



Gestão sustentável do solo - base de agroecossistemas saudáveis

LIVRO DE RESUMOS

1 – 3 JULHO 2026

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA



Ficha Técnica

Título: Encontro Anual das Ciências do Solo 26: Livro de Resumos

Editores: Verónica Oliveira¹, Daniela Santos¹, Filomena Miguens¹, Rosinda Pato¹, Ana Marta Paz², Carlos Alexandre², Maria do Carmo Hora², Nuno Cortez², Paula Alvarenga²

¹ Instituto Politécnico de Coimbra

² Sociedade Portuguesa da Ciência do Solo

Publicação: Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária

Suporte: Eletrónico

ISBN: 978-989-35338-4-0

Junho de 2026

Comissão Organizadora

Daniela Santos (ESAC - IP Coimbra)

Filomena Miguens (ESAC - IP Coimbra)

Rosinda Pato (ESAC - IP Coimbra)

Verónica Oliveira (i2A - IP Coimbra)

Rosa Guilherme (CCDR Centro)

Ana Marta Paz (SPCS, INIAV)

Carlos Alexandre (SPCS, UÉvora)

Maria do Carmo Horta (SPCS, IP Castelo Branco)

Nuno Cortez (SPCS, ISA Lisboa)

Paula Alvarenga (SPCS, ISA Lisboa)

Comissão Científica

Ana Marta Paz (INIAV)
Carla Ferreira (i2A – IP Coimbra)
Carlos Alexandre (UÉvora)
Daniela Santos (ESAC – IP Coimbra)
David Fangueiro (ISA - ULisboa)
Erika Santos (ISA - ULisboa)
Ernesto Vasconcelos (ISA - ULisboa)
Felícia Fonseca (IP Bragança)
Henrique Ribeiro (ISA - ULisboa)
Isabel Maria Oliveira Brito (UÉvora)
João Coutinho Mendes (UTAD)
Jorge Pinheiro (UAçores)
José Alexandre Andrade (UÉvora)
José Casimiro Martins (INIAV)
José Manuel Rato Nunes (IP Portalegre)
Manuel Madeira (ISA - ULisboa)
Maria da Conceição Gonçalves (INIAV)
Maria do Carmo Horta (IP Castelo Branco)
Maria Filomena Miguens (ESAC –IP Coimbra)
Maria Madalena Fonseca (ISA - ULisboa)
Maria Manuela Abreu (ISA - ULisboa)
Nuno Cortez (ISA - ULisboa)
Paula Alvarenga (ISA - ULisboa)
Rosinda Pato (ESAC - IP Coimbra)
Ruth Pereira (UPorto)
Selma B. Pena (ISA - ULisboa)
Tiago Ramos (MARETEC, IST - ULisboa)
Tomás de Figueiredo (IP Bragança)
Verónica Oliveira (i2A – IP Coimbra)
Zulimar Hernández (IP Bragança)

Índice

Nota de abertura	7
Oradores Convidados	8
Atualização e Harmonização da Cartografia de Solos na Escala 1:100 000 em Portugal: função dos legados de informação e das unidades de terra	9
Saúde do Solo, Carbono e Serviços dos Ecossistemas	10
Soil organic carbon dynamics in the sandy soils of Pinhal de Leiria	11
O papel dos solos de espaços verdes urbanos no armazenamento e na dinâmica do carbono: contributos do projeto GreenCities	12
The Carbon Illusion: How Machine Learning Decodes the Paradox of Fire-Driven Organic Matter Gain and Carbon Stock Loss in Cork Oak Forests	13
SUS-SOIL- Promoção da saúde sustentável do solo e do subsolo através da implementação de usos e práticas de gestão da terra agroecológicos, com vista a melhorar a prestação de serviços dos ecossistemas à sociedade	14
Benchmarking soil health indicators in Portuguese vineyards: regional insights using SoilGrids data	15
Biodiversidade edáfica em pastagens do Norte de Portugal como <i>baseline</i> para a Diretiva Monitorização do Solo	16
Preliminary results of soil monitoring in ICP Forest Level II plots of the Transform experimental forest plots network	17
Influência da Cobertura do Solo no Armazenamento de Carbono em Espaços Urbanos com <i>Pinus pinea</i>	18
Contributo dos pomares de citrinos e abacateiros como sumidouros de carbono	19
Sistemas agroflorestais de sucessão e qualidade do solo em duas explorações da região Centro de Portugal	20
Do Solo ao Ensino: MOOC interdisciplinar para promover a literacia acerca do solo no ensino superior	21
Laboratório Vivo Luso-Galaico - Solos Saudáveis para a Vinha e Olival	22
Tecnossolos como ferramenta para a sustentabilidade da infraestrutura verde urbana	23
Conservação e Recuperação dos Solos	24
Dinâmica dos sedimentos numa pequena bacia hidrográfica agroflorestal em ambiente Mediterrânico	25
Sistemas radiculares da vegetação herbácea em olivais mediterrânicos e o seu papel na proteção do solo	26
A exposição a pesticidas afeta a estrutura da comunidade bacteriana do solo em campos de trigo? Uma perspetiva de avaliação do risco	27
Remediação de solos contaminados com Cu: efeitos fisiológicos e de expressão genética em <i>Vitis vinifera</i>	28
O Potencial das Espécies Nativas para a Fitorremediação em Solos de Vinhas com Valores Elevados de Cobre e Arsénio	29
Avaliação da qualidade ambiental de solos da região Cusco – Puno (Peru) através de indicadores físico-químicos e microbiológicos	30
Intrusão salina e seus efeitos no solo: Um estudo de caso na região costeira do Sudeste do Brasil	31
Influence of soil pH, sewage sludge stabilization and application rate on metal content in ryegrass (<i>Lolium multiflorum</i>)	32
Assessment of waste-derived amendments for the <i>in situ</i> stabilization of acidic mine soils: effects on soil enzymatic activity and mycorrhizal symbiosis in <i>Cynara cardunculus</i>	33
Avaliação do impacto de práticas agroecológicas na qualidade do subsolo na região Centro de Portugal	34
Aplicação de <i>Chlorella vulgaris</i> ao solo: impacto nas propriedades do solo e atividade bioestimulante	35

