Teaching Practices Integrating Computational Thinking," *Front. Educ. (Lausanne)*, 2026.
- [9] R. N. Rodrigues, F. Martins, S.-N. Moral-Sánchez, and C. Costa, "Didactic knowledge in mathematics in the integration of computational thinking: Evidence in exploratory teaching practices of pre-service primary school teacher," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 22, no. 4, p. em2803, Apr. 2026, doi: 10.29333/iejmste/18106.

Consolidação do conhecimento linguístico através da gamificação: um modelo de intervenção e de investigação-ação na formação inicial de professores

Natália Albino Pires^{1,2}, Mara Castro Correia^{3,4}, Bárbara Bernardo¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (i2A), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³Escape Tower, Óbidos.

⁴Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação em Turismo (CITUR), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

e-mail: npires@esec.pt

Resumo

O ensino da gramática em sala de aula constitui um desafio nos diferentes ciclos de ensino, principalmente nos 1º e 2º Ciclos. As práticas de ensino destes conteúdos consistem, maioritariamente, na repetição de exercícios frequentemente descontextualizados, contribuindo para representações negativas e desvalorizando o conhecimento explícito da língua enquanto dimensão estruturante da compreensão leitora, da expressão oral e da produção escrita [1 - 2]. Neste sentido, é determinante que a própria formação de professores contemple a exploração e validação de metodologias que, além de assegurarem o domínio dos conteúdos linguísticos e o questionamento sobre práticas letivas, apoiem o cumprimento deste desafio [3]. Esta comunicação apresenta e discute uma linha de trabalho continuada de investigação-ação que tem vindo a ser desenvolvida na Prática de Ensino Supervisionada de Português dos Mestrados em Ensino no 1.º Ciclo do Ensino Básico e em Português e História e Geografia de Portugal no 2.º Ciclo do Ensino Básico, na Escola Superior de Educação da Universidade Politécnica de Coimbra. Trata-se de uma linha de trabalho iniciada no ano letivo de 2021/2022, que envolveu até ao momento 5 mestrands e 5 turmas do 1º e do 2º Ciclo do Ensino Básico. Pretendemos caracterizar o modelo formativo e evidenciar a valorização, satisfação, eficácia e, conseqüentemente, a transformação progressiva da experiência de ensino e de aprendizagem da gramática, contribuindo para a renovação de práticas letivas e para a construção de uma identidade profissional investigativa.

Partindo do levantamento das conceções e dos conhecimentos iniciais dos alunos, os/as mestrands/as concebem, implementam e avaliam sequências didáticas de ensino da gramática em diferentes anos de escolaridade centradas na experimentação de estratégias pedagógicas que recorrem a estratégias de gamificação e a jogos educativos, incluindo escape games, e que estimulam, em primeiro lugar, o papel ativo dos alunos no processo de aprendizagem [1]. As intervenções, com recurso à aplicação de elementos de jogo, tiveram como principal objetivo promover a consolidação dos conhecimentos. Estas atividades envolveram o reconhecimento e construção linguística através do recurso a enredos, regras, dinâmicas grupais específicas e objetivos comuns [4 - 5].

A recolha de dados é deliberadamente diversificada: tarefas de diagnóstico e de avaliação final, produções dos alunos, registos de observação da intervenção, questionários de apreciação e diários reflexivos dos/as futuros/as docentes. Esta combinação torna possível distinguir o que os alunos efetivamente aprenderam daquilo de que apenas gostaram e permite a distinção crítica de abordagens gamificadas, nas quais o entusiasmo é facilmente confundido com aprendizagem [6].

Os resultados obtidos até ao momento apontam para ganhos na identificação de estruturas gramaticais por parte dos alunos participantes. Há, no entanto, outros aspetos que carecem de estudos mais aprofundados para se perceber se se verifica ou não maior persistência perante tarefas de análise linguística; transferência do conhecimento explícito para a produção escrita; sedimentação do conhecimento a longo prazo. Do lado da formação, os registos reflexivos evidenciam uma deslocação progressiva do discurso dos/as mestrands/as da preocupação com a gestão da atividade lúdica para a fundamentação linguística e didática das decisões tomadas. Discutir-se-ão, por fim, as condições de transferibilidade da metodologia para outros domínios do português e os seus limites, designadamente o risco de o jogo se sobrepor ao objeto de aprendizagem.

Agradecimentos e financiamento

Agradecemos a colaboração dos/as mestrands/as, das escolas e dos/as professores/as cooperantes envolvidos/as na Prática de Ensino Supervisionada.

Referências bibliográficas

- [1] I. Duarte, *O Conhecimento da Língua: Desenvolver a Consciência Linguística*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação, DGIDC, 2008.
- [2] L. C. Tavglia (2017). *Gramática Ensino Plural*. Perdizes (São Paulo): Cortez Editora.
- [3] J. Elliott, *Action Research for Educational Change*. Milton Keynes, R.U.: Open University Press, 1991.
- [4] K. M. Kapp, *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. San Francisco, CA, EUA: Pfeiffer, 2012.
- [5] P. Fotaris e T. Mastoras, "Escape rooms for learning: A systematic review", in *Proc. 13th European Conf. Game-Based Learning (ECGBL)*, Odense, Dinamarca, 2019, pp. 235–243.
- [6] M. D. Hanus e J. Fox, "Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, satisfaction, effort, and academic performance", *Computers & Education*, vol. 80, pp. 152–161, 2015.

Uma prática STEAM no 4.º ano de escolaridade: literacia estatística e a poluição dos oceanos

Ana Silva¹, Filipa Pinto^{1,2}, Vanda Santos^{1,2,3}, Sónia Brito-Costa^{1,2}, Fernando Martins^{1,2,4}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³CIDTFF, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.

⁴Centro de Investigação e Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde, Universidade Politécnica de Coimbra, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: fmlmartins@esec.pt

Resumo

A literacia estatística constitui uma competência essencial para a participação informada dos cidadãos, ao favorecer a interpretação e a análise crítica da informação disponível [1,2,3]. Neste contexto, a abordagem STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) assume particular relevância por promover a integração de diferentes áreas disciplinares em torno da resolução de problemas autênticos [4,5]. Paralelamente, a Robótica Educativa (RE) tem evidenciado potencial para fomentar o envolvimento dos alunos e o desenvolvimento do pensamento computacional [6,7].

O presente trabalho integra uma investigação de natureza mista, com caráter interpretativo e assente num *design* de investigação-ação, desenvolvida durante o estágio curricular numa turma do 4.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), no âmbito do Relatório Final do Mestrado em 1.º CEB e Matemática e Ciências Naturais do 2.º CEB, da Escola Superior de Educação de Coimbra (ESEC) [8]. Face às dificuldades identificadas na organização e tratamento de dados e ao interesse dos alunos pela problemática da poluição dos oceanos, pretendeu-se analisar de que forma uma prática STEAM, apoiada na RE, contribuiu para as aprendizagens relativas à literacia estatística e à temática da poluição dos oceanos, bem como para as perceções dos alunos sobre a Autorregulação da Aprendizagem (AA) e a Autoeficácia Matemática (AM).

A intervenção decorreu em três sessões, estruturadas segundo as Práticas de Ensino Exploratório (PEE) [9] e o modelo de cenários de aprendizagem [10]. As atividades integraram conteúdos de Matemática, Estudo do Meio, Artes, Engenharia e Tecnologia, recorrendo ao robô SuperDoc para apoiar a resolução de situações problemáticas.

Antes e após a intervenção, os alunos realizaram tarefas de organização, representação e interpretação de dados e responderam a questionários sobre AA e AM. Os dados qualitativos foram recolhidos através de observação participante, notas de campo, gravações e Narrações Multimodais. Os dados quantitativos resultaram da análise do desempenho dos alunos nas tarefas matemáticas e das respostas às escalas de *Likert* relativas à AA e à AM.

Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas entre os momentos de pré e pós-intervenção no nível global de conhecimento, particularmente na organização, representação e interpretação de dados, na construção de gráficos de barras simples e no cálculo de medidas estatísticas elementares. Verificaram-se igualmente alterações positivas nas perceções dos alunos relativamente à AA e à AM.

Conclui-se que, no contexto deste estudo, a prática STEAM desenvolvida com base nas PEE, recorrendo à RE e à resolução de situações problemáticas, esteve associada ao desenvolvimento de aprendizagens relativas a conceitos estatísticos e a alterações positivas nas perceções dos alunos sobre a AA e a AM. Acrescenta-se que este estudo contribui para a reflexão sobre práticas STEAM no 1.º CEB apresentando uma proposta pedagógica baseada na RE que articula, de forma integrada, a aprendizagem de conteúdos de Dados e Probabilidades com a sensibilização para a problemática da poluição dos oceanos. O desenvolvimento desta proposta contribui igualmente para o enriquecimento do Projeto REFEPSEEC da ESEC.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (inED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, UID/06185/2025 – SPRINT (Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/06185/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026.

Referências bibliográficas

- [1] F. Martins, I. Duque, L. Pinho, A. Coelho e V. Vale, Educação Pré-escolar e Literacia Estatística, 1ª ed, Psicosoma, 2017.
- [2] Ministério da Educação, Aprendizagens Essenciais de Matemática – 4.º ano. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação, 2021.
- [3] L. Sobral, M. Neves, M. Simões, R. Rodrigues, Y. Freitas, C. Costa e F. Martins, “Pensamento computacional e literacia estatística no 1.º ano de escolaridade: uma prática de ensino exploratório”, *Didáticas Específicas*, no. 31, pp. 62–75, 2024, <https://doi.org/10.15366/didacticas2024.31.004>.
- [4] J. Rodrigues-Silva e Á. Alsina, “Conceptualising and framing STEAM education: what is (and what is not) this educational approach?”, *Texto Livre*, vol. 16, 2023, <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44946>.
- [5] C. Quigley, D. Herro, E. King e H. Plank, “STEAM Designed and Enacted: Understanding the process and implementation of STEAM Curriculum in an elementary school”, *Journal of Science Education and Technology*, vol. 29, pp. 499–518, <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09832-w>.
- [6] M. Bers, *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*, 2ª ed., Routledge, <https://doi.org/10.4324/9781003022602>.
- [7] R. Silva, C. Costa e F. Martins, “Robótica educativa na formação inicial de professores: perceções sobre potenciais benefícios e obstáculos”, *Indagatio Didactica*, vol. 15, no. 2, pp. 69–83, <https://doi.org/10.34624/id.v15i2.32571>.
- [8] A. Silva, “Prática STEAM e Robótica Educativa no desenvolvimento da literacia estatística e aprendizagens sobre a poluição dos oceanos”, Relatório final do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico. Coimbra, Portugal: Escola Superior de Educação de Coimbra, 2026, <http://hdl.handle.net/10400.26/62697>.
- [9] R. N. Rodrigues, C. Costa, Y. Freitas, J. Sacramento, V. Rato, S. Brito-Costa e F. Martins, *Pensamento Computacional e Práticas de Ensino Exploratório em Matemática Elementar: Propostas Didáticas para o 1.º Ciclo do Ensino Básico*. Porto, Portugal: inED – Centro de Investigação e Inovação em Educação, 2025. doi: 10.26537/ed.p.porto.186.
- [10] J. Matos, *Princípios orientadores para o desenho de cenários de aprendizagem*. Lisboa, Portugal: Instituto de Educação, 2014.

Sentidos da operação aritmética da divisão, autorregulação e autoeficácia: o impacto da applet “Divisão I” da plataforma Hypatiamat

Mariana Simões¹, Filipa Pinto^{1,2}, Rita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Fernando Martins^{1,2,4,5}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (iEED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

³Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

⁴Instituto de Telecomunicações, Delegação da Covilhã, Covilhã, Portugal.

⁵Centro de Investigação e Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde (SPRINT), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

e-mail: fmlmartins@esec.pt

Resumo

A operação aritmética da divisão surge na literatura como uma das operações em que os alunos revelam maiores dificuldades, tanto ao nível dos procedimentos como da compreensão conceptual, apesar de estar presente em diversas situações do quotidiano. No processo de ensino e aprendizagem da divisão, as metodologias ativas assumem um papel decisivo, uma vez que, ao apresentarem situações desafiantes, como jogos e *applets*, potenciam a procura de estratégias diversificadas e a construção do conhecimento. A integração de recursos digitais, nomeadamente *applets* da Plataforma *Hypatiamat* (PH), tem evidenciado potencial para promover aprendizagens significativas e influenciar positivamente a motivação, a atenção e o sucesso dos alunos em Matemática. Paralelamente, a promoção de competências de Autorregulação da Aprendizagem (AA) e de Autoeficácia Matemática (AM) revela-se essencial para o sucesso escolar.

Este trabalho apresenta resultados de uma investigação de natureza mista, com carácter interpretativo e design de investigação-ação, desenvolvida numa turma do 3.º ano do 1.º Ciclo do Ensino Básico. O estudo emergiu das dificuldades observadas na compreensão e resolução de problemas envolvendo os sentidos da divisão (partilha equitativa e medida). O objetivo consistiu em compreender de que forma a *applet* “Divisão I”, da PH, promove a compreensão dos sentidos da operação aritmética da divisão e analisar se a sua utilização influencia as perceções dos alunos relativamente à AA e à AM.

Nas fases de pré e pós-intervenção foram aplicados questionários de AA e AM e tarefas sobre os sentidos da divisão. Durante a intervenção realizaram-se seis sessões de exploração da *applet*, apoiadas por guiões estruturados, envolvendo o conceito de divisão, a sua relação com a multiplicação, os termos da operação (dividendo, divisor e quociente) e a resolução de situações problemáticas. Os dados qualitativos foram recolhidos através de observação participante, notas de campo, gravações e produções dos alunos, sendo os dados quantitativos obtidos através de instrumentos que permitiram analisar a evolução dos conhecimentos e do desempenho dos alunos.

Os resultados evidenciaram diferenças estatisticamente significativas no nível global de conhecimento e no desempenho na resolução das tarefas, nomeadamente na compreensão da operação aritmética da divisão e dos seus sentidos. Observou-se igualmente um aumento significativo das perceções dos alunos relativamente à AA e à AM. Destaca-se ainda a evolução na compreensão conceptual da divisão, traduzida na correta identificação dos seus termos e no reconhecimento do seu papel na operação.

Conclui-se que a integração da *applet* “Divisão I” da PH, articulada com guiões de exploração estruturados, promove aprendizagens significativas sobre a operação aritmética da divisão e contribui para o desenvolvimento da AA e da AM.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (iEED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, UID/50008/2025 – Instituto de Telecomunicações (IT), com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/50008/2025>, UID/06185/2025 – SPRINT (Centro de Investigação & Inovação em Desporto, Atividade Física e Saúde) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/06185/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026 e da Bolsa de Investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] A. Escaroupa, *O uso da applet Calcrapid da Plataforma Hypatiamat na promoção do Cálculo Mental*. Relatório Final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2023.
- [2] A. Gomes, *Desenvolvimento da aritmética mental utilizando o jogo SAM da Plataforma Hypatiamat*. Relatório Final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2023.
- [3] J. Santos e K. Monteiro, “Matemática fundamental: dificuldades no aprendizado das quatro operações com número natural dos alunos do 6.º ano na escola estadual Padre Luís Ruas,” in *Matemática: O sujeito e o conhecimento matemático*, vol. 2. Atena Editora, pp. 29–40, 2023. <https://doi.org/10.22533/at.ed.8202326062>
- [4] L. Ferreira e I. Lima, “Formação de professores para o ensino de divisão: contribuições da aprendizagem significativa,” *Interfaces Científicas – Educação*, vol. 8, n.º 3, pp. 554–566, 2020. <https://doi.org/10.17564/2316-3828.2020v8n3p554-566>
- [5] S. Bessa e V. Costa, “Apropriação do Conceito de Divisão por meio de Intervenção Pedagógica com Metodologias Ativas,” *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, vol. 33, n.º 63, pp. 155–176, 2019. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v33n63a08>
- [6] Y. Freitas, *A applet Multiplicação da Plataforma Hypatiamat na compreensão dos sentidos da operação aritmética multiplicação*. Relatório Final de Mestrado, Escola Superior de Educação de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2024.

Habitação Social: Realidades e Tendências no Brasil e em Portugal

João Paulo Martins Gouveia¹; Áurea Andrade Viana de Andrade²

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Brasil; Centro de Estudo em Geografia e Ordenamento do Território/Univ. de Coimbra e Núcleo de investigação Suscita/Universidade Politécnica de Coimbra, Portugal.

e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

O crescimento acelerado da população urbana constitui um dos principais desafios das políticas públicas contemporâneas, intensificando a necessidade de disponibilizar habitação acessível, sustentável e socialmente inclusiva. Tanto em Portugal como no Brasil, o défice habitacional continua a representar um problema estrutural, embora enquadrado por contextos políticos, económicos e sociais distintos. Paralelamente, as atuais orientações internacionais para o desenvolvimento sustentável, a descarbonização do setor da construção e a economia circular impõem a necessidade de repensar os modelos tradicionais de conceção, produção e construção de habitação social.

O presente trabalho analisa a evolução das políticas públicas de habitação social nos dois países, identificando as principais diferenças de enquadramento institucional, os desafios atuais e as oportunidades de inovação tecnológica aplicadas ao setor da construção. A metodologia baseia-se numa revisão crítica da literatura científica e técnica, complementada pela análise de documentos institucionais e legislação recente relativa às políticas de habitação, ordenamento do território e desenvolvimento urbano.

A análise evidencia que o Brasil desenvolveu, nas últimas décadas, programas de grande escala para produção de habitação de interesse social, contribuindo significativamente para a redução do défice habitacional e para o desenvolvimento da indústria da construção, embora persistam limitações relacionadas com a localização dos empreendimentos, a qualidade construtiva, a padronização das soluções e a integração urbana [1]. Em Portugal, apesar da implementação da Nova Geração de Políticas de Habitação e da Lei de Bases da Habitação, continuam a verificar-se carências significativas na oferta pública, associadas à reduzida dimensão do parque habitacional público, ao aumento do custo da habitação e à limitada diversificação das soluções construtivas [2, 3].



Figura 1. Bairro de Celas, Coimbra.
Fonte: The Portugal News, 2024



Figura 2. Bairro Cidade Alta 2, Campo Mourão, Brasil
Fonte: Tribuna do Interior, 2025

Os resultados permitem concluir que ambos os países enfrentam desafios semelhantes, exigindo uma abordagem integrada que articule políticas públicas, investigação científica, inovação tecnológica e indústria da construção. Neste contexto, a adoção de sistemas construtivos industrializados, modulares e sustentáveis poderá contribuir para reduzir tempos de execução, custos de construção, consumo de recursos naturais e emissões de carbono, promovendo simultaneamente maior qualidade, durabilidade e eficiência energética das habitações. A cooperação entre universidades, centros de investigação, indústria, entidades públicas e administrações locais constitui igualmente um fator estratégico para o desenvolvimento de soluções construtivas adaptadas às necessidades sociais, territoriais e ambientais.

Conclui-se que a resposta ao défice habitacional deverá assentar numa visão integrada da sustentabilidade, combinando inovação tecnológica, eficiência construtiva, resiliência estrutural, inclusão social e valorização territorial, em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas e com as atuais políticas europeias para a transição ecológica do setor da construção.

Referências bibliográficas

- [1] Fundação João Pinheiro, *Metodologia do Déficit Habitacional e da Inadequação de Domicílios no Brasil – 2016–2019*, Belo Horizonte, Brasil, 2021.
- [2] G. Antunes, “Política de habitação social em Portugal: de 1974 à atualidade,” *Forum Sociológico*, n.º 34, 2019, doi: 10.4000/sociológico.4662.
- [3] Cabral, “Recensão do livro *Habitação: Cem anos de políticas públicas de habitação em Portugal (1918–2018)*,” *Cidades, Comunidades e Territórios*, n.º 45, pp. 131–136, 2022, doi: 10.15847/cct.28115.

Governança territorial e desenvolvimento sustentável Uma análise longitudinal de uma cooperativa agroindustrial brasileira

Áurea Andrade Viana de Andrade¹; João Paulo Martins Gouveia²

¹Universidade Estadual do Paraná (Unespar), Brasil; Centro de Estudo em Geografia e Ordenamento do Território/Univ. de Coimbra e Núcleo de investigação Suscita/Universidade Politécnica de Coimbra, Portugal.

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

O presente estudo investiga o papel da governança territorial na promoção do desenvolvimento rural sustentável através de uma análise longitudinal da Cooperativa Agroindustrial dos Produtores de Corumbataí do Sul (Coaprocor), localizada no Estado do Paraná, Brasil. A investigação analisa de que forma a governança cooperativa, a articulação institucional e as estratégias adaptativas contribuíram para o reforço da resiliência territorial e para o apoio à agricultura familiar ao longo de um período alargado. Foi adotada uma abordagem qualitativa baseada num estudo de caso longitudinal, combinando análise documental, entrevistas semiestruturadas realizadas em diferentes momentos, observação de campo e informação socioeconómica recolhida entre 2009 e 2025. O enquadramento metodológico permitiu identificar as transformações organizacionais, os mecanismos institucionais implementados e as respostas desenvolvidas perante desafios produtivos, ambientais e de mercado.

Os resultados demonstram que a Coaprocor evoluiu de uma organização local de agricultores para um ator regional de coordenação territorial, capaz de coordenar a produção agrícola, a transformação agroindustrial, a comercialização e a cooperação institucional. A cooperativa enfrentou a grave crise fitossanitária que afetou a produção de maracujá por meio da diversificação produtiva, da expansão da transformação industrial de polpas de fruta e da maior integração nos mercados institucionais e privados. Essas estratégias contribuíram para reduzir a vulnerabilidade produtiva, gerar maior valor acrescentado, reforçar o enraizamento territorial e melhorar a resiliência a longo prazo. O estudo evidencia ainda que a capacidade de governança é construída progressivamente através da aprendizagem coletiva, da cooperação baseada na confiança, do apoio institucional e da adaptação contínua, não resultando exclusivamente de estruturas formais de governação.

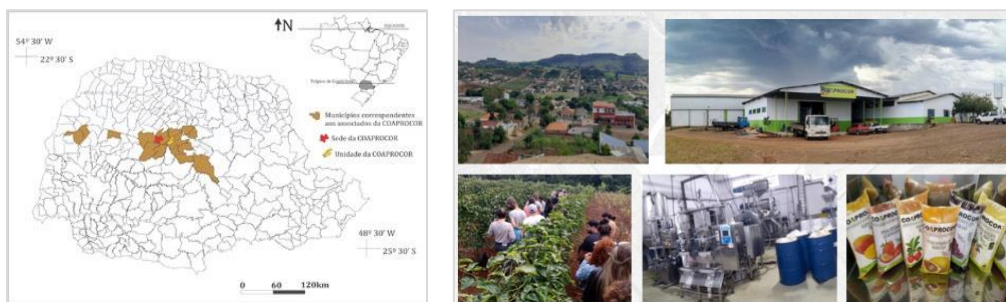


Figura 1. Cooperativa Agroindustrial dos Produtores de Corumbataí do Sul (Coaprocor).
Fonte: Coaprocor e autores

Os resultados reforçam as discussões mais recentes sobre governança territorial colaborativa, demonstrando que organizações cooperativas fortemente enraizadas no território podem assumir um papel estratégico na promoção do desenvolvimento territorial sustentável, particularmente em regiões rurais vulneráveis onde a capacidade institucional é limitada [1]. Adicionalmente, a investigação confirma a importância da integração das políticas públicas, da inovação produtiva e da identidade territorial nos processos de governança, reconhecendo simultaneamente os desafios estruturais associados à variabilidade climática, à dependência dos mercados e à renovação da base social da cooperativa [2]. O modelo analítico proposto contribui para aprofundar a compreensão da governança territorial enquanto processo dinâmico e relacional, complementando abordagens teóricas anteriores sobre governança e desenvolvimento territorial [3]. Consequentemente, este estudo fornece evidência relevante para investigadores, decisores políticos e profissionais do desenvolvimento rural interessados na promoção de modelos de governança territorial mais resilientes, inclusivos e sustentáveis.

Referências bibliográficas

- [1] S. Kovanen, P. Ulrich, and L. Gailing, "Institutionalizing collaborative regional governance in organizationally thin regions—Regional development agencies and the neglect of social innovations," *Frontiers in Political Science*, vol. 5, Art. 1092295, 2023. doi: 10.3389/fpos.2023.1092295.
- [2] T. M. Morales, *Desafios da fruticultura na agricultura familiar em Corumbataí do Sul, PR*. Master's Thesis, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, Brazil, 2024.
- [3] V. R. Dallabrida, "Governança territorial: do debate teórico à avaliação da sua prática," *Análise Social*, vol. 50, no. 215, pp. 304–328, 2015. doi: 10.31447/AS00032573.2015215.04.

Utilização da Plataforma *Hypatiamat* na promoção da aprendizagem da área do retângulo: uma prática de ensino exploratório no 4.º ano de escolaridade

Daniela Matos Dias¹, Patrícia Santos Luís¹, Rita Lopes Freire¹, Rita Neves Rodrigues^{1,2,3}, Filipa Pinto^{1,3}, Fernando Martins^{1,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal.

³Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Dom João III – Solum, 3030-329 Coimbra, Portugal.

e-mail: ritalf.03@gmail.com

Resumo

As Práticas de Ensino Exploratório (PEE) que integram artefactos digitais são referenciadas, na literatura, como práticas que permitem aprendizagens de conceitos matemáticos com compreensão [1, 2]. De acordo com as orientações curriculares de matemática para o Ensino Básico, os artefactos tecnológicos são considerados fundamentais nos processos de ensino e de aprendizagem da matemática [3].

Este estudo visou responder às dificuldades evidenciadas por alunos do 4.º ano de escolaridade, do 1.º Ciclo do Ensino Básico (CEB), no que concerne à compreensão do cálculo da medida da área, uma vez que este é um conceito complexo. Assim, foi formulada a questão de investigação: “De que forma a utilização da *applet* “Áreas III – Retângulo” da Plataforma *Hypatiamat* (PH), em sala de aula, contribui para a compreensão do cálculo da medida da área do retângulo?”. Deste modo, apresenta-se uma proposta didática, estruturada segundo as PEE [4] que foi implementada, em duas sessões, numa turma do 4.º ano do 1.º CEB, de uma escola pública, que integra a componente de estágio do Mestrado de Formação de Professores da Escola Superior de Educação de Coimbra.

Neste contexto, procurou-se fomentar a compreensão conceptual e procedimental sobre o cálculo da medida da área do retângulo nos alunos, com a utilização da *applet* mencionada [5]. Para tal, os alunos resolveram tarefas que envolviam estratégias de pavimentação e de contagem, tendo-se promovido a compreensão da generalização da expressão de cálculo da área do retângulo, sem recorrer à introdução precoce de fórmulas abstratas. Para cada sessão foram elaborados guiões de exploração estruturados, com o intuito de orientar a aprendizagem dos alunos e apoiar a exploração da PH. De referir que, antes da implementação, foram identificadas dificuldades, no reconhecimento do m^2 , na generalização da expressão para o cálculo da área do retângulo e no preenchimento de superfícies através de uma unidade de medida padrão ($1 m^2$), as quais evoluíram após a implementação. Esta evolução evidencia que o seu raciocínio não se limitou à simples aplicação da fórmula, permitindo-lhes compreender a área como um processo de pavimentação por unidades quadradas, com base na relação multiplicativa entre as dimensões do retângulo [6, 7]. Verificou-se, igualmente, uma melhoria nas explicitações das resoluções dos alunos, passando de registos simples para descrições mais completas e contextualizadas. Além disso, a fase de discussão das PEE promoveu a aprendizagem colaborativa, favorecendo a partilha e a discussão de diferentes estratégias de resolução [8]. Conclui-se que a implementação de PEE que promovam a exploração de *applets* da PH, com base em guiões de exploração, transformando o artefacto digital numa ferramenta epistémica, potenciam a construção ativa de conhecimento matemático pelos alunos, especificamente na compreensão sobre a área, para além do desenvolvimento de diversas capacidades, como a Algoritmia e a Comunicação e Expressão oral. O principal contributo deste estudo é uma proposta didática que integra artefactos da PH, constituindo-se como uma abordagem passível de ser replicada noutros contextos e contribuindo simultaneamente para o desenvolvimento do projeto *Hypatiamat* na ESEC.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UID/05198/2025 – Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED) com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/05198/2025> e <https://doi.org/10.54499/UID/PRR2/05198/2025>, e no âmbito da Bolsa de Iniciação à Investigação com a referência INED-IPC/Grant 2-2026 e da Bolsa de Investigação com a referência INED-IPC/Grant 1-2026.

Referências bibliográficas

- [1] R. Pinto, J. Martins e F. Martins, “Projeto Hypatiamat, Artefactos Digitais para Ensinar e Aprender Matemática”, em *Artefactos digitais, Aprendizagens e Conhecimentos Didático*. Coimbra, Portugal: Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Educação de Coimbra, 2022, cap. 1, pp. 10-30. [Online]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366894527_Artefactos_Digitais_Aprendizagens_e_Conhecimento_Didatico_-_Contributos_para_Promover_a_Compreensao_da_Matematica
- [2] M. Souza, L. Calleti, A. Coelho, L. Lima e A. Azevedo, “Tecnologias Digitais na Educação: Desafios e Perspectivas Para a Aprendizagem do Século XXI,” *Missioneira*, vol. 27, no. 9, pp. 529-541, Set., 2025. [Online]. Disponível em: <https://doi.org/10.46550/g4rzcv13>. Acedido em: Nov. 19, 2025.
- [3] Ministério da Educação, *Aprendizagens Essenciais de Matemática – 4.º ano*. Lisboa, Portugal: ME, 2021.
- [4] A. Canavarro, H. Oliveira e L. Menezes, “Práticas de Ensino Exploratório da Matemática: O Caso de Célia”, em *Actas do Encontro de Investigação em Educação Matemática: Práticas de Ensino da Matemática*. Castelo de Vide, Portugal: Sociedade Portuguesa de Investigação em Educação Matemática, 2012, pp. 255-266.
- [5] D. Dias, P. Luís, R. Freire, R. N. Rodrigues, F. Martins e F. Pinto, “Práticas de Ensino Exploratório e a Plataforma Hypatiamat: Aprendizagens sobre a Área do Retângulo no 4.º Ano de Escolaridade”, *Revista APEduC*, vol. 7, no. 1, pp. 132-148, Mai. 2026. [Online]. Disponível em: <https://doi.org/10.58152/APEduCJournal.664>. Acedido em: Jul. 25, 2026.
- [6] A. B. Bennet, L. J. Burton e L. T. Nelson, *Mathematics for Elementary Teachers: a Conceptual Approach*. New York, USA: McGraw-Hill, 2012.
- [7] H. Menino e S. Farinha, “Aprendizagem Compreensiva da Medida de Área de Um Retângulo no 3.º Ano do Ensino Primário,” *Educación Matemática*, vol. 37, no. 1, pp. 221-240, Abr. 2025. [Online]. Disponível em: <https://doi.org/10.24844/EM3701.08>. Acedido em: Nov. 19, 2025.
- [8] Y. Freitas, F. Martins, S.-N. Moral-Sánchez e F.-J. Ruiz-Rey, “Actions of a Trainee Teacher in Orchestrating Mathematical Discussions,” *Educational Process: International Journal*, vol. 14, no. 1, pp. 2-19, Jan. 2025. [Online]. Disponível em: <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.38>. Acedido em: Nov. 22, 2025.



Bioeconomia Circular, Alimentação e Valorização de Recursos

Valorização de biochar de Acácia para produção de elétrodos aplicados à conversão eletroquímica de nitrato em amónia

Constança Dias¹, Andreia Santos^{1,2,3}, João Silva^{1,2,3}, Maria Moreira^{1,3}, Luís Castro^{1,2,3}, Carla Moura^{1,2,4}, Margarida Franco⁴, Guilherme Fortunato⁵, Marc Ledendecker^{5,6}, António Amaral^{1,7,8}, Verónica Oliveira^{1,2}, Cândida Malça^{1,4}, Ana S. Fajardo^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³University of Coimbra, CERES, Department of Chemical Engineering, 3030-790 Coimbra, Portugal.

⁴Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produto, Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal.

⁵Sustainable Energy Materials, Technical University of Munich, Campus Straubing, Schulgasse 22, 94315 Straubing, Germany.

⁶Forschungszentrum Jülich GmbH, Helmholtz Institute Erlangen-Nürnberg for Renewable Energy, Cauersstraße 1, 91058 Erlangen, Germany.

⁷CEB - Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal.

⁸University of Coimbra, CeBER – Centre for Business and Economics Research, Faculty of Economics, Av. Dias da Silva, 165, 3004-512 Coimbra, Portugal.

e-mail: constancaldias@gmail.com

Resumo

A amónia desempenha um papel central na produção de fertilizantes e, consequentemente, na segurança alimentar global [1], [2]. Contudo, a sua síntese industrial, através do processo Haber-Bosch, apresenta um impacto ambiental significativo, associado a um elevado consumo energético cerca de 2% da energia mundial e a 1% de emissões de dióxido de carbono [3], [4], [5]. Neste contexto, a redução eletroquímica de nitrato surge como uma alternativa promissora, por permitir a conversão de um contaminante aquático num produto de valor acrescentado, sob condições operatórias moderadas.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver e otimizar elétrodos compósitos à base de *biochar* produzido a partir de biomassa de acácia, uma espécie invasora amplamente disseminada em Portugal. Esta abordagem procura articular a remediação ambiental com a valorização da biomassa residual, contribuindo para o desenvolvimento de soluções alinhadas com os princípios de economia circular. Neste sentido, um plano experimental sistemático foi implementado para avaliar a influência de diferentes parâmetros de formulação e processamento, como a distribuição granulométrica, o teor de humidade, a fração de ligante (carboximetilcelulose (CMC)) e a incorporação de agentes condutores (*carbon black* (CB) e de polianilina (PANI)), nas propriedades dos elétrodos. A caracterização incidiu sobre a resposta elétrica, a integridade morfológica e a estabilidade física em meio aquoso, sendo complementada por microtomografia computadorizada e difração de raios X.

Os resultados obtidos permitiram identificar uma matriz carbonácea com um equilíbrio favorável entre coesão estrutural e desempenho elétrico. Adicionalmente, verificou-se que a incorporação mecânica de determinados agentes condutores melhorou a resposta elétrica em condições secas, mas comprometeu a estabilidade dos elétrodos em meio aquoso. Para ultrapassar esta limitação, adotou-se uma estratégia de síntese do polímero PANI diretamente com a adição da matriz carbonácea, o que resultou na obtenção de um compósito com desempenho global superior. A formulação selecionada apresentou uma redução significativa da resistência elétrica, de 600 Ω para cerca de 13 Ω , bem como uma estrutura compacta, contínua e isenta de fraturas ou de fenómenos de laminação detetáveis por microtomografia.