Cartografia, Monitorização e Processos do Solo	36
Converting the Soil Classification of Portugal to WRB for soil map updating in mainland Portugal .	37
Variação da profundidade de amortecimento da onda térmica do solo em função do perfil textural e do perfil de humidade do solo	38
Estimativa da capacidade máxima de carbono orgânico associado aos minerais e da saturação de carbono nos solos portugueses com base na INFOSOLO.....	39
O Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (1948 – 2025)	40
Solos Agrícolas do Baixo Mondego: estudo hidropedológico.....	41
Contribuição para a história das Ciências do solo em Portugal (resultados preliminares).....	42
Fertilidade do Solo e Fertilizantes Sustentáveis	43
Valorização agrícola de biochar: efeito na biodisponibilidade em Fósforo	44
Valorização de resíduos agropecuários em solos agrícolas: avaliação integrada dos impactes no solo, ar e água	45
O teor de fósforo do solo poderá ser um fator chave para a gestão sustentável em sistemas mediterrânicos?: resultados preliminares em pastagem em Montado	46
Avaliação do Impacte de Estratégias para Controlo da Perda de Fósforo num Sistema de Produção do Milho Forrageiro	47
Formulação e validação agronómica de fertilizante organomineral baseado em economia circular	48
Avaliação do desempenho agronómico de compostos de jacinto-de-água produzidos pelos projetos BioComp_2.0 e BioComp_3.0	49
Efeito do biochar no pH, Condutividade Elétrica e Cálcio de Troca: Ensaio de Incubação em Solo Ácido	50
Influence of pyrolysis conditions on the physicochemical properties and thermal stability of <i>Acacia spp.</i> biochar.....	51
Sustainable fertilization in lettuce production: effects of pelletized compost and vermicompost derived from vineyard and urban residues on soil fertility.....	52
Recuperação de nutrientes a partir de resíduos orgânicos e o seu papel na fertilidade do solo: contributos para agroecossistemas sustentáveis	53
O fósforo como factor limitante da produtividade dos solos de Portugal: evidência experimental desde o século XIX até à atualidade (resultados preliminares)	54
Qualidade dos compostos de jacinto-de-água: A experiência de 5 anos dos projetos BioComp_2.0 e BioComp_3.0.....	55
Resultados agronómicos de compostos de jacinto de água produzidos pelo projeto BioComp_3.0	56
Desempenho de compostos de jacinto-de-água como corretivos orgânicos em cultura de alface ..	57
Valorização da lã de ovelha para substratos de sementeira	58
Tratamentos Térmicos de Lã de Ovelha para obtenção de Substratos Sustentáveis para a Hidroponia	59
Sludge source influences vermicomposting process and agronomic quality of vine pruning-based amendments.....	60
Composting and vermicomposting of vine prunings and sewage sludge: Effects on final product quality and maturity.....	61
Conservação do Solo e Gestão Sustentável da Paisagem	62
Utilização de corretivos derivados de resíduos no controle da drenagem ácida de solos contaminados por atividades extrativas de pirite	63
Efeito da aplicação de <i>Chlorella vulgaris</i> no controlo de <i>Phytophthora cinnamomi</i>	64
Definição de compartimentos espaciais na vulnerabilidade à poluição por fósforo em arrozais no Vale do Baixo Mondego — uma abordagem composicional.....	65
How do lithology, relief and climate control the spatial distribution of WRB Reference Soil Groups and qualifiers in Portugal?	66
Influência da topografia na composição química do solo em inselbergs do Sudoeste do Brasil.....	67
Efeitos no solo da aplicação de um compostado com bagaço de azeitona num olival em sebe (var. Arbosana).....	68
Compostagem como estratégia para a melhoria da qualidade do solo	69
Solo, inovação e território: contributo dos Polos de Inovação da Região Centro	70

Nota de abertura

Nos últimos anos tem-se assistido a uma crescente preocupação com os sistemas de produção agrícola, com especial ênfase sobre as práticas de gestão com impacto na saúde do solo. Esta preocupação, transversal a consumidores, produtores e outras partes envolvidas, tem justificado um maior interesse no conhecimento de diversos sistemas de produção como, por exemplo, a agricultura biológica, a agricultura de conservação, a agricultura regenerativa, os sistemas agroflorestais e a agroecologia, entre outros.

Independentemente das especificidades de cada um destes sistemas, a sustentabilidade do seu modelo produtivo não pode ser dissociada da necessidade de garantir a saúde do solo que o sustém. Nesta perspetiva, a Sociedade Portuguesa das Ciências do Solo (SPCS) procura dar especial ênfase à "Gestão sustentável do solo - base de agroecossistemas saudáveis", propondo este tema para o Encontro Anual das Ciências do Solo 2026.

O Encontro Anual das Ciências do Solo 2026, realizado entre 1 e 3 de julho, na Escola Superior Agrária de Coimbra, reúne os trabalhos científicos apresentados pelos participantes, organizados de acordo com as áreas temáticas que estruturam o programa do Encontro:

- Saúde do Solo, Carbono e Serviços dos Ecossistemas
- Conservação e Recuperação dos Solos
- Cartografia, Monitorização e Processos do Solo
- Conservação do Solo e Gestão Sustentável da Paisagem

Aqui fica expresso o agradecimento a todos os autores e uma palavra de apreço pelo conjunto diversificado de estudos que refletem o dinamismo da investigação desenvolvida na área das Ciências do Solo e que contribuirão para estimular a partilha de conhecimento, a discussão científica e o fortalecimento da colaboração entre investigadores, técnicos e profissionais.

Coimbra, 1 a 3 de julho de 2026

A Comissão Organizadora

Oradores Convidados

Atualização e Harmonização da Cartografia de Solos na Escala 1:100 000 em Portugal: função dos legados de informação e das unidades de terra

Manuel Madeira^{1,2*}, Samuel Guerreiro^{3,4}, Pedro Arsénio^{2,3}, Vasco Florentino⁵

¹Centro de Estudos Florestais (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

²Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

³LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁴Instituto Politécnico de Santarém, Escola Superior Agrária, Quinta do Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, Portugal

⁵Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

* mavmadeira@isa.ulisboa.pt

Resumo

A utilização de cartas de solos é amiúde limitada pela desatualização, heterogeneidade ou reduzida funcionalidade da informação. Neste estudo descreve-se o processo de atualização e harmonização da cartografia dos solos de Portugal Continental, na escala 1:100 000, usando o sistema WRB. No Continente, a cartografia de solos é inconsistente quanto aos sistemas de classificação (nacional vs. WRB), à escala (1:25 000 vs. 1:100 000), e às metodologias cartográficas. Adicionalmente, na cartografia na escala 1:25 000 verifica-se grande insuficiência de caracterização das unidades de solo, pois muitas delas não são definidas ou são definidas por critérios subjetivos ou pela aplicação incorreta de critérios de diagnóstico.

A abordagem proposta para a referida atualização e harmonização integra legados de informação do solo com unidades de terra (UTs) delineadas a partir de fatores de formação do solo. Na globalidade da área de trabalho (47555 km²; 55,3% do Continente), o procedimento seguido implicou a seguinte sequência de fases de trabalho: (i) delineamento de UTs pela interseção de dados climáticos, litológicos e de relevo; (ii) compilação e validação do legado de perfis do solo; (iii) conversão da legenda da carta 1:25 000 (Classificação dos Solos de Portugal) no sistema WRB; (iv) classificação de solos de acordo com a WRB, e definição de unidades cartográficas de solos baseadas na proporção de unidades de solos em cada UT.

Foram delineadas 491 UTs na globalidade da área de estudo. A litologia emergiu como um fator essencial na distribuição dos Grupos de Solos de Referência na paisagem, ao passo que o relevo e o clima controlam principalmente os qualificadores-chave referentes à espessura, textura, drenagem, retenção de água, reação e teor de carbono do solo. Apesar da sua menor escala, a carta de solos na escala 1:100 000 fornece informação funcionalmente mais relevante e interoperável do que a carta na escala 1:25 000. O adensamento de informação é necessário para melhorar a conversão referida e aumentar o rigor da respetiva cartografia.

A abordagem revela-se adequada ao propósito de melhoria da informação sobre o solo, apoiando decisores e a gestão sustentável da terra, em condições de escassez de dados.

Palavras-chave: cartografia digital; fatores de formação do solo; legados de informação de solos; Classificação dos Solos de Portugal; Sistema WRB; unidades cartográficas de solos

**Saúde do Solo,
Carbono
e
Serviços dos
Ecossistemas**

Soil organic carbon dynamics in the sandy soils of Pinhal de Leiria

João Antunes^{1,2*}, Ana Paz², João Neto², Maria Bicho² e Paula Alvarenga¹

¹ LEAF —Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, School of Agriculture, University of Lisbon, Lisboa, Portugal

² National Institute for Agricultural and Veterinary Research (INIAV), Soil Lab, Oeiras, Portugal

⁴MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute

* joao.antunes@iniav.pt

Abstract

Soil organic carbon (SOC) is the largest terrestrial carbon reservoir and is a central component for climate regulation and soil ecosystem functioning. Despite its importance, land-use change has led to substantial SOC losses, estimated to be responsible for about one third of cumulative anthropogenic greenhouse gas emissions.

The Pinhal de Leiria forest comprises a 10.000 ha coastal area in Portugal that has been continuously forested for several centuries. Despite recent forest fires, the soil has maintained vegetation cover and supports natural regeneration. The soils are texturally uniform sandy soils, classified as Arenosols, Protospodic Arenosols, and Podzols. The latter two soil types are of particular interest due to their increased carbon retention in subsurface illuvial horizons, typically below 50 - 100 cm depth. However, the mechanisms of SOC retention and stabilization in sandy soils is poorly understood.

Soil organic carbon comprises fractions with varying degrees of stability, including stabilized fractions associated with silt and clay particles and with microaggregates, as well as other more labile forms. This study aims to assess the dynamics of SOC and its fractions across soil types and characteristic horizons, including mineral-associated organic carbon (MAOC), which is linked to the clay and silt particles, the particulate organic carbon (POC) representing relatively undecomposed organic matter, and permanganate oxidizable carbon (POXC), the most reactive fraction, which encompasses organic matter with varying degrees of lability.

Soil samples were collected from multiple horizons, at 21 soil profiles, and analysed for their SOC and SOC fractions. The relationship between SOC and SOC fractions, across different soil types and horizons, was assessed. The results obtained for SOC were also compared with historical data from a survey conducted, approximately, 15 years earlier, to evaluate potential temporal changes in SOC in soils under long-term forest management. The results highlight the importance of soil types, with subsurface SOC accumulation, and of land-use practices, in maintaining and increasing SOC stocks.