Em suma, foi estabelecida uma rota promissora para a valorização de biomassa de acácia na produção de elétrodos compósitos, estabelecendo uma base experimental para estudos subsequentes de conversão eletroquímica de nitrato em amónia, quantificação do produto formado, avaliação da eficiência faradaica e análise da estabilidade operacional.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho foi financiado pela FCT-Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. através do Projeto Exploratório com a referência 2023.13409.PEX. Ana S. Fajardo, Carla Moura e Verónica Oliveira agradecem o financiamento nacional da FCT-Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através dos contratos do programa institucional de emprego científico, com as respetivas identificações: DOI: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0003, DOI: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0004, DOI: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002.

Referências bibliográficas

- [1] X. Fu, J. Zhang, and Y. Kang, "Recent advances and challenges of electrochemical ammonia synthesis," Oct. 20, 2022, Cell Press. doi: 10.1016/j.checat.2022.09.001.
- [2] I. J. McPherson, T. Sudmeier, J. Fellowes, and S. C. E. Tsang, "Materials for electrochemical ammonia synthesis," Dalton Transactions, vol. 48, no. 5, pp. 1562–1568, 2019, doi: 10.1039/c8dt04019b.
- [3] Y. Kohlhaas, L. Nohl, R. Keller, L. G. J. de Haart, R. A. Eichel, and M. Wessling, "Comparative Review of High- and Low-Temperature Electrochemical Ammonia Synthesis," Dec. 01, 2025, John Wiley and Sons Inc. doi: 10.1002/elsa.70001.
- [4] L. Ouyang et al., "Recent advances in electrocatalytic ammonia synthesis," Chinese Journal of Catalysis, vol. 50, pp. 6–44, Jul. 2023, doi: 10.1016/s1872-2067(23)64464-x.
- [5] X. Xue et al., "Review on photocatalytic and electrocatalytic artificial nitrogen fixation for ammonia synthesis at mild conditions: Advances, challenges and perspectives," Jun. 01, 2019, Tsinghua University Press. doi: 10.1007/s12274-018-2268-5.

Ação de compostos fenólicos e glicoalcaloides de folhas do tomate contra o vírus ToBRFV (*Tomato brown rugose fruit virus*)

Luís Magalhães¹, Carla Varanda^{2,3}, Bruno Esteves⁴, Marta Henriques⁵

¹Universidade Politécnica de Castelo Branco, Quinta da Senhora de Mércules, 6000-909 Castelo Branco, Portugal.

²Centro de Estudos de Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Santarém, Escola Superior Agrária, Quinta do Galinheiro - S. Pedro, 2001-904 Santarém, Portugal.

³MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE – Instituto para as Alterações Globais e Sustentabilidade, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, 7006-554 Évora, Portugal.

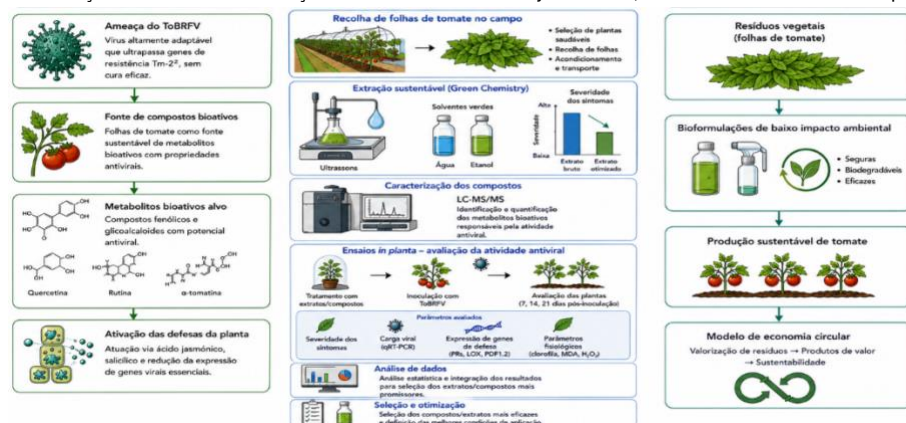
⁴Universidade Politécnica de Viseu, Avenida Coronel José Maria Vale de Andrade, Campus Politécnico, 3504-510 Viseu, Portugal.

⁵Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: l.magalhaes@ipc-campus.pt

Resumo

O ToBRFV constitui atualmente uma das principais ameaças à produção mundial de tomate, causando perdas económicas significativas e comprometendo a sustentabilidade da cultura. A elevada capacidade de adaptação deste vírus permitiu-lhe ultrapassar genes de resistência amplamente utilizados como o Tm-2², não existindo, atualmente, métodos curativos eficazes após a infeção [1,2]. Neste contexto, torna-se prioritário desenvolver estratégias de controlo inovadoras e ambientalmente sustentáveis que reduzam a dependência de produtos químicos sintéticos. O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma fonte rica em metabolitos secundários bioativos, como flavonoides, glicoalcaloides e carotenoides, cujas propriedades antioxidantes e antivirais têm sido demonstradas em diferentes sistemas vegetais [3]. Compostos como o α -tomatina, a quercetina e a rutina podem atuar tanto pela interferência direta na replicação viral como pela indução de mecanismos de defesa da planta, nomeadamente, através da ativação de vias de sinalização associadas ao ácido jasmónico, ao ácido salicílico e às espécies reativas de oxigénio [4,5,6]. Estudos recentes



demonstraram ainda que a rutina reduz a expressão de genes essenciais do ToBRFV [7], reforçando o potencial destes metabolitos como agentes naturais de proteção fitossanitária. Este trabalho propõe avaliar o potencial antiviral e as respostas de defesa do tomate mediante a aplicação de extratos de folhas obtidos do mesmo, valorizando-se um subproduto agrícola habitualmente descartado. Os extratos serão produzidos recorrendo a métodos sustentáveis de extração com solventes verdes (água e etanol) assistidos por ultrassons e posteriormente caracterizados por LC-MS/MS para identificação e quantificação dos principais compostos bioativos. A atividade antiviral será avaliada *in planta* através da monitorização da severidade dos sintomas, da carga viral e da expressão de

genes associados às respostas de defesa vegetal.

Espera-se que os extratos reduzam a severidade dos sintomas e/ou a carga viral, através da sinergia entre a ação direta antiviral e a ativação de mecanismos de defesa vegetal, nomeadamente, das vias dos jasmonatos e de genes associados ao *stress* biótico (como a via do ácido salicílico). Os resultados contribuirão para o desenvolvimento de bioformulações naturais destinadas à proteção do tomateiro contra o ToBRFV, promovendo simultaneamente a valorização de resíduos vegetais e a implementação de estratégias de proteção fitossanitária mais sustentáveis, alinhadas com os princípios da economia circular e da agricultura de baixo impacto ambiental.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado pelo projeto “VIRUSREST – Desenvolvimento de plantas de tomate resistentes contra vírus, obtidas de acordo com a nova regulamentação europeia” (Projeto n.º 15821; COMPETE2030-FEDER-00693100), apoiado pelo FEDER através do COMPETE 2030 – Programa de Inovação e Transição Digital (PITD).’

Referências bibliográficas

- [1] N. Luria, E. Smith, V. Reingold, I. Bekelman, M. Lapidot, I. Levin, and A. Dombrovsky, “Tomato brown rugose fruit virus: An emerging tobamovirus,” *Plant Disease*, vol. 101, pp. 2059–2067, 2017.
- [2] Z. Zisi, D. Beris, C. Varveri, A. Samaras, and V. I. Maliogka, “Single amino acid change in tomato brown rugose fruit virus breaks virus-specific resistance in new resistant tomato cultivar,” *Frontiers in Plant Science*, vol. 15, Art. no. 1382862, 2024.
- [3] I. Sergiel, “Flavonoids – natural compounds with antiviral and anticancer potential,” *Postepy Biochem*, vol. 70, no. 4, pp. 474–482, 2024.
- [4] C. Wasternack, M. Strnad, and B. Hause, “Jasmonates: Biosynthesis, metabolism, and signaling by proteins activating and repressing transcription,” *Journal of Experimental Botany*, vol. 68, no. 6, pp. 1303–1321, 2017.
- [5] C. Li, G. Liu, C. Xu, G. I. Lee, P. Bauer, H.-Q. Ling, M. W. Ganai, and G. A. Howe, “Jasmonate signaling pathway modulates plant defense,” *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 23, Art. no. 3945, 2022.
- [6] K. Bouarab, R. Melton, J. Peart, D. Baulcombe, and A. Osbourn, “A saponin-detoxifying enzyme mediates suppression of plant defences,” *Nature*, vol. 418, pp. 889–892, 2002.
- [7] M. Salehzadeh, F. Rahmani, Y. Ghasemi, and H. Hashemipour, “Antiviral activity and mechanisms of action of atropine, rutin, and hypoxanthine against tomato brown rugose fruit virus,” *Microbial Pathogenesis*, vol. 205, Art. no. 107587, 2025.

Fontes alternativas de proteínas e abordagens estratégicas para um sistema alimentar sustentável

Diana Costa^{1,2}, Davide Tagliazzucci¹, Carlos Dias Pereira^{2,3}, Marta Henriques^{2,3}

¹Dipartimento di Scienze della Vita, Università di Modena e Reggio Emilia, Rua Amendola 2, Reggio Emilia 42122, Itália.

²Universidade Politécnica de Castelo Branco, Avenida Pedro Álvares Cabral, n.º 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

³Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: diana.costa@esac.pt

Resumo

O crescimento da população mundial, o aumento da procura por alimentos saudáveis e a necessidade de reduzir o impacto ambiental da produção pecuária impulsionam a procura por fontes alternativas de proteína [1]. Em Portugal, os produtos de origem animal continuam a representar a principal fonte de proteína na alimentação [2], esta tendência destaca a dependência contínua dos sistemas proteicos convencionais e reforça a necessidade de identificar e desenvolver alternativas sustentáveis capazes de dar resposta às futuras necessidades nutricionais [3].

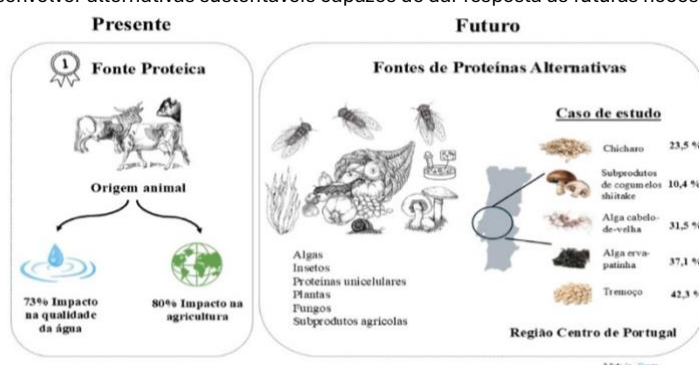


Figura 1. Fontes alternativas de proteínas na Região Centro e abordagens estratégicas para um sistema alimentar sustentável.

A transição para proteínas alternativas depende das condições regionais, nomeadamente da disponibilidade de biomassa, da atividade agroindustrial, das infraestruturas e da capacidade de inovação [4]. Assim, a avaliação de recursos locais é essencial para identificar matérias-primas e tecnologias de extração e processamento sustentáveis. Neste contexto, a Região Centro de Portugal destaca-se pela diversidade agrícola, recursos marinhos e aposta na bioeconomia circular. Este trabalho visa identificar e caracterizar novas fontes regionais de proteína, avaliando a sua qualidade nutricional, segurança, propriedades tecno-funcionais e potencial alergénico. Serão ainda otimizados processos de extração proteica e desenvolvidos protótipos alimentares, contribuindo para alimentos mais sustentáveis.

Numa primeira fase, foram selecionados o chicharro, subprodutos de shiitake, as macroalgas cabelo-de-velha e erva-patinha e o tremço, devido à sua disponibilidade como fontes proteicas sustentáveis da Região Centro. A sua caracterização química (Figura 1 e Tabela 1) revelou que o tremço é a fonte mais rica em proteína (42,3%) seguida das macroalgas (31,5% cabelo-de-velha, 37,1% erva-patinha), já os subprodutos de shiitake são os mais pobres com 10,4%. As macroalgas são as fontes que apresentam a maior teor de compostos bioativos: fenólicos totais para a erva-patinha e flavonoides para a cabelo-de-velha. Todas as matérias-primas apresentaram elevados teores de K, evidenciando o seu potencial como fontes sustentáveis de proteína e micronutrientes para aplicações alimentares. Para além disso destacam-se ainda o Ca (chicharro), o Fe (Cabelo-de-velha), o Mg (Erva-patinha) e o Mn (tremço).

Tabela 1. Teor em fenólicos totais (FT), flavonoides (FL) e minerais de fontes alternativas de proteína identificadas na Região Centro (Portugal).

Fonte proteica	FT (mg Eq. Ác. Gálico /g, bs)	FL (mg Eq. Epicatequina/g, bs)	Minerais predominantes
Chicharro (<i>Lathyrus sativus</i>)	1.27 ± 0.09	0.36 ± 0.01	Ca e K
Subproduto shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	2.15 ± 0.12	1.18 ± 0.16	K
Cabelo-de-velha (<i>Gracilaria gracilis</i>)	3.29 ± 0.24	2.29 ± 0.48	Fe e K
Erva-patinha (<i>Porphyra dioica</i>)	7.03 ± 0.16	1.78 ± 0.12	Mg e K
Tremço (<i>Lupinus albus</i>)	2.06 ± 0.13	1.52 ± 0.16	Mn e K

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho foi financiado pela FCT através do CERNAS (UIDB/0681/2025 <https://doi.org/10.54499/UID/00681/2025>) e pela bolsa de doutoramento concedida pelo Instituto Politécnico de Coimbra no âmbito da Aliança UNlgreen – The green European University.

Referências bibliográficas

- [1] ONU News. (2024, July 11). Retrieved from <https://news.un.org/pt/story/2024/07/1834411>.
- [2] Pires, A. et al. (2021). Dairy By-Products: A Review on the Valorization of Whey and Second Cheese Whey. *Foods*, 10(5), 1067. <https://doi.org/10.3390/foods10051067>.
- [3] Zhang, X. et al. (2024). Novel alternative proteins: structural, extraction, and safety aspects. *Food Chem.*, 436, 137712. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137712>.
- [4] Hasell, J., Rohenkohl, B., Arriagada, P., Ortiz-Ospina, E., & Roser, M. (2023). Economic Inequality. *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/economic-inequality>.

Modelo integrado nutricional, comportamental e tecnológico para a redução do desperdício alimentar em refeitórios escolares

Gonçalo Dias¹, Carlos Damas², Ana Lúcia Baltazar^{1,3}, Goreti Botelho^{1,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²ICA - Indústria e Comércio Alimentar, S.A. - Av. Manuel da Maia, 46-A, 1000-203 Lisboa

³Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

e-mail: goncalo.dias440044@gmail.com

Resumo

O desperdício alimentar em refeitórios escolares constitui um desafio nacional que acarreta implicações ambientais, económicas e sociais de elevada relevância. A FAO estima que um terço dos alimentos produzidos à escala global é perdido ou desperdiçado, contribuindo para cerca de 8% das emissões de gases com efeito de estufa e para cerca de 20% do consumo de água doce associado à produção de alimentos não consumidos [1].

O presente projeto propõe o desenvolvimento e validação de um modelo integrado que combina dimensões nutricionais, comportamentais e tecnológicas, sustentado por um desenho *quasi*-experimental longitudinal e por uma abordagem metodológica mista. Este desenho permite acompanhar a evolução dos indicadores ao longo do tempo, comparando de forma sistemática medições pré e pós-intervenção, assegurando o controlo sobre variáveis externas, captando os efeitos reais das medidas introduzidas. A implementação decorrerá numa escola básica de 2.º e 3.º ciclo da região de Coimbra, envolvendo cerca de 300 alunos, pessoal responsável pela preparação e confeção no refeitório (cozinheira, ajudante de cozinha e copeira), docentes, técnicos municipais responsáveis pelo acompanhamento do serviço de refeições e de representantes do operador de alimentação. Esta inclusão alargada de intervenientes organizacionais e administrativos constitui um avanço significativo face à literatura nacional e internacional existente, que tende a centrar-se exclusivamente nos alunos, negligenciando os agentes que influenciam diretamente a produção, distribuição e consumo das refeições. A articulação do guião de entrevista com o Caderno de Encargos municipal reforça a relevância operacional do estudo, garantindo alinhamento com requisitos nutricionais, logísticos e legais.

A fase de diagnóstico integra a quantificação direta do desperdício alimentar nas etapas de preparação, distribuição e consumo, complementada pela análise de fluxo de massa (AFM), reconhecida pela sua robustez na caracterização de fluxos alimentares em refeitórios escolares [2]. Paralelamente, serão aplicados inquéritos estruturados, grupos focais e entrevistas semiestruturadas, permitindo identificar determinantes sensoriais, organizacionais, comportamentais e tecnológicos, bem como padrões de aceitação alimentar e de participação no almoço escolar. Esta integração de métodos quantitativos e qualitativos consolida uma base empírica para o desenvolvimento das ações subsequentes, reforçando a consistência metodológica do estudo.

A fase de intervenção operacionaliza medidas multidimensionais que incluem campanhas de educação alimentar crítica, ajustamentos nutricionais baseados em aceitação sensorial, maior flexibilidade nas escolhas alimentares e implementação de uma ferramenta digital de monitorização — *Waste Tracker* — com registo fotográfico e *feedback* em tempo real. A literatura demonstra que intervenções combinadas podem reduzir o desperdício entre 10% e 20% [3], enquanto soluções tecnológicas de monitorização aumentam a consciência dos utilizadores e melhoram a eficiência dos sistemas alimentares, promovendo comportamentos mais sustentáveis [4]. A integração destas dimensões permite atuar simultaneamente sobre fatores individuais, organizacionais e tecnológicos, potenciando efeitos sinérgicos e aumentando a probabilidade de redução sustentada do desperdício.

A avaliação de impacto será realizada através de indicadores-chave de desempenho, incluindo desperdício *per capita*, desperdício por porção, índice de sobras, rácio desperdício/produção e a taxa de participação nas refeições. Estima-se, com base na literatura e estudos preliminares, uma redução igual ou superior a 15% no desperdício total, acompanhada de melhorias na adesão às refeições escolares, na eficiência operacional e na perceção da qualidade das refeições. O modelo proposto pretende gerar evidência científica robusta e replicável, alinhada com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12.2 da Agenda 2030, contribuindo para políticas públicas de restauração coletiva sustentável. Este projeto ambiciona ainda reforçar a literacia alimentar da comunidade escolar, promover práticas de economia circular e consolidar um referencial metodológico aplicável a outras comunidades escolares.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à Comunidade Escolar envolvida, ao Município de Coimbra e à empresa de concessão alimentar. O CERNAS é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., referência UID/00681/2025, com o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/UID/00681/2025>.

Referências bibliográficas

- [1] FAO, *The State of Food and Agriculture Report: Moving Forward on Food Loss and Waste Reduction*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, Tech. Rep., pp 1-182, 2019.
- [2] S. Kasavan, S. S. A. Yusoff, R. C. S. Guan, R. A. M. Zaman, and N. F. Fakhrudin, "Quantification of food waste in school canteens: A mass flow analysis" *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 164, pp 1015176, 2021.
- [3] C. Malefors, N. Sundin, M. Tromp, and M. Eriksson, "Testing interventions to reduce food waste in school catering," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 177, pp 1-10, 2022.
- [4] L. Fraccascia and A. Nastasi, "Mobile apps against food waste: Are consumers willing to use them? A survey research on Italian consumers," *Resources, Conservation & Recycling Advances*, vol. 18, pp 1-10, 2023.

Para além da degustação: o papel da experiência multissensorial no valor percebido do espumante**Beatriz Gaspar^{1,2}, António Dinis Ferreira^{1,2}, Sara Sousa^{1,2}, Rosa Guilherme^{2,3}**¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.²Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.³Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDR Centro), Divisão de Inovação e Apoio à Produção Agroalimentar, Portugal.**e-mail:** a2020134646@alumni.iscac.pt**Resumo**

Atualmente, a diferenciação dos produtos vitivinícolas depende não apenas das suas características intrínsecas, mas também da experiência associada ao consumo. No caso do espumante, o método de produção influencia o perfil sensorial, a qualidade e a aceitação de diferentes estilos [1], enquanto a efervescência e as propriedades da espuma constituem importantes estímulos sensoriais e visuais [2]. Simultaneamente, o ambiente, o serviço e a informação sobre a origem podem influenciar a apreciação, a adequação e o valor percebidos. Contudo, permanece limitada a compreensão integrada destes mecanismos no contexto específico do espumante.

Este estudo teve como objetivo analisar de que modo os estímulos multissensoriais e os elementos contextuais participam na construção do valor do espumante, considerando os seus possíveis efeitos na intenção de consumo e na disposição para pagar. Para o efeito, realizou-se uma revisão narrativa e interdisciplinar de estudos sujeitos a revisão por pares, publicados entre 2015 e 2025 e selecionados pela sua relevância para a experiência multissensorial, o contexto de consumo e a perceção de valor no vinho e no espumante.

A literatura indica que os estímulos sensoriais e contextuais não atuam isoladamente. A música pode modificar a perceção de atributos como a acidez, a doçura, a intensidade frutada e a adstringência, bem como a apreciação global do vinho [3]. A imersão ambiental pode igualmente alterar a avaliação hedónica, a adequação percebida e a disposição para pagar, tendo sido observado um aumento da apreciação e do valor atribuído ao espumante quando degustado num contexto de adega, comparativamente a um contexto de bar, apesar de a bebida apresentada ser a mesma nos dois contextos [4]. Evidência relativa a espumantes sicilianos sugere ainda que a apresentação do produto num contexto territorial coerente com a sua origem pode influenciar as preferências e as intenções de consumo [5]. Todavia, os efeitos dos elementos extrínsecos não são uniformes: a divulgação de métodos de produção sustentável alterou alguns descritores associados a espumantes, mas não produziu diferenças significativas na apreciação global [6].

Em conjunto, estes resultados apontam para duas possíveis vias complementares de criação de valor: uma via indireta, através da alteração das expectativas, da adequação e da qualidade percebidas; e uma via direta, associada à apreciação e ao valor económico atribuído à experiência. Evidenciam igualmente que a eficácia dos estímulos depende da sua congruência com o produto e o contexto. Contudo, parte da literatura permanece centrada no vinho em geral e os estudos específicos sobre espumante são ainda limitados.

Conclui-se que a experiência multissensorial pode constituir um instrumento estratégico de diferenciação e valorização do espumante, desde que seja concebida de forma coerente com a identidade, a origem e o posicionamento do produto. Estudos futuros deverão explorar estas relações em diferentes segmentos de consumidores e contextos de consumo, recorrendo, designadamente, a abordagens experimentais.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito da bolsa de doutoramento com a referência 2025.03240.BDANA e o identificador DOI <https://doi.org/10.54499/2025.03240.BDANA>.

Referências bibliográficas

- [1] J. A. Culbert, R. Ristic, L. A. Ovington, A. J. Saliba e K. L. Wilkinson, "Influence of production method on the sensory profile and consumer acceptance of Australian sparkling white wine styles", *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 23, no. 2, pp. 170–178, 2017.
- [2] C. Gonzalez Viejo, D. D. Torrico, F. R. Dunshea e S. Fuentes, "Bubbles, foam formation, stability and consumer perception of carbonated drinks: A review of current, new and emerging technologies for rapid assessment and control", *Foods*, vol. 8, no. 12, Art. no. 596, 2019.
- [3] C. Spence e Q. Wang, "Wine and music (II): Can you taste the music? Modulating the experience of wine through music and sound", *Flavour*, vol. 4, Art. no. 33, 2015.
- [4] B. Picket e R. Dando, "Environmental immersion's influence on hedonics, perceived appropriateness, and willingness to pay in alcoholic beverages", *Foods*, vol. 8, no. 2, Art. no. 42, 2019.
- [5] M. Ingrassia, L. Altamore, S. Bacarella, C. Bellia, P. Columba e S. Chironi, "Influence of coherent context for positioning distinctive and iconic Sicilian sparkling wines: Effect of a sensorial experience on a gulet", *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, vol. 34, no. 2, pp. 144–175, 2022.
- [6] L. Hayward, A. Barton e M. B. McSweeney, "Investigating how the disclosure of production methods influences consumers' sensory perceptions of sparkling wines", *Beverages*, vol. 6, no. 4, Art. no. 66, 2020.

Valorização da quercetina da casca de cebola para a funcionalização de hidrogéis

Guilherme Ribeiro¹, Ana Veloso^{1,2}, Carla Moura^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, 3045-093 Coimbra, Portugal.

³Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produtos, Universidade de Leiria e Oeste, 2030-028 Marinha Grande, Portugal.

e-mail: silvaribeiroguilherme123@gmail.com

Resumo

O projeto desenvolvido teve como objetivo a produção e caracterização de hidrogéis funcionalizados com complexos de inclusão de compostos fenólicos em β -ciclodextrina (β -CD), bem como o estudo da sua libertação controlada. O trabalho foi desenvolvido utilizando quercetina comercial e compostos obtidos a partir da casca de cebola castanha. Estes sistemas poderão apresentar interesse para futuras aplicações na área dermatológica, nomeadamente na prevenção e tratamento de danos associados à radiação ultravioleta e à hiperpigmentação, tendo em conta as propriedades antioxidantes e biológicas atribuídas à quercetina e a outros compostos fenólicos.

Numa perspetiva de economia circular e de valorização de resíduos agroalimentares, procedeu-se à extração de compostos fenólicos da casca da cebola castanha, utilizando água como solvente, de forma a privilegiar uma metodologia simples e mais sustentável. A casca de cebola tem sido descrita como uma fonte relevante de compostos fenólicos, particularmente flavonoides, entre os quais se destaca a quercetina. Os resultados obtidos neste trabalho confirmam a presença de compostos com atividade antioxidante no extrato, embora tenham sido identificadas possibilidades de otimização das condições de extração [1].

Posteriormente, foram preparados complexos de inclusão com β -CD pelo método de co-evaporação. A utilização de ciclodextrinas pode contribuir para melhorar algumas propriedades de compostos pouco solúveis em meio aquoso, como a quercetina, através da formação de complexos de inclusão. A formação dos complexos foi avaliada por espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) [2]. As alterações observadas na forma, intensidade e posição de bandas características dos grupos funcionais, nomeadamente O–H, C=O e C–O, comparativamente aos compostos isolados, sugerem a ocorrência de interações entre os compostos fenólicos e a β -CD, compatíveis com a formação do complexo de inclusão [3].

Na etapa final do trabalho experimental os complexos foram incorporados em hidrogéis de PEGDA e PVA, utilizando diferentes proporções de complexos de inclusão (10, 20, 25 e 50%), com o objetivo de avaliar a libertação dos compostos a partir das diferentes matrizes poliméricas. Os ensaios realizados com quercetina comercial permitiram estabelecer uma referência para a avaliação do comportamento dos compostos obtidos a partir da casca de cebola. Os hidrogéis de PEGDA não foi observada libertação significativa de quercetina nas condições estudadas, evidenciando a elevada estabilidade desta matriz. Por outro lado, nos hidrogéis de PVA verificou-se libertação do composto, acompanhada por alterações da integridade da matriz polimérica.

De forma geral, os resultados evidenciam a influência da natureza da matriz polimérica no comportamento de libertação dos compostos incorporados. O trabalho permitiu ainda identificar aspetos a otimizar ao nível da extração, complexação e formulação dos hidrogéis. A continuidade do estudo, nomeadamente através da utilização de outras matrizes poliméricas, como hidrogéis, à base de quitosano, poderá contribuir para o desenvolvimento de sistemas de libertação de compostos fenólicos com potencial aplicação futura na prevenção e tratamento de alterações cutâneas associadas à radiação ultravioleta e à hiperpigmentação.



Figura 1. Representação esquemática do estudo de libertação do hidrogel carregado com complexo de inclusão de quercetina.

Agradecimentos e financiamento

Guilherme Ribeiro agradece à Engenharia Isabel Barraca por todo o auxílio durante o desenvolvimento do projeto.

Carla Moura agradece o financiamento nacional concedido pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, P.I., no âmbito do contrato do programa de emprego científico institucional (DOI 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0004).

Referências bibliographical

- [1] Horbowicz M. (2002) Method of quercetin extraction from dry scales of onion. *Veget Crops Res Bull* 57:119–124.
- [2] Wang Z, Zou W, Liu L, et al (2021) Characterization and bacteriostatic effects of β cyclodextrin/quercetin inclusion compound nanofilms prepared by electrospinning. *Food Chem* 338:127980. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2020.127980>.
- [3] Ilyich T V., Lapshina EA, Maskevich AA, et al (2020) Inclusion Complexes of Quercetin with β -Cyclodextrins: Ultraviolet and Infrared Spectroscopy and Quantum Chemical Modeling. *Biophysics (Russian Federation)* 65:381–389. <https://doi.org/10.1134/S0006350920030070/TABLES/1>.

Mitigação de *Pseudomonas* spp. presentes em leite cru e queijo curado por tecnologias não térmicas: UV-C e CO₂ dissolvido

António Oliveira¹, Marta Henriques^{2,3}, Nuno Alvarenga³, Igor Dias²

¹Universidade Politécnica de Castelo Branco, Avenida Pedro Álvares Cabral, n.º 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

³Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

³Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Av. da República, Quinta do Marquês 2780-157 Oeiras, Portugal.

e-mail: mail.antonio.oliveira@gmail.com

Resumo

A contaminação do leite cru por bactérias psicotróficas, nomeadamente *Pseudomonas* spp., constitui um desafio para a indústria dos laticínios. Estas bactérias proliferam a baixas temperaturas (< 4 °C) e, ao atingirem densidades críticas, através de mecanismos de *Quorum Sensing* (QS) induzem a produção de exoenzimas termoestáveis (Figura 1). A presença destas enzimas em leite cru ou pasteurizado compromete o rendimento queijeiro, a qualidade e a estabilidade dos queijos produzidos. Estas alterações têm impacto negativo ao nível financeiro com quebras de faturação superiores a 25%. Este projeto propõe uma abordagem inovadora e integrada, baseada em tecnologias não térmicas, como a radiação UV-C e o CO₂ dissolvido, para mitigar o crescimento bacteriano e inibir a expressão enzimática. Serão avaliados, em diferentes matrizes (superfícies de contacto, leite cru e queijo), parâmetros microbiológicos, métodos de conservação e de higienização. Pretende-se desenvolver estratégias eficazes e sustentáveis para reduzir perdas económicas, diminuir a produção de produto não conforme e o consequente desperdício alimentar.

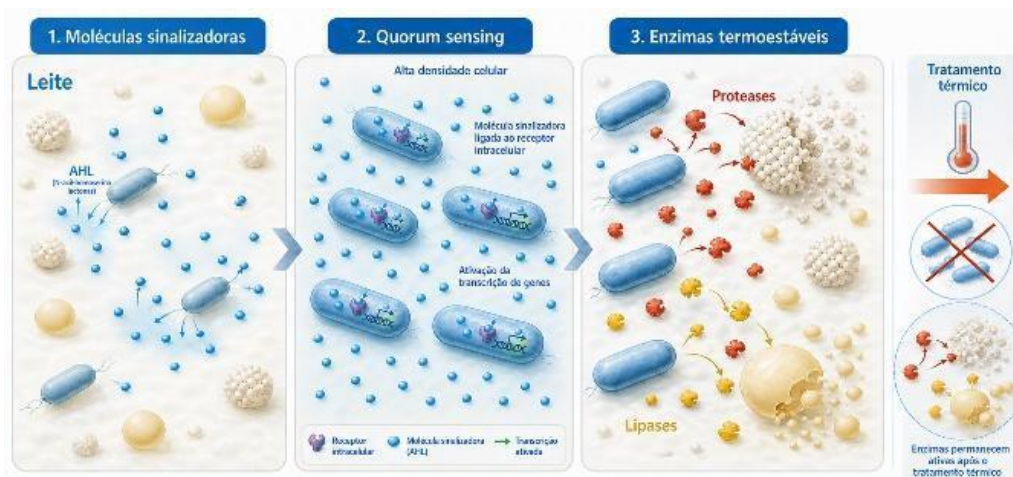


Figura 1. Produção de exoenzimas por *Pseudomonas* spp. presentes no leite

Referências bibliográficas

- [1] Li Y, Zhang X, Chen W. Deciphering the mechanism by which carbon dioxide extends the shelf-life of raw milk. *Front Nutr.* 2024;11:1345678. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1285653>.
 - [2] De Jonghe V, Coorevits A, Van Hoorde K, Messens W, Van Landschoot A, De Vos P, et al. Influence of storage conditions on the growth of *Pseudomonas* species in refrigerated raw milk. *Appl Environ Microbiol.* 2011;77(2):460–70. <https://doi.org/10.1128/AEM.00521-10>.
 - [3] Meng L, Zhang Y, Liu H, Zhao S, Wang J, Zheng N. Characterization of *Pseudomonas* spp. and associated proteolytic properties in raw milk stored at low temperatures. *Front Microbiol.* 2017;8:2158. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02158>.
 - [4] Zhang C, Van Valenberg HJF, Hettinga KA, Qi P, Wang Y. The extracellular protease AprX from *Pseudomonas* and its spoilage potential for UHT milk: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2019;18(6):1905–24. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12452>.
 - [5] Lødemel JB, Torkveen K, Narvhus JA. Genetic organization of the aprX-lipA2 operon affects the proteolytic potential of *Pseudomonas* species in milk. *Front Microbiol.* 2020;11:1190. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01190>.
- Makarapong D, Tantayanon S, Gowanit C, Inchaisri C. Enhancing raw bovine milk quality using ultraviolet-C (UV-C) irradiation: A microbial and lipid peroxidation study. *Int J Dairy Technol.* 2024. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13046>.

Valorização integrada do pó de cortiça para aplicações têxteis sustentáveis

Lara Campos^{1,2,3,4}, Marta Henriques^{1,2}, Ana Veloso^{1,2,3}, Carla Silva⁵, Solange I. Mussatto⁴

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³Centro de Engenharia Biológica (CEB), Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4715-057 Braga, Portugal.

⁴Biomass Conversion and Bioprocess Technology Group, Department of Biotechnology and Biomedicine, Technical University of Denmark, Søtofts Plads, Building 223, 2800, Kongens Lyngby, Denmark.

⁵Centro Tecnológico das Indústrias Têxtil e do Vestuário de Portugal (CITEVE), Rua Fernando Mesquita, 4760-034 Vila Nova de Famalicão, Portugal.

e-mail: mhenriques@esac.pt

Resumo

A transição para uma bioeconomia circular exige estratégias inovadoras que permitam reduzir os resíduos industriais e substituir produtos químicos de origem fóssil por alternativas renováveis [1]. Neste contexto, os subprodutos industriais constituem uma fonte ainda subaproveitada de compostos de elevado valor, passíveis de recuperação através de processos sustentáveis de biorrefinaria [2]. Portugal, líder mundial na produção de cortiça [3], gera anualmente grandes quantidades de pó de cortiça, um resíduo que representa cerca de 25% da produção total [4] e que permanece pouco valorizado, apesar da sua composição em hidratos de carbono, lenhina e suberina e compostos fenólicos. Em paralelo, a indústria têxtil continua fortemente dependente de produtos químicos de origem fóssil para processos de acabamento, revestimento e amaciamento, reforçando a necessidade de desenvolver alternativas sustentáveis de base biológica [5].