Keywords: Arenosols; Podzols; Soil Organic Carbon; SOC fractions; SOC retention

O papel dos solos de espaços verdes urbanos no armazenamento e na dinâmica do carbono: contributos do projeto GreenCities

Zulimar Hernández¹, Tomás de Figueiredo^{1*}, António Dinis Ferreira² e Carla Sofia Santos Ferreira^{2,3}

¹ Centro de Investigação de Montanha (CIMO, Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

² Centro de estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

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

* tomasfig@ipb.pt

Resumo

Os espaços verdes das cidades, enquanto fragmentos não impermeabilizados das áreas urbanas, preservam, com maior ou menor grau de perturbação, as funções do solo nos ecossistemas, num contexto que dominantemente as anula sob o edificado. Alinhado com as preocupações emergentes, refletidas na Lei da Monitorização da Saúde do Solo, e no âmbito da sua implementação no espaço europeu, o projeto GreenCities (*Mitigating Climate Change Through Urban Green Spaces: Nature-Based Solutions for Carbon-Neutral Cities*) tem como objetivo avaliar a dinâmica do carbono no *continuum* solo-planta-atmosfera em diferentes tipologias de espaços verdes urbanos. Pretende-se, assim, aprofundar o conhecimento sobre o papel destes sistemas na retenção e sequestro de carbono, bem como identificar o seu potencial enquanto soluções de base natural que contribuam para o cumprimento das metas de neutralidade carbónica nas cidades. É objetivo do presente trabalho apresentar os elementos fundamentais da abordagem adotada no projeto, e os aspetos mais salientes das metodologias aplicadas e dos resultados já obtidos no que diz respeito à avaliação do carbono no solo. Definiram-se 4 espaços verdes exemplares da cidade de Coimbra nos quais serão aplicadas metodologias de estimativa remota e de base cartográfica de parâmetros da vegetação e do solo, a serem calibradas com informação de terreno obtida em campanhas de amostragem, de modo a quantificar os stocks de carbono no solo e das emissões de CO₂, em função da tipologia e composição das comunidades vegetais presentes. Os resultados das atividades em curso correspondem à fase de caracterização e tipificação dos espaços verdes, com base cartográfica. Espera-se que os resultados do projeto em curso contribuam para estabelecer protocolos de avaliação e valores de referência de carbono em compartimentos do sistema e seus fluxos de transferência, nas tipologias de espaços verdes identificadas. O projeto espera ainda que estes elementos possam ser transferíveis para outros contextos urbanos.

Palavras-chave: espaços verdes urbanos; carbono no solo; sequestro de carbono, soluções baseadas na natureza, neutralidade carbónica das cidades

The Carbon Illusion: How Machine Learning Decodes the Paradox of Fire-Driven Organic Matter Gain and Carbon Stock Loss in Cork Oak Forests

Yacine Benhalima^{1*}, Erika S. Santos^{1,2} Diego Arán^{1,2}

¹ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal.

² Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisbon, Portugal

* yacinebenhalima@isa.ulisboa.pt

Abstract

Fire is considered as the primary disturbance capable of shifting forests from net C sink to source, yet long-term post-fire recovery remains a subject of controversy, particularly regarding the interplay between fire severity and fire history.

This study quantified soil C stock bulk density and total C in cork oak forests southern Portugal affected by two fires in 2012 and 2004 under two medium and low fire severity. Sampling was conducted to 25 cm depth across 145 plots distributed among three scenarios: unburned, burned 11 and 19 years prior. A robust modelling framework combining feature selection methods (FFS Boruta, and VIF) with machine learning algorithms (RF, MLR, SVR, and XGBoost) was applied to identify key predictors. The changes were assessed for the differences across fire history and severity classes. Results showed that, among all tested combinations, SVR-FFS achieved the highest predictive performance. Bulk density was primarily driven by aspect, eastness, Band 8 and NBR2 and averaged 1.50 g cm^{-3} in unburned soils. However, values declined in burned areas particularly under medium severity reaching 1.39 g cm^{-3} after 11 years. By 19 years, values increased slightly to 1.43 g cm^{-3} , though they remained below pre-fire levels.

Total C was on average 20.78 g kg^{-1} in unburned soils, and was mainly driven by GNDVI, bulk density, and surface temperature. These values increased under medium severity reaching particularly under medium severity, reaching 22.65 and 24.42 g kg^{-1} after 11 years and 23.45 and 26.00 g kg^{-1} after 19 years for low and medium severity, respectively.

Contrarily, predicted C stock averaged 3.97 kg m^{-2} , and was primarily driven by total C, northness, elevation, GNDVI, and temperature seasonality and declined following fire, reaching 3.69 and 3.41 kg m^{-2} for low- and medium-severity respectively, 11 years after burning. 19 years after fire, low-severity sites showed partial recovery (3.77 kg m^{-2}), while medium-severity plots remained largely unchanged. These findings reveal that fire stimulates organic matter inputs that elevate total C concentrations, yet simultaneously reduces bulk density, resulting in a net decrease in C stock.

Keywords: C stock; digital soil mapping; machine learning; postfire.

SUS-SOIL- Promoção da saúde sustentável do solo e do subsolo através da implementação de usos e práticas de gestão da terra agroecológicos, com vista a melhorar a prestação de serviços dos ecossistemas à sociedade

Mauro Nereu^{1,2*}, Carlos Borralho^{1,2}, Alexandros Tataridas^{1,2}, Miguel Moreira^{1,2}, Helena Freitas^{1,2,3}

¹ Centre for Functional Ecology (CFE), Associate Laboratory TERRA, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

² FAST- Forum for Agroecological Studies and Transitions, CFE, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

³ UNESCO Chair on Biodiversity Safeguard for Sustainable Development, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

* mnereu@uc.pt

Resumo

De acordo com a Estratégia Europeia para os Solos, cerca de 60 a 70 % dos solos da União Europeia não são saudáveis e sofrem processos de degradação severa. Os processos de degradação que afetam principalmente os solos superficiais estão também a comprometer a saúde do subsolo, reduzindo a prestação de serviços dos ecossistemas. No entanto, o conhecimento sobre o subsolo é escasso, apesar da sua relevância.

O SUS-SOIL é um projeto que adota uma abordagem multidisciplinar e que irá desenvolver um conjunto de 15 Laboratórios Vivos de Subsolo (LLs) para inventariar, analisar e comparar diferentes práticas de gestão agroecológica do subsolo (ASM) e usos do solo, bem como os seus impactos nas variações espaciais e dinâmicas do subsolo, de modo a melhor combinar práticas ASM em áreas rurais e urbanas num contexto regional global.

Atualmente o projeto está a recolher amostras de solo e subsolo no Living Lab da Região Centro de Portugal e pretende dar a conhecer o projeto e os primeiros resultados, resultados esses que constituirão um ponto de partida para aumentar a consciencialização dos gestores do território e das autoridades públicas sobre as ameaças e riscos do subsolo, apoiar a transformação agroecológica da UE abordando o subsolo e aumentando a prestação de serviços dos ecossistemas, promover a segurança hídrica e a mitigação das alterações climáticas nos ecossistemas rurais e urbanos.

Palavras-chave: Agroecologia; Ecossistemas; Gestão da terra; Saúde do solo; Sustentabilidade

Benchmarking soil health indicators in Portuguese vineyards: regional insights using SoilGrids data

Victoria Garbayo^{1*}, João Santos², Ruth Pereira¹

¹ GreenUPorto/Inov4Agro, Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto

² Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences, Institute for Innovation, Capacity Building, and Sustainability of Agri-Food Production, University of Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal

* victoria.santos@fc.up.pt

Resumo

Soil degradation poses a significant threat to agricultural productivity and economic sustainability, making it urgent to monitor and evaluate the status of soil health indicators and aim for the sustainable use of agricultural soil. This study focuses on the state of continental Portuguese vineyard soils distributed across 12 wine-making regions. Using publicly available data, preliminary results show the range of indicators such as soil organic carbon (SOC), SOC/Clay ratio, nitrogen content in soil, bulk density and soil acidity (pH) in soils of vineyard areas as predicted by the SoilGrids database. Under the scope of the Strenght4WineChain (NORTE2030-FEDER-01786100) project, to aid in the creation of a framework for regional assessments, site and land use-specific thresholds for the available indicators in the distinct wine-making regions were calculated: the 0.125 and the 0.875 quantiles defined the lower and upper benchmarks, respectively. For SOC, a “target value” was defined as the median of the upper 10% (the 0.95 quantile) of values predicted for a given region, representing an ambitious, yet reachable goal for that specific environment. These insights remain preliminary, since advances must still be made to regionally validate the global SoilGrids model for the unique conditions of Portuguese vineyard soils. Future research should also focus on pairing the obtained soil data with historical and future climate information to identify regions at the highest risk for degradation.

Palavras-chave: Soil health benchmarking; soil organic carbon (SOC); SoilGrids; sustainable land management

Acknowledgments: This work was funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) through the Strenght4WineChain project (NORTE2030-FEDER-01786100) and by the strategic project UID/05748/2025 (GreenUPorto/INOV4AGRO, <https://doi.org/10.54499/UID/05748/2025>).

Biodiversidade edáfica em pastagens do Norte de Portugal como *baseline* para a Diretiva Monitorização do Solo

Susana Mendes^{1,2*}, Sofia R. Costa⁴, Concha Cano-Díaz¹, Paulo Fernandes^{1,3}, Rui P. Carvalho⁴, A. Carolina Duarte⁴, Carlos A. Guerra^{5,6}

¹ CISAS – Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Agroalimentares e Sustentabilidade, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal

² Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Rua D. Mendo Afonso, 147 Refóios do Lima 4990-706 Ponte de Lima, Portugal

³ Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Avenida do Atlântico, n.º 644 4900-348 Viana do Castelo, Portugal

⁴ CBMA – Centro de Biologia Molecular e Ambiental, Departamento de Biologia, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

⁵ CEGOT - Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Colégio de S. Jerónimo, 3000-143 Coimbra, Portugal

⁶ Departamento de Geografia e Turismo, Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra, Largo da Porta Férrea, 3004-530 Coimbra, Portugal

* smendes@esa.ipv.pt

Resumo

A Diretiva relativa à monitorização e resiliência dos solos inclui a biodiversidade edáfica nos descritores da saúde do solo a monitorizar pelos Estados-Membros, exigindo dados de referência ainda escassos em Portugal. No âmbito do projeto SoilReCon, este estudo caracterizou a biodiversidade edáfica das pastagens permanentes do Norte de Portugal, comparando-a com outros usos do solo para identificar o seu contributo único para a saúde do solo.

Foram colhidas 406 amostras em seis usos do solo (urbano, pastagens, agricultura anual e permanente, floresta natural e exóticas) na região Norte, e analisados 126 parâmetros físicos, químicos e biológicos (matéria orgânica, biomassa microbiana, respiração basal, minhocas, nemátodes), incluindo diversidade microbiana por *metabarcoding* (16S rRNA para bactérias e 18S rRNA para fungos, protistas e invertebrados). A contribuição do uso do solo face a gradientes climáticos, topográficos e de acessibilidade foi também avaliada.