Este trabalho desenvolve uma abordagem integrada de biorrefinaria para a valorização do pó de cortiça, com vista à produção de múltiplos auxiliares têxteis de base natural. A hipótese central consiste no facto que o pó de cortiça pode ser fracionado em hidratos de carbono e em lenhina/suberina, passíveis de conversão em produtos renováveis capazes de substituir os químicos convencionais utilizados na indústria têxtil. Para tal, o pó de cortiça foi submetido a hidrólise enzimática para recuperação de açúcares fermentescíveis, posteriormente convertidos em surfactina por fermentação microbiana, enquanto a fração sólida remanescente, rica em lenhina e suberina, foi valorizada em formulações para tingimento e revestimento têxtil. Este é o primeiro estudo a combinar a hidrólise enzimática de pó de cortiça com a fermentação microbiana do respetivo hidrolisado, demonstrando uma estratégia integrada de biorrefinaria para a valorização integral deste resíduo, através da obtenção de múltiplos produtos de base biológica destinados a aplicações têxteis.

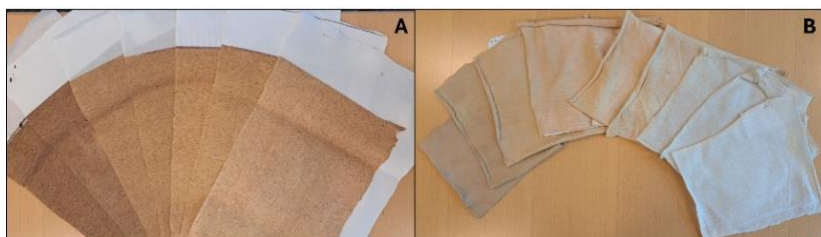


Figura 1. Revestimentos (A) e tingimentos (B) de tecidos de algodão com o resíduo rico em lenhina e suberina obtido após a hidrólise do pó de cortiça.

Os resultados demonstraram o elevado potencial de valorização do pó de cortiça, cuja composição apresentou 33% de suberina, 30% de lenhina, 18% de hidratos de carbono e 16% de compostos extrativos. A hidrólise enzimática da biomassa foi otimizada recorrendo a um delineamento experimental do tipo *Central Composite Design*, permitindo obter cerca de 60 g/L de açúcares nas condições ótimas (15% (m/v) de biomassa, 10 FPU de Cellic® CTec3 e 750 µL de hemicelulase). O hidrolisado foi utilizado como única fonte de carbono para a produção de biosurfactantes por *Bacillus subtilis*, atingindo 0,50 g/L de surfactina ao fim de 48 h de fermentação. A surfactina foi posteriormente avaliada como agente amaciador têxtil,

obtendo uma classificação de 3,2 numa escala de cinco pontos, em comparação com 4,0 para um amaciador comercial. Em paralelo, a fração sólida remanescente rica em lenhina e suberina, foi incorporada com sucesso em formulações para revestimento e tingimento têxtil (Figura 1), permitindo a valorização integral do pó de cortiça.

A abordagem proposta demonstra uma estratégia integrada e sustentável para converter o pó de cortiça numa matéria-prima destinada à produção de múltiplos produtos com elevado valor acrescentado de base biológica, contribuindo para a substituição de materiais de origem fóssil em aplicações têxteis.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através da bolsa de doutoramento n.º 2022.10290.BD (DOI: 10.54499/2022.10290.BD), e pela Novo Nordisk Foundation (NNF, Dinamarca), no âmbito do projeto n.º NNF20SA0066233. As autoras agradecem à JPS Cork pelo fornecimento dos subprodutos de cortiça utilizados neste estudo.

Referências bibliográficas

- [1] European Commission, "A new circular economy action plan for a cleaner and more competitive europe," Brussels, Mar. 2020. [Online]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/>.
- [2] R. Phiri, S. Mavinkere Rangappa, and S. Siengchin, "Agro-waste for renewable and sustainable green production: A review," Jan. 01, 2024, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139989.
- [3] Natural Cork Council, "Reports & Statistics." Accessed: Jul. 14, 2026. [Online]. Available: <https://naturalcorkcouncil.org/reports-and-statistics>.
- [4] C. Carriço, H. M. Ribeiro, and J. Marto, "Converting cork by-products to ecofriendly cork bioactive ingredients: Novel pharmaceutical and cosmetics applications," Ind. Crops Prod., vol. 125, no. August, pp. 72–84, 2018, doi: 10.1016/j.indcrop.2018.08.092.
- [5] S. Plakantonaki et al., "A Review of Sustainability Standards and Ecolabeling in the Textile Industry," Sustainability, vol. 15, no. 15, Aug. 2023, doi: 10.3390/su15111589.



Água, Resíduos e Tecnologias Ambientais

Casca de laranja: de resíduo agroalimentar a matéria-prima de alto valor acrescentado

Andreia D. Santos^{1,2,3}, João R. Silva^{1,2,3}, Luís M. Castro^{1,2,3}, Rosa M. Quinta-Ferreira³

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³University of Coimbra, CERES, Department of Chemical Engineering, 3030 790 Coimbra, Portugal.

e-mail: andreia.santos@isec.pt

Resumo

A laranja é o citrino mais consumido a nível mundial, estimando-se um consumo anual de cerca de 28,5 milhões de toneladas de fruto fresco e de 1,2 milhões de toneladas de sumo. A produção de sumo de laranja está associada à geração de resíduos agroindustriais em quantidades significativas. Estima-se que, por cada 100 kg de fruto que entra no processo industrial, entre 50 e 60 kg não entram no produto principal e ficam como materiais secundários ou resíduos do processamento, tais como cascas, polpa, membranas e sementes [1]. Na prática, isto evidencia o reduzido aproveitamento da biomassa quando se considera apenas a fração comestível. Longe de constituírem um desperdício, estes resíduos representam uma importante fonte de biomassa valorizável. A sua composição, rica em carbono, pectinas, fibras, compostos fenólicos e óleos essenciais, permite a sua aplicação na produção de biogás por digestão anaeróbia, no fabrico de biofertilizantes, na extração de compostos bioativos e na recuperação de moléculas de elevado valor acrescentado, podendo ocorrer a combinação destas alternativas tecnológicas. Entre as estratégias mais recentes de valorização, destaca-se a produção de *Carbon Quantum Dots* (CQDs) [2].

Os CQDs são nanomateriais de carbono com dimensões inferiores a 10 nm, reconhecidos pelas suas propriedades óticas e eletrónicas únicas. Desde a sua descoberta em 2004, têm despertado um interesse crescente devido à sua elevada fotoluminescência, baixa toxicidade, elevada solubilidade em água, biocompatibilidade e facilidade de funcionalização superficial. Entre as suas diversas aplicações, destaca-se a fotocatalise, uma tecnologia sustentável para a descontaminação de águas. Na fotocatalise, os CQDs absorvem radiação que utilizam para promover a transferência de cargas, favorecendo a formação de espécies reativas de oxigénio (ROS), como radicais hidroxilo ($\bullet\text{OH}$), radicais superóxido ($\text{O}_2\bullet^-$) e singlete de oxigénio ($^1\text{O}_2$), capazes de oxidar e degradar uma vasta gama de contaminantes orgânicos [3].

Este trabalho teve como objetivo produzir CQDs a partir da casca de laranja e avaliar o seu potencial para aplicações fotocatalíticas no tratamento de águas residuais. Os CQDs foram sintetizados a partir de casca de laranja, recorrendo a diferentes condições experimentais (solvente, temperatura, tempo e concentração), avaliando-se a influência dos parâmetros de síntese sobre as suas propriedades. Os materiais obtidos foram caracterizados por meio das principais técnicas físico-químicas (UV-VIS, FT-IR, fluorimetria, determinação do teor de carbono total, de fenóis totais e de flavonoides totais). Na Figura 2 são apresentados os resultados do extrato mencionado anteriormente.

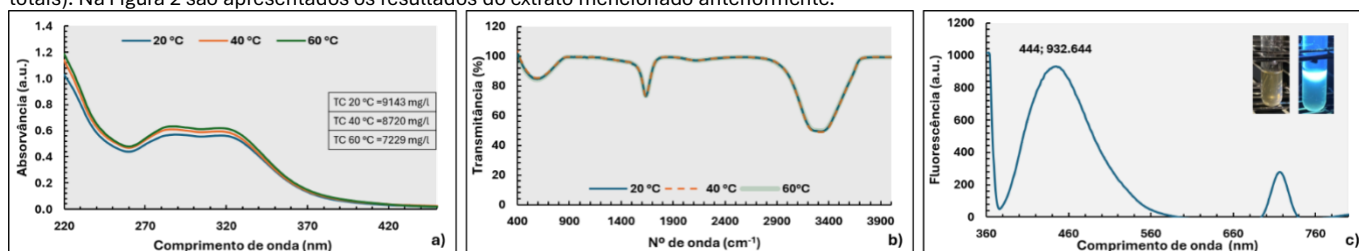


Figura 2. Espectros UV-VIS (a), FT-IR (b) e espectro fluorométrico (c) da amostra com os melhores resultados.

A casca de laranja mostrou-se uma matéria-prima viável para a produção de CQDs, o que permite a valorização de um resíduo agroindustrial abundante. Os resultados sugerem que a temperatura de extração entre 20 e 60 °C exerce pouca influência sobre a composição química dos extratos, como evidenciado pelos espectros UV-Vis e FTIR, que apresentam perfis muito semelhantes. No entanto, verifica-se uma redução do carbono total à medida que a temperatura aumenta, o que indica menor quantidade de matéria orgânica dissolvida em condições mais quentes. Por outro lado, os materiais obtidos apresentam uma forte emissão fluorescente centrada em aproximadamente 444 nm, característica de CQDs com emissão azul, confirmando o potencial do método para produzir nanomateriais fluorescentes a partir de casca de laranja. Os CQDs obtidos apresentaram propriedades promissoras para aplicações fotocatalíticas no tratamento de águas residuais, reforçando o seu potencial no âmbito da economia circular e da sustentabilidade.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem o apoio da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal), através de fundos nacionais, às unidades de investigação Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade – CERNAS (UID/00681/2025; <https://doi.org/10.54499/UID/00681/2025>) e Engenharia Química e Recursos Renováveis para a Sustentabilidade – CERES (UID/00102/2025 e UID/PRR/00102/2025; <https://doi.org/10.54499/UID/00102/2025>; <https://doi.org/10.54499/UID/PRR/00102/2025>). Andreia Duarte Santos agradece à FCT o apoio concedido através da bolsa de doutoramento 2023.00989.BDANA (<https://doi.org/10.54499/2023.00989.BDANA>). João R. Silva agradece à FCT o apoio concedido através da bolsa de doutoramento 2022.09696.BDANA (<https://doi.org/10.54499/2022.09696.BDANA>).

Referências bibliográficas

- [1] K. Muzaffar, S. A. Sofi, and S. A. Mir, "Handbook of Fruit Wastes and By-Products: Chemistry, Processing Technology, and Utilization," Handbook of Fruit Wastes and By-Products: Chemistry, Processing Technology, and Utilization, pp. 1–335, Jan. 2022, doi: 10.1201/9781003164463.
- [2] J. Aschemann-Witzel et al., "Sustainable use of tropical fruits? Challenges and opportunities of applying the waste-to-value concept to international value chains," Crit. Rev. Food Sci. Nutr., vol. 63, no. 10, pp. 1339–1351, 2023, doi: 10.1080/10408398.2021.1963665.
- [3] S. E. Elugoke, G. E. Uwaya, T. W. Quadri, and E. E. Ebenso, "Carbon Quantum Dots: Basics, Properties, and Fundamentals," ACS Symposium Series, vol. 1465, pp. 3–42, Apr. 2024, doi: 10.1021/BK-2024-1465.CH001.

Desempenho de um Bioscrubber no tratamento de efluentes gasosos da indústria do mobiliário

22 SET 2026

João Silva^{1,2,3}, Rosa Quinta-Ferreira³, Luís Castro^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³University of Coimbra, CERES, Department of Chemical Engineering, 3030-790 Coimbra, Portugal
e-mail: joao.silva@isec.pt

Resumo

Os compostos orgânicos voláteis (COV), emitidos por diversos setores industriais decorrentes da utilização de tintas, revestimentos, adesivos, produtos de limpeza e outras formulações à base de solventes, intervêm em reações fotoquímicas que contribuem para a formação de ozono troposférico e de aerossóis orgânicos secundários, com efeitos na qualidade do ar, na saúde humana e nos ecossistemas [1], [2]. Na indústria do mobiliário, o acetato de *n*-butilo é um dos solventes mais utilizados e pode ser libertado durante a preparação, aplicação e secagem de revestimentos, bem como em operações de limpeza. Para assegurar o cumprimento dos limites de emissão para atmosfera, estas correntes são frequentemente tratadas por oxidação térmica [3]. Contudo, quando apresentam baixas concentrações de COV, este processo pode exigir combustível auxiliar, justificando o desenvolvimento de alternativas de menor intensidade energética [2].

Neste contexto, avaliou-se um bioscrubber (BS) com regeneração biológica externa para o tratamento contínuo de correntes gasosas contaminadas com acetato de *n*-butilo, visando identificar as condições limitantes da absorção e da biodegradação. O sistema integrou uma coluna de absorção com agregado de argila expandida, um reservatório de 25 L e um reator de leito móvel com biofilme de 3,8 L, equipado com suportes K1, para regeneração da solução de lavagem. A operação decorreu durante cerca de 2900 h, sob quatro condições de carga, sem suplementação de nutrientes, correção de pH ou purga. Aplicaram-se cargas mássicas entre 11,6 e 52,4 gC·m⁻³·h⁻¹ e tempos de residência entre 26 e 42 s.

De acordo com a Figura 1, as eficiências médias de remoção variaram de 79,7% a 97,7%, enquanto a capacidade de eliminação de COV atingiu 42,3 gC·m⁻³·h⁻¹ em B4. Em três das quatro condições operatórias, as concentrações médias de saída foram inferiores ao limite de emissão de 50 mgC·Nm⁻³. Para um tempo de residência de 42 s, o aumento da carga mássica de 11,6 para 52,4 gC·m⁻³·h⁻¹ reduziu a eficiência de 97,7% para 79,7%, o que corresponde a uma diminuição de 18% e evidencia a aproximação ao limite conjunto de absorção e regeneração biológica. Em concordância com estudos anteriores, este comportamento sugere limitações à regeneração biológica e, possivelmente, à transferência de oxigénio [4]. O pH manteve-se entre 7,0 e 8,0, e não houve aumento significativo da perda de carga, o que não aponta para acidificação ou obstrução do leito como causas da redução do desempenho. Os resultados demonstram o potencial do BS para o tratamento de correntes gasosas industriais contaminadas com COV, com potencial para reduzir a dependência da oxidação térmica e, consequentemente, o consumo de combustíveis fósseis. Esta abordagem poderá diminuir a intensidade energética e a pegada de carbono do tratamento, proporcionando vantagens ambientais e competitivas à indústria do mobiliário.

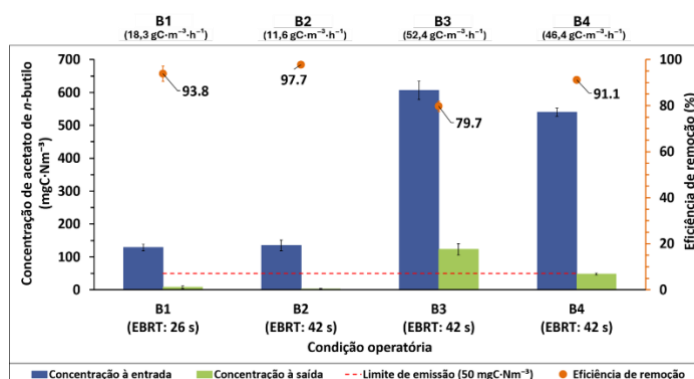


Figura 1. Desempenho do bioscrubber nas condições operatórias B1–B4: concentração média de acetato de *n*-butilo à entrada e à saída e eficiência média de remoção.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através de fundos nacionais, às unidades de investigação Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade – CERNAS (UID/00681/2025; <https://doi.org/10.54499/UID/00681/2025>) e Engenharia Química e Recursos Renováveis para a Sustentabilidade – CERES (UID/00102/2025 e UID/PRR/00102/2025; <https://doi.org/10.54499/UID/00102/2025>; <https://doi.org/10.54499/UID/PRR/00102/2025>). João Silva agradece à FCT o apoio concedido através da bolsa de doutoramento 2022.09696.BDANA (<https://doi.org/10.54499/2022.09696.BDANA>).

Referências bibliográficas

- [1] W. Wu, B. Zhao, S. Wang e J. Hao, "Ozone and secondary organic aerosol formation potential from anthropogenic volatile organic compounds emissions in China", *Journal of Environmental Sciences*, vol. 53, pp. 224–237, 2017, doi: 10.1016/j.jes.2016.03.025.
- [2] J. R. Silva, R. M. Quinta-Ferreira e L. M. Castro, "Biological treatments for VOC-contaminated off-gas: Advances, challenges, and energetic valorization opportunities", *Sustainability*, vol. 17, n.º 11, 2025, doi: 10.3390/su17114802.
- [3] G. Chronopoulos, E. G. Cakmak, P. Tempny, G. Klein, T. Brinkmann, B. Zenger e S. Roudier, Best Available Techniques (BAT) Reference Document on Surface Treatment Using Organic Solvents Including Preservation of Wood and Wood Products with Chemicals. Luxemburgo: Serviço das Publicações da União Europeia, 2020, doi: 10.2760/857.
- [4] M. Koutinas, L. G. Peeva e A. G. Livingston, "An attempt to compare the performance of bioscrubbers and biotrickling filters for degradation of ethyl acetate in gas streams", *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, vol. 80, n.º 11, pp. 1252–1260, 2005, doi: 10.1002/jctb.1319.

Tratamento de efluentes e potencial de reutilização na indústria de mobiliário por uma tecnologia eletroquímica sustentável

André Almeida^{1,2,3}, João R. Silva^{2,3,4}, Ana S. Fajardo^{2,3,4}, Luís M. Castro^{2,3,4}

¹Universidade Politécnica de Castelo Branco, Avenida Pedro Álvares Cabral, n.º 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

³Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

⁴University of Coimbra, CERES, Department of Chemical Engineering, 3030-790 Coimbra, Portugal.

e-mail: andre.almeida@isec.pt

Resumo

Indústrias de mobiliário geram águas residuais com características físico-químicas complexas e potencialmente tóxicas. Por exemplo, as operações de colagem originam efluentes ricos em acetato de polivinilo e outras substâncias orgânicas difíceis de degradar [1],[2]. As fábricas de mobiliário recorrem, geralmente, a métodos convencionais de coagulação e precipitação química para o tratamento dos seus efluentes, adicionando grandes quantidades de produtos químicos e floculantes [3]. Esta abordagem, embora eficaz na remoção de alguns poluentes, acarreta custos operacionais significativos, elevado consumo de produtos químicos e a geração de grandes volumes de lamas, o que exige tratamentos subsequentes onerosos e ambientalmente gravosos.

Neste contexto, têm surgido como alternativa os processos eletroquímicos avançados, como a eletrocoagulação (EC). Na sua globalidade, estas técnicas distinguem-se por não necessitarem da adição de produtos químicos (com exceção de ajustes pontuais de pH e/ou condutividade), por reduzirem o volume de lamas geradas e por poderem ser operadas com energia elétrica, idealmente proveniente de fontes renováveis. No caso da EC, uma corrente elétrica é aplicada entre eletrodos metálicos submersos, provocando a dissolução dos eletrodos e a libertação de iões metálicos em pH apropriado, originando hidróxidos metálicos coagulantes que promovem a remoção de contaminantes por precipitação e adsorção [4]. Contudo, a aplicação deste processo no tratamento de efluentes da indústria de mobiliário ainda não é conhecida.

O presente trabalho teve como objetivo aplicar e otimizar um tratamento por EC a um efluente proveniente da unidade de colagem da IKEA Industry Portugal, S.A., bem como projetar uma unidade piloto de tratamento compacta. Para tal foram realizadas experiências de EC em escala de bancada, com eletrodos de ferro (ânodo) e aço inoxidável (cátodo), por forma a selecionar as melhores condições de operação pela seguinte ordem: i) método de agitação da suspensão no interior do reator (mecânica e arejamento); ii) densidade de corrente (25, 38, 50 e 100 A/m²) e iii) pH inicial do efluente (6,0; 7,0; 8,0), garantindo uma condutividade elétrica elevada (acima de 2000 µS/cm), para promover uma maior destabilização entre as partículas [5].

Os resultados obtidos mostraram que a utilização de uma corrente elétrica contínua com agitação por arejamento, densidade elétrica de cerca de 38 A/m² e pH inicial alcalino (8,0) permitiu a obtenção de um efluente tratado transparente, com menor volume de lamas, maior capacidade de compactação e remoção de carência química de oxigénio (CQO) de 96%, ou seja, partindo de um valor inicial médio de CQO de 27250 mgO₂/L, foi possível atingir um valor de 1090 mgO₂/L. A nível económico, os custos com o consumo de energia elétrica foram de 0,1074 €/m³ e com o desgaste dos eletrodos, de 0,3496 €/m³ de efluente tratado. Na Figura 1 encontra-se uma sequência de amostras de um dos tratamentos otimizados realizados.



Figura 1. Evolução do tratamento do efluente simulado com densidade de corrente de 38 A/m².

Em conclusão, pode afirmar-se que os resultados evidenciam que a eletrocoagulação constitui uma solução tecnológica robusta e sustentável para o setor do mobiliário, superando eficazmente as limitações dos tratamentos físico-químicos convencionais. A remoção significativa da carga orgânica alcançada, aliada à drástica redução da geração de lamas e do uso de produtos químicos, valida a viabilidade económica e operacional do sistema. Estas métricas atestam a maturidade da tecnologia para uma transposição direta à escala industrial, oferecendo uma resposta concreta e eficaz para a promoção da circularidade da água em matrizes complexas.

Adicionalmente, o sistema desenvolvido destaca-se pela sua conceção modular e pela elevada escalabilidade, características relevantes para uma gestão ambiental ágil. A arquitetura da unidade de tratamento permite uma integração otimizada com infraestruturas de energia renovável pré-existent nas empresas (como fontes fotovoltaicas), assegurando uma operação energeticamente eficiente. Paralelamente, a versatilidade do processo facilita o acoplamento de etapas avançadas de polimento, como a eletroxidação, garantindo total adaptabilidade às flutuações na complexidade do efluente e assegurando o cumprimento dos limites legais para a descarga em sistemas de saneamento municipal, aspetos que serão desenvolvidos em trabalhos futuros.

Financiamento

Este trabalho foi financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através da Bolsa de Doutoramento 2025 – Linha de Candidatura Específica em Ambiente Não Académico, com a referência 2025.04028.BDANA

Referências bibliográficas

- [1] R. V. I. Gadhave e P. V. Dhawale, State of Research and Trends in the Development of Polyvinyl Acetate-Based Wood Adhesive, *Open Journal of Polymer Chemistry*, 12, 1, 13-42, 2022.
- [2] O. C. Ulker, O. Ulker e S. Hiziroglu, Volatile Organic Compounds (VOCs) Emitted from Coated Furniture Units, *Coatings*, 11, 7, 806, 2021.
- [3] M. Salo, Environmental Best Practices in the Forest Cluster, *IASA Interim Report*, 2000.
- [4] E. Butler, Y.-T. Hung, R. Y.-L. Yeh e M. Suleiman Al Ahmad, Electrocoagulation in Wastewater Treatment, *Water*, 3, 2, 495-525, 2011.
- [5] F. Akhter, S. A. Soomro, M. Siddique e M. Ahmed, Pollutant Removal Efficiency of Electrocoagulation Method from Industrial Wastewater: Comparison with Other Treatment Methods and Key Operational Parameters—a Comparative Study Review, *Water, Air, & Soil Pollution*, 232, 3, 93, 2021.

Digestão anaeróbia de efluentes pecuários: limitações da mono-digestão e seleção de co-substratos para valorização energética

Pedro Esperanço^{1,2,3}, Luís Costa⁴, M. Salomé Duarte^{4,5}, Verónica Oliveira^{1,2}, Ana Júlia Cavaleiro^{4,5}, Carla Rodrigues^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³Universidade Politécnica de Castelo Branco, Av. Pedro Álvares Cabral, nº 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal.

⁴Centro de Engenharia Biológica (CEB), Universidade do Minho, 4710-057 Braga, Portugal.

⁵LABBELS – Laboratório Associado, Universidade do Minho, Braga/Guimarães, Portugal.

e-mail: pedro.esperanco@esac.pt

Resumo

A crescente produção de efluentes pecuários e de subprodutos agroindustriais representa um importante desafio ambiental, exigindo soluções sustentáveis que promovam a valorização destes resíduos e a transição para uma economia circular. De acordo com o Plano de Ação para o Biometano 2024–2040, em Portugal foram produzidos, em 2019, cerca de 23 milhões de m³ de efluentes pecuários, enquanto a disponibilidade anual de resíduos agroindustriais é estimada em aproximadamente 0,3 milhões de toneladas [1]. A digestão anaeróbia constitui uma alternativa para o tratamento destes resíduos e para a produção de energia renovável sob a forma de biogás. Contudo, a mono-digestão de efluentes pecuários pode apresentar limitações associadas ao desequilíbrio da composição físico-química dos substratos e à acumulação de compostos inibidores, como amónia e ácidos gordos voláteis (AGV), comprometendo a atividade metanogénica e a eficiência do processo [2]. Neste contexto, a co-digestão anaeróbia poderá constituir uma estratégia para superar algumas destas limitações.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as limitações da mono-digestão anaeróbia de efluentes pecuários e identificar co-substratos com potencial para melhorar a estabilidade e o desempenho do processo. Numa primeira fase, os ensaios de Potencial Bioquímico de Metano (BMP) permitiram determinar experimentalmente o potencial dos efluentes de suíno e de bovino, obtendo-se valores de 433 ± 8 e 278 ± 8 L CH₄ SV⁻¹, respetivamente. Posteriormente, o desempenho da digestão anaeróbia destes efluentes foi avaliado em reatores operados em regime semi-contínuo, com volumes de trabalho de 4 e 3 L e cargas mássicas aplicadas de 3,5 e 0,9 g SV L⁻¹ d⁻¹, respetivamente, para os efluentes de bovinos e de suínos. Durante a operação verificou-se uma acumulação significativa de AGV (até 27 g CQO L⁻¹ no efluente de bovino e 11 g CQO L⁻¹ no efluente de suíno), sendo necessário um período de operação em batch para recuperação da atividade metanogénica. Após otimização das condições operatórias, a produção de biogás atingiu $1,8 \pm 0,7$ L d⁻¹, com $62 \pm 9\%$ de CH₄, para o efluente bovino, e $0,8 \pm 0,3$ L d⁻¹, com $72 \pm 3\%$ de CH₄, para o efluente suíno.

As limitações identificadas durante a mono-digestão fundamentaram uma segunda fase da investigação, centrada na seleção de co-substratos capazes de aumentar a estabilidade do processo. Para esse efeito, foram caracterizados diferentes efluentes pecuários e subprodutos agroindustriais provenientes da região Centro de Portugal, incluindo estrume de coelho de reprodução (ECR) e de engorda (ECE), estrume de suíno (ES), refugo de kiwi (RK) e cascas de ovo (CO). A caracterização físico-química revelou que o teor de carbono orgânico variou entre $6,45 \pm 1,84\%$ (CO) e $46,33 \pm 0,05\%$ (ECE), enquanto o azoto Kjeldahl oscilou entre $1,12 \pm 0,10\%$ (CO) e $2,25 \pm 0,05\%$ (ES). As relações C/N variaram entre 5,18 e 28,26, destacando-se os estrumes de coelho, que apresentaram valores próximos da gama considerada mais favorável para digestão anaeróbia de 25. Relativamente aos sólidos voláteis, os valores variaram entre $10,67 \pm 1,32\%$ nas CO e $89,10 \pm 0,10\%$ no ECE, evidenciando a reduzida fração orgânica das CO face aos restantes substratos, todos com teores de sólidos voláteis superiores a 77%. Com base nesta caracterização e recorrendo à ferramenta Online Biogas App (OBA) [3], foi estimado o potencial bioquímico de produção de metano dos diferentes substratos, em matéria seca (MS). Os maiores valores foram estimados para os ECR e ECE ($0,384 - 0,387$ L CH₄ g_{MS}⁻¹), seguindo-se o RK ($0,386$ L CH₄ g_{MS}⁻¹) e o ES ($0,350$ L CH₄ g_{MS}⁻¹), enquanto as CO apresentaram o menor potencial ($0,061$ L CH₄ g_{MS}⁻¹), como seria de esperar. A combinação das características físico-químicas com o potencial bioquímico de metano estimado permitiu, assim, identificar substratos promissores para a formulação de misturas a avaliar experimentalmente em processos de co-digestão anaeróbia, prevenindo-se que melhore o equilíbrio de C/N, mitigando a acumulação de AGV observada na mono-digestão.

Os resultados fundamentam a fase seguinte, centrada na avaliação experimental da co-digestão anaeróbia e na aplicação de pré-tratamentos biológicos, visando aumentar a biodegradabilidade da matéria orgânica, maximizar a produção de biometano e contribuir para uma valorização mais eficiente e sustentável dos resíduos agropecuários, em alinhamento com os princípios da economia circular.

Agradecimentos e financiamento

Pedro Esperanço foi financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através de uma bolsa de doutoramento (<https://doi.org/10.54499/2025.07113.BDANA>). V. Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do contrato-programa de emprego científico institucional (doi: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002). A. J. Cavaleiro foi financiado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia (FCT), no âmbito do financiamento estratégico da unidade de investigação UID/04469/2025, <https://doi.org/10.54499/UID/04469/2025>, e pelo LABBELS – Laboratório Associado em Biotecnologia, Bioengenharia e Sistemas Microeletromecânicos, LA/P/0029/2020, <https://doi.org/10.54499/LA/P/0029/2020>.

Referências bibliográficas

- [1] Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), *Plano de Ação para o Biometano 2024–2040*. Lisboa, Portugal: LNEG, 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.lneg.pt/wp-content/uploads/2024/01/Plano-de-Acao-para-o-Biometano-vpdf.pdf>
- [2] R. Karki, W. Chuenchart, K. C. Surendra, S. Shrestha, L. Raskin, S. Sung, A. Hashimoto, and S. K. Khanal, "Anaerobic co-digestion: Current status and perspectives," *Bioresource Technology*, vol. 330, Art. no. 125001, 2021, doi: 10.1016/j.biortech.2021.125001.
- [3] S. D. Hafner, K. Koch, H. Carrere, S. Astals, S. Weinrich and C. Rennuit, "Software for biogas research: Tools for measurement and prediction of methane production," *SoftwareX*, vol. 7, pp. 205–210, 2018, doi: 10.1016/j.softx.2018.06.005.

Potencial das Microbial Fuel Cells (MFCs) no tratamento de águas residuais

Filipa Moraes¹, Marta Henriques¹, António Rodrigues²

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. São Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²VentilAQUA, Coimbra, Portugal.

e-mail: filipabeatrizquiteriomoraes@gmail.com

Resumo

As *Microbial Fuel Cells* (MFCs) constituem uma tecnologia bioeletroquímica promissora, capaz de associar o tratamento de águas residuais à produção simultânea de energia elétrica através da atividade de microrganismos eletroativos [1, 2, 3]. Apesar do crescente interesse nesta tecnologia, a sua aplicação em larga escala continua limitada por desafios relacionados com o desempenho eletroquímico, a seleção de materiais e a otimização das condições operacionais.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial das MFCs no tratamento de águas residuais e desenvolver uma proposta de protótipo laboratorial, acompanhada do respetivo protocolo experimental para uma futura implementação. Para tal, foi realizada uma revisão da literatura sobre o funcionamento destes sistemas, os seus componentes (figura 1), os fatores que condicionam o seu desempenho e as principais aplicações no tratamento de efluentes [1, 2, 3].

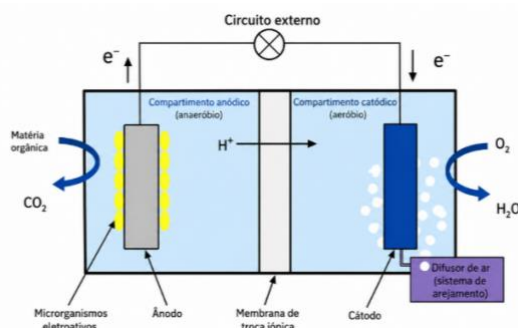


Figura 1- Esquema conceptual de uma microbial fuel cell (MFC) de dupla câmara. Adaptado de Ida & Mandal (2022).

Com base nesta análise, foi concebida uma configuração laboratorial de dupla câmara, operada em modo descontínuo (*batch*), utilizando a água residual como substrato e lamas ativadas ou anaeróbicas como inóculo. Paralelamente, foi efetuada uma avaliação comparativa de membranas de troca iónica, destacando-se a membrana Nafion N-117 e a VANADion, e de materiais de carbono para elétrodo, tendo o feltro de carbono sido identificado como o material mais promissor, considerando critérios de desempenho, disponibilidade comercial, características técnicas e adequação ao sistema proposto.

Os resultados evidenciam que as MFCs apresentam elevado potencial como tecnologia complementar para a remoção de matéria orgânica com recuperação parcial de energia. Contudo, a necessidade de otimização dos materiais, da configuração do sistema e das condições operacionais continua a representar um dos principais desafios para a sua aplicação em escala real [1, 3, 4].

Agradecimentos

Agradeço à VentilAQUA, à Escola Superior Agrária de Coimbra todo o apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- [1] M. Aghababaie, M. Farhadian, A. Jeihanipour e D. Biria, "Effective factors on the performance of microbial fuel cells in wastewater treatment – A review," *Environmental Technology Reviews*, vol. 4, n.º 1, pp. 71–89, 2015.
- [2] T. K. Ida e B. Mandal, "Microbial fuel cell design, application and performance: A review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 76, pp. 88–94, 2022.
- [3] S. Malik *et al.*, "A perspective review on microbial fuel cells in treatment and product recovery from wastewater," *Water*, vol. 15, n.º 2, art. 316, 2023.
- [4] M. Blatter, L. Delabays, C. Furrer, G. Huguenin, C. P. Cachelin e F. Fischer, "Stretched 1000-L microbial fuel cell," *Journal of Power Sources*, vol. 483, art. 229130, 2021.