As pastagens apresentaram teores mais elevados de matéria orgânica, bem como uma maior biomassa microbiana (+34%) e respiração basal (+38%), em comparação com os restantes usos do solo. A riqueza fúngica foi significativamente superior ($p < 0,001$), bem como a abundância de fungos micorrízicos arbusculares (2,5× superior), decompositores fúngicos e fixadores biológicos de azoto. A diversidade bacteriana revelou-se extremamente elevada em todos os sistemas. Detetou-se uma rede trófica de nemátodes enriquecida e estruturalmente complexa, apesar da ausência de predadores de topo, e maior pressão potencial de fitopatogénios. O clima surge como principal *driver* da variação, mantendo o uso do solo um efeito próprio consistente.

As pastagens funcionam como *hotspots* de biodiversidade edáfica, sustentando uma cascata biológica que vai da matéria orgânica aos decompositores, à biomassa microbiana, à respiração e à mineralização, apesar das vulnerabilidades fitossanitárias e simplificação da teia trófica.

Os dados constituem valores *baseline* essenciais para o cumprimento da Diretiva Monitorização do Solo e fundamentam a proteção e gestão ativa das pastagens permanentes.

Palavras-chave: biomassa microbiana; Diretiva Solos Saudáveis; *metabarcoding*; micorrizas arbusculares; nemátodes

Preliminary results of soil monitoring in ICP Forest Level II plots of the Transform experimental forest plots network

Jorge Delgado Nunes^{1*}, Nuno Cortez¹, Carlos Alexandre², Susana Barreiro¹, Margarida Tomé¹

¹ Centro de Estudos Florestais, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

² MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7000-554 Évora, Portugal

* jorgednunes@isa.ulisboa.pt

Abstract

The Transform P1.3 REF “Network of experimental forest plots” project established a network of permanent plots covering the primary forest species and associated silvicultural systems in Portugal. The project will also provide complementary data to that of the National Forest Inventory, enabling Portugal to join the European network of ICP Forest plots and make data available to the national and European scientific communities on the state of Portuguese forests. ICP Forests monitors the influence of air pollutants, climate change and other stressors on the condition of forest ecosystems at two levels of monitoring intensity.

Seven ICP Level II plots were installed under the supervision of ISA. There are four plots of maritime pine, two of cork oak, and one of Portuguese oak. For this type of plots, a pedological characterization and soil sampling at fixed depths are mandatory. In the border areas of each plot, a soil profile was opened, and samples were collected from each horizon for physicochemical characterization. The soil classification followed the World Reference Base for Soil Resources (WRB) 2022. Sampling was also carried out in each plot at depths of 0–10, 10–20, 20–40, and 40–80 cm. Organic and mineral layers were collected at 24 sampling points spaced 5 m apart. Four composite samples were formed for each plot, resulting from the combination of six different sampling points.

This work presents the initial soil monitoring values for these plots according to the following set of parameters:

Carbon and nitrogen - Ct_{tot}, Nt_{tot};

Nutrients - P, Ca, Mg, K, S, Mn;

Acidity, Exchange characteristics -pH, Carbonates, CEC, BS, Exchangeable cations, Exchangeable Acidity, (A_{lox} and Fe_{ox} - organic layers only)

Heavy metals - Pb, Cu, Zn, Cd, Cr, Ni, Hg

Physical soil parameters - Particle size distribution and soil texture, Organic layer mass.

Keywords: ICP_Forest; Permanent plots; Transform network; soil monitoring

This work obtains total or partial finance from Agenda Transform, project no. C644865735-00000007, following the Mobilization Agendas for Business Innovation (Notice No. 02/C05-i01/2021), supported by the Recovery and Resilience Plan (PRR) and European Funds NextGeneration EU.

Influência da Cobertura do Solo no Armazenamento de Carbono em Espaços Urbanos com *Pinus pinea*

Pedro Matias^{1,2,3,4*}, Ana Rita Trindade^{1,2}, Vera Simões⁴, Carlos Guerrero^{1,2}, Manuela Moreira da Silva^{3,4,5}, Amílcar Duarte^{1,2}

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

² MED – Instituto Mediterrânico para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE – Instituto para a Mudança Global e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

³ CIMA/ARNET – Centro de Investigação Marinha e Ambiental / Rede de Investigação Aquática, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

⁴ Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Campus da Penha, 8005-139 Faro, Portugal

⁵ CEiiA – Centro de Engenharia e Desenvolvimento, Av. D. Afonso Henriques 1825, 4450-017 Matosinhos, Portugal

* pmmatias@ualg.pt

Resumo

A gestão de solos urbanos pode desempenhar um papel relevante na resposta às alterações climáticas, sobretudo através do reforço das funções ecológicas do solo. Apesar dos solos serem um dos maiores reservatórios de carbono à escala global, muitos espaços verdes urbanos não tiram pleno partido desse potencial devido a práticas que reduzem a acumulação de matéria orgânica à superfície.

Neste estudo, analisaram-se três áreas próximas entre si, com pinheiro-mansinho (*Pinus pinea*), e sujeitas a diferentes práticas de manutenção: (1) remoção sistemática da biomassa vegetal; deixando o solo exposto; (2) acumulação natural de biomassa vegetal; e (3) acumulação de biomassa vegetal combinada com a vegetação arbustiva espontânea. Foram recolhidas amostras de solo em duas profundidades (0-20 cm e 20-50 cm), em dois anos consecutivos. Para estimar o armazenamento de carbono nas frações lábil, intermédia e recalcitrante, usou-se o método de perda por ignição a 400, 600 e 850 °C, respetivamente.

Os resultados evidenciam que a remoção sistemática da biomassa vegetal está associada a alterações nas propriedades químicas do solo. Em contrapartida, a manutenção da folhada foi associada a pH do solo mais baixo e a uma maior fração de carbono lábil.

De forma geral, o estudo sugere que práticas menos intervencionistas, que permitem a acumulação natural de biomassa vegetal, podem reforçar o desempenho ecológico dos solos. Além disso, essas práticas aumentam o contributo dos espaços verdes urbanos para o armazenamento de carbono no solo e, consequentemente, para a mitigação das alterações climáticas.

Palavras-chave: Adaptação às alterações climáticas; carbono orgânico do solo; pinheiro-mansinho; gestão do solo; serviços ecossistémicos

Contributo dos pomares de citrinos e abacateiros como sumidouros de carbono

Ana Rita Trindade^{1,2*}, Pedro Matias^{1,2,3,4}, Sílvia Lisboa^{1,2}, Catarina Viana^{1,2,5}, Angélica Mendonça⁶,
Diamantino Trindade⁷, Luísa Coelho⁵, Carlos Guerrero^{1,2}, Amílcar Duarte^{1,2}

¹ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

² MED – Instituto Mediterrânico para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE – Instituto para a Mudança Global e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

³ CIMA/ARNET – Centro de Investigação Marinha e Ambiental / Rede de Investigação Aquática, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

⁴ Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve, Campus da Penha, 8005-139 Faro, Portugal

⁵ Greencolab, Associação Oceano Verde, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Ed. 2-Gab 2.1, 8005-139 Faro, Portugal

⁶ Frusoal, Sítio das Cevadeiras, apartado 57, 8901-907 Vila Nova de Cacela, Vila Real de Santo António

⁷ Mil Plantas, Sítio Vale da Rosa, 8005-449, Estoi, Faro

* artrindade@ualg.pt

Resumo

A produção alimentar tem sido tradicionalmente associada à emissão de gases com efeito de estufa, sobretudo dióxido de carbono (CO₂). No entanto, as culturas permanentes podem desempenhar um papel relevante na mitigação das alterações climáticas, especialmente quando geridas com práticas que promovem a conservação do solo.

Em algumas culturas, como os citrinos, o uso de herbicidas nas linhas de plantação continua a ser frequente. Em contraste, o abacateiro apresenta uma particularidade importante: a queda contínua de folhas secas forma uma camada natural de *mulching*. A longo prazo, esta cobertura orgânica reduz o crescimento de infestantes, podendo dispensar o uso de herbicidas, e tende a expandir-se com o desenvolvimento das árvores, cobrindo progressivamente todo o solo do pomar. Assim, pomares adultos e geridos com práticas regenerativas podem atuar como sumidouros de carbono.

Para avaliar o contributo destas culturas no armazenamento de carbono orgânico no solo, monitorizaram-se pomares de citrinos e de abacateiro localizados próximos entre si, permitindo a comparação sob condições ambientais semelhantes. Em cada pomar, foram recolhidas amostras de solo às profundidades de 20 e 50 cm, na linha de plantação e na entrelinha. As amostras foram secas a 105 °C, peneiradas a 2 mm e submetidas a incineração a 400 °C para determinação da fração lábil do carbono orgânico.

Os resultados indicam que o solo do pomar de abacateiros apresenta, em média, teores de carbono orgânico mais elevados do que o de citrinos, sendo os valores máximos registados na linha, associados à presença contínua de *mulching*. Nos citrinos, os teores mais baixos ocorrem na linha e os mais elevados na entrelinha, onde a vegetação espontânea e os resíduos de poda triturados favorecem a acumulação de matéria orgânica.

Este estudo demonstra que o armazenamento de carbono depende da espécie e da gestão da cobertura do solo, variando entre linha e entrelinha.

Palavras-chave: Alterações climáticas; *Citrus*.; gestão do pomar; matéria orgânica do solo; *Persea americana*

Sistemas agroflorestais de sucessão e qualidade do solo em duas explorações da região Centro de Portugal

Pedro R. Soares^{1,2}, Fernando Amaral³, Pedro Mendes-Moreira³, André Pereira³, Lyudmyla Symochko^{4,5}, Coen Ritsema¹, and Luuk Fleskens¹, Carla Ferreira^{2,6,*}

¹ Soil Physics and Land Management Group (SLM), Wageningen University & Research, P.O. Box 47, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

² Instituto Politécnico de Coimbra, Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

³ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

⁴ Universidade de Coimbra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Centro de Ecologia Funcional, Departamento de Ciências da Vida, Martim de Freitas Str., 3000-456, Coimbra, Portugal

⁵ Institute of Agroecology and Environmental Management, Metrologichna Str. 12, 03143 Kyiv, Ukraine

⁶ Instituto Politécnico de Coimbra, Instituto de Investigação Aplicada, Rua da Misericórdia, Lagar dos Cortiços-S. Martinho do Bispo, 3045-093 Coimbra, Portugal