Do pó às estruturas 3D: fotocatalisadores estruturados para o tratamento de águas residuais

Teresa Chichorro^{1,2}, Rui C. Martins², Sérgio Silva³, Paula Ferreira^{1,2,4}

¹Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

²CERES, Departamento de Engenharia Química, Rua Sílvio Lima, Polo II, 3030-790 Coimbra, Portugal.

³Adventech – Advanced Environmental Technologies, Rua de Fundões 151 Edifício S2, 3700-121 São João da Madeira, Portugal.

⁴Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: tchichorro@eq.uc.pt

Resumo

O crescimento populacional, a industrialização e a expansão agrícola aumentaram a procura de água, intensificando a pressão sobre os recursos hídricos [1,2]. Consequentemente, os contaminantes de preocupação emergente são cada vez mais detetados em ambientes aquáticos, onde persistem e podem provocar efeitos adversos a longo prazo em espécies aquáticas, na saúde humana e nos ecossistemas [1,2]. As estações de tratamento de águas residuais (ETARs) apresentam uma eficiência limitada na sua remoção [1,2]. Em resposta, a União Europeia reforçou o quadro regulamentar por meio da Diretiva (UE) 2024/3019, exigindo processos de tratamento quaternário com eficiências mínimas de remoção de 80% [3], o que destaca a necessidade de tecnologias de tratamento avançadas, sustentáveis e escaláveis.

Dos processos de oxidação avançados, a fotocatalise heterogênea surge como uma abordagem promissora pela sua simplicidade e baixo custo, especialmente sob irradiação solar ou recorrendo a simuladores solares [4]. Neste processo, os fotocatalisadores quimicamente estáveis e não tóxicos geram pares eletrão-lacuna fotoinduzidos na superfície do catalisador, produzindo espécies reativas de oxigénio que degradam os poluentes. O nitreto de carbono grafítico (g-C₃N₄) supera algumas desvantagens do dióxido de titânio (o fotocatalisador convencional), na medida em que é responsivo à luz visível, permitindo, dessa forma, um melhor aproveitamento do espetro solar ou a utilização de simuladores solares, reduzindo o consumo energético [2,5,6]. Ademais, o g-C₃N₄ é um material isento de metais e relativamente económico [5,6]. No entanto, a sua eficiência fotocatalítica é limitada pela rápida recombinação dos pares eletrão-lacuna fotogerados [5,6]. Esta limitação pode ser mitigada pela formação de heterojunções com polímeros condutores, como a polianilina (PANI), que podem potenciar a absorção de luz visível, melhorar a separação de cargas e, consequentemente, a eficiência global do processo [7,8].

A aplicabilidade deste processo em larga escala é principalmente limitada pelo uso de fotocatalisadores em pó em reatores em suspensão (*slurry*), os quais exigem etapas de separação a jusante morosas e dispendiosas, podendo ainda conduzir à perda de material [2,4,6]. Este trabalho propõe uma mudança no design dos fotocatalisadores, transitando de sistemas em pó para materiais estruturados. A imobilização em suportes impressos em 3D surge como uma alternativa promissora, uma vez que pode melhorar a recuperação do catalisador, a sua reutilização e a otimização de propriedades (como a área de superfície, a porosidade e a penetração da luz) [2,6,9,10]. Arquiteturas tridimensionais de g-C₃N₄ serão fabricadas através da tecnologia *Direct Ink Writing* (DIW), um método simples, de baixo custo, energeticamente eficiente e com capacidade de processar tintas com elevada carga de sólidos. A funcionalização de superfície com PANI também será explorada. Esta abordagem visa desenvolver sistemas fotocatalíticos estruturados, eficientes e escaláveis para o tratamento sustentável de águas residuais, apoiando o cumprimento da Diretiva (EU) 2024/3019.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à FCT o apoio financeiro concedido ao CERES (UID/PRR/00102/2025 e UID/00102/2025) e ao CERNAS (UIDP/00681/2025), bem como o contrato de emprego científico institucional a P. Ferreira (CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0006).

Referências bibliográficas

- [1] A. Shamim, H. Abdullah, M.B. Abid, G. E. Nayyab, and N. K. Daud, "Advanced oxidation processes for sustainable wastewater treatment", *Journal of Materials Science*, vol. 61, no. 8, pp. 4857-4893, 2026, doi:10.1007/s10853-025-12064-1
- [2] M. Paiu, D. Lutic, L. Favier, and M. Gavrilescu, "Heterogeneous Photocatalysis for Advanced Water Treatment: Materials, Mechanisms, Reactor Configurations, and Emerging Applications", *Applied Sciences*, vol. 15, no. 10, p. 5681, 2025, doi:10.3390/app15105681
- [3] European Parliament and Council, "Directive (EU) 2024/3019 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 concerning urban wastewater treatment (recast)", *Official Journal of the European Union*, vol. L, no. 2024/3019, 2024.
- [4] H. M. Ali, F. A. Roghabadi, and V. Ahmadi, "Solid-supported photocatalysts for wastewater treatment: Supports contribution in the photocatalysis process", *Solar Energy*, vol. 255, pp. 99-125, 2023, doi:10.1016/j.solener.2023.03.032.
- [5] A. S. Kumar, D. P. Pabba, N. R. Reddy, and S. W. Joo, "Emerging photocatalytic systems for environmental and energy applications: A comprehensive review of mechanisms, materials, and future directions", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 1031, p. 180934, 2025, doi:10.1016/j.jallcom.2025.180934
- [6] Y. Xue et al., "Immobilization of photocatalytic materials for (waste)water treatment using 3D printing technology – advances and challenges", *Environmental Pollution*, vol. 316, pt. 2, p. 120549, 2023, doi:10.1016/j.envpol.2022.120549
- [7] M. Basit et al., "Polyaniline-based hierarchical heterostructures for photocatalytic degradation of organic pollutants for water treatment – A critical review", *Results in Engineering*, vol. 28, p. 107967, 2025, doi:10.1016/j.rineng.2025.107967.
- [8] J. A. Oyetade, K. Oluwafemi, V. N. K. Hammond, A. Boateng, R. L. Machunda, and A. Hilonga, "Photocatalytic remediation of selected emerging organic pollutants in industrial effluent using conducting polymeric-based nanocomposites photocatalysts -A review", *Materials Science in Semiconductor Processing*, vol. 199, p. 109832, 2025 doi:10.1016/j.mssp.2025.109832.
- [9] N. Li, Y. Wang, X. Chang, W. Gao, L. Kong, B. Yan, and G. Chen, "Revolutionizing catalytic water treatment: A critical review on the role of 3D printed catalysts", *Separation and Purification Technology*, vol. 363, pt 3, p. 132194, 2025, doi:10.1016/j.seppur.2025.132194.
- [10] R. Scaffaro, M. C. Mistretta, and M. Balsamo, "Innovative 3D-printed devices for water pollutant removal: Comprehensive review on printing parameters, composition, properties and performances of the latest 3D-systems", *Polymer Testing*, vol. 140, p. 108627, 2024, doi:10.1016/j.polymertesting.2024.108627.

Fotocatalisadores suportados em polímeros para tratamento quaternário de águas residuais

M.J. Silva^{1,2,3}, P. Alves^{2,3}, J. Gomes², R.C. Martins², P. Ferreira^{1,2,4}¹Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.²Universidade de Coimbra, CERES, Departamento de Engenharia Química, Rua Sílvio Lina, 3030-790 Coimbra, Portugal.³Universidade de Coimbra CEMPRE, ARISE, Departamento de Engenharia Química, Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.⁴Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: mariaj@eq.uc.pt

Resumo

A presença na água de contaminantes de preocupação emergente (CPE), originados por agroquímicos, produtos farmacêuticos e de higiene e cuidado pessoal, tornou-se num problema ambiental e num foco da investigação científica devido aos seus impactos adversos [1,2]. A exposição a estes compostos, mesmo em concentrações vestigiais, pode originar distúrbios hormonais, entre outros impactos no sistema reprodutor, devido às suas propriedades de perturbação endócrina [1,2]. Tendo em conta a ineficácia das estações de tratamento de águas residuais (ETAR) na remoção dos CPE [1,2], surge a necessidade de desenvolver tratamentos avançados que possam complementar as ETAR e garantir a remoção destes contaminantes. Entre estes, a fotocatalise destaca-se por ser económica, simples e amiga do ambiente [3]. No entanto, a fotocatalise convencional exige processos a jusante demorados e dispendiosos para a separação e recuperação do fotocatalisador [4]. Além disso, o fotocatalisador mais amplamente utilizado e eficaz (TiO_2 – P25) é ativado sobretudo por radiação ultravioleta, que representa apenas uma pequena fração do espectro solar [4]. Para superar estas limitações, o TiO_2 pode ser conjugado com outros materiais, como polímeros condutores, para formar sistemas de heterojunção, e pode ser imobilizado em suportes adequados, tais como polidimetilsiloxano (PDMS), politereftalato de etileno (PET) e poliácridonitrilo (PAN).

Deste modo, este estudo investiga o desempenho da polianilina (PANI) como fotossensibilizador do P25 e de suportes poliméricos, otimiza as propriedades dos materiais, com foco na sua atividade fotocatalítica, e avalia a sua reutilização. O objetivo final é desenvolver um suporte polimérico estável para o P25 que permita a remoção contínua de CPE de efluentes biologicamente tratados das ETAR através de fotocatalise.

Neste estudo, uma mistura de parabenos (metil-, etil- e propilparabeno) foi utilizada como poluente modelo, tendo em conta a sua classificação como CPE e a sua vasta aplicação como conservantes da indústria farmacêutica, cosmética e alimentar. Estes foram degradados fotocataliticamente sob radiação ultravioleta (UV) com diversos fotocatalisadores suportados.

Com este estudo verificou-se que, sob radiação UV (6 W lâmpada Mineralight®; 365 nm) e após 2 h, os filmes de P25/PET conseguem degradar ~45% da mistura de parabenos, quando sintetizados nas condições ótimas, isto é, através de imersão (*dip-coating*) dos filmes de PET 5 vezes numa dispersão de P25 em etanol com a concentração de 2 g/L. No entanto, por se tratar de uma imobilização física, o P25 lixivia da superfície do suporte para o efluente, comprometendo a eficácia do material. Em contrapartida, a imobilização do P25 em PAN permite aprisionar as partículas do P25 na matriz hidrofílica do polímero, evitando a sua lixiviação. Deste modo, o P25 (425 mg) foi misturado diretamente com PAN (750 mg) numa solução de dimetilformamida (10 mL) que posteriormente foi sujeita a *electrospinning* para formação de membranas. As membranas de P25/PAN, ao fim de 5 h sob radiação UV (4.8 W lâmpada LED; 365 nm), degradaram ~85% da mistura de parabenos. Apesar disso, este material apresenta fragilidades na sua resistência mecânica e baixa estabilidade hidráulica, estando suscetível a rasgos durante a utilização. Deste modo, testaram-se membranas de PDMS como suporte do P25 por apresentarem maior resistência mecânica. O P25 foi imobilizado na superfície das membranas por *photografting* (1 h, 6.7 W/m²), promovido pela imersão numa dispersão aquosa de P25 (210 mg/L), após estas terem sido submetidas a um pré-tratamento por plasma (4 min, 0.6 mbar, 100 W, Ar). As membranas de P25/PDMS foram capazes de degradar ~55% da mistura de parabenos, sob radiação UV (6 W lâmpada Mineralight®; 365 nm) e após 2 h [5]. No entanto, este material apresentou uma perda de eficácia de 20% após 4 utilizações [5]. Assim, com o intuito de melhorar a sua reusabilidade, o P25 foi subsequentemente imobilizado em membranas porosas de PDMS [6]. O processo de imobilização manteve-se inalterado; contudo, de forma a conferir porosidade às membranas, introduziu-se etanol na formulação do polímero (1 g_{etanol}/g_{PDMS}). Este material foi apenas capaz de degradar ~45% da mistura de parabenos, sob radiação UV (6 W lâmpada Mineralight®; 365 nm) e após 2 h [6], todavia, manteve o seu desempenho durante 4 aplicações. De forma a conferir atividade fotocatalítica sob radiação visível, ao P25 foi adicionada PANI por polimerização *in situ* numa proporção mássica 4:1, tendo este composto sido subsequentemente imobilizado nas membranas porosas de PDMS sob as condições referidas anteriormente. Este material foi capaz de degradar ~45% e ~25% da mistura de parabenos após 2 h sob radiação UV (6 W lâmpada Mineralight®; 365 nm) e visível (45 W ossila *simulator*), respetivamente, mas perdeu 20% da sua eficácia ao fim de 4 ciclos devido à instabilidade do estado condutor da PANI.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e Tecnologia pelo apoio financeiro ao CERES (UIDP/PRR/00102/2025 e UID/00102/2025), CERNAS (UIDP/00681/2025), CEMPRE (UID/00285/2025), e ARISE (LA/P/0112/2020), pela bolsa de M.J. Silva (2022.09787.BD), e pelos contratos de P. Alves (CEECINSTLA/00023/2022/CP2989/CT0002) e de P. Ferreira (CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0006).

Referências bibliográficas

- [1] C. Maia, C.A. Sousa, H. Sousa, F. Vale, M. Simões, “Parabens removal from wastewaters by microalgae – Ecotoxicity, metabolism and pathways”, *Chemical Engineering Journal*, 453, 139631, 2023.
- [2] K. Vellingiri, V. Choudhary, D.W. Boukhalov, L. Philip, “Overview of Catalytic Removal of Parabens from Water and Wastewater”, *ACS EST Water*, 2, 9, 1475-1499, 2022.
- [3] H.M. Ali, F.A. Roghabadi, V. Ahmadi, “Solid-supported photocatalysts for wastewater treatment: Supports contribution in the photocatalysis process”, *Solar Energy*, 255, 99-125, 2023.
- [4] A. Samadi, M. Xie, J. Li, H. Shon, C. Zheng, “Polyaniline-based adsorbents for aqueous pollutants removal: A review”, *Chemical Engineering Journal*, 418, 129425, 2021.
- [5] M.J. Silva, P. Alves, J. Gomes, R.C. Martins, P. Ferreira, “Optimization of P25/PDMS supported catalysts preparation for the photocatalytic oxidation of parabens”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11, 110610, 2023.
- [6] M.J. Silva, R. Alves, T. Chichorro, P. Alves, P. Ferreira, R.C. Martins, J. Gomes, “Abatement of parabens by porous, hydrophilic and photocatalytic P25/PDMS membranes”, *Separation and Purification Technology*, 354, 129048, 2025.

Compostagem comunitária e valorização de biorresíduos: avanços, desafios e oportunidades

Inna Shyshka¹, Luis Araújo Santos^{1,2}, Filomena Miguens^{1,3}, Daniela Santos^{1,3}, Carla Rodrigues^{1,2,3}, Tomás Marques¹,
Fernanda Coutinho^{1,4}, Marco Silva^{1,5}, Jorge Barreiros^{1,4}, João Quintela⁶, Verónica Oliveira^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²SUSCita, Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Pedro Nunes, 3030-199, Coimbra, Portugal.

³Centro de Estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

⁴RCM2+, Universidade Politécnica de Coimbra, Rua Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra, Portugal.

⁵INESC, 3030-290 Coimbra, Portugal.

⁶Floema, Lda, Terras Velhas, s/n, Alcabideque, 3150-211 Condeixa-a-Velha, Portugal.

e-mail: inna@esac.pt

Resumo

A crescente produção de resíduos orgânicos, associada à urbanização e à intensificação das atividades humanas, constitui um desafio para a gestão sustentável de biorresíduos. Neste contexto, a compostagem comunitária apresenta-se como uma estratégia descentralizada para a valorização local destes resíduos, a recuperação de nutrientes e a promoção da economia circular.

Este trabalho teve como objetivo analisar os modelos de compostagem comunitária, as tecnologias aplicadas, as políticas associadas, os principais desafios e as estratégias de otimização descritas na literatura. Para o efeito, foi realizada uma revisão da literatura nas bases de dados Scopus, ScienceDirect e B-on, abrangendo o período de 2015 a 2025. Dos 1071 documentos inicialmente identificados, 114 estudos foram selecionados para análise qualitativa e organizados em cinco dimensões, conforme sintetizado na Figura 1.

Foram identificados quatro modelos predominantes de compostagem: compostagem escolar, compostagem universitária, centros comunitários de compostagem (CCC) e sistemas híbridos doméstico-comunitários. Os modelos escolares e universitários destacam-se pela sua função de educação ambiental e investigação, enquanto os CCC, quando adequadamente geridos, podem assegurar a produção de composto estável e maturado. Os sistemas híbridos podem, por sua vez, proporcionar benefícios sociais, educativos e agroecológicos. Contudo, o sucesso destes sistemas depende do envolvimento da comunidade, da manutenção regular e do controlo de parâmetros como temperatura, humidade e arejamento.

Entre as tecnologias utilizadas, destacam-se os sistemas de arejamento, de controlo de humidade, de desodorização, os controladores lógicos programáveis e os sistemas de alimentação automática. O arejamento constitui um dos mecanismos de controlo mais frequentemente referidos, e em conjunto com a gestão da humidade, desempenha um papel determinante no adequado funcionamento do processo. Apesar dos avanços na automação, muitos sistemas continuam a depender significativamente de operações manuais.

As políticas públicas e o apoio institucional assumem igualmente um papel relevante na implementação e continuidade destes sistemas. Entre os mecanismos identificados encontram-se o apoio técnico e logístico, a formação, o financiamento, os incentivos económicos e a integração da compostagem nas estratégias de gestão de resíduos. Em contrapartida, a insuficiência de recursos financeiros e de apoio institucional, bem como o limitado conhecimento e envolvimento da população, constituem importantes barreiras à sua implementação.

Os desafios identificados abrangem dimensões técnicas, ambientais, sociais, económicas e político-regulatórias, destacando-se a instabilidade da temperatura, excesso de humidade, produção de lixiviados, emissões e odores, baixa participação comunitária, custos operacionais e insuficiência de enquadramento regulamentar. As estratégias de otimização incluem o controlo da temperatura, humidade e arejamento, a utilização de aditivos e a aplicação de inoculantes bacterianos e fúngicos. Persistem, contudo, limitações relacionadas com a padronização destas estratégias, a sua aplicação em maior escala e os custos associados.

Em síntese, a eficácia da compostagem comunitária depende de uma abordagem integrada que articule fatores técnicos, sociais e institucionais. O controlo adequado do processo, a educação ambiental, o apoio institucional e o envolvimento continuado da comunidade constituem elementos fundamentais para a sustentabilidade e expansão destes sistemas. A longo prazo, o reforço destes fatores poderá contribuir para o fortalecimento e expansão dos sistemas de compostagem.

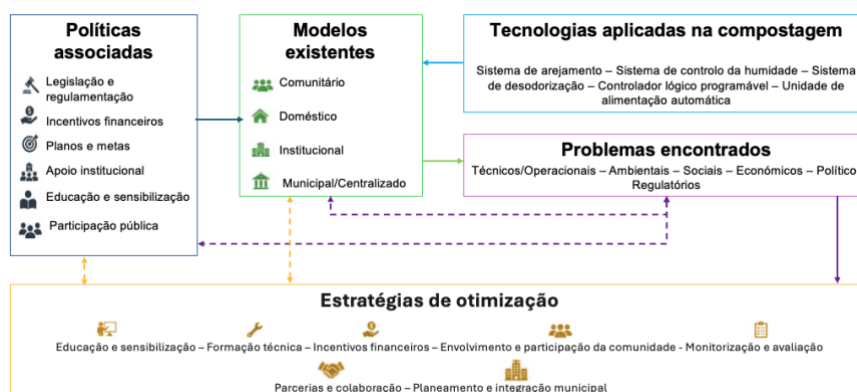


Figura 1. Estrutura conceptual dos principais fatores associados à implementação e otimização da compostagem comunitária.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto HUMYK – Autonomous Community Composter (CENTRO2030-FEDER-01180100; n.º 17322), cofinanciado pelo Programa Regional Centro 2030, Portugal 2030 e União Europeia. V. Oliveira agradece ainda o financiamento da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do contrato institucional de emprego científico CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002.

Avaliação de estratégias químicas e físicas para o controlo de *Daphnia* spp. em estações de tratamento de águas residuais urbanas

Pedro Esperanço^{1,2}, Verónica Oliveira^{1,2}, Mariana Ferreira¹, Carolina Coelho¹, Olímpia Sobral¹, António Luís Amaral^{1,3}, Carla Rodrigues^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³Centro de Engenharia Biológica (CEB), Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710 057 Braga, Portugal.

e-mail: pedro.esperanco@esac.pt

Resumo

A proliferação de *Daphnia* spp. nos decantadores secundários de estações de tratamento de águas residuais urbanas (ETAR) pode constituir um desafio operacional, comprometendo a qualidade do efluente tratado. Embora estes microcrustáceos sejam considerados bioindicadores de boas condições de água, e filtrarem bactérias, algas, protozoários e outras pequenas partículas em suspensão [1], elevadas densidades populacionais podem aumentar a concentração de sólidos suspensos, a turbidez do efluente ou mesmo proteger microrganismos patogénicos ao reduzir a sua exposição direta à radiação ultravioleta [2,3].

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia de diferentes estratégias químicas e físicas no controlo de *Daphnia* spp. e determinar a influência da matriz na resposta dos organismos. Foram testadas três abordagens, o uso de hipoclorito de sódio (NaOCl), de ultrassons e nitritos em duas matrizes reais de uma ETAR, efluente clarificado e licor misto. A utilização de matrizes reais permitiu aproximar a avaliação das condições de funcionamento de uma ETAR, apresentando características físico-químicas contrastantes. As matrizes utilizadas nos ensaios com NaOCl foram recolhidas em momento distinto das utilizadas nos ensaios com ultrassons e nitritos. No primeiro caso, o licor misto apresentou concentrações superiores de carência química de oxigénio (CQO) ($0,7 \pm 0,0 \text{ g L}^{-1}$), sólidos suspensos (SS) ($2,1 \pm 0,3 \text{ g L}^{-1}$), azoto Kjeldahl total ($0,2 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), comparativamente ao efluente clarificado. Nos ensaios com nitritos e ultrassons o efluente clarificado apresentou condições aeróbias, com $8,9 \pm 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ de oxigénio dissolvido e potencial redox positivo ($165,4 \pm 9,8 \text{ mV}$), enquanto o licor misto, recolhido numa zona anóxica/anaeróbia do reator biológico, apresentou apenas $0,3 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$ de oxigénio dissolvido e potencial redox fortemente negativo ($-268,0 \pm 6,7 \text{ mV}$), bem como concentrações superiores de CQO ($11,84 \pm 0,27 \text{ g L}^{-1}$), SS ($5,6 \pm 0,2 \text{ g L}^{-1}$), azoto Kjeldahl total ($0,49 \pm 0,03 \text{ g L}^{-1}$) e ortofosfatos ($0,45 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$).

No efluente clarificado, o NaOCl mostrou-se mais eficaz, onde concentrações de $3,125 \text{ mg L}^{-1}$ provocaram $100 \pm 0\%$ de mortalidade em 24 h, enquanto concentrações de $1,95$ e $1,22 \text{ mg L}^{-1}$ resultaram em mortalidades de $80 \pm 16\%$ e $60 \pm 0\%$, respetivamente, após 96 h. No licor misto, a concentração de $3,125 \text{ mg L}^{-1}$ de NaOCl conduziu à mortalidade máxima de $65 \pm 19\%$, evidenciando uma menor eficácia do tratamento nesta matriz. A resposta aos ultrassons também dependeu da matriz e das condições de realização dos ensaios. No efluente clarificado, a mortalidade aumentou com a amplitude e o tempo de exposição, variando entre 3 e $13 \pm 6\%$ para amplitudes de 1 e 5% durante 5 s , atingindo $33 \pm 6\%$ para amplitudes de 10 e 15% . Ao prolongar-se o tempo de exposição para 10 s , a mortalidade ultrapassou $50 \pm 0\%$ nas amplitudes de 1% e 5% , chegando aos $100 \pm 0\%$ na amplitude de 15% . No licor misto observou-se mortalidade de 100% em todas as condições experimentais, sugerindo que as características físico-químicas desta matriz potenciam os efeitos da cavitação e aumentam o stress imposto a estes organismos. Nos ensaios com nitritos observou-se igualmente uma resposta dependente da matriz. No efluente clarificado, a mortalidade aumentou globalmente com o tempo de exposição, atingindo, ao sétimo dia, valores entre $27 \pm 6\%$ e $75 \pm 7\%$ nas concentrações testadas (entre $1,3$ a 20 mg L^{-1} de NO_2^-). Em oposição, no licor misto verificou-se uma mortalidade muito elevada desde o início do ensaio, atingindo 100% para 10 e 20 mg L^{-1} de NO_2^- e mantendo-se em $50 \pm 5\%$ para $1,3 \text{ mg L}^{-1}$ ao longo dos sete dias.

De uma forma global, os resultados demonstram que a eficácia das diferentes estratégias de controlo depende fortemente da complexidade da matriz onde são aplicadas, sendo um fator crucial para o controlo de *Daphnia* spp. O NaOCl apresentou menor eficácia no licor misto, enquanto os nitritos e os ultrassons demonstraram maior eficácia nesta matriz, evidenciando que a composição e as propriedades físico-químicas do meio podem condicionar significativamente o desempenho de cada estratégia. Embora o hipoclorito de sódio, os ultrassons e os nitritos revelem potencial para reduzir populações destes organismos em ETAR urbanas, a sua implementação deverá considerar simultaneamente as características físico-químicas do meio, os potenciais efeitos sobre ovos dormentes, a estabilidade do processo biológico, possíveis impactos na qualidade do efluente tratado e consequentemente no meio recetor.

Agradecimentos e financiamento

P. Esperanço agradece à FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia através de uma bolsa de doutoramento (2025.07113.BDANA). V. Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do programa de contratação de emprego científico institucional (doi: 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002). Os autores agradecem às Águas do Centro Litoral pela disponibilização dos meios necessários à execução deste trabalho.

Referências bibliográficas

- [1] C. Pau, T. Serra, J. Colomer, X. Casamitjana, L. Sala, and R. Kampf, "Filtering capacity of *Daphnia magna* on sludge particles in treated wastewater," *Water Research*, vol. 47, no. 1, pp. 181–186, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.watres.2012.09.047.
- [2] P. Esperanço, R. Egito, V. Oliveira, A. L. Amaral, and C. Rodrigues, "Influence of effluent quality parameters on *Daphnia* spp. overgrowth in an urban wastewater treatment plant: A multiyear case study analysis," *Processes*, vol. 13, no. 4, Art. no. 1164, 2025, doi: 10.3390/pr13041164.
- [3] P. Esperanço, C. Coelho, O. Sobral, V. Oliveira, A. L. Amaral e C. Rodrigues, "Effects of Sodium Hypochlorite on *Daphnia* spp. Populations and Resting Eggs Hatching in Urban Wastewater Treatment," *Urban Science*, vol. 10, no. 7, p. 375, 2026.



Engenharia, Energia e Construção Sustentável

A influência da sustentabilidade na análise de estruturas

Diogo Pascoal, João Gouveia

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: diogopascoal41@gmail.com

Resumo

A crescente consciencialização ambiental e a necessidade de mitigar os impactos negativos da construção civil impulsionaram a integração dos princípios da sustentabilidade na prática da engenharia estrutural. Este artigo de revisão científica analisa de forma aprofundada a interseção entre a sustentabilidade e a análise de estruturas, destacando como esta integração altera significativamente os critérios de conceção e dimensionamento estrutural. O estudo aborda os fundamentos da sustentabilidade – baseados nos pilares ambiental, económico e social – e relaciona-os com os objetivos técnicos da engenharia estrutural, tradicionalmente focada na segurança, estabilidade e durabilidade [1 - 6].

São exploradas as metodologias e ferramentas mais atuais, como a Análise do Ciclo de Vida (ACV), os indicadores de carbono incorporado e os modelos multicritério que combinam desempenho mecânico com impacto ambiental. A investigação contempla ainda o papel dos materiais de baixo impacto, como o betão reciclado, os aços reutilizados e a madeira engenheirada, evidenciando o seu potencial na redução da pegada ecológica das estruturas. O artigo discute também a importância do apoio da legislação europeia e nacional e a incorporação destes princípios no ensino e na formação contínua dos engenheiros civis [7 - 11].

Conclui-se que a sustentabilidade deixou de ser um elemento acessório e passou a constituir uma dimensão fundamental na análise estrutural contemporânea. Este novo paradigma exige competências técnicas alargadas, visão sistémica e compromisso ético, posicionando o engenheiro estrutural como agente ativo na transição para uma construção mais resiliente, eficiente e ambientalmente responsável.

Palavras-chave: Ambiente, análise estrutural, construção civil, sustentabilidade.

Referências bibliográficas

- [1] Costa, J. A. (2013). Construção Prefabricada-Análise da Utilização da Prefabricação nas Várias Etapas do Processo Construtivo. https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1689244581658271/dissertacao_joao_costa.pdf.
- [2] Espinoza, O., Buehlmann, U., & Smith, P. M. (2021). Sustainability of Cross-Laminated Timber (CLT) Buildings: A Review. *Journal of Cleaner Production*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620335113?via%3Dihub>.
- [3] Martínez, F., Yepes, V., & García-Segura, T. (2019). Optimization of lightweight concrete I-section bridge girders by a hybrid method of heuristics and deterministic tools. *Engineering Structures*. doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.01.038.
- [4] Comissão Europeia. (2019). Pacto Ecológico Europeu (European Green Deal). https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt.
- [5] Comissão Europeia. (2020). Regulamento (UE) 2020/852 – Taxonomia da UE para atividades sustentáveis. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>.
- [6] República Portuguesa. (2020). Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro. *Diário da República* n.º 238/2020, 2.º Suplemento, Série I. <https://dre.pt/dre/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-153153933>.
- [7] University of Bath. (s.d.). ICE Database – Inventory of Carbon and Energy. <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>.
- [8] ItEC – Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. (s.d.). BEDEC Database. <https://www.itec.cat/serveis/bedec/>.
- [9] One Click LCA. (s.d.). Life-Cycle Assessment Software for Construction. <https://www.oneclicklca.com>.
- [10] Castro, Rita (2012). Análise da sustentabilidade de estruturas: aço vs betão. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/24766>.
- [11] Neves, Tiago (2021). Análise comparativa da sustentabilidade de soluções construtivas. <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/132456/2/446021.pt>.



Otimização de sistemas de transferência indutiva dinâmica de potência em veículos elétricos de duas rodas

Mário Loureiro¹, R. M. Monteiro Pereira^{1,2}, Adelino J. C. Pereira^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²INESC Coimbra – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores de Coimbra, Pólo II, 3030-290 Coimbra, Portugal.

e-mail: a2021112398@isec.pt

Resumo

A transferência indutiva dinâmica de potência pode fornecer energia a veículos elétricos em movimento e reduzir a dependência de baterias de elevada capacidade. A sua aplicação a veículos de duas rodas é, contudo, condicionada pelos desalinhamentos laterais e angulares, pelo espaço limitado para integração do acoplador e pela exposição a campos magnéticos [1], [2]. Este estudo teve como objetivo desenvolver e avaliar uma metodologia computacional para otimizar a geometria de um acoplador, aumentando o acoplamento no pior caso e controlando a densidade de fluxo magnético durante o movimento do veículo. Desenvolveu-se, no *Ansys Maxwell*, um modelo tridimensional de elementos finitos de um acoplador retangular blindado, parametrizado por 22 variáveis geométricas relativas às bobinas, ferrites e blindagens dos lados primário e secundário [3]. Foram gerados dois conjuntos de dados: um primeiro com variação exclusivamente geométrica, destinado à metamodelação e à análise de sensibilidade global, e um segundo que combina variações de geometria, a posição longitudinal e os desalinhamentos lateral e angular. Construíram-se metamodelos com base em *Sparse Polynomial Chaos Expansions* e *Canonical Low-Rank Approximations* para estimar Índices de Sobol, seguindo metodologias de metamodelação aplicadas a sistemas de transferência indutiva de potência [2], [3]. O comprimento interior da bobina primária e a largura da ferrite secundária explicaram, em conjunto, cerca de 92,5% da variância dos coeficientes de acoplamento, enquanto o número de espiras e as dimensões interiores da bobina primária dominaram a densidade de fluxo magnético nos planos de controlo. No segundo conjunto de dados, os regressores *Random Forest* foram integrados no *Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) para obter soluções que permitam um compromisso entre os objetivos e estejam sujeitas a restrições geométricas, materiais e a um limite de referência de 27 μT , correspondente às regiões 2 e 3 da norma SAE J2954 [4]. A geometria selecionada aumentou os valores mínimos dos coeficientes de acoplamento de -0,0618 para -0,0379 e de -0,0873 para -0,0550, mantendo a densidade de fluxo magnético abaixo do limite adotado após reavaliação por elementos finitos. Este ganho foi acompanhado por um aumento moderado da amplitude de variação dos coeficientes, evidenciando um compromisso entre acoplamento no pior caso e uniformidade no domínio operacional. Conclui-se que a combinação de análise de sensibilidade, metamodelos e otimização multiobjetivo permite identificar geometrias com melhor desempenho dinâmico e exposição magnética controlada, respeitando as restrições de integração em veículos elétricos de duas rodas.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho não recebeu financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] M. Loureiro, R. M. Monteiro Pereira, and A. J. C. Pereira, "Dynamic wireless charging for micromobility under electromagnetic field exposure regulations: A review of smart grid control and charging optimisation approaches," *Sustainability*, vol. 18, no. 5, Feb. 2026, Art. no. 2191, doi: 10.3390/su18052191.
- [2] Y. Pei, "Design and optimization of inductive power transfer systems by metamodeling techniques," Ph.D. thesis, Univ. Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France, 2022, doi: 10.70675/07031b68ze97fz4dd3zba41zb95c4466a561.
- [3] M. Loureiro, R. M. Monteiro Pereira, and A. J. C. Pereira, "Sensitivity analysis and design of dynamic inductive power transfer coil geometries for two-wheeled electric vehicles under misalignments," *Energies*, vol. 19, no. 6, Mar. 2026, Art. no. 1456, doi: 10.3390/en19061456.
- [4] Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology, SAE J2954_202408, SAE International, Warrendale, PA, USA, Aug. 2024.

Análise CFD de um forno de cerâmica: eficiência energética e descarbonização

Gabriel Silva¹, Raquel Faria¹, Gilberto Vaz¹

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: a2019141642@isec.pt

Resumo

A indústria cerâmica caracteriza-se por um elevado consumo energético e uma forte dependência de combustíveis fósseis [1]. Processos como atomização, secagem e cozedura podem representar até 30% dos custos totais de produção [2], sendo as principais fontes de emissões diretas de CO₂. No contexto de políticas ambientais cada vez mais rigorosas e do objetivo de atingir a neutralidade carbónica até 2050 [3], a descarbonização dos processos de fabrico na indústria da cerâmica tornou-se uma prioridade fundamental. Melhorias incrementais na eficiência já não são suficientes. Entre as alternativas consideradas, o hidrogénio verde aumentou a sua relevância devido ao seu potencial significativo de reduzir diretamente as emissões de CO₂ durante a combustão [4]. A transição para o uso de hidrogénio verde pode ser operacionalizada através de fornos híbridos, os quais permitem a utilização combinada de hidrogénio, gás natural e energia elétrica. Esta abordagem possibilita uma transição gradual e tecnicamente controlada, evitando a substituição imediata de equipamentos e assegurando a continuidade produtiva. Atualmente, o CTCV (Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro) dispõe de dois fornos híbridos, um forno intermitente e um forno de rolos de 11 metros à escala pré-industrial, com a capacidade de operar com múltiplas fontes energéticas como o gás natural, hidrogénio e a energia elétrica.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um modelo de simulação de CFD (*Computational Fluid Dynamics*) para analisar e estudar a distribuição de temperatura, escoamento de gases e transferência de calor. Na etapa atual, o trabalho centra-se na operação do forno intermitente com aquecimento apenas por energia elétrica. Esta configuração proporciona um ambiente controlado para avaliar a precisão do modelo de CFD.

Os resultados iniciais indicam uma boa correlação entre os dados experimentais e as simulações (Figura 1), sendo possível observar e identificar as zonas de recirculação do ar devido à convecção natural (Figura 2). Ao combinar os dados experimentais, conhecimento técnico e resultados numéricos, o projeto visa desenvolver ferramentas para apoiar a tomada de decisões e acelerar a adoção de soluções energeticamente eficientes e com baixas emissões de carbono, promovendo a sustentabilidade a longo prazo do sector cerâmico.

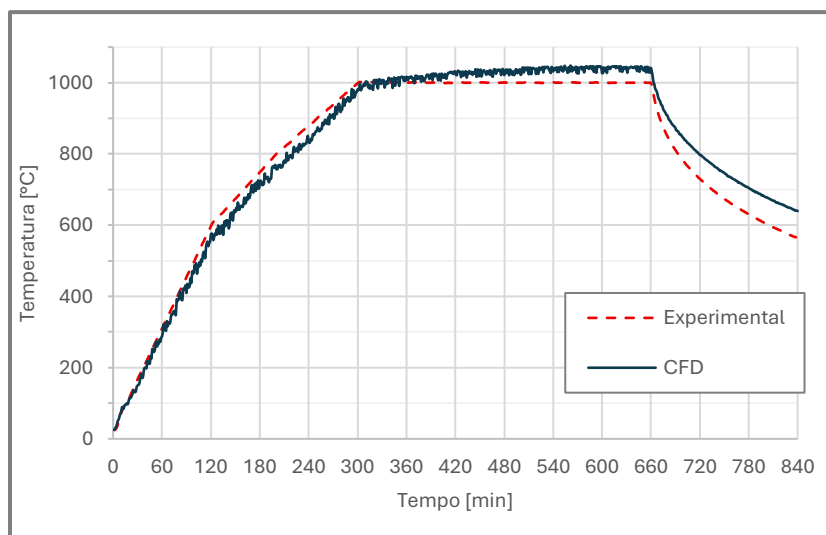


Figura 1. Evolução da temperatura ao longo do tempo — comparação com medições experimentais

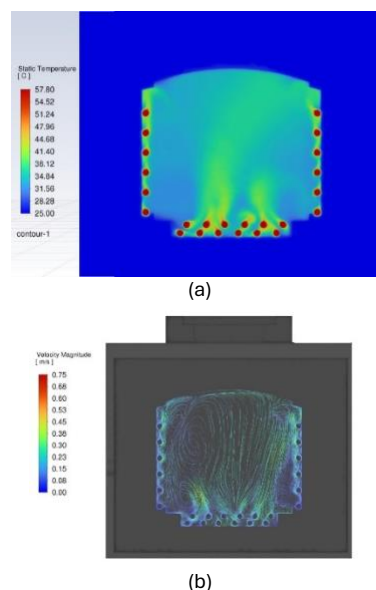


Figura 2. Simulação CFD (240 s) - vista frontal do forno: (a) distribuição de temperatura; (b) escoamento do ar no interior

Agradecimentos e financiamento

Projeto desenvolvido com o CTCV no âmbito da Agenda ECP – Ecocerâmica e Vidro de Portugal (Projeto n.º 76, candidatura C644916391-00000029), financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência (RRP) e pelos fundos NextGenerationEU da União Europeia.

Referências bibliográficas

- [1] Cerame-Unie A.I.S.B.L., *Ceramic roadmap to 2050: Continuing our path towards climate neutrality*. Bruxelas, Bélgica: Cerame-Unie, 2021.
- [2] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), "Consumo de energia na indústria cerâmica," DGEG, 2020.
- [3] APICER, *Manual de eficiência energética e carbónica*. 2024. [Online]. Disponível em: <https://www.apicer.pt/apicer/media/673f139e151e3.pdf>
- [4] Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV), "Revista técnica de indústria da fileira do habitat," CTCV, no. 18, mar./abr. 2023

Influência da lignina de hidrólise enzimática no comportamento mecânico de misturas betuminosas temperadas com incorporação de MBR

Érica Muzime¹, Eliana Soldado¹, Silvino Capitão^{1,2}, Luís Picado-Santos², Arminda Almeida³, Fernando Martinho⁴

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, 1049-001 Lisboa, Portugal.

³Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra, Portugal.

⁴Submerci, Lda, Estrada do Zambujeiro, nº 60, 2500-719 Serra do Bouro, Portugal.

e-mail: a2021011582@isec.pt

Resumo

A construção e a reabilitação de infraestruturas rodoviárias enfrentam uma necessidade urgente de transição ecológica: torna-se fundamental reduzir o consumo de betume convencional derivado do petróleo e, em simultâneo, maximizar a incorporação de misturas betuminosas recuperadas (MBR) de pavimentos em fim de vida [1], [2]. Contudo, a reutilização de elevadas taxas de MBR apresenta um desafio técnico crítico: a exposição prolongada ao tráfego e ao clima induz um envelhecimento oxidativo severo no ligante residual, tornando-o excessivamente rígido e frágil, o que potencia a suscetibilidade da matriz ao fendilhamento prematuro sob cargas cíclicas [2], [3]. Para contornar esta limitação, este trabalho foca-se no potencial da Lignina de Hidrólise Enzimática, um biopolímero renovável, de base biológica, introduzida por via seca como agente modificador do comportamento viscoelástico [4], [5]. O programa experimental avaliou misturas betuminosas AC 20 para camadas de base e/ou ligação, com 30% de MBR, incorporada em substituição parcial dos constituintes virgens, e lignina como substituto parcial do betume, em misturas produzidas a 130 °C. A substituição de 20% do betume por lignina foi identificada num estudo anterior, como a percentagem mais adequada [4]. Analisou-se também o efeito da variação da percentagem de lignina em misturas com 15% e 25%. Os ensaios mecânicos realizados evidenciam um contributo mecânico favorável da utilização simultânea de MBR e lignina, embora essa tendência não se verifique para todas as percentagens analisadas [6], [7]. Conforme apresentado na Figura 1a), as misturas com MBR e lignina apresentaram valores adequados de estabilidade Marshall, destacando-se a mistura com 20% de lignina e MBR, que atingiu 14,4 kN e porosidade de 5,5%. Os resultados dos ensaios de sensibilidade à água, apresentados na Figura 1b), revelaram valores de ITSR sempre superiores a 84% (para todas as composições com lignina + MBR), indicando adequada resistência à ação da água [4], [8]. Ao validar, para os ensaios realizados, a influência de 20% de lignina no comportamento mecânico de misturas temperadas com MBR e lignina, o estudo apresenta uma via promissora para a promoção da economia circular e para a descarbonização do setor rodoviário [1], [5].

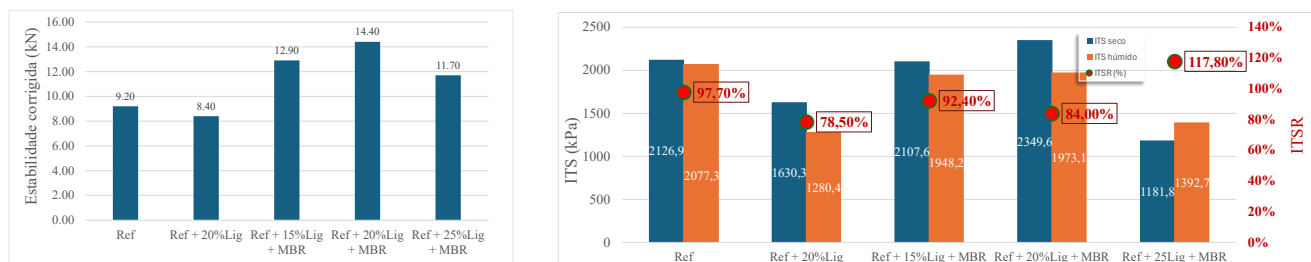


Figura 1. Resultados mecânicos das misturas analisadas: a) estabilidade Marshall (à esquerda); b) resistência à tração indireta (ITS seco e húmido) e razão de resistência conservada (ITSR) (à direita).

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) pela disponibilização das instalações laboratoriais, bem como ao técnico de laboratório Carlos Renato pelo apoio na realização do trabalho experimental. Este trabalho está a ser desenvolvido no âmbito do projeto “SustainAsphalt — Tecnologia Asfáltica Sustentável e Inteligente” (COMPETE2030-FEDER-01191300; referência PRBI/16/2026), financiado pelo COMPETE 2030 / Portugal 2030, e Lisboa 2030, através do FEDER — Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional.

Referências bibliográficas

- [1] K. J. Kowalski, W. Bańkowski, J. B. Król, B. H. Andersen, A. Komkova, e R. Casado Barrasa, “Practical Application of Sustainable Road Structure: Mechanical and Environmental Approach,” *Applied Sciences*, vol. 12, n.º 23, p. 11914, 2022.
- [2] R. Zhang, Z. You, H. Wang, X. Chen, C. Si, e C. Peng, “Using bio-based rejuvenator derived from waste wood to recycle old asphalt,” *Construction and Building Materials*, vol. 189, pp. 568–575, 2018.
- [3] R. Izaks, A. Riekstins, V. Haritonovs, J. Ponomarenko, A. Arshanitsa, e R. Sparans, “Performance evaluation of stone mastic asphalt (SMA) containing reclaimed asphalt (RA) and biopolymer lignin,” *Construction and Building Materials*, vol. 489, p. 142261, 2025.
- [4] A. Pascoal, A. Almeida, S. Capitão, e L. Picado-Santos, “Improvement of Warm-Mix Asphalt Concrete Performance with Lignin Obtained from Bioethanol Production from Forest Biomass Waste,” *Materials*, vol. 16, n.º 23, p. 7339, 2023.
- [5] Z. Wang, S. Huo, B. Steubing, F. Meng, Y. Long, M. S. Schjønberg, M. Birkved, B. Corona, e Z. Cao, “Lignin-based asphalt pavements can create permanent carbon storage and substantial climate benefits,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 215, p. 108080, 2025.
- [6] I. P. Pérez, A. M. Rodríguez Pasandín, J. C. Pais, e P. A. Alves Pereira, “Use of lignin biopolymer from industrial waste as bitumen extender for asphalt mixtures,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 220, pp. 87–98, 2019.
- [7] D. Patel, H. Jahan, Y. Hu, S. Hejazi, K. L. Roja, G. Airey, e A. Sreeram, “Incorporating bio-based lignin as a sustainable fine aggregate in asphalt mixtures: Comprehensive analysis of long-term performance,” *Sustainable Materials and Technologies*, vol. 46, p. e01734, 2025.
- [8] A. K. Albayati e A. H. Albayati, “Improving asphalt concrete durability through soda lignin powder,” *Transportation Engineering*, vol. 19, p. 100300, 2025.

Simulação numérica do arrefecimento de matrizes de extrusão de alumínio com recurso a cold spraying

Gonçalo Silvério, Raquel Faria, Gilberto Vaz

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: goncalo.silverio@isec.pt

Resumo

A aplicação de ligas de alumínio, com destaque para os produtos extrudidos, encontra-se em franca expansão em setores como o automóvel, o aeroespacial, a construção e a energia. Refletindo esta tendência, o mercado mundial de extrusão de alumínio foi avaliado em 87,84 mil milhões de dólares em 2021, estimando-se um crescimento de 7,5% até 2030 [1].

Durante o processo de extrusão, verifica-se uma acentuada geração de calor resultante da deformação plástica e do atrito, cuja intensidade é proporcional à velocidade do processo. Por conseguinte, garantir um arrefecimento adequado é essencial para evitar deformações no perfil final. No que diz respeito à refrigeração gasosa, o azoto apresenta-se como a principal alternativa ao ar. Tratando-se de um gás inerte, este previne o contacto do alumínio a alta temperatura com o oxigénio, o que minimiza a oxidação superficial, aprimora o acabamento e mitiga os defeitos provocados por reações químicas [2].

O presente trabalho, enquadrado no projeto MATEL (Matrizes de Elevada Eficiência), foca-se no estudo numérico do comportamento térmico de matrizes de extrusão de alumínio (Figura 1), com recurso ao software *Ansys Fluent* [3]. O objetivo central é avaliar o impacto da integração da tecnologia de *Cold Spraying* nos canais de arrefecimento, comparando o seu desempenho com o dos sistemas de refrigeração convencionais.

Para o efeito, o comportamento do alumínio foi modelado como um fluido viscoso não newtoniano através da lei constitutiva de *Sellars-Tegart/Zener-Hollomon* num domínio *Euleriano* de geometria fixa, por ser o mais adequado à simulação de regimes de elevada deformação plástica [4].

Numa fase inicial, realizaram-se simulações do processo sem qualquer sistema de refrigeração. Estes resultados assumem o papel de referência para a avaliação base do campo de temperaturas na matriz (Figura 2). Atualmente, decorrem as simulações referentes ao arrefecimento convencional (Figura 3). Numa etapa subsequente, será simulada a matriz com a aplicação de *Cold Spraying*, possibilitando a comparação direta do desempenho térmico entre ambas as estratégias.

Perspetiva-se que este estudo quantifique a redução da temperatura máxima na matriz proporcionada pelo *Cold Spraying*, contribuindo, assim, para o prolongamento da vida útil das ferramentas e para a otimização global do processo de extrusão de alumínio.

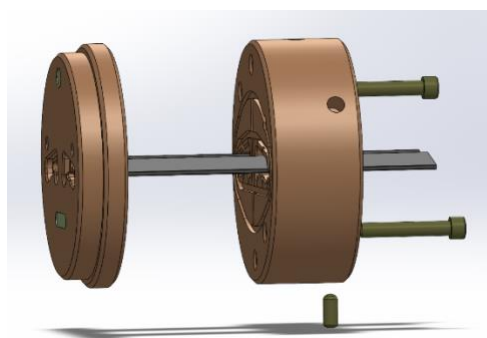


Figura 1. Vista explodida matriz

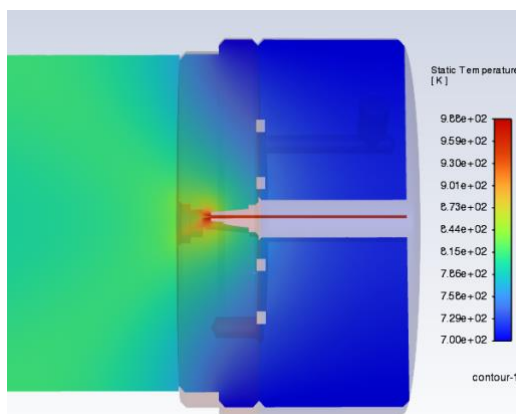


Figura 2. Campo de temperaturas num plano de corte

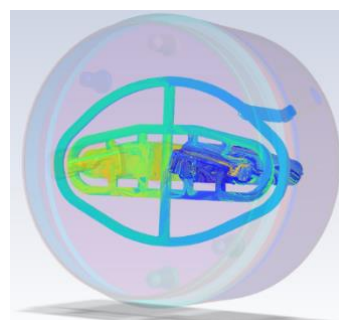


Figura 3. Canais fluído de arrefecimento

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho é financiado pelo PORTUGAL 2030, através do Programa COMPETE 2030, no âmbito do projeto "MATEL - Matrizes de Elevada Eficiência" (código de operação COMPETE2030-FEDER-00587200), e enquadra-se na Bolsa de Investigação (Referência i2A/COMPETE-MATEL/2025)

Referências bibliográficas

- [1] "Aluminum Extrusion Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Shapes, Rods & Bar, Pipes & Tubes), By Application (Building & Construction, Automotive & Transportation, Consumer Goods, Electrical & Energy), By Region, And Segment Forecasts," Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/aluminum-extrusion-market>, 2022-2030.
- [2] T. J. Ward, R. M. Kelly, G. A. Jones, and J. F. Heffron, "The effects of nitrogen—liquid and gaseous—on aluminum extrusion productivity," JOM, vol. 36, no. 12, pp. 29–33, Dec. 2013. doi: 10.1007/BF03339208.
- [3] ANSYS Inc., Ansys Fluent, Release 2026 R1, Canonsburg, PA, EUA
- [4] S. Lou, G. Zhao, R. Wang, and X. Wu, "Modeling of aluminum alloy profile extrusion process using finite volume method," Journal of Materials Processing Technology, vol. 206, no. 1–3, pp. 481–490, 2008. doi: 10.1016/j.jmatprotec.2007.12.084.

Desenvolvimento e conceção de um sofá modular

Tiago Santos, Raquel Faria

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: tiagollsantos99@gmail.com

Resumo

A crescente preocupação com a sustentabilidade no setor do mobiliário tem impulsionado o desenvolvimento de novas soluções capazes de integrar conforto, funcionalidade e redução do impacto ambiental. Neste contexto, o presente trabalho explora a aplicação de princípios de engenharia no desenvolvimento de um sofá modular, com foco na otimização estrutural, seleção de materiais e simplificação dos processos de fabrico, promovendo conceitos associados à economia circular, como a modularidade, desmontagem e potencial de reciclagem no final do ciclo de vida. [1]

O principal objetivo deste projeto consistiu no desenvolvimento de um sofá modular através da otimização da sua estrutura e da seleção de soluções construtivas mais eficientes. Pretendeu-se criar um produto flexível e adaptável, capaz de reduzir a quantidade de material utilizado, facilitar o transporte e montagem, melhorar a gestão do fim de vida do produto e permitir diferentes configurações através de um sistema modular. [2]

O desenvolvimento da solução teve por base uma abordagem integrada entre engenharia e design, recorrendo à modelação tridimensional em CAD Figura 1, através do software SolidWorks [3] e à realização de estudos numéricos pelo Método dos Elementos Finitos (MEF) [4]. Estas análises permitiram avaliar o comportamento estrutural da solução proposta e otimizar a geometria dos componentes, a seleção de materiais e os sistemas de união. Após a validação do modelo virtual, foi construído um protótipo físico constituído por módulos de assento e braços, recorrendo a uma estrutura tubular metálica e a sistemas de ligação sem recurso a soldadura, garantindo estabilidade estrutural, facilidade de montagem e possibilidade de reconfiguração.

Os resultados obtidos através dos estudos numéricos, apresentados na Tabela 1 e Figura 2, demonstraram a viabilidade estrutural do conceito desenvolvido. A solução proposta evidenciou vantagens ao nível da simplificação dos processos produtivos, otimização das operações logísticas e maior potencial de sustentabilidade associado à utilização de uma estrutura modular e desmontável. Embora se tenha verificado um ligeiro aumento da massa total da estrutura, foi possível reduzir a complexidade de fabrico e melhorar a eficiência do transporte e armazenamento. A avaliação realizada através de inquéritos de satisfação revelou uma perceção positiva por parte dos utilizadores, destacando aspetos como a robustez estrutural, inovação do conceito e conforto do assento. Foram igualmente identificadas oportunidades de melhoria relacionadas com a ergonomia do encosto, dimensões gerais e acabamentos, permitindo definir futuras linhas de otimização do produto.

Tabela 1. Resultados Estudos Numéricos

	<i>Seat Static</i>	<i>Back Static</i>	<i>Front Edge Static</i>	<i>Arm Downwards Static</i>	<i>Arm Sideways Static</i>
Tensão [MPa]	221	61	284	90,4	54,6
Deslocamento[mm]	16,4	0,389	12,8	0,549	0,333
Fator de Segurança	1,5	4,5	0,97	3,2	5,03

O projeto permitiu assim desenvolver um conceito de sofá modular inovador, Figura 3, conciliando engenharia, design e sustentabilidade através de uma estrutura metálica desmontável e sistemas de união sem soldadura. A validação estrutural e a construção do protótipo confirmaram a viabilidade da solução proposta, evidenciando o potencial da modularidade como estratégia para melhorar a eficiência produtiva, aumentar a flexibilidade do produto e promover princípios de sustentabilidade no setor do mobiliário.

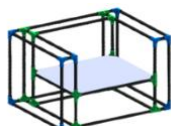


Figura 1. Desenho CAD

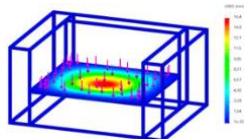


Figura 2. Simulação MEF



Figura 3. Protótipo Final

Agradecimento e Financiamento

Ao Grupo Aquinos, agradece-se a disponibilização de recursos, materiais, normas técnicas e conhecimento prático, que contribuíram para o desenvolvimento deste estudo e permitiram aproximar a investigação da realidade industrial. [5]

Referências Bibliográficas

- [1] SoftFrame Designs, "Environmental impact of furniture production: SoftFrame Sustainability report," 2024. [Online]. Available: <https://softframedesigns.com/>.
- [2] D. Yang and C. Vezzoli, "Designing environmentally sustainable furniture products: Furniture-specific life cycle design guidelines and a toolkit to promote environmental performance," *Sustainability*, vol. 16, no. 7, p. 2628, 2024, doi: 10.3390/su16072628.
- [3] Dassault Systèmes, "SOLIDWORKS Simulation," SOLIDWORKS. [Online]. Available: <https://www.solidworks.com/pt-br/product/solidworks-simulation>.
- [4] R. D. S. G. Campilho, *Método de elementos finitos: Ferramentas para análise estrutural*. Porto, Portugal: Publindústria, 2012.
- [5] British Standards Institution, *Furniture — Seating — Determination of stability*, BS EN 1022:2018, 2018.

Avaliação da circularidade de um bloco construtivo modular sustentável e o seu contributo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Murillo Vetroni Barros¹; João P. Mar. Gouveia²

¹Universidade Estadual do Paraná (UNESPAR), Campus de Paranaguá, Rua Comendador Correia Junior 117, 83203-560, Paranaguá, Paraná, Brasil

²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

O aumento do consumo de matérias-primas de origem natural e da utilização de energia na produção de materiais para a construção civil tem impulsionado o desenvolvimento de soluções mais sustentáveis, alinhadas com os princípios da economia circular. Este modelo promove a redução, reutilização, reciclagem, recuperação e regeneração de materiais, mantendo-os em circulação durante o maior tempo possível e preservando o seu valor ao longo de vários ciclos de utilização. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivos: (i) aplicar uma ferramenta de avaliação da circularidade a um bloco construtivo sustentável e (ii) identificar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas [1] para os quais este produto pode contribuir.

O caso de estudo incidiu sobre o Clean TechBlock (CTB), um bloco modular pré-fabricado composto por uma estrutura em tijolo cerâmico e isolamento em espuma de vidro, contendo cerca de 92–93% de vidro reciclado. O projeto foi desenvolvido na Dinamarca pela empresa Graasten Teglværk A/S, em colaboração com a Universidade de Aalborg e o Centro de Ecologia Industrial da Universidade de Coimbra, com financiamento europeu, [2, 3].

A avaliação da circularidade foi realizada através da Circular Flow Tool, ferramenta que analisa os fluxos de materiais e recursos ao longo do processo produtivo [4], permitindo calcular um indicador de circularidade (0–100%) e identificar oportunidades de melhoria na gestão dos recursos. Foram considerados três cenários de fim de vida do bloco: (1) deposição integral dos resíduos em aterro; (2) reciclagem de 90% da espuma de vidro, mantendo o restante material em aterro; e (3) reciclagem de 90% da espuma de vidro e recuperação de 70% do tijolo cerâmico.

Os resultados demonstram que a circularidade global aumenta de 53% no primeiro cenário para 59% no segundo e 74% no terceiro, evidenciando a importância da valorização e reciclagem dos materiais no fim de vida. A análise identificou ainda oportunidades de melhoria relacionadas com a utilização de energia renovável, a produção própria de eletricidade e a otimização da gestão da água, aspetos considerados mais viáveis do que a substituição de determinadas matérias-primas atualmente utilizadas no processo produtivo. Verificou-se igualmente que apenas 34% dos materiais utilizados provêm de fontes renováveis, revelando um potencial significativo para reduzir a dependência de recursos não renováveis.

Os resultados demonstram que a aplicação de princípios da economia circular [5] na produção do CTB contribui para aumentar a eficiência na utilização dos recursos e reduzir os impactos ambientais da construção. Adicionalmente, o estudo evidencia a contribuição deste sistema construtivo para vários Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, nomeadamente o ODS 7 (Energia Acessível e Limpa), ODS 8 (Trabalho Digno e Crescimento Económico), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestruturas), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), ODS 12 (Consumo e Produção Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Climática), demonstrando o potencial dos materiais inovadores para promover uma construção mais sustentável.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem o apoio da investigadora Érika Barrak, da Professora Carla Rodrigues e do Professor Fausto Freire, bem como aos programas de apoio concedidos pela Fundação Portuguesa para a Ciência e Tecnologia (FCT), Programa Horizon Europe / CE e ao Centro tecnológico ADAI/UC.

Referências bibliográficas

- [1] UN. United Nations. SDG. <https://sdgs.un.org/goals>. 2016.
- [2] Aalborg University. Project CleanTechBlock 2: Thermal conductivity measurement of cellular glass samples. Available on: <https://vbn.aau.dk/en/publications/project-cleantechblock-2-thermal-conductivity-measurement-of-cell>. 2019.
- [3] CEI. Center for Industrial Ecology. CTB Basics: CleanTechBlock – Sustainable Multi-functional Building Block Basics. Available on: http://www2.dem.uc.pt/CenterIndustrialEcology/projects/ERA-NET_CTB.htm. 2016.
- [4] M. V. Barros, R. Salvador, A. Gallego-Schmid, e C.M. Piekarski. Circularity measurement of external resource flows in companies: The circular flow tool. *Waste Management*, 158, 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.01.001>. 2023.
- [5] A. Babkin, E. Shkarupeta, L. Tashenova, E. Malevskaia-Malevich e T. Shchegoleva. Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(2), 100071. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>. 2023

Estratégias de carregamento inteligente para veículos elétricos em postos de carregamento públicos: avaliação dos impactos na operação, nos custos e na rede de distribuição elétrica

Lucélio Manuel da Costa^{1,3}, Valdemar Abril², Jônatas Manzolli⁴, Hugo Morais², Paulo Pereirinha¹, Álvaro Gomes³

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal.

³Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Pólo II da Universidade de Coimbra, R. Silvío Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal.

⁴Universidade McGill, Montreal, 845 Sherbrooke St W, Montreal, Quebec H3A 0G4, Canadá.

e-mail: lucelio.costa@isec.pt

Resumo

A crescente adoção de veículos elétricos (VEs) coloca novos desafios à gestão das infraestruturas de carregamento, nomeadamente ao nível dos custos de energia, da utilização eficiente da rede elétrica e da definição de modelos tarifários equilibrados para operadores e utilizadores [1]. Nos últimos anos, diversos estudos têm demonstrado que estratégias de carregamento inteligente podem reduzir os custos energéticos, limitar os picos de potência e mitigar os impactos da crescente penetração dos veículos elétricos nas redes de distribuição [2]. No entanto, a avaliação integrada dos impactos operacionais, económicos e tarifários em infraestrutura pública de carregamento de VEs, com base em dados reais, continua a constituir um importante desafio de investigação [3]. Neste trabalho é apresentado um modelo de análise baseado em sessões reais de carregamento de VEs em um posto de carregamento público de VEs localizada em Coimbra, utilizando dados de preços do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) e perfis reais de consumo da rede elétrica na mesma localidade.

A Figura 1 apresenta as principais etapas da metodologia desenvolvida, desde o tratamento dos dados até à otimização, avaliação dos cenários e análise dos resultados. Foram comparados diferentes cenários de carregamento, incluindo o carregamento convencional, uma estratégia de otimização de custos e uma estratégia orientada para a redução dos picos de potência, mantendo o instante de início de cada sessão de carregamento. Os resultados mostram que a otimização de custos permite reduzir os custos de aquisição de energia até 2,2%, enquanto a estratégia de redução de picos diminui a potência máxima de carregamento dos veículos elétricos de 244,5 kW para 132,5 kW. Adicionalmente, a validação da rede elétrica demonstra uma redução da carga no transformador de 39,1% para 25,1%, contribuindo para uma utilização mais eficiente da infraestrutura elétrica. A análise realizada para um conjunto adicional de dias confirma a consistência dos resultados obtidos.

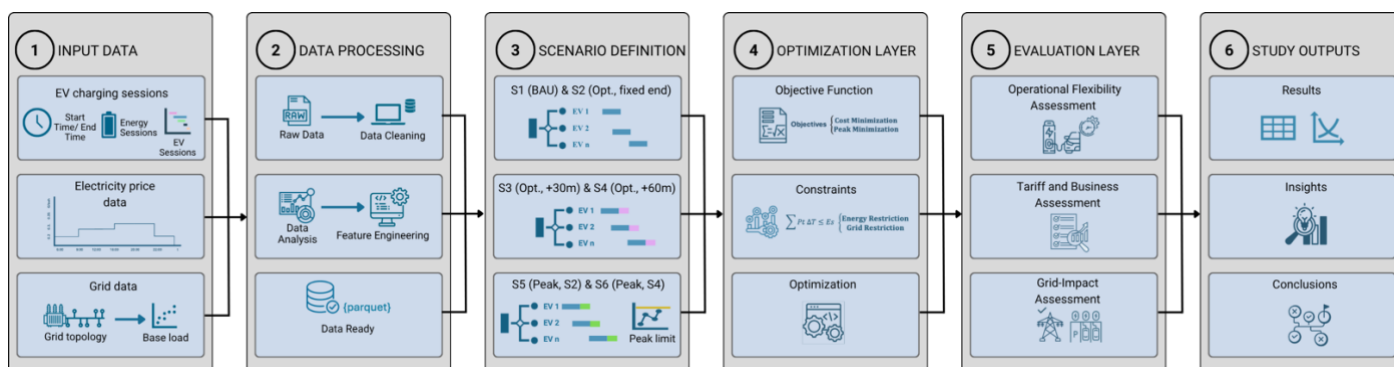


Figura 1. Etapas da metodologia desenvolvida.

Os resultados evidenciam que estratégias de carregamento inteligente podem beneficiar simultaneamente a operação da rede elétrica e a gestão das infraestruturas de carregamento. Verifica-se ainda que uma tarifa fixa baseada no preço médio diário aumenta a margem do operador, embora apenas uma parte dos utilizadores beneficie de custos inferiores face a uma tarifa por períodos, evidenciando a necessidade de desenvolver modelos tarifários e estratégias de carregamento que promovam um equilíbrio entre os interesses dos operadores, dos utilizadores de VE e da rede elétrica.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho foi parcialmente financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), através do projeto UID/00308/2025 (DOI: 10.54499/UID/00308/2025), e pelo projeto EnergyFlex, financiado pelo COMPETE 2030 – Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), Projeto n.º 16206 (COMPETE2030-FEDER-00736300).

Referências bibliográficas

- [1] K. Knezović, M. Marinelli, P. Codani, and Y. Perez, "Distribution grid services and flexibility provision by electric vehicles," in UPEC, 2015.
- [2] C. Crozier, T. Morstyn, and M. McCulloch, "The opportunity for smart charging to mitigate EV impact," Applied Energy, vol. 268, p. 114973, 2020.
- [3] L. M. Da Costa, A. Gomes, and P. G. Pereirinha, "Electric vehicles as flexibility providers for the electric distribution grid: Main challenges, opportunities, and trends," in 2024 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), pp. 1–6, 2024.

Colapso da Ponte Hintze Ribeiro: erros & lições aprendidas

Fabício S. Gaspar; João P. Mar. Gouveia; António Correia

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

Este trabalho tem como objetivo fazer o levantamento de informações técnicas e analisar o colapso da Ponte Hintze Ribeiro (Entre-os-Rios, 2001), procurando identificar os fatores que levaram ao acidente e refletir sobre como a engenharia pode aprender com este tipo de eventos, de forma a evitar a sua repetição. O estudo baseia-se em relatórios oficiais, dados hidrológicos e registos de inspeções técnicas. Pretende-se, assim, compreender as causas do acidente e refletir criticamente sobre o papel da engenharia na prevenção de tragédias semelhantes, promovendo uma cultura de segurança, responsabilidade e aprendizagem contínua. O presente resumo baseia-se no artigo produzido e publicado [1] no Congresso CLME - O Papel da Engenharia na Cooperação entre as Comunidades Lusófonas, que aconteceu em julho de 2025 na cidade de Maputo, Moçambique. O trabalho desenvolvido, foi iniciado no âmbito dos conteúdos abordados na Unidade Curricular de Análise de Estruturas do curso de Licenciatura em Engenharia Civil. Numa fase inicial, este trabalho faz uma introdução sobre a necessidade de cumprir critérios de estabilidade e segurança, fazendo um breve levantamento de estruturas colapsadas e intervenções realizadas. Posteriormente, apresenta o caso de estudo – a ponte Hintze Ribeiro, com a respetiva descrição e o detalhe resultante da análise de relatórios técnicos [2, 3], culminando com Lições aprendidas com este caso. Complementa-se o trabalho com a exposição de medidas preventivas e de proteção, preconizadas em trabalhos de diversos autores [4, 5], a ter em conta nas diferentes fases da conceção, projeto, construção, utilização e manutenção. Finaliza com as respetivas conclusões finais e com a evidência da necessidade de realização de inspeções regulares e intervenções de manutenção das condições de segurança e funcionalidade das estruturas.



Figura 1. Ponte Hintze Ribeiro: vale e areal do Rio Douro e estado da ponte após o colapso

Fontes: <https://monumentosdesaparecidos.blogspot.com/2009/10/ponte-hintze-ribeiro.html> e <https://sicnoticias.pt/pais/2021-03-04-20-anos-da-tragedia-de-Entre-os-Rios-1>

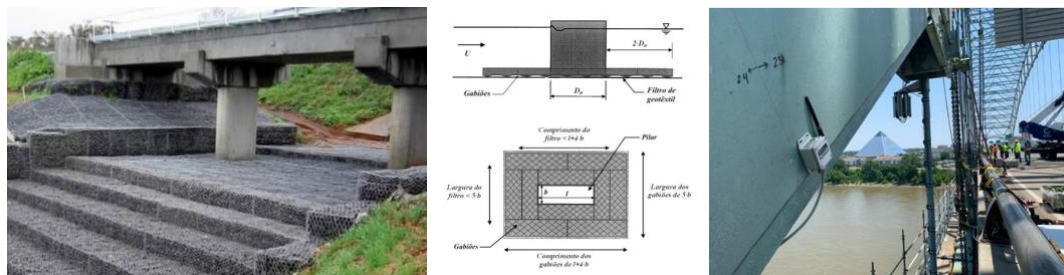


Figura 2. Exemplos de intervenção de medidas preventivas a acidentes: aplicação e pormenores de sistemas de gabiões e monitorização

Fontes: <https://www.mdpi.com/2673-4117/1/2/13> e Agrawal et al, 2021 [5]

Referências bibliográficas

- [1] G. Gaspar, J. P. M. Gouveia e J. Correia, "Colapso da Ponte Hintze Ribeiro: Erros e Lições Aprendidas," in *10.º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia* (CLME 2025), Maputo, Moçambique, 2025.
- [2] F. Veloso Gomes, R. Moreno Delgado e A. Silva Cardoso, Queda da Ponte Hintze Ribeiro (Entre-os-Rios/Castelo de Paiva): Inquérito n.º 44/2001 da Comarca de Castelo de Paiva – *Relatório: Resposta aos Quesitos e Esclarecimentos*. Porto, Portugal: Procuradoria-Geral Distrital do Porto, 2001.
- [3] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Comissão de Inquérito ao Acidente, Ponte Hintze Ribeiro, em Entre-os-Rios: Observação da Estrutura Após o Acidente de 2001-03-04. *Nota Técnica 1/2001 – NOE e Nota Técnica 37/2001 – NQ*. Lisboa, Portugal: Ministério do Equipamento Social, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2001.
- [4] P. F. Lagasse, L. W. Zevenbergen, J. D. Schall e P. E. Clopper, Bridge Scour and Stream Instability Countermeasures: Experience, Selection, and Design Guidance, 2nd ed. Hydraulic Engineering Circular No. 23 (HEC-23). Washington, DC, USA: *Federal Highway Administration (FHWA)*, U.S. Department of Transportation, 2001.
- [5] A. K. Agrawal, S. El-Tawil, Q. Chen e H. Wang, "Redundancy in Long-Span Bridges for Risk Mitigation in a Multi-Hazard Environment," *Structure and Infrastructure Engineering*, vol. 17, no. 10, pp. 1328-1345, 2021.



Comportamento do betão armado em situação de incêndio: propriedades, normas e estratégias de proteção

Dinis Costa, João P. Mar. Gouveia

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

O presente resumo faz referência a artigo submetido para as 9as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos, que decorreu no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC) em novembro de 2025. O trabalho assenta numa investigação, suportada por pesquisa bibliográfica em fontes técnicas e científicas relevantes, com vista à divulgação de conhecimentos sobre o comportamento do betão, e respetivas estruturas em situações de ocorrência de incêndios em espaços urbanos, florestais e na interface urbano-florestal, explorando o papel crucial deste material na proteção passiva das edificações, contribuindo para a segurança estrutural e a integridade das construções durante incêndios.

O estudo parte de uma análise integrada dos incêndios urbanos, abordando a sua classificação, os riscos associados à propagação em ambientes densamente edificados e a importância da resposta comunitária e institucional. Em seguida, descreve-se o comportamento térmico do betão, incluindo propriedades relevantes como a condutividade térmica, o calor específico, a difusividade térmica e a sua evolução com a temperatura [1, 2].

No trabalho, destaca o fenómeno do *spalling*, que compromete negativamente a estabilidade estrutural em temperaturas elevadas, e analisa a degradação da resistência à compressão, do módulo de elasticidade e da capacidade portante das armaduras de aço [3, 4]. Apresentam-se ainda soluções de mitigação, como a incorporação de fibras poliméricas (ex.: polipropileno), a aplicação de revestimentos intumescentes e o recurso a técnicas de recobrimento.

Tratando-se de uma proposta de discussão assente em trabalhos de revisão e pesquisa bibliográfica, este artigo pretende discutir os principais tipos de betão utilizados na construção – com especial atenção para o betão armado – e as suas aplicações em cenários de risco. O artigo integra igualmente os requisitos definidos no Eurocódigo 2 (EN 1992-1-2:2004, [5]) e na legislação nacional, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 220/2008 e o Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE).

O trabalho conclui que a utilização criteriosa do betão e do betão armado, associada a práticas de projeto adequadas e à sensibilização da população, pode reduzir significativamente as perdas humanas e materiais provocadas por incêndios urbanos. Assim, reforça-se a necessidade de uma abordagem multidisciplinar que una engenharia, planeamento urbano, regulamentação e formação cívica.

Agradecimentos

Os autores salientam a formação oferecida pelos docentes do Departamento do Instituto Superior de Engenharia do Politécnico de Coimbra e aos docentes que definiram o plano curricular da licenciatura que contribui para a aquisição de conhecimentos práticos sempre alicerçados nos conceitos teóricos pelos estudantes, e que incentivam estes a participar em eventos de divulgação do saber adquirido. Que este trabalho inspire outros alunos a participarem nestas iniciativas com os professores que lançam desafios similares.

Referências bibliográficas

- [1] A. M. Neville, *Properties of Concrete*, 5th ed. Harlow, U.K.: Pearson Education, 2011.
- [2] P. K. Mehta and P. J. M. Monteiro, *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*, 4th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2014.
- [3] V. K. R. Kodur, "Properties of concrete at elevated temperatures," *ISRN Civil Engineering*, Article ID 468510, Hindawi Publishing Corporation, Cairo, Egypt, 2014.
- [4] Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), *Betões Sujeitos à Ação do Fogo – Recomendações Técnicas*. Lisboa, Portugal: LNEC, 2021.
- [5] European Committee for Standardization (CEN), "Eurocode 2: Design of Concrete Structures – Part 1-2: General Rules – Structural Fire Design (EN 1992-1-2)". Brussels, Belgium: CEN, 2004.

Conceitos e aplicações de treliças na engenharia civil

Mariana Duarte, Mónica Alves; João P. Mar. Gouveia; António Correia

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: jopamago@isec.pt

Resumo

O presente resumo faz referência a artigo submetido para o Congresso Construção 2026, que decorrerá em setembro, na Universidade de Aveiro, e tem como objetivo apresentar aspetos associados à conceção e aos princípios de análise e avaliação do comportamento estrutural de treliças. O trabalho assenta numa investigação, suportada por pesquisa bibliográfica em fontes técnicas e científicas relevantes, com vista à consolidação dos fundamentos teóricos associados a este sistema estrutural, sendo realizado como resposta ao desafio no contexto da análise de estruturas em engenharia civil. Inicialmente apresenta-se o enquadramento conceptual das treliças, incluindo os seus princípios de funcionamento, hipóteses de cálculo e principais tipologias. Este trabalho descreve ainda os conceitos relacionados com o caminho das cargas, a distribuição dos esforços internos, a deformabilidade global da estrutura e a influência dos sistemas de apoio.

O trabalho surgiu no âmbito da Unidade Curricular de Análise de Estruturas do curso de Licenciatura em Engenharia Civil, realizado por alunos e com apoio docente, procurando efetuar um estudo de estruturas do tipo de treliças. O objetivo principal é entender como estas estruturas funcionam e por que razão são tão utilizadas na engenharia civil, desde telhados de casas até pontes.

Apresenta-se a descrição de características de configuração física, de execução “in situ” e de soluções de produção técnicas industrializadas [1], bem como aspetos associados ao comportamento mecânico, sua deformabilidade e métodos de avaliação, de cálculo e de dimensionamento [2], procurando compreender os princípios e suas aplicações práticas, materiais utilizados e os respetivos sistemas de apoio. Faz ainda um enquadramento geral referindo a evolução, os conceitos e a classificação da tipologia [3] e dos modelos de treliças mais utilizadas no mundo da construção.

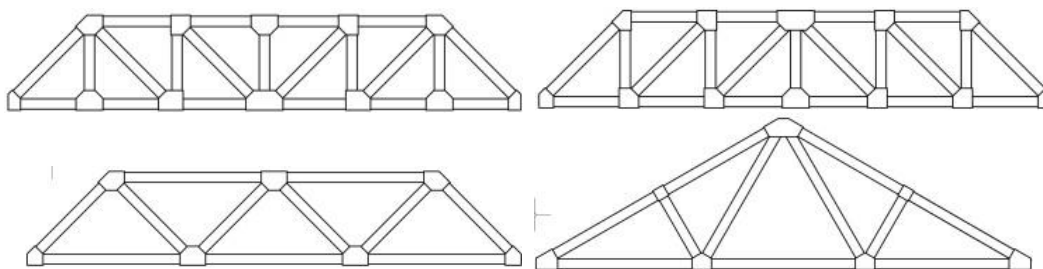


Figura 1. Tipologia das Treliças

Fonte: Imagens retiradas de https://qualificad.com.br/trelicas-no-revit/#Trelica_Pratt.



Figura 2. Exemplo de treliças em Coimbra: Pontes localizadas na Portela e Passagem superior em frente ao Coimbra Shopping.

Fonte: Imagens captadas pelos autores.

Referências bibliográficas

- [1] Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), "Teoria das Estruturas", *Recurso didático*. Belo Horizonte, Brasil: Universidade Federal de Minas Gerais, 2024. [Online]. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/server/api/core/bitstreams/329f6dda-1e27-4a9d-94b1-410ba60c2bef/content>. [Acedido em: 24-Jul.-2026].
- [2] C. A. Andrade e J. M. Silva, "Estudo e análise de treliças," *ResearchGate*, 2014. [Online]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/301298120_Estudo_e_Analise_de_Trelicas. [Acedido em: 24-Jul.-2026].
- [3] S. D. D. N. Birolini, *Modular 3.6: Ensaio sobre Sistemas Construtivos em Madeira*. São Paulo, Brasil: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2024.



Aplicação web para a seleção preliminar de unidades exteriores em sistemas multi-split

Alexandre Barros, Mário Loureiro

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: mario.loureiro@isec.pt

Resumo

A seleção de unidades exteriores em sistemas de ar condicionado multi-split não deve basear-se apenas na comparação entre as potências frigoríficas nominais das unidades interiores e exteriores. É igualmente necessário considerar a simultaneidade de funcionamento e verificar se a combinação de unidades interiores é admitida pelo fabricante. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma aplicação web que sistematiza e automatiza este procedimento de seleção preliminar. A aplicação foi implementada em HTML, CSS e JavaScript e integra dados de catálogo da Daikin, Mitsubishi Electric e Midea, abrangendo 27 modelos de unidades exteriores e 7218 combinações admissíveis de unidades interiores. O utilizador define o fabricante, as unidades interiores, as respetivas potências frigoríficas nominais e o fator de simultaneidade. A aplicação calcula a potência frigorífica total instalada, determina a potência requerida à unidade exterior e verifica, para cada modelo disponível, a compatibilidade da combinação e a suficiência da potência nominal. Entre as soluções válidas, recomenda a unidade exterior de menor potência e calcula o razão entre a potência total das unidades interiores e a potência nominal da unidade exterior, de acordo com a terminologia da EN 14511-1:2022 [1]. Num caso representativo constituído por três unidades interiores Midea de 2,65 kW, obteve-se uma potência total instalada de 7,95 kW. Para um fator de simultaneidade de 0,75, a potência requerida foi de 5,96 kW, tendo sido selecionada uma unidade exterior de 6,2 kW. O razão de capacidade resultante foi de 128,2%, inferior ao limiar de referência de 130% adotado na aplicação. Os resultados mostram que a ferramenta permite distinguir soluções apenas suficientes em potência de soluções simultaneamente compatíveis com as combinações autorizadas pelo fabricante. A aplicação reduz a consulta manual de catálogos, melhora a consistência da seleção preliminar e pode apoiar a preparação de propostas técnicas. A especificação final deve, contudo, ser confirmada através do procedimento completo do fabricante, considerando, entre outros aspetos, comprimentos de tubagem, desníveis, carga de fluido frigorígeno, condições exteriores de projeto e requisitos acústicos [2].

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho não recebeu financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] European Committee for Standardization, EN 14511-1:2022: Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers, with electrically driven compressors—Part 1: Terms and definitions. Brussels, Belgium: CEN, 2022.
- [2] Z. Li, B. Wang, X. Li, W. Shi, S. Zhang e Y. Liu, "Simulation of recombined household multi-split variable refrigerant flow system with split-type air conditioners," *Applied Thermal Engineering*, vol. 117, pp. 343–354, 2017.



Ferramenta de apoio à decisão para substituição de uma caldeira a GPL por bombas de calor

Grigore-Nicolae Durbacă, Mário Loureiro

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: mario.loureiro@isec.pt

Resumo

A substituição de sistemas de aquecimento baseados em combustíveis fósseis por bombas de calor pode reduzir o consumo de energia final e eliminar as emissões diretas associadas à combustão no edifício. Contudo, esta substituição é tecnicamente exigente quando se mantém uma rede de distribuição por radiadores, uma vez que as temperaturas de água requeridas podem reduzir o coeficiente de desempenho relativamente aos valores de catálogo. Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma aplicação web de apoio à avaliação técnico-económica preliminar da substituição de uma caldeira a gás de petróleo liquefeito por bombas de calor ar-água. A aplicação organiza os dados da instalação, estima a energia térmica útil anual a partir do consumo de combustível, distribui a procura mensal de aquecimento através de graus-dia e calcula o consumo teórico de eletricidade com base numa matriz de coeficientes de desempenho dependente das temperaturas do ar exterior e da água de alimentação. No caso de estudo, a instalação existente integra uma caldeira com 116,3 kW de potência nominal e 72 radiadores, correspondentes a 704 elementos e a uma potência de emissão estimada de 91,5 kW. A solução analisada compreende três bombas de calor de 35 kW, totalizando 105 kW de potência térmica instalada. Considerando um consumo anual de 19,431 t de GPL, das quais 14,521 t foram atribuídas ao aquecimento, um poder calorífico inferior de 12 800 kWh/t e uma eficiência anual assumida de 85%, estimou-se uma procura térmica útil de aproximadamente 198,4 MW h/ano. O desempenho das bombas de calor foi representado a partir do valor de catálogo de 4,17 em A7/W35, corrigido segundo as temperaturas da fonte e do circuito de aquecimento, tendo sido considerada uma temperatura de alimentação de 50 °C. A aplicação permite alterar os principais pressupostos energéticos, climáticos e tarifários e observar os seus efeitos no consumo de eletricidade e nos custos anuais. A ferramenta não substitui o dimensionamento detalhado nem constitui uma previsão certificada de desempenho, mas fornece uma estrutura transparente e auditável para comparar cenários, identificar parâmetros sensíveis e apoiar decisões numa fase preliminar do projeto.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho não recebeu financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] European Committee for Standardization, Energy Performance of Buildings—Method for Calculation of System Energy Requirements and System Efficiencies—Part 4-2: Space Heating Generation Systems, Heat Pump Systems, Module M3-8-2, M8-8-2, EN 15316-4-2:2017, 2017.
- [2] J. Zirngibl, “Heat pump standard EN 15316-4-2: From compliance to real consumption,” REHVA Journal, pp. 5–9, Dec. 2020.
- [3] Midea, M-Thermal Série Mars Monobloco, ficha técnica, SGT, 2024.

Avaliação de ciclo de vida de um sistema de arrefecimento termoelétrico

Mário Loureiro¹, Pedro Marques², João Malça^{1,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²CENTIMFE – Centro Tecnológico da Indústria de Moldes, Ferramentas Especiais e Plásticos, 2430-028 Marinha Grande, Portugal.

³ADAI – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Pólo II, 3030-788 Coimbra, Portugal.

e-mail: a2021112398@isec.pt

Resumo

Os módulos de arrefecimento termoelétrico transferem calor por efeito Peltier através de pares de semicondutores dos tipos n e p. Apesar das dimensões reduzidas, do controlo preciso da temperatura e da ausência de componentes móveis ou fluidos frigorigéneos, o desempenho ambiental destes módulos depende dos materiais e processos de fabrico, da eletrónica de potência, da eficiência operacional, da origem da energia elétrica e da sua vida útil.

Os estudos ambientais disponíveis na literatura para estas tecnologias diferem substancialmente quanto à unidade funcional, fronteiras do sistema e inclusão de componentes auxiliares, o que limita a sua comparabilidade. O presente trabalho quantifica os impactos ambientais de um sistema termoelétrico comercial, distinguindo as etapas de fabrico, transporte, utilização e fim de vida e avaliando a influência das principais hipóteses de modelação.

A avaliação do ciclo de vida seguiu as normas ISO 14040 e ISO 14044 [1], [2]. A unidade funcional foi 1 kW h de arrefecimento útil fornecido no lado frio, para 0,74 W de potência de arrefecimento e 11,94 K de diferença de temperatura. O inventário incluiu elementos semicondutores, substratos cerâmicos de alumina, interligações de cobre, materiais de soldadura, condutores elétricos, conversores AC-DC e DC-DC e componentes de suporte. Consideraram-se as fronteiras do sistema do berço ao portão (*cradle-to-gate*) e do berço ao túmulo (*cradle-to-grave*), abrangendo o processo de fabrico na China, o transporte para a Europa, a energia elétrica na fase de utilização e o tratamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos. A modelação foi desenvolvida com recurso ao *software* Activity Browser 2.11.2 [3] e à base de dados ecoinvent 3.9 [4], avaliando os indicadores de alterações climáticas, escassez de recursos fósseis e escassez de recursos minerais do método ReCiPe 2016 v1.03 midpoint hierarquistada [5].

Por unidade funcional, os impactos totais foram de 0,219 kg CO₂-eq para as alterações climáticas, 0,0527 kg oil-eq para a escassez de recursos fósseis e $2,47 \times 10^{-3}$ kg Cu-eq para a escassez de recursos minerais. No ciclo de vida completo, a energia elétrica de utilização foi o principal contributo, representando 87,8%, 88,4% e 61,8% daqueles três indicadores, respetivamente, e o fabrico correspondeu a 38,1% da escassez de recursos minerais. Na fronteira do berço ao portão, os substratos de alumina representaram 46,6% das alterações climáticas e 41,3% da escassez de recursos fósseis e o conversor AC-DC, 25,5% e 28,6%, respetivamente; 95,3% da escassez de recursos minerais resultou da eletrónica auxiliar. O transporte contribuiu menos de 0,05% nos três indicadores avaliados e o fim de vida apresentou contributos residuais ou até negativos devido aos créditos de recuperação de fim de vida. Reduzir a vida útil de 200 000 para 50 000 h aumentou os três indicadores em 36,7%, 34,7% e 114,5%, enquanto excluir a eletrónica auxiliar os reduziu em 6,4%, 6,6% e 36,4%, respetivamente. O mix elétrico global, comparado com o europeu, afetou sobretudo as alterações climáticas e a escassez de recursos fósseis. A modelação da produção de bismuto utilizado nos semicondutores teve influência negligenciável.

Os resultados mostram que avaliar apenas o módulo termoelétrico é insuficiente para caracterizar o ciclo de vida do sistema. A melhoria ambiental exige combinar aumento de eficiência com redução das perdas de conversão, elevada durabilidade, processos de fabrico menos intensivos, eletrónica auxiliar menos exigente em recursos críticos e fornecimento de energia elétrica com menor impacto ambiental.

Agradecimentos e financiamento

Este trabalho não recebeu financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework, ISO Standard 14040:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2006.
- [2] Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines, ISO Standard 14044:2006, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2006.
- [3] B. Steubing, D. De Koning, A. Haas, and C. L. Mutel, “The Activity Browser—An open source LCA software building on top of the Brightway framework,” *Software Impacts*, vol. 3, art. 100012, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.simpa.2019.100012.
- [4] G. Wernet, C. Bauer, B. Steubing, J. Reinhard, E. Moreno-Ruiz, and B. Weidema, “The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology,” *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 21, no. 9, pp. 1218–1230, Sep. 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1087-8.
- [5] M. A. J. Huijbregts et al., “ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level,” *International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 22, no. 2, pp. 138–147, Feb. 2017, doi: 10.1007/s11367-016-1246-y.



Saúde, Biomedicina e Tecnologias para o Bem- Estar

Desenvolvimento de uma aplicação de análise termográfica para a deteção precoce de patologias no pé diabético

Mónica G.T.A. Bastos¹, Luis M.F. Roseiro^{1,3}, Cristina M.R. Caridade^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Investigação e Inovação em Educação (iED), Universidade Politécnica de Coimbra, Coimbra, Portugal.

³Centro de Investigação em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Coimbra, Portugal.

e-mail: monicaagtbastos@gmail.com

Resumo

A Diabetes Mellitus (DM) afeta globalmente milhões de pessoas, sendo o pé diabético uma das suas complicações mais graves [1]. A deteção precoce de alterações térmicas plantares através da Termografia Infravermelha (TIV) permite identificar processos inflamatórios e assimetrias que precedem o aparecimento visual de úlceras [2-4]. Na prática clínica, porém, o rastreio mantém-se assente na inspeção visual e na avaliação da sensibilidade, pouco sensíveis a estas alterações precoces. Este trabalho propõe uma aplicação desenvolvida no software MATLAB App Designer para o processamento, segmentação e quantificação semi-automática de imagens termográficas plantares, de forma a disponibilizar indicadores objetivos de assimetria bilateral e a reduzir a dependência da interpretação manual.

A aplicação tem uma interface de simples utilização, tal como se pode visualizar na Figura 1 e permite carregar imagens termográficas do pé e a respetiva matriz radiométrica, segmentando a região plantar. Separa os dois pés e define regiões de interesse (ROI) metatársicas homólogas, sujeitas a validação pelo utilizador. Em cada ROI são calculadas as temperaturas máxima, mínima e média, o desvio padrão, a diferença térmica média e a diferença térmica focal, esta última orientada para variações localizadas. Os valores de assimetria são classificados em três níveis, segundo os limiares de 1,0 °C e 2,2 °C descritos na literatura [2]. É ainda extraído o perfil térmico longitudinal de cada pé e gerado um relatório, ficando cada exame registado num histórico. A validação experimental da aplicação foi implementada no Laboratório de Biomecânica Aplicada do i2A-ISEC, com seis voluntários adultos saudáveis, sem diabetes nem patologia vascular ou neurológica conhecida, e após aprovação da Comissão de Ética da Universidade Politécnica de Coimbra. Aplicou-se um protocolo de provocação térmica localizada na região metatársica, tendo sido adquiridas, com uma câmara HIKMICRO M31, uma imagem basal e seis imagens ao longo dos sete minutos seguintes ao estímulo. Os resultados foram confrontados com os do software de referência HIKMICRO Analyzer.

Verificou-se uma boa concordância global entre os dois métodos, com discrepâncias reduzidas, atribuíveis sobretudo ao posicionamento dos pés e à correspondência anatômica bilateral. A aplicação acompanhou consistentemente a evolução temporal da assimetria induzida, desde a resposta imediata ao estímulo até à sua dissipação.

O trabalho demonstra que é viável sistematizar a análise termográfica plantar numa ferramenta computacional acessível, capaz de traduzir a informação térmica em indicadores quantitativos consistentes e de reduzir a subjetividade da leitura manual. A aplicação desenvolvida constitui, assim, um protótipo de investigação promissor para o apoio à monitorização preventiva do pé diabético, sendo a padronização da aquisição e a validação em contexto clínico os passos seguintes.



Figura 1. Interface gráfica da aplicação, com as métricas térmicas da ROI metatársica, os indicadores de assimetria bilateral, o perfil térmico longitudinal e o histórico de exames.

Referências bibliográficas

- [1] International Diabetes Federation, *IDF Diabetes Atlas*. Bruxelas, Bélgica: International Diabetes Federation, 2024.
- [2] D. G. Armstrong, K. Holtz-Neiderer, C. Wendel, M. J. Mohler, H. R. Kimbriel e L. A. Lavery, "Skin temperature monitoring reduces the risk for diabetic foot ulceration in high-risk patients", *The American Journal of Medicine*, vol. 120, n.º 12, pp. 1042-1046, 2007.
- [3] J. J. van Netten, J. G. van Baal, C. Liu, F. van der Heijden e S. A. Bus, "Infrared thermal imaging for automated detection of diabetic foot complications", *Journal of Diabetes Science and Technology*, vol. 7, n.º 5, pp. 1122-1129, 2013.
- [4] A. Mrowiec, T. Kasprzyk-Kucewicz, D. Wziętek-Kuczmik, A. Stanek e A. Cholewka, "Use of thermal imaging in the detection of the diabetic foot – review", *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 2025.

Scaffolds bicamada funcionalizados com magnésio para regeneração óssea

Clara Rodrigues¹, Maria João Moreira^{1,2}, Carla Moura^{1,3,4}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²University of Coimbra, CERES, Department of Chemical Engineering, 3030-790 Coimbra, Portugal.

³Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, 3045-093 Coimbra, Portugal.

⁴Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produtos, Universidade de Leiria e Oeste, 2030-028 Marinha Grande, Portugal.

e-mail: clara.inaciorodrigues@gmail.com

Resumo

A regeneração de defeitos ósseos de grandes dimensões permanece um desafio clínico, impulsionando o desenvolvimento de *scaffolds* capazes de combinar suporte estrutural com propriedades bioativas [1]. Neste trabalho foram desenvolvidos *scaffolds* tridimensionais de ácido polilático (PLA), produzidos por *Fused Deposition Modelling* (FDM), posteriormente revestidos com hidrogéis de álcool polivinílico (PVA) funcionalizados com magnésio (Figura 1). Avaliou-se a influência da geometria do *scaffold* e da fonte de magnésio no comportamento de absorção de fluido e na libertação de Mg^{2+} . Foram produzidos *scaffolds* com geometrias cilíndrica e *honeycomb*, apresentando porosidades teóricas de 44,90% e 55,62%, respetivamente. Os hidrogéis de PVA, obtidos por reticulação física através de ciclos de *freeze-thaw*, foram funcionalizados com sulfato de magnésio ($MgSO_4$) ou óxido de magnésio (MgO). O $MgSO_4$ apresentou incorporação homogénea em todas as concentrações estudadas, enquanto a reduzida solubilidade do MgO limitou a sua incorporação a 20%. Para produção dos *scaffolds* bicamada foi selecionada a concentração de 10% de cada fonte de magnésio. Os ensaios de *swelling* demonstraram uma influência marcada da arquitetura do *scaffold* e do meio de incubação. Em água destilada, os *scaffolds* *honeycomb* revestidos com $MgSO_4$ atingiram aproximadamente 144±9,2% de *swelling*, comparativamente a 17±2,6% para a geometria cilíndrica. Em *Simulated Body Fluid* (SBF), verificou-se um aumento da absorção em todas as condições, tendo os *scaffolds* *honeycomb* atingido valores máximos de aproximadamente 169±37,8% e 159±13,4% quando revestidos com $MgSO_4$ e MgO, respetivamente. A análise qualitativa dos lixiviados confirmou a libertação de Mg^{2+} em todas as formulações de hidrogel. Nos *scaffolds* bicamada, contudo, apenas a geometria *honeycomb* apresentou Mg^{2+} detetável, independentemente da fonte utilizada, sugerindo que a maior porosidade e capacidade de absorção de fluido favorecem a libertação iónica. Estes resultados demonstram a importância da arquitetura na funcionalização de *scaffolds* bicamada e identificam a geometria *honeycomb* como a configuração mais promissora, combinando maior porosidade, elevada absorção de fluido e maior potencial de libertação de Mg^{2+} para aplicações em regeneração óssea.

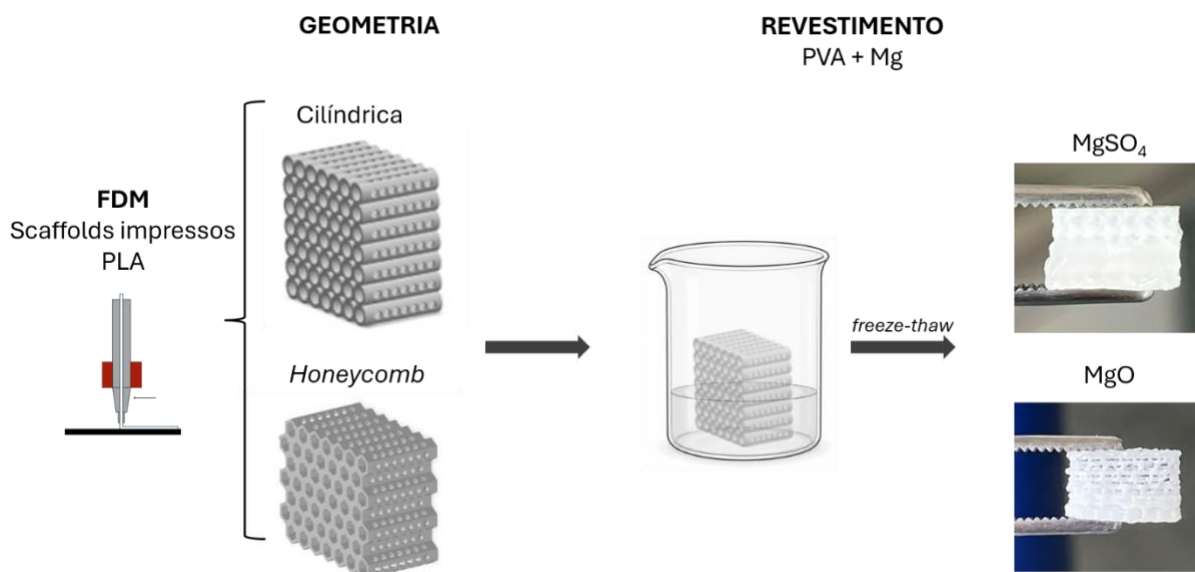


Figura 1. Estratégia experimental do desenvolvimento de *scaffolds* bicamada funcionalizados com magnésio para regeneração óssea.

Agradecimentos e financiamento

Carla Moura agradece o financiamento nacional concedido pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, P.I., no âmbito do contrato do programa de emprego científico institucional (DOI 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0004).

Referências bibliográficas

[1] A. Shanmugavadivu, S. Lekhavadhani, S. Babu, N. Suresh, and N. Selvamurugan, “Magnesium-incorporated biocomposite scaffolds: A novel frontier in bone tissue engineering,” Jun. 01, 2024, *KeAi Communications Co.* doi: 10.1016/j.jma.2024.06.001.

ExploreHOUSE VR: plataforma adaptativa de realidade virtual imersiva para a autonomia funcional

Margarida Campos¹, Álvaro Santos¹, Nuno Cid Martins¹, José Marinho¹, Anabela Gomes^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²CISUC, Coimbra, Portugal.

e-mail: a2022137822@isec.pt

Resumo

As pessoas com deficiência intelectual enfrentam frequentemente dificuldades na aquisição e consolidação de competências funcionais indispensáveis à realização autónoma das atividades da vida diária [1, 2, 3]. Embora os métodos tradicionais de ensino baseados na demonstração e repetição em contextos reais sejam eficazes, apresentam limitações relacionadas com os custos de supervisão, a disponibilidade de profissionais e os riscos inerentes à utilização de equipamentos domésticos. Neste contexto, a Realidade Virtual Imersiva (RVI) permite criar ambientes seguros, controlados e repetíveis, favorecendo a aprendizagem e a transferência de competências para situações do quotidiano [4].

Neste trabalho, apresenta-se o ExploreHOUSE VR, uma plataforma de RVI desenvolvida para apoiar o treino da autonomia funcional de pessoas com deficiência intelectual. A plataforma representa a evolução de um protótipo já existente [5] para um ecossistema tridimensional interativo, integrando mecanismos de interação natural, sequenciação cognitiva e recolha automática de métricas comportamentais. O sistema simula uma habitação composta por hall de entrada, cozinha, sala, quarto, casa de banho e lavandaria, permitindo ao utilizador executar diversas atividades quotidianas (Figura 1). A interação é suportada por técnicas de realidade virtual que permitem a manipulação de objetos através de controladores ou *hand tracking*. As tarefas são decompostas em microetapas organizadas por um motor de sequenciação cognitiva, complementado por mecanismos de orientação visual e um painel de acompanhamento (*Heads-Up Display*) que fornece instruções passo a passo. Para evitar comportamentos erróneos, o sistema impede ainda a realização de ações fora da sequência prevista.



Figura 1. Capturas de ecrã do ambiente virtual imersivo ExploreHOUSE VR.

O ExploreHOUSE VR integra ainda um assistente virtual que fornece apoio adaptativo através de instruções graduais e sugestões visuais, ajustando a ajuda ao desempenho do utilizador. Inclui igualmente mecanismos de segurança para simular situações potencialmente perigosas e um módulo de telemetria que recolhe automaticamente tempos de execução, número de interações corretas e incorretas, pedidos de ajuda e indicadores relacionados com funções executivas, como planeamento, controlo inibitório e persistência [6]. Estes dados são disponibilizados num painel destinado aos terapeutas, permitindo acompanhar objetivamente a evolução dos utilizadores e apoiar decisões terapêuticas baseadas em evidência.

A plataforma foi sujeita a uma avaliação preliminar com profissionais da APPACDM de Soure, incidindo na estabilidade técnica, execução das tarefas, interação e conforto do utilizador. Os resultados evidenciaram elevada robustez, boa aceitação pelos profissionais e uma redução previsível da carga cognitiva, proporcionada pelos mecanismos de orientação e feedback multimodais. Estes resultados demonstram o potencial da plataforma como ferramenta de treino e de apoio à avaliação terapêutica. Como trabalho futuro, tenciona-se realizar uma validação mais sistemática incluindo a realização de estudos clínicos longitudinais, a expansão dos cenários de treino e a integração de modelos preditivos baseados em Inteligência Artificial para personalizar o processo terapêutico.

Referências bibliográficas

- [1] S. Ramdoss, R. Lang, C. Fragale, C. Britt, M. O'Reilly, J. Sigafoos, R. Didden, A. Palmen, and G. Lancioni, "Use of computer-based interventions to promote daily living skills in individuals with intellectual disabilities: A systematic review," *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, vol. 24, pp. 197–215, 2012.
- [2] P. Standen and D. Brown, "Virtual reality in the rehabilitation of people with intellectual disabilities: Review," *CyberPsychology & Behavior*, vol. 8, no. 3, pp. 272–282, 2005.
- [3] J. C. W. Cheung, M. Ni, A. Y. Tam, T. K. T. Chan, A. K. Cheung, O. Y. Tsang, C. Yip, W. Lam, and D. W. Wong, "Virtual reality based multiple life skill training for intellectual disability: A multicenter randomized controlled trial," *Engineered Regeneration*, vol. 3, no. 2, pp. 121–130, 2022.
- [4] A. Franze, T. Loetscher, N. C. Gallomarin, A. Szpak, G. Lee, and S. C. Michalski, "Immersive virtual reality is more effective than non-immersive devices for developing real-world skills in people with intellectual disability," *Journal of Intellectual Disability Research*, vol. 68, pp. 1358–1373, 2024.
- [5] M. Campos, Á. Santos, N. Cid Martins, A. Gomes, "ExploreHOUSE VR: An Adaptive Immersive Virtual Reality Platform for Functional Autonomy Training in Individuals with Intellectual Disabilities", In *Proceedings of EdMedia 2026 Edinburgh* (pp. 1534-1541), Edinburgh, Scotland.
- [6] F. Borgnis, F. Baglio, E. Pedrol, F. Rossetto, L. Uccellatore, J. Oliveira, G. Riva, and P. Cipresso, "Available virtual reality-based tools for executive functions: A systematic review," *Frontiers in Psychology*, vol. 13, 2022.

Resposta do metabolismo lipídico ao consumo de gelatina vegetal numa população jovem**Gabriel Guimarães¹, Ana Paiva¹, Armando Caseiro^{1,2}, Margarida Liz^{1,2}, João Figueiredo^{1,2}, Ana Valado^{1,2,3,4}**¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.²Centro de Investigação em Saúde e Tecnologia (H&TRC), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua 5 de Outubro, 3045-043 Coimbra, Portugal.³Centro de estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.⁴MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente / ARNET- Rede de Infraestruturas em Investigação Aquática, Universidade de Coimbra, 3000-456 Coimbra, Portugal.**e-mail:** gabrielguimaraess@gmail.com**Resumo**

As doenças cardiovasculares, consideradas a maior causa de mortalidade a nível global, caracterizam-se maioritariamente por desregular os parâmetros do perfil lipídico: colesterol total (CT), colesterol das lipoproteínas de alta densidade (C-HDL), colesterol das lipoproteínas de baixa densidade (C-LDL) e triglicerídeos (TG) [1]. A pesquisa de soluções inovadoras para contrariar esse efeito permitiu descobrir a carragenana, polissacarídeo sulfatado extraído de algas marinhas, possuindo um potencial bioativo como hipocolesterolémico, além de outros como antioxidante, anti-inflamatório e antiviral [2,3]. O estudo teve como objetivo avaliar a bioatividade da carragenana nos parâmetros da ficha lipídica, após a ingestão de gelatina vegetal, que contém a substância na sua composição. Um total de 26 participantes de ambos os sexos, com idades entre os 19 e os 22 anos, ingeriram 100 mL por dia de gelatina vegetal ao longo de 60 dias, sem qualquer restrição alimentar. Aos 60 dias efetuaram-se registos dos hábitos alimentares e avaliação da composição corporal por bioimpedância. Foram realizadas três colheitas de sangue venoso, em jejum e tubo com gel, em momentos distintos: antes de iniciar a ingestão (M1), 30 dias após o início (M2) e ao fim dos 60 dias (M3). As amostras dos três momentos foram conservadas a -80° C e quantificadas por *kits* comerciais, num equipamento por espectrofotometria. Os níveis de CT, C-HDL, C-LDL, TG e ácidos gordos livres (AGL), bem como, parâmetros dos metabolismos: hepático, renal, proteico e hidratos de carbono foram avaliados, demonstrando a inocuidade da carragenana nos mesmos. A estatística foi realizada com o software *IBM SPSS Statistics 30®*. O estudo mostrou um predomínio do sexo feminino (84,6%) e uma idade média de (20,5±0,9) anos. Em M2 os níveis de CT, nos participantes com hipercolesterolemia (valores de CT >190 mg/dL), mostraram uma redução significativa de 7,7 % ($p = 0,028$), traduzindo-se numa diminuição média de 18,06 mg/dL após 30 dias, já o C-LDL apresentou uma tendência para diminuir. Estes resultados corroboram fortemente os disponíveis na literatura [4-6]. Os restantes parâmetros não revelaram alterações. Os hábitos alimentares registados verificaram níveis reduzidos de aporte de fibras alimentares, constituindo uma forte preocupação no que concerne à homeostase fisiológica, sendo crucial o papel destes compostos na manutenção da eubiose intestinal, regulação metabólica e integridade do trato gastrointestinal. Em suma, a ingestão diária de gelatina vegetal, evidenciou o potencial bioativo antilipémico da carragenana, particularmente em jovens adultos com hipercolesterolemia, constituindo um benefício na prevenção das doenças cardiometabólicas.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à Condi Alimentar, S.A., pela disponibilização das gelatinas vegetais e aos participantes que prontamente integraram o estudo reconhecendo a sua mais-valia.

Referências bibliográficas

- [1] A. Valado, M. Pereira, A. Caseiro, J.P. Figueiredo, H. Loureiro, C. Almeida, et al., “Effect of carrageenans on vegetable jelly in humans with hypercholesterolemia”, *Marine Drugs*, 18, 1, 11, 2020.
- [2] A. Valado, P. Ponedilok, A. Caseiro, L. Pereira, “Macroalgae as a source of functional foods in the prevention of cardiovascular diseases”, *Recent Progress in Nutrition*, 3, 4, 27, 2023.
- [3] J.O. Tavares, J. Cotas, A. Valado, L. Pereira, “Algae Food Products as a Healthcare Solution”, *Marine Drugs*, 21, 11, 24, 2023.
- [4] A. Valado, J. Cotas, A. Caseiro, M. Mendes, L. Pereira, “Seaweed-based dessert as a nutraceutical for cardiovascular diseases”, *Journal of Applied Phycology*, 38, 955-966, 2026.
- [5] E.V. Sokolova, L.N. Bogdanovich, T.B. Ivanova, A.O. Byankina, S.P. Kryzhanovskiy, I.M. Yemak, “Effect of carrageenan food supplement on patients with cardiovascular disease results in normalization of lipid profile and moderate modulation of immunity system markers”, *PharmaNutrition*, 2, 2, 33-37, 2014.
- [6] L.N. Panlasigui, O.Q. Baello, J.M. Dimatangal, B.D. Dumelod, “Blood cholesterol and lipid-lowering effects of carrageenan on human volunteers”, *Asia Pacific Journal of clinical nutrition*, 12, 2, 209-14, 2003.

Otimização de protocolos de Imagem Guiada por kV-CBCT: aplicação em contexto clínico no serviço de Radioterapia da ULS de Coimbra

Adriana Murraças¹, Francisca Silva¹, Ana Raquel Ribeiro^{1,2}, Tiago Pereira², Sérgio Pereira², Maria João Cura Mariano^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Unidade Local de Saúde de Coimbra, Pólo Hospitais da Universidade de Coimbra, Departamento de Oncologia, Serviço de Radioterapia, Edifício São Jerónimo, Praceta Prof. Mota Pinto, 3000-075 Coimbra, Portugal.

e-mail: a2022119603@estesc.ipc.pt

Resumo

A radioterapia externa é utilizada no tratamento da doença oncológica, tendo como objetivo erradicar um tumor através da aplicação de radiação X de alta energia utilizando um equipamento denominado acelerador linear. O desenvolvimento tecnológico deste equipamento incluiu a integração de dispositivos de obtenção de imagem para a visualização da anatomia e dos volumes-alvo em cada sessão de tratamento, permitindo a correção em tempo real de desvios de posicionamento, denominando-se como técnica IGRT (do inglês, *Image Guided Radiation Therapy*). Particularizando, o sistema de imagem volumétrica mais utilizado é o kV-CBCT (do inglês, *kilovolt-Cone Beam Computed Tomography*) sendo possível verificar variações anatómicas, de posicionamento ou de movimento, antes, durante e/ou após cada sessão de tratamento. Contudo, existem preocupações relativas à dose adicional associada à sua aplicação diária. Além disso, os parâmetros de exposição são limitados a um protocolo por região anatómica e, por isso, o kV-CBCT não pode ser considerado otimizado [1], [2]. O objetivo deste trabalho consistiu na otimização dos protocolos de kV-CBCT através da manipulação de parâmetros de exposição num equipamento Varian TrueBeam® para várias regiões anatómicas consoante os diferentes tamanhos de doente. A metodologia adotada procurou integrar referências da literatura [3]–[5], com vista à adaptação ao serviço de Radioterapia da Unidade Local de Saúde de Coimbra, com a devida autorização por parte da Comissão de Ética. A implementação consistiu em: 1) Análise Inicial, com caracterização das práticas atuais do serviço no uso de kV-CBCT e avaliação retrospectiva da dose em cada protocolo; 2) Otimização de Protocolos, utilizando a literatura científica para introdução dos protocolos otimizados nos equipamentos e adoção de um método de estratificação do tamanho do doente, com respetiva medição dosimétrica em fantoma de água sólida e câmara Farmer; 3) Fase de Verificação Clínica, onde se realizou uma aquisição de imagem com os protocolos otimizados em doentes em tratamento, sendo posteriormente executada a avaliação qualitativa (qualidade e registo de imagem) comparativa com imagens adquiridas com os protocolos padrão utilizados no serviço, seguindo uma *blinded evaluation* por uma equipa multidisciplinar. A análise das práticas atuais permitiu identificar que o serviço utiliza maioritariamente os protocolos padrão definidos pelo fabricante. Além disso, o questionário realizado aos técnicos de radioterapia revelou que o ponto crítico não reside exclusivamente no facto de não existir um protocolo dedicado à região abdominal, mas que um protocolo por região anatómica não é suficiente, reconhecendo ainda que sentem necessidade de otimizar mas não o fazem recorrentemente. A análise retrospectiva da dose realizada a 120 doentes permitiu identificar a combinação de parâmetros de exposição mais frequente e qual a sua relevância em termos de dose absorvida. A região de cabeça revelou uma elevada consistência nos parâmetros de exposição utilizados, demonstrando que o protocolo está bem estabelecido no serviço, ao contrário das regiões torácica, abdominal e pélvica, onde existe uma estratificação resultante da técnica de irradiação e/ou finalidade clínica. A análise retrospectiva é também relevante visto que demonstra a magnitude que os valores de dose podem assumir. No serviço foram introduzidos 9 protocolos otimizados: 2 para a região de cabeça e 7 para as regiões torácica e abdominopélvica estratificados por tamanho de doente. A medição dosimétrica independente identificou que na região torácica e abdominopélvica os valores de dose são superiores aos valores reportados na literatura e aos valores estimados pelo equipamento. Contudo, a magnitude dessa variação é bastante díspar, aproximando-se dos valores da literatura contrariamente à estimativa do equipamento. A avaliação qualitativa comparativa foi efetuada por 6 avaliadores em imagens de 32 doentes. Em 93% dos casos, os avaliadores consideraram que o registo de imagem não foi comprometido, mantendo ou melhorando a qualidade de imagem, apesar dos protocolos otimizados apresentarem uma redução de dose em relação aos protocolos padrão. Assim, os resultados comprovam o sucesso da otimização, visto que há redução de dose e as imagens possuem aplicabilidade clínica, com especial benefício nos doentes com biótipo reduzido. Em conclusão, este estudo demonstrou que é possível a redução de dose, preservando a finalidade clínica da imagem por kV-CBCT em termos de qualidade e registo.

Agradecimentos e financiamento

Os autores agradecem à ULS de Coimbra a autorização concedida para a realização deste trabalho de investigação, sobretudo à equipa do serviço de Radioterapia da ULS de Coimbra pela receptividade, disponibilidade e colaboração que possibilitaram a concretização do estudo e, em particular, aos orientadores e co-orientadores pelas contribuições sempre pertinentes. O presente trabalho não recebeu financiamento de entidades públicas, privadas ou sem fins lucrativos, tendo sido desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular Investigação Aplicada à Imagem Médica e Radioterapia II.

Referências bibliográficas

- [1] G. X. Ding et al., "Image guidance doses delivered during radiotherapy: Quantification, management, and reduction: Report of the AAPM Therapy Physics Committee Task Group 180," *Med. Phys.*, vol. 45, no. 5, p. e84–e99, 2018, doi: 10.1002/mp.12824.
- [2] T. J. Wood, C. S. Moore, C. J. Horsfield, J. R. Ssaunderson, and A. W. Beavis, "Accounting for patient size in the optimization of dose and image quality of pelvis cone beam CT protocols on the Varian OBI system," *Br. J. Radiol.*, vol. 88, no. 1055, p. 20150364, 2015, doi: 10.1259/bjr.20150364.
- [3] L. J. Wilson et al., "Cone beam CT dose optimisation: A review and expert consensus by the 2022 ESTRO Physics Workshop IGRT working group," *Radiother. Oncol.*, vol. 209, p. 110958, 2025, doi: 10.1016/j.radonc.2025.110958.
- [4] M. Khan et al., "Implementation of a comprehensive set of optimised CBCT protocols and validation through imaging quality and dose audit," *Br. J. Radiol.*, vol. 95, no. 1139, p. 20220070, 2022, doi: 10.1259/bjr.20220070.
- [5] M. Djukelic et al., "Cone beam CT (CBCT) in radiotherapy: Assessment of doses using a pragmatic setup in an international setting," *Phys. Medica*, vol. 131, p. 104937, 2025, doi: 10.1016/j.ejmp.2025.104937.

Outcomes clínicos de pacing na área do ramo esquerdo versus pacing no ventrículo direito: um estudo de centro único

Ana Rita Mendes¹, Joaquim Castanheira¹, João André Ferreira², Paula Rodrigues¹, Telmo Pereira¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Serviço de Cardiologia, Unidade Local de Saúde de Coimbra, Praceta Professor Mota Pinto, Celas 3004-561 Coimbra, Portugal.

e-mail: aritavmendes@gmail.com

Resumo

Introdução: A implantação de pacemaker é atualmente o tratamento estabelecido para perturbações da condução elétrica cardíaca. [1] Apesar dos seus benefícios clínicos, o pacing crónico no ventrículo direito (RVP) provoca dessincronia elétrica e mecânica do ventrículo esquerdo, resultando consequentemente em disfunção sistólica do mesmo e aumento do risco de insuficiência cardíaca (IC) e mortalidade [2 - 7]. Por outro lado, o pacing na área do ramo esquerdo (LBBAP) emergiu como uma alternativa ao RVP, permitindo a ativação do sistema de condução nativo e preservando assim a sincronia ventricular e a função sistólica do ventrículo esquerdo [6, 8 - 10]. **Objetivos:** O presente estudo teve como objetivo comparar o impacto de LBBAP e RVP em outcomes clínicos, tais como a fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) obtida por ecocardiografia, mortalidade por todas as causas e hospitalizações por IC. **Métodos:** Tratou-se de um estudo observacional de carácter retrospectivo, que incluiu doentes submetidos a implantação de pacemaker com a técnica de LBBAP e RVP, entre setembro de 2022 e novembro de 2024. O outcome primário incluiu a avaliação da FEVE e a variação da mesma entre os valores basais e do follow-up. O outcome secundário foi composto por hospitalizações por IC e mortalidade por todas as causas. Ambos foram igualmente avaliados para subgrupos de doentes com cargas de pacing ventricular de pelo menos 20% e 40%. **Resultados:** Um total de 274 doentes foram incluídos no estudo (103 no grupo LBBAP e 171 no grupo RVP). Após o ajuste da análise para potenciais fatores de confusão (idade), LBBAP foi um preditor independente para melhorias mais significativas da FEVE com uma média da FEVE significativamente superior no follow-up, comparativamente com doentes com RVP ($56,78\% \pm 0,87\%$ vs. $53,77\% \pm 0,67\%$, $p=0,007$). Relativamente ao outcome secundário, este ocorreu em 22,81% dos doentes do grupo RVP versus 8,74% dos doentes do grupo LBBAP. Os doentes submetidos à estratégia de RVP tiveram aproximadamente três vezes maior probabilidade de virem a sofrer um evento comparativamente com os doentes submetidos a LBBAP (OR 3,09; 95% CI: 1,43-6,68; $p=0,004$). A idade foi o fator mais determinante para a ocorrência de um evento (OR 1,1; 95% CI: 1,05-1,16; $p<0,001$). **Conclusão:** Comparativamente com o pacing convencional no ventrículo direito, a estratégia de LBBAP demonstrou outcomes clínicos mais favoráveis, incluindo uma melhoria significativa da FEVE e uma redução significativa da ocorrência do outcome clínico secundário.

Referências bibliográficas

- [1] M. Glikson, J. C. Nielsen, M. B. Kronborg, et al., "2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy," *European Heart Journal*, vol. 42, no. 35, pp. 3427–3520, 2021.
- [2] G. C. Kaye, N. J. Linker, T. H. Marwick, et al., "Effect of right ventricular pacing lead site on left ventricular function in patients with high-grade atrioventricular block: Results of the Protect-Pace study," *European Heart Journal*, vol. 36, no. 14, pp. 856–862, 2015.
- [3] Z. Chen, Y. Xu, L. Jiang, et al., "Left Bundle Branch Area Pacing versus Right Ventricular Pacing in Patients with Atrioventricular Block: An Observational Cohort Study," *Cardiovascular Therapeutics*, vol. 2023, Art. no. 6659048, 2023.
- [4] M. Bertini, L. Canovi, F. Vitali, et al., "Two-year outcomes of left bundle branch area pacing versus traditional right ventricular pacing in middle-aged adults: A registry-based trial," *Europace*, vol. 27, no. 8, Art. no. euaf181, 2025.
- [5] M. Abdelrahman, F. A. Subzposh, D. Beer, et al., "Clinical outcomes of His bundle pacing compared to right ventricular pacing," *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 71, no. 20, pp. 2319–2330, 2018.
- [6] P. S. Sharma, N. R. Patel, V. Ravi, et al., "Clinical outcomes of left bundle branch area pacing compared to right ventricular pacing: Results from the Geisinger-Rush Conduction System Pacing Registry," *Heart Rhythm*, vol. 19, no. 1, pp. 3–11, 2022.
- [7] H. Burri, M. Jastrzebski, Ó. Cano, et al., "EHRA clinical consensus statement on conduction system pacing implantation: Endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society (APHRS), Canadian Heart Rhythm Society (CHRS), and Latin American Heart Rhythm Society (LAHRS)," *Europace*, vol. 25, no. 4, pp. 1208–1236, 2023.
- [8] S. S. Ponnusamy, V. Arora, N. Namboodiri, V. Kumar, A. Kapoor, and P. Vijayaraman, "Left bundle branch pacing: A comprehensive review," *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, vol. 31, no. 9, pp. 2462–2473, 2020.
- [9] I. Togashi and T. Sato, "Conduction system pacing: Current status and prospects," *Journal of Cardiology*, vol. 81, no. 5, pp. 413–419, 2023.
- [10] Z. Wang, X. Du, L. Cheng, et al., "Efficacy and safety of left bundle branch area pacing versus right ventricular apex pacing in patients with atrioventricular block: Study protocol for a randomised controlled trial," *BMJ Open*, vol. 11, no. 6, Art. no. e043603, 2021.

Desenvolvimento de uma metodologia padronizada para preparação de dados e reconstrução tridimensional longitudinal de artérias coronárias

Andreia Quinteiro^{1,2,3,4}, Maria Nazaré Coelho Pinheiro^{1,2,3}, Paulo Donato⁴, Erica Doutel³

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal.

³CEFT - Transport Phenomena Research Center, ALiCE – Associate Laboratory in Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.

⁴Hospital da Luz Coimbra, Praceta Robalo Cordeiro, 3020-479 Coimbra, Portugal.

e-mail: andrea.quinteiro@isec.pt

Resumo

A doença arterial coronária continua a ser uma das principais causas de morte a nível mundial [1]. Assim, o estudo dos fatores morfológicos e hemodinâmicos associados ao desenvolvimento e à progressão da aterosclerose é fundamental para uma melhor compreensão da doença e para o aperfeiçoamento de estratégias de diagnóstico e tratamento [2], [3], [4]. A análise longitudinal desta doença requer reconstruções tridimensionais consistentes da árvore coronária obtidas a partir de exames de angiografia coronária por tomografia computadorizada (angioTAC) realizados em diferentes momentos. Contudo, a organização heterogênea dos ficheiros DICOM, a existência de múltiplas séries por exame e a ausência de critérios padronizados para a seleção da série mais adequada dificultam a reprodutibilidade do processamento e a comparação objetiva entre reconstruções.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma metodologia padronizada para o processamento longitudinal de exames de angioTAC, desde a preparação dos dados até à obtenção de modelos tridimensionais comparáveis da árvore coronária. A metodologia integra a organização automática dos ficheiros DICOM, a extração de metadados das séries de imagem e dos doentes, a seleção objetiva da série mais adequada para reconstrução através de um sistema de pontuação baseado em parâmetros previamente definidos, a reconstrução tridimensional (3D) da árvore coronária e a sobreposição das geometrias obtidas em diferentes momentos de aquisição.

Numa primeira etapa, foi desenvolvida, em *Python*, uma ferramenta para automatizar a organização e preparação dos exames. O programa separa automaticamente os ficheiros DICOM por exame e por série, extrai parâmetros relevantes das condições de aquisição, integra informação clínica anonimizada dos doentes e gera uma base de dados estruturada contendo variáveis como sexo, idade, peso, altura, classificação CAD-RADS, fatores de risco cardiovascular e intervalo de tempo entre exames. Simultaneamente, as diferentes séries são classificadas através de um sistema de pontuação baseado em critérios previamente definidos, permitindo identificar, de forma objetiva, a mais adequada para reconstrução 3D.

Com base na série selecionada, procedeu-se, no software *MIMICS*, à segmentação da árvore coronária, à reconstrução 3D e à sobreposição das geometrias correspondentes a dois exames do mesmo doente, permitindo a comparação visual das alterações geométricas e a obtenção de modelos tridimensionais em formato STL preparados para futuras análises morfológicas quantitativas e simulação hemodinâmica computacional.

A metodologia desenvolvida permitiu criar uma ferramenta automatizada de pré-seleção de séries DICOM para reconstrução 3D, reduzindo a intervenção manual, evitando reconstruções exploratórias e otimizando o tempo de processamento. Paralelamente, a extração estruturada de informação dos exames complementa a caracterização clínica dos doentes. A metodologia proposta estabelece uma base para futuras análises morfológicas quantitativas e estudos hemodinâmicos destinados à avaliação da progressão da doença arterial coronária.

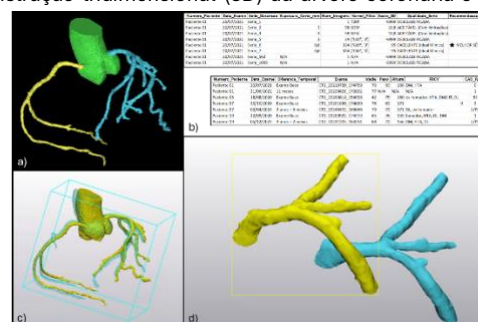


Figura 3. Principais etapas da metodologia desenvolvida para análise longitudinal da geometria coronária: **a)** reconstrução 3D da árvore coronária; **b)** organização e seleção das séries DICOM e obtenção dos dados dos pacientes; **c)** sobreposição das reconstruções 3D obtidas em dois exames de angioTAC do mesmo doente; **d)** detalhe das reconstruções 3D da trifurcação da artéria coronária esquerda obtidas em dois angioTAC do mesmo doente.

Agradecimentos e financiamento:

Este trabalho foi financiado por fundos nacionais através da FCT/MECI: CEFT, UID/00532/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/00532/2025>) e UID/PRR/00532/2025 (<https://doi.org/10.54499/UID/PRR/00532/2025>), ALiCE, LA/P/0045/2020 (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0045/2020>) e CERNAS, UIDB/00681/2020 (DOI: 10.54499/UIDP/00681/2020).

Os autores agradecem igualmente à FCT pelo apoio concedido através da bolsa individual de investigação de doutoramento n.º 2024.01465.BDANA (<https://doi.org/10.54499/2024.01465.BDANA>) e do contrato do programa de emprego científico individual n.º 2023.06603.CEECIND. Os autores gostariam de agradecer ao Serviço de Imagiologia do Hospital da Luz Coimbra, pelo fornecimento das imagens médicas utilizadas neste estudo.

Referências bibliográficas

- [1] A. Timmis *et al.*, "European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2025," *Eur. Heart J.*, vol. 47, no. 27, pp. 3499–3543, Jul. 2026, doi: 10.1093/eurheartj/ehag345.
- [2] R. Pandey, M. Kumar, J. Majdoubi, M. Rahimi-Gorji, and V. K. Srivastav, "A review study on blood in human coronary artery: Numerical approach," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 187, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.cmpb.2019.105243.
- [3] A. Quinteiro, E. Doutel, J. Moreira de Campos, and M. N. Coelho Pinheiro, "A decade of computational fluid dynamics to study local hemodynamics in left main coronary bifurcation: A systematic review," Jan. 01, 2026, *American Institute of Physics*. doi: 10.1063/5.0310403.
- [4] V. Carvalho, D. Pinho, R. A. Lima, J. C. Teixeira, and S. Teixeira, "Blood flow modeling in coronary arteries: A review," *Fluids*, vol. 6, no. 2, Feb. 2021, doi: 10.3390/fluids6020053.

Hidrogel granular injetável para a reparação de perfurações do disco da articulação temporomandibular

Daniela Trindade^{1,2,3}, João Meneses², Ana C. Maurício^{3,4}, Nuno Alves², Carla Moura^{1,2,5}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produtos, Universidade de Leiria e Oeste, 2030-028 Marinha Grande, Portugal.

³Departamento Clínicas Veterinárias, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, 4050-313 Porto, Portugal.

⁴LAQV REQUIMTE, Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar, Universidade do Porto, 4050-313 Porto, Portugal.

⁵Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Universidade Politécnica de Coimbra, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: daniela.trindade@ulo.pt

Resumo

O disco fibrocartilaginoso da articulação temporomandibular (ATM) é essencial para a distribuição de cargas, absorção de impactos e lubrificação articular. Devido à sua função biomecânica, é suscetível a lesões, como a perfuração, que podem desencadear processos degenerativos. Os hidrogéis granulares constituem uma estratégia promissora para a regeneração do disco da ATM, uma vez que apresentam uma estrutura tridimensional intrinsecamente porosa que favorece a infiltração e a migração celular. A estabilidade mecânica dos microgéis pode ser reforçada por uma reticulação secundária, fundamental para consolidar a estrutura após a injeção e assegurar a conformação ao defeito em condições fisiológicas. Neste contexto, a gelatina destaca-se pela sua biocompatibilidade e a matriz extracelular descelularizada (MECd) pelos sinais bioquímicos específicos do tecido que podem potenciar a regeneração. Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver um hidrogel granular injetável, constituído por microgéis de gelatina reticulados com transglutaminase microbiana e, secundariamente, estabilizados com MECd, avaliando o seu potencial como estratégia minimamente invasiva.

Microgéis de gelatina (5%) foram produzidos por reticulação enzimática com transglutaminase microbiana (16 U/g) e, posteriormente, fragmentados mecanicamente por passagem sucessiva por seringas com agulhas de diferentes tamanhos (18G, 20G, 22G, 25G e 27G). O tamanho dos microgéis foi determinado por microscopia e análise de imagem no Fiji, e as propriedades reológicas foram avaliadas por ensaios de varrimento de deformação e ciclos de elevada/baixa deformação. Paralelamente, discos da ATM ovinos foram descelularizados através de ciclos de congelação-descongelação, Triton X-100 e DNase/RNase. Após liofilização e digestão enzimática, obteve-se um hidrogel de MECd, conforme descrito previamente [1]. A MECd foi combinada com os microgéis em três proporções (65:35, 50:50 e 35:65) para formar hidrogéis granulares mecanicamente estáveis, cuja injetabilidade foi avaliada por ensaios de extrusão com uma agulha de 20G e as propriedades mecânicas por ensaios de compressão. A resposta biológica foi estudada durante 14 dias em cultura com fibrocondrócitos de meniscos humanos, avaliando a atividade metabólica (resazurina), o conteúdo de ADN (PicoGreen) e a morfologia celular por coloração de F-actina/núcleos. A análise estatística foi realizada por ANOVA de dois fatores ($n = 3-5$).

Os microgéis produzidos ($202.8 \pm 134.5 \mu\text{m}$) apresentaram uma diminuição da viscosidade e uma recuperação total dos módulos de armazenamento e de perda após elevada deformação, com valores de 922.4 ± 79.9 e 45.5 ± 7.7 Pa, respetivamente. A MECd foi obtida com sucesso e combinada com os microgéis nas três proporções MECd:microgéis. A força de extrusão aumentou com a diminuição da proporção de MECd, de 2.9 ± 0.3 N (65:35) para 3.5 ± 0.1 N (35:65) ($p < 0.01$). Após 14 dias de cultura com os fibrocondrócitos, as três formulações apresentaram níveis semelhantes de atividade metabólica e de conteúdo de ADN ($158-164$ ng/mL), sem diferenças estatisticamente significativas. A coloração de F-actina/DAPI evidenciou uma boa adesão celular, com os fibrocondrócitos a formarem uma rede celular interligada ao longo da estrutura dos hidrogéis (Figura 1). Em termos de comportamento mecânico, a cultura celular promoveu ainda um aumento significativo do módulo de compressão em todas as formulações relativamente ao dia 0 ($p < 0.001$). A formulação 65:35 apresentou o módulo mais elevado (6.2 ± 0.8 kPa), seguida da 50:50 (5.7 ± 0.6 kPa) e da 35:65 (4.7 ± 0.3 kPa), com esta última significativamente inferior à 65:35 ($p < 0.01$).

Em conclusão, a utilização de MECd como fase de reticulação secundária permitiu estabilizar os microgéis de gelatina, resultando em um hidrogel granular injetável com propriedades biológicas promissoras. Em particular, a formulação 65:35 apresentou o melhor compromisso entre injetabilidade e desempenho mecânico, evidenciando o seu potencial para aplicações na regeneração de perfurações do disco da ATM.

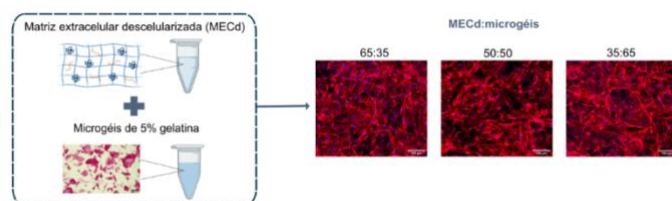


Figura 1. Imagens de microscopia confocal dos fibrocondrócitos após 14 dias de cultura, corados com faloidina para F-actina (vermelho) e DAPI para os núcleos (azul).

Agradecimentos e financiamento

Esta investigação foi financiada pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, <https://ror.org/00snfq58>) através dos seguintes financiamentos do CDRSP (10.54499/UID/04044/2025), Laboratório Associado ARISE (LA/P/0112/2020), InnovaBIOMAS (2022.10564. PTDC), LAQV REQUIMTE (10.54499/UID/50006/2025), bolsa de doutoramento (10.54499/2022.12030. BD) e contrato no âmbito do programa de emprego científico institucional (CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0004).

Referências bibliográficas

[1] D. Trindade, N. Di Caprio, A. C. Maurício, N. Alves, C. Moura, and J. A. Burdick, "Bioactive and Injectable Granular Hydrogels Incorporating Decellularized Extracellular Matrix," *ACS Biomater. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 3, pp. 1787–1798, Mar. 2026, doi: 10.1021/acsbomaterials.5c02060.

Modelos diferenciais para processos de cicatrização de feridas

Francisco N. da C. Gonçalves¹, Pascoal M. da Silva^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Centro de Matemática da Universidade de Coimbra, Largo D. Dinis, 3000-143 Coimbra, Portugal.

e-mail: a2020141368@isec.pt

Resumo

Este projeto, desenvolvido no âmbito da unidade curricular de Projeto/Estágio da Licenciatura em Engenharia Biomédica [3], teve como objetivo a modelação e simulação matemática do processo de cicatrização de feridas através de equações diferenciais. Com base no modelo de conservação de espécies proposto por Maenje e Malinzi [1], foi adotada uma versão simplificada constituída por quatro equações diferenciais ordinárias, que descrevem a dinâmica das células inflamatórias, dos fibroblastos, do colagénio e do estado de cicatrização, sendo o tamanho da ferida determinado por uma relação algébrica.

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Inicialmente, foi realizada uma revisão dos fundamentos da cicatrização, incluindo a anatomia da pele, as diferentes fases do processo, o contexto clínico das feridas crónicas e os principais modelos matemáticos descritos na literatura. Posteriormente, o modelo foi implementado em MATLAB e resolvido através do método de Runge-Kutta de segunda ordem. A sua caracterização incluiu uma análise de sensibilidade dos parâmetros e uma análise de estabilidade dos estados de equilíbrio. Por fim, foi estudado o efeito de tratamentos tópicos através da calibração do modelo com dados experimentais e da comparação entre os resultados simulados e os valores medidos [2].

Os resultados evidenciaram uma boa coerência entre as diferentes abordagens de análise, destacando os parâmetros associados à dinâmica dos fibroblastos e à produção de colagénio como os mais relevantes para o encerramento da ferida. Verificou-se ainda que o modelo simplificado é capaz de reproduzir as principais fases da cicatrização e de distinguir entre feridas com evolução favorável e feridas com comportamento crónico. A Figura 1 ilustra este comportamento no caso base, na ausência de tratamento: partindo de um tamanho inicial de 0,5, a ferida evolui de forma favorável, atingindo cerca de 96,7% de fecho ao fim de 21,73 dias. Este estudo demonstra o potencial da modelação matemática como ferramenta de apoio à compreensão da dinâmica da cicatrização e à avaliação de estratégias terapêuticas. Como perspetivas futuras, propõe-se a extensão do modelo através da incorporação de atrasos temporais e de uma componente espacial.

Palavras-chave: cicatrização de feridas; modelação matemática; equações diferenciais ordinárias; simulação computacional; tratamentos tópicos.

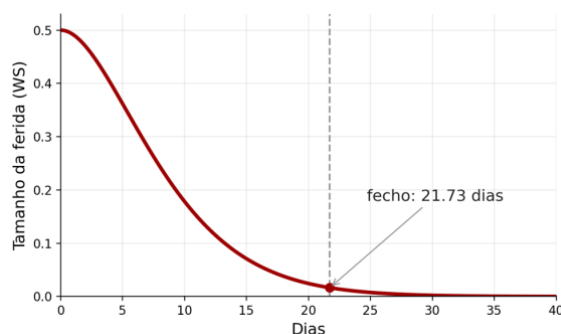


Figura 1. Evolução temporal do tamanho da ferida (WS) no caso base do modelo simplificado de quatro equações, obtida pelo método de Runge-Kutta de segunda ordem.

Referências bibliográficas

- [1] A. Maenje e J. Malinzi, "A Mathematical Model of Wound Healing: Effects of Local and Systemic Factors", arXiv:2509.12126 [q-bio.OT], 2025.
- [2] A. D. Kandhare, J. Alam, M. V. K. Patil, A. Sinha e S. L. Bodhankar, "Wound healing potential of naringin ointment formulation via regulating the expression of inflammatory, apoptotic and growth mediators in experimental rats", *Pharmaceutical Biology*, vol. 54, n.º 3, pp. 419-432, 2016.
- [3] F. N. da C. Gonçalves, "Modelos Diferenciais para Processos de Cicatrização de Feridas", Projeto de Licenciatura em Engenharia Biomédica, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2026.

Biomarcadores circadianos na saliva: avaliação de uma abordagem não invasiva

Natacha Oliveira¹, Marlene Lages^{1,2}, Joana Correia¹, Sara Urbano¹, Armando Caseiro^{1,3}, Maria Guarino², Sara Carmo-Silva^{1,2,3}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²ciTechCare—Centro de Cuidados Inovadores e Tecnologias de Saúde, Politécnico de Leiria, Leiria, Portugal.

³Centro de Investigação em Saúde e Tecnologia (H&TRC), Universidade Politécnica de Coimbra, Rua 5 de Outubro, 3045-043 Coimbra, Portugal.

e-mail: natacha.escol1@gmail.com

Resumo

Introdução: Alterações no ritmo circadiano estão associadas a diversas patologias, nomeadamente distúrbios metabólicos. Sendo o ritmo circadiano intrínseco a cada indivíduo, afetado por fatores ambientais e altamente heterogéneo, o seu estudo é complexo. A análise de biomarcadores circadianos em fluidos corporais é uma alternativa para estudar o ritmo e a sua (dis)função. A maioria dos estudos utiliza amostras de sangue, através de colheitas seriadas, o que implica um procedimento invasivo e tecnicamente especializado. A saliva surge como uma alternativa promissora por não ser invasiva e por poder refletir variações em determinados marcadores associados ao ritmo circadiano.

Objetivo: Avaliar a viabilidade da saliva como matriz biológica não invasiva para a avaliação do ritmo circadiano e explorar se os biomarcadores circadianos salivares têm sensibilidade para diferenciar indivíduos com diferentes cronotipos.

Material e métodos: Dezanove adultos com idades compreendidas entre os 21 e os 71 anos foram classificados por cronotipo, utilizando o Questionário de Cronotipo de Munique (MCTQ). A qualidade do sono foi também avaliada através do Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh (PSQI), juntamente com parâmetros antropométricos e metabólicos. Foram recolhidas amostras de saliva em cinco momentos ao longo do dia para analisar a expressão dos genes do relógio biológico (*CLOCK*, *BMAL1*, *PER2*, *CRY*). Foram recolhidas amostras adicionais de saliva num dia livre para análise de cortisol e melatonina. As análises estatísticas incluíram comparações entre os cronotipos e avaliações de associações e variações temporais nos biomarcadores circadianos salivares.

Resultados: Não se observaram diferenças estatisticamente significativas nos biomarcadores circadianos salivares nos cronotipos. Contudo, observaram-se padrões temporais consistentes na expressão dos genes do relógio biológico ao longo do dia, no perfil do cortisol e do gene *CLOCK* e no perfil antifásico dos genes *BMAL1* e *PER2*. Entre cronotipos, destacou-se um pico tardio de *PER2* no cronotipo vespertino, face aos cronotipos matutino e neutro. Estes padrões consistentes com a dinâmica circadiana reforçam a viabilidade da saliva na avaliação do ritmo circadiano.

Conclusão: Foi possível avaliar a variação do ritmo circadiano na saliva através da expressão dos genes do relógio biológico e dos seus padrões ao longo do dia. Não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre cronotipos, embora se tenham identificado diferentes padrões de expressão. O reduzido tamanho amostral poderá ter limitado a deteção de diferenças. Este estudo piloto justifica estudos futuros com amostras maiores.

Agradecimentos e financiamento

Os autores gostariam de agradecer aos participantes recrutados no ciTechCare do Instituto Politécnico de Leiria e na Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra (ESTeSC) por terem disponibilizado a sua participação. Este estudo foi apoiado por fundos nacionais portugueses atribuídos pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P. (UI/05704/2020), pela Sociedade Portuguesa de Diabetologia através da Bolsa Emílio Peres 2020 e pela Faculdade de Nutrição e Ciências Alimentares da Universidade do Porto e LabbITR (LA/P/0064/2020). Foi financiado por uma bolsa de doutoramento da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (2021.07673.BD) e por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do Incentivo ao Emprego Científico – Concurso Institucional CEECINST/00051/2018.

Referências bibliográficas

- [1] A. Montaruli, L. Castelli, A. Mulè, R. Scurati, F. Esposito, L. Galasso, e E. Roveda, “Biological rhythm and chronotype: New perspectives in health,” *Biomolecules*, vol. 11, no. 4, Art. no. 487, 2021.
- [2] K. B. Koronowski e P. Sassone-Corsi, “Communicating clocks shape circadian homeostasis,” *Science*, vol. 371, no. 6530, Art. no. eabd0951, 2021.
- [3] U. Das, J. D. Thomas, P. Tarale, J. Soja, S. Inkelis, C. Chambers, e D. K. Sarkar, “Altered circadian expression of clock genes and clock-regulatory epigenetic modifiers in saliva of children with fetal alcohol spectrum disorders,” *Scientific Reports*, vol. 14, Art. no. 19886, 2024.
- [4] P. Ostheim, A. Tichý, C. Badie, M. Davidkova, G. Kultova, M. M. Stastna, *et al.*, “Applicability of gene expression in saliva as an alternative to blood for biodosimetry and prediction of radiation-induced health effects,” *Radiation Research*, vol. 201, no. 5, pp. 523–534, 2024.
- [5] V. Gandhi, M. H. O’Brien, e S. Yadav, “High-quality and high-yield RNA extraction method from whole human saliva,” *Biomarker Insights*, vol. 15, pp. 1–9, 2020.
- [6] S. Benloucif, H. J. Burgess, E. B. Klerman, A. J. Lewy, B. Middleton, P. J. Murphy, B. L. Parry, e V. L. Revell, “Measuring melatonin in humans,” *Journal of Clinical Sleep Medicine*, vol. 4, no. 1, pp. 66–69, 2008.
- [7] T. Stalder, H. Oster, J. L. Abelson, K. Huthsteiner, T. Klucken, e A. Clow, “The cortisol awakening response: Regulation and functional significance,” *Endocrine Reviews*, vol. 46, no. 1, pp. 43–59, 2025.
- [8] C. Skubic, U. Zevnik, K. Nahtigal, L. Dolenc Grošelj, e D. Rozman, “Circadian biomarkers in humans: Methodological insights into the detection of melatonin and cortisol,” *Biomolecules*, vol. 15, no. 7, Art. no. 1006, 2025.

Tecnologia e humanização: duas faces da otimização em TC cardíaca

Sónia Margarida Simões Gomes

Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: sms.gomes.rx@gmail.com

Resumo

Enquadramento: A Tomografia Computorizada Cardíaca (TCC) vive uma era de transformação tecnológica impulsionada pela Inteligência Artificial (IA), que têm permitido corrigir artefactos e otimizar a qualidade diagnóstica, concomitantemente com a diminuição da dose de radiação administrada [1]. Contudo, a qualidade da imagem cardiovascular não depende exclusivamente da capacidade algorítmica dos sistemas de aquisição. A TCC permanece sensível a fatores biológicos e fisiológicos inerentes ao utente, como a instabilidade hemodinâmica, a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), a ansiedade antecipatória, a execução inadequada das apneias respiratórias [2] e a presença de artefactos de movimento ou de blooming [3]. A literatura científica demonstra que a qualidade de imagem é otimizada quando se atinge uma frequência cardíaca (FC) ≤ 65 bpm [4], condição que reduz significativamente o risco de artefactos de movimento associados à contração cardíaca [5]. Neste contexto, a relação estabelecida entre o Técnico de Radiologia (TR) e o utente assume-se como elemento central para a obtenção de imagens com qualidade diagnóstica [6], uma vez que o profissional, através de estratégias de comunicação eficaz, de ensino e de suporte emocional [7], pode influenciar positivamente o estado psicofisiológico do utente e, consequentemente, a estabilidade hemodinâmica durante o exame [8].

Objetivos: Analisar o papel do Técnico de Radiologia enquanto agente de ensino e facilitador da colaboração e humanização do cuidado no contexto da TCC [9], avaliando o impacto de um projeto de intervenção centrado na literacia em saúde sobre a qualidade de imagem, o controlo da frequência cardíaca e a autoeficácia percebida dos utentes [10].

Metodologia: Foi conduzido um estudo observacional comparativo, com dois grupos: Grupo de Controlo, submetido ao protocolo institucional convencional; e Grupo Experimental, submetido ao protocolo de intervenção estruturado, integrando estratégias de literacia multimodal. A intervenção incluiu: (a) ferramentas pedagógicas e multimodais (guia do utente, cartazes visuais e vídeo interativo acessível via QR code); (b) estratégias de comunicação e aprendizagem (método Teach-Back e técnica de biofeedback respiratório); e (c) medidas de acessibilidade e inclusão. Foram avaliadas variáveis sociodemográficas e clínicas de base, frequência cardíaca final, qualidade de imagem e autoeficácia percebida. A análise estatística recorreu a testes paramétricos e não paramétricos adequados, com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Resultados: O Grupo Experimental apresentou uma proporção superior de exames classificados como "sem artefactos" comparativamente ao Grupo de Controlo (70,0% vs. 53,3%), correspondendo a uma redução na proporção de exames com artefactos. Embora esta diferença global não tenha atingido significância estatística ($\chi^2 = 1,128$; $p = 0,288$), a análise revelou uma associação altamente significativa entre a frequência cardíaca final e a qualidade de imagem ($p < 0,001$), identificando a FC como o principal correlato fisiológico dos artefactos. Quanto ao controlo da frequência cardíaca, o Grupo Experimental apresentou uma FC final significativamente inferior à do Grupo de Controlo ($59,2 \pm 7,3$ bpm vs. $64,7 \pm 6,1$ bpm; $p < 0,001$). Este efeito manteve-se e foi reforçado na análise do subgrupo de utentes com FC inicial > 65 bpm ($61,7 \pm 7,5$ bpm vs. $66,2 \pm 6,0$ bpm; $p = 0,013$). Relativamente à autoeficácia percebida, o Grupo Experimental apresentou pontuações médias muito próximas do valor máximo da escala (4,80 a 4,90, num máximo de 5 pontos), refletindo níveis elevados de perceção de capacidade colaborativa, compreensão do processo e gestão emocional.

Conclusão: A humanização e a literacia em saúde promovidas pelo Técnico de Radiologia constituem uma ferramenta de precisão clínica e radiológica com implicações mensuráveis na qualidade da imagem obtida. Ao mitigar a ansiedade antecipatória e estabilizar a resposta autonómica do utente — designadamente através da redução da FC durante o exame —, o fator humano viabiliza o potencial máximo da tecnologia e de reconstrução de imagem. A simbiose entre o hardware e software avançado de aquisição e reconstrução e a inteligência emocional e competências comunicacionais do profissional de radiologia constitui a condição indispensável para garantir a máxima qualidade diagnóstica com a menor dose de radiação possível, em rigorosa observância do princípio ALARA (As Low As Reasonably Achievable), assegurando simultaneamente uma experiência positiva e colaborativa para o utente.

Agradecimentos

À ESTeSC-IPC e à DIATON, na pessoa da Prof.^a Doutora Rute Santos e do Prof. Doutor Rogério Teixeira, estendendo o agradecimento a toda a equipa académica do Mestrado em Imagem Médica e Radioterapia e à equipa multidisciplinar da DIATON

Referências bibliográficas

- [1] Y.-T. Shih, J.-H. Zhou, and J.-K. Hsiao, "Cardiac computed tomography: Current practice, guidelines, applications, and prospects," *Tzu Chi Med. J.*, vol. 37, no. 2, pp. 145–151, 2025, doi: 10.4103/tcmj.tcmj_146_24.
- [2] L. Husmann et al., "Optimised breathing protocol for heart rate reduction in prospective ECG-triggered coronary CT angiography," *Br. J. Radiol.*, vol. 84, no. 1005, pp. 790–795, 2011, doi: 10.1259/bjr/29696915.
- [3] T. Wang et al., "Effect of different breath-holding methods on scan length and radiation dose in 320-row volumetric coronary CT angiography: A randomized controlled trial," *Jpn. J. Radiol.*, vol. 43, no. 9, pp. 1456–1464, 2025, doi: 10.1007/s11604-025-01796-4.
- [4] J. Zhang et al., "Analysis of heart rate and heart rate variation during cardiac CT examinations," *Acad. Radiol.*, vol. 15, no. 1, pp. 40–48, 2008, doi: 10.1016/j.acra.2007.07.023.
- [5] F. Giorgi and R. Tedeschi, "Breathe better, live better: the science of slow breathing and heart rate variability," *Acta Neurol. Belg.*, vol. 125, no. 6, pp. 1497–1505, 2025, doi: 10.1007/s13760-025-02789-w.
- [6] M. Aroso and P. Seabra, "Expectativas dos utentes na consulta nos cuidados de saúde primários," *Rev. Port. Clin. Geral*, vol. 37, no. 2, pp. 109–118, 2021, doi: 10.32385/rpimgf.v37i2.12929.
- [7] M. Tekinhatun et al., "Influence of visual objects and music on anxiety levels and imaging process in patients undergoing coronary CT angiography," *Eur. Radiol.*, vol. 35, pp. 6323–6335, 2025, doi: 10.1007/s00330-025-11614-0.
- [8] J. Narula et al., "SCCT 2021 Expert Consensus Document on Coronary Computed Tomographic Angiography: A Report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography," *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr.*, 2021.
- [9] A. Cristovao and V. Sousa, "Soft Skills e Inteligência Emocional na prática profissional em Radiologia," *Proc. Res. Pract. Allied Environ. Health*, 2025, doi: 10.26537/prpaeh.v3i1.6423.
- [10] M. V. Anguita et al., "Humanization of healthcare at the emergency department: A qualitative analysis based on nurses' experiences," *Rev. Enferm. Ref.*, no. 23, pp. 59–68, 2019, doi: 10.12707/RIV19030.

Alterações da glicose influenciam a barreira intestinal e a presença de DNA bacteriano no tecido adiposo

Daniela Rosendo-Silva^{1,2}, Flávio Reis², Sofia Viana², Paulo Matafome^{1,2}

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

²Universidade de Coimbra, iCBR-CIBB, Azinhaga de Santa Comba, 3000-548, Coimbra, Portugal

e-mail: daniela.silva26@hotmail.com

Resumo

A obesidade e a diabetes tipo 2 (T2D) estão frequentemente associadas a um aumento da permeabilidade intestinal [1], [2], o que pode permitir o extravasamento de metabólitos bacterianos e bactérias para a circulação [3], contribuindo para a inflamação crónica de baixo grau que caracteriza a doença metabólica.

Neste estudo investigámos a presença de DNA bacteriano no tecido adiposo (TA) de indivíduos com obesidade em diferentes fases de desregulação metabólica (desde a sensibilidade à insulina até à T2D). Extraímos DNA sob rigorosas condições experimentais estéreis e quantificámos e sequenciámos o gene bacteriano 16S rRNA. Foram determinados os níveis plasmáticos da *lipopolysaccharide-binding protein* (LBP) e da *intestinal fatty acid-binding protein* (FABP2) para inferir sobre a permeabilidade intestinal.

Os níveis plasmáticos de FABP2 encontram-se significativamente aumentados em indivíduos com alterações da glicémia (IGM), sugerindo aumento da permeabilidade intestinal. O DNA bacteriano foi quantificado na faixa de 1-15 pg/μg de DNA isolado e apresentou um aumento nos grupos de pré-diabetes e T2D ($p=0,046$ e $p=0,0004$ versus o grupo com sensibilidade à insulina). A carga de DNA bacteriano correlacionou-se positivamente com marcadores de agravamento da doença metabólica, como glicemia em jejum e níveis de HbA1c, após ajuste para índice de massa corporal e idade ($p=0,424$, $p=0,002$; $p=0,384$, $p=0,01$, respetivamente). A diversidade alfa foi significativamente reduzida em indivíduos com IGM ($p=0,0002$ versus indivíduos normoglicémicos). A análise de Bray–Curtis revelou diferenças significativas na composição microbiana entre os grupos (PERMANOVA, $p=0,001$, $R^2=0,16$). *Proteobacteria* e *Firmicutes* foram os filos predominantes no TA omental. Entre os táxons detectados, *Faecalibacterium prausnitzii*, uma espécie Gram-positiva produtora de butirato e associada a saúde metabólica, encontra-se significativamente reduzida em IGM ($p=0,028$ versus normoglicémicos).

O DNA bacteriano está presente no TA omental de indivíduos com obesidade, está aumentado na pré-diabetes e na T2D e associa-se à progressão da doença e ao aumento da permeabilidade da barreira intestinal. Indivíduos com IGM apresentam menor diversidade bacteriana e menos bactérias Gram-positivas, como o género *Faecalibacterium*, associado a peso e cenário metabólico saudáveis

Agradecimentos e financiamento

Horizonte Europa – Projeto PAS GRAS, GA No. 101080329

Referências bibliográficas

- [1] A. Gummesson *et al.*, «Intestinal Permeability Is Associated With Visceral Adiposity in Healthy Women», *Obesity*, vol. 19, n.º 11, pp. 2280–2282, 2011, doi: 10.1038/oby.2011.251.
- [2] P. Portincasa *et al.*, «Intestinal Barrier and Permeability in Health, Obesity and NAFLD», *Biomedicine*, vol. 10, n.º 1, p. 83, dez. 2021, doi: 10.3390/biomedicine10010083.
- [3] R. Burcelin *et al.*, «Metagenome and metabolism: the tissue microbiota hypothesis», *Diabetes, Obesity and Metabolism*, vol. 15, n.º s3, pp. 61–70, 2013, doi: 10.1111/dom.12157.

Influência do tempo de exposição a ecrãs no Sistema Vestibular

Catarina Lopes¹, Inês Araújo¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: ines@estesc.ipc.pt

Resumo

Introdução: O sistema vestibular desempenha um papel fundamental na manutenção do equilíbrio postural e da estabilidade visual, através da integração entre os sistemas vestibular, visual e proprioceptivo [1]. O Reflexo Vestíbulo Ocular (RVO) assume especial importância na estabilização do olhar durante os movimentos cefálicos, permitindo manter a imagem estável na retina [2]. Atualmente, o aumento significativo do tempo de exposição a ecrãs tem sido associado a sintomas visuais, musculoesqueléticos e vestibulares, incluindo tontura, desequilíbrio, fadiga visual, dores de cabeça e alterações posturais [3] [4]. Apesar da crescente utilização de dispositivos digitais, continuam limitados os estudos que investigam, especificamente, a influência da exposição prolongada a ecrãs no funcionamento do sistema vestibular e no equilíbrio postural. **Objetivo:** Avaliar a influência do tempo de exposição a ecrãs no sistema vestibular e no equilíbrio postural. **Metodologia:** O presente estudo incluiu 31 adultos, com idades compreendidas entre os 21 e os 65 anos, distribuídos em três grupos de acordo com o tempo diário de exposição a ecrãs, correspondendo a baixa exposição (Grupo I - <3 horas/dia), exposição moderada (Grupo II - 3–6 horas/dia) e exposição elevada (Grupo III - ≥6 horas/dia). A avaliação vestibular incluiu a realização do *Dynamic Visual Acuity Test* (DVAT), do *Video Head Impulse Test* (vHIT) e de provas oculomotoras horizontais através de videonistagmografia. A avaliação do equilíbrio postural incluiu a realização do *Clinical Test of Sensory Interaction and Balance Virtual Reality* (CTSIB-VR). **Resultados:** Observou-se uma maior frequência de sintomas vestibulares, visuais e musculoesqueléticos nos participantes com maior tempo diário de exposição a ecrãs. A tontura constituiu o sintoma vestibular mais frequentemente reportado, verificando-se maior frequência nos grupos com exposição moderada e elevada. Nos testes vestibulares, os valores médios do ganho do RVO encontraram-se dentro dos limites de normalidade em todos os grupos e não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. No CTSIB-VR, o grupo com maior exposição a ecrãs apresentou os valores médios mais reduzidos em todos os parâmetros, exceto na condição *Visual Preference*, embora as diferenças entre os grupos não tenham sido estatisticamente significativas. **Conclusão:** Os resultados sugerem uma tendência para maior frequência de sintomas vestibulares, visuais e alterações do equilíbrio postural em indivíduos com maior exposição diária a ecrãs. Apesar de não terem sido identificadas diferenças estatisticamente significativas nos testes vestibulares e de equilíbrio postural, os achados observados reforçam a necessidade de investigação adicional sobre o impacto da utilização prolongada de dispositivos digitais no sistema vestibular e no equilíbrio postural.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimento a todos os voluntários que participaram neste estudo. Trabalho científico sem financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] S. Khan e R. Chang, "Anatomy of the ves-tibular system: A review", *Neuro Rehabilitation*, vol. 32, no.3, pp. 437–443, 2013. <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>.
- [2] K. Alahmari e S. Alshehri, "Vestibulo-ocular reflex function and its impact on postural stability and quality of life in cochlear implant re-cipients: A cross-sectional study. *Life*", vol. 5, pp. 499, 2025. <https://doi.org/10.3390/life15030499>.
- [3] M. Santos et al., "Psicopatologia e exposição a tempo de ecrã em adultos". *PsiLogos*, vol. 17, nº.1–2, pp. 23–32, 2019. <https://doi.org/10.25752/psi.18838>.
- [4] M. Fu; L. Zhang; X. Zhao e P. Tang, "Association between screen time and self-repor-ted balance disorders in middle-aged and older adults: National Health and Nutrition Examination Survey", *Aging Clinical and Experimental Research*, vol. 36, no. 128, 2024. <https://doi.org/10.1007/s40520-024027788>.

Comportamento do teste da Acuidade Visual e vHIT com o avançar da idadeCatarina Santos¹, Inês Araújo²¹Hospital Lusíadas Porto, Portugal.²Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.

e-mail: ines@estesc.ipc.pt

Resumo

Com o avançar da idade, todos os sistemas sensoriais vão se degradando, incluindo o sistema vestibular [1]. O sistema vestibular é responsável por detetar movimentos cefálicos e estabilizar a imagem na fóvea da retina, durante os movimentos rápidos da cabeça, através do reflexo vestibulo ocular (RVO) [2]. A acuidade visual é a capacidade de distinguir diferentes optótipos (letras ou símbolos) a uma distância padrão. A acuidade visual estática (EVA) é quando o indivíduo vê as imagens sem estar em movimento. Já a acuidade visual dinâmica (DVA) mede a capacidade visual quando o indivíduo ou o objeto se encontram em movimento. A comparação entre a EVA e a DVA, permite obter o valor do teste da acuidade visual dinâmica (DVAT) [3],[4]. O video head impulse test (vHIT) é um teste que avalia o sistema vestibular, concretamente o comportamento do RVO dos seis canais semicirculares (CSCs) [5].

Objetivo: Analisar o comportamento do RVO, nas diferentes faixas etárias, através do DVAT e do vHIT.

Metodologia: A amostra é composta por 70 indivíduos, com idades compreendidas entre os 21 e os 65 anos, de ambos os sexos, divididos em dois grupos, de acordo com as seguintes faixas etárias: grupo I dos 21 aos 44 anos e grupo II dos 46 aos 65 anos. Inicialmente realizou-se o estudo da acuidade visual onde se começou por avaliar a EVA, procurando a última linha que o indivíduo conseguia ler com a cabeça imóvel (limiar). De seguida realizou-se o DVAT no limiar obtido anteriormente na EVA. Por último efetuou-se o vHIT obtendo-se o ganho do RVO nos seis CSCs.

Resultados: Relativamente ao vHIT, ambos os grupos apresentaram médias de ganho muito semelhantes para todos os canais semicirculares, no entanto, o grupo II apresenta uma ligeira diminuição, em todos os CSCs. Quanto à acuidade visual, ocorreram diferenças estatisticamente significativas no DVAT, apresentando um pior desempenho no grupo II.

Conclusão: Neste estudo verificou-se que, com o avançar da idade, ocorre uma diminuição da acuidade visual dinâmica, com maior registo a partir dos 50 anos. Relativamente ao vHIT, verificou-se uma ligeira diminuição do ganho do RVO, contudo os valores mantêm-se dentro dos valores normativos. Estes achados sugerem uma degradação do RVO com o avançar da idade, acompanhada por uma menor estabilidade visual em movimentos cefálicos rápidos.

Agradecimentos e financiamento

Agradecimento a todos os voluntários que participaram neste estudo. Trabalho científico sem financiamento.

Referências bibliográficas

- [1] E. Anson e J. Jeka, "Perspectives on aging vestibular function", *Frontiers in neurology*, vol.6, pág.175-179, 2016.
- [2] M. Schubert e N. Shepard, "Practical Anatomy and Physiology of the Vestibular System". In G. P. Jacobson & N. P. Shepard (Eds.), *Balance Function Assessment and Management* (2a ed., Cap. 1, pp. 1-16). San Diego: Plural Publishing, 2016.
- [3] D. Azam e Y. Ronquillo, "Snellen Chart". In: *StatPearls* [Internet]. Ilha do Tesouro (FL): StatPearls Publishing; Accessed: janeiro, 2023. Online. Available: [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558961/\(2022\)](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK558961/(2022))
- [4] L. Quevedo; J. Aznar-Casanova e J. Silva, "Agudeza Visual Dinâmica". *Trends in Psychology*, 26(3), 1267–1281, 2018. <https://doi.org/10.9788/TP2018.3-06Es>
- [5] L. McGarvie et al., "The video head impulse test (vHIT) of semicircular canal function – age dependent normative values of VOR gain in healthy subjects", *Frontiers in Neurology*, Vol. 6, Article 154, 2015. DOI: 10.3389/fneur.2015.00154



A influência da otite média com derrame no equilíbrio postural e no reflexo vestibulo-ocular em crianças

Joana Teixeira¹, Inês Araújo¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: ines@estesc.ipc.pt

Resumo

Introdução: Para um normal funcionamento do equilíbrio postural é importante que os sistemas vestibular, visual e somatossensorial estejam íntegros [1]. O sistema vestibular é um pilar importante para o desenvolvimento motor, cognitivo e socioemocional nas crianças [2]. A informação vestibular é processada ao nível do tronco cerebral e do cerebelo. Este processamento origina reflexos motores, como o reflexo vestibulo-ocular (RVO), fundamental para a estabilização do olhar durante os movimentos da cabeça; o reflexo vestibuloespinal e o vestibulocervical [3]. Uma das causas mais comuns para a perda auditiva infantil, é a hipoacusia de condução ligeira, geralmente resultante de episódios recorrentes de otite média [4]. Devido à partilha da mesma origem anatómica entre os sistemas vestibular e coclear, a presença de otites médias com derrame (OMD) pode afetar ambos os sistemas [5]. O conhecimento precoce de disfunções vestibulares, associadas a alterações auditivas, permite uma intervenção adequada e atempada, de forma a contribuir para uma melhoria do desempenho escolar em crianças que estão a iniciar a sua vida académica. **Objetivo:** Verificar se existem diferenças no equilíbrio postural e no reflexo vestibulo-ocular em crianças que já tiveram ou têm otite média com derrame de forma recorrente. **Metodologia:** A amostra é composta por 30 participantes, com idades compreendidas entre os 4 e os 6 anos, divididos por dois grupos: um que nunca teve OMD (n = 11) e outro que já teve ou tem OMD no momento da avaliação (n = 19). Para a avaliação do equilíbrio postural, foi utilizado o Teste de Romberg, o Teste de Apoio Unipedal; Teste *Time Up and Go* e na avaliação do reflexo vestibulo-ocular, utilizou-se o *Head Impulse Paradigm* (HIMP). **Resultados:** Todas as avaliações realizadas não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos em nenhuma das condições testadas, contudo observou-se um pior desempenho na manutenção do equilíbrio postural, na condição onde seria necessária uma maior informação do sistema vestibular (teste unipedal, de olhos fechados). **Conclusão:** Verificou-se comportamentos semelhantes entre os grupos no desempenho no equilíbrio postural e no reflexo vestibulo-ocular. Contudo, no grupo com histórico de otites, observou-se uma pior prestação na manutenção do equilíbrio postural, na condição onde seria necessária maior informação do sistema vestibular. No entanto, serão necessários mais estudos para consolidar esta evidência.

Agradecimentos e financiamento:

Agradecimento a todos os voluntários que participaram neste estudo. Trabalho científico sem financiamento.

Referências bibliográficas:

- [1] T. Hain, "Postural, Vestibulospinal and Vestibulocollic Reflexes". Dizziness-and-balance.com. Accessed: Jul. 29, 2023. Available: <http://www.dizziness-and-balance.com/anatomy/vspine.htm>.
- [2] A. Schell, N. Rotter e L. Zaubitzer, "Vestibular Assessment in Children", *Laryngorhinootologie*, vol. 104(8), pp. 518-530, 2025.
- [3] M. Fontaine, et al., "Vestibular Infant Screening- Rehabilitation (VIS-REHAB): Protocol for a randomised controlled trial on Vestibular Rehabilitation Therapy (VRT) in vestibular-impaired children. *BMJ Open*, 14(12)e085575., 2024. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-085575>.
- [4] A. Balbani e J. Montovani, "Impacto das otites médias na aquisição da linguagem em crianças", *Jornal de Pediatria*, vol. 79(5), pp.391-396, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0021-75572003000500005>.
- [5] K. Nordfalk, K. Rasmussen, E. Hopp, R. Greisiger e G. Jablonski, "Scalar position in cochlear implant surgery and outcome in residual hearing and the vestibular system". *International Journal of Audiology*, vol. 53(2), pp. 121-127, 2014. <https://doi.org/10.3109/14992027.2013.854413>.



Sistema Vestibular e equilíbrio postural em surfistas

Marta Santana¹, Inês Araújo¹

¹Universidade Politécnica de Coimbra, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços, S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal.
e-mail: ines@estesc.ipc.pt

Resumo

Introdução: O surf é uma modalidade a nível global em grande crescimento, inclusive em Portugal, onde locais como Peniche se afirmaram como centros de referência internacional [1]. Do ponto de vista fisiológico, a prática desta modalidade em ambientes dinâmicos e instáveis exige uma complexa interação entre os sistemas somatossensorial, visual e vestibular para a manutenção do equilíbrio e do controlo postural [2]. O sistema vestibular, através dos reflexos vestibulo-ocular (RVO) e vestibulo-espinhal (RVE), desempenha um papel crítico na estabilização do olhar e da postura perante as constantes variações do mar. O controlo postural e a integridade destes sistemas podem ser quantificados com precisão através de ferramentas de avaliação, tais como o *Head Impulse Paradigm* (HIMP), o *modified Clinical Test of Sensory Integration and Balance* (mCTSIB) e o teste de Limites de Estabilidade (LOS). A literatura sugere que a exposição prolongada e repetitiva à instabilidade do surf induz processos de habituação, adaptações posturais e vestibulares específicas, otimizando as respostas motoras e a eficiência do equilíbrio nos praticantes da modalidade [3, 4]. **Objetivo:** analisar a existência de diferenças no controlo postural e no funcionamento do sistema vestibular entre indivíduos praticantes de surf e indivíduos não praticantes da modalidade. **Metodologia:** Estudo exploratório, quantitativo transversal, onde a amostra é constituída por 31 indivíduos (com idades compreendidas entre 18-45 anos), divididos em dois grupos: Grupo experimental de surfistas, que praticam surf há pelo menos 3 anos (n=15; mediana de 10 anos de prática e de 4 treinos por semana) e um grupo experimental (n=16; sem experiência na modalidade). Após assinatura do consentimento informado e a aplicação dos critérios de exclusão (exclusão de patologias vestibulares, visuais ou motoras e indivíduos que pratiquem surf há menos de 3 anos), foi realizada uma avaliação do equilíbrio postural e sistema vestibular através do mCTSIB, LOS e HIMP. **Resultados:** No mCTSIB, os surfistas demonstraram melhor desempenho postural em superfícies instáveis. No teste LOS, registaram maior velocidade de movimento nas direções frontais/laterais e melhor controlo direcional na direção Direita-Frente ($85,93 \pm 5,56\%$; $78,31 \pm 14,88\%$). No HIMP, os surfistas apresentaram um ganho significativamente superior no canal RA ($1,05 \pm 0,07$; $0,92 \pm 1,17$), mas ganhos inferiores nos canais horizontais RL ($0,95 \pm 0,10$; $1,03 \pm 0,06$) e LL ($0,88 \pm 0,10$; $0,95 \pm 0,56$) em comparação com o grupo de controlo, e também nos canais semicirculares LA e RP. **Conclusão:** A prática regular de surf induz adaptações posturais e vestibulares específicas. As tendências de equilíbrio e de deslocação do centro de gravidade refletem uma especialização motora associada aos gestos técnicos da modalidade (remada e trajetória na onda (frente e direita)). Adicionalmente, a redução dos ganhos no HIMP sugere mecanismos de habituação do sistema vestibular decorrentes da exposição contínua e repetitiva aos estímulos dinâmicos e instáveis do mar.

Agradecimentos e financiamento:

Agradecimento a todos os voluntários que participaram neste estudo. Trabalho científico sem financiamento.

Referências bibliográficas:

- [1] R. L. Guimarães, “Estilo de vida, Saúde e Surf – Análise do contributo do surf para o estilo de vida dos seus praticantes”, M.S. thesis, FADEUP, Porto, Portugal, 2011. Available: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/57227>.
- [2] J. Pham, S. Newcomer, e J. Nessler, “A Comparison of Balance and Postural Sway in Surfers vs. Non Surfers”, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol.47, pp.311, 2015. DOI: 10.1249/01.mss.0000477272.66085.38.
- [3] S. Tanguy et al., “Vestibulo-ocular reflex and motion sickness in figure skaters”, *European journal of applied physiology*, vol.104, pp.1031-1037. 2008. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0859-7>.
- [4] C. Anthony, “Comparison of balance between surfers and nonsurfers”, California State University, Fullerton, 2025. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:113525984>.



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA DE COIMBRA



Ciência em Palco

JORNADAS CIENTÍFICAS

O Livro de Resumos das Jornadas Científicas *Ciência em Palco* reúne os contributos apresentados nesta iniciativa promovida no âmbito do ecossistema científico e de inovação da Universidade Politécnica de Coimbra. Esta publicação reflete a diversidade de áreas, projetos e abordagens que marcam a atividade científica da instituição e dos seus parceiros, valorizando a partilha de conhecimento, a interdisciplinaridade e a aproximação entre ciência, sociedade e inovação.



Cofinanciado pela
União Europeia