* carla.ferreira@ipc.pt

Resumo

Os sistemas agroflorestais de sucessão (SAF) têm sido apontados como estratégia promissora para aumentar a sustentabilidade agrícola, promovendo biodiversidade, ciclagem de nutrientes e melhoria da qualidade do solo. Contudo, a evidência científica em condições mediterrânicas permanece limitada. Este estudo avaliou o efeito de SAF nas propriedades do solo e no desempenho do milho em duas explorações agrícolas do centro de Portugal (Coimbra e Santarém), comparando-os com parcelas adjacentes de monocultura de milho. Em ambas as localizações, foram comparados SAF instalados em 2019 com parcelas de monocultura. Recolheram-se amostras de solo às profundidades 0–20 e 20–40 cm para análise de matéria orgânica do solo (MO), pH, condutividade elétrica, capacidade de retenção de água e bases de troca. Avaliaram-se ainda crescimento e produtividade do milho, bem como macrofauna superficial do solo por armadilhas *pit-fall*. Os resultados evidenciaram respostas dependentes do contexto edafoclimático e da gestão agrícola. Em Coimbra, o SAF apresentou +53% de MO na camada superficial (3,63% vs. 2,37%), maior capacidade de retenção de água, pH mais elevado e maiores teores de K⁺ e Mg²⁺. Em Santarém, também se observaram maiores teores de K⁺ e maior abundância de macrofauna edáfica no SAF. Em ambas as explorações, o milho apresentou menor crescimento e produtividade nos SAF relativamente às monoculturas. Os ganhos observados na qualidade do solo sugerem que os SAF favorecem processos regenerativos associados à cobertura orgânica, menor mobilização do solo e maior diversidade vegetal. Contudo, a redução produtiva do milho poderá resultar de competição por luz, água e nutrientes de sistemas com 5 anos de idade, sugerindo que o milho deva ser instalado em estados mais iniciais da sucessão ecológica. Conclui-se que os SAF apresentam potencial para regeneração do solo em ambiente mediterrânico, embora necessitem de ajustamentos de configuração e gestão do sistema, para conciliar benefícios ecológicos e produtividade agrícola.

Palavras-chave: agrofloresta; matéria orgânica; milho; solo; sustentabilidade

Do Solo ao Ensino: MOOC interdisciplinar para promover a literacia acerca do solo no ensino superior

Ana Isabel Machado^{1*}, Ana Rita M. Rodrigues¹, Lemerson O. Brasileiro¹, Sónia M. Rodrigues¹

¹ Departamento de Ambiente e Ordenamento, Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

* a.i.machado@ua.pt

Resumo

A crescente necessidade de reforçar a literacia acerca do solo nos *curricula* do ensino superior contrasta com a sua reduzida visibilidade em percursos académicos fora das áreas das ciências do solo. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver um Massive Online Open Course (MOOC), no âmbito do projeto europeu CURIOSOIL (curiosoil.eu) coordenado pela Universidade de Aveiro, como um recurso educativo digital dirigido a estudantes universitários, visando promover uma educação mais abrangente, acessível e interdisciplinar sobre o solo.

O MOOC foi desenvolvido colaborativamente, integrando aprendizagem ativa, narrativa educativa e conteúdos científicos acessíveis. Promove a reflexão crítica e a articulação entre ciência, responsabilidade individual e ação coletiva. A organização dos conteúdos segue os domínios e subdomínios da *Soil Literacy Assessment Framework* (SLAF) do CURIOSOIL, assegurando o alinhamento entre objetivos de aprendizagem, conteúdos e atividades. O curso encontra-se estruturado em quatro módulos: (i) *Soil Services: What's Your Connection?*, centrado nos serviços do solo e na sua relação com o quotidiano; (ii) *Soil Diversity: How Does It Form and Shape Life Above and Below Ground?*, dedicado à diversidade, formação e funções dos solos; (iii) *Soil Threats & Solutions*, que aborda ameaças e soluções; e (iv) *Seeds of Change*, focado na reflexão crítica e na ação. No seu conjunto, integra exemplos aplicados e atividades reflexivas, constituindo um recurso digital modular, aberto e adaptável.

O MOOC enquadra o solo como um tema multidimensional, articulando conhecimento científico, consciência ambiental e responsabilidade social. A SLAF confere coerência à estrutura do curso. A abordagem interdisciplinar promove o envolvimento de estudantes de diferentes áreas, incluindo aqueles sem formação prévia em ciências do solo. O MOOC constitui um contributo relevante para o reforço da literacia do solo no ensino superior, com potencial de adaptação a diferentes contextos educativos europeus.

Palavras-chave: Ensino Superior; Literacia do Solo; MOOC; Saúde do Solo; Soil Literacy Assessment Framework (SLAF)

Laboratório Vivo Luso-Galaico - Solos Saudáveis para a Vinha e Olival

Marta Roboredo^{1*}, Ana Maria Coimbra¹, Leonor Pereira¹, Jorge Domínguez², Inés M. Alonso-Crespo², Ruth Pereira³, Verónica Nogueira³, Susana Pereira⁴, João Coutinho⁵, Cristina Carlos¹

¹ Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, CITAB, Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

² Departamento de Ecoloxía, Grupo de Ecoloxía Animal (GEA), Universidade de Vigo, Vigo, 36310, Galiza, Espanha

³ GreenUPorto & Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

⁴ CEG, Universidade de Lisboa, CEGOT, Dpto. de Geografia, FLUP, Universidade do Porto 4150-564 Porto, Portugal

⁵ Centro de Química, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real, Portugal

* roboredo@utad.pt

Resumo

O projeto LivingSoiLL, com início em junho de 2024 e a duração de 54 meses, enquadra-se nos objetivos da Missão Solo ao estabelecer 5 laboratórios vivos distribuídos por 5 países, Portugal, Espanha, França, Itália e Polónia, focados em solos de culturas permanentes. Destes, faz parte o Laboratório Vivo Luso-Galaico (LL-LG), que abrange a Galiza (Espanha) e Norte de Portugal e se centra em duas culturas principais: vinha e olival. A diversidade agrícola e edafo-climática exige adaptação específica, e através do envolvimento de atores locais na co-criação e co-implementação, serão testadas práticas inovadoras para melhorar a saúde do solo. Os esforços de investigação centram-se em 19 locais experimentais, 13 em Portugal (vinha e olival) e 6 na Galiza (vinha), recorrendo a metodologias normalizadas de monitorização, destinadas a disponibilizar dados relevantes e comparáveis para uma melhor compreensão da saúde dos solos europeus. Para a avaliação da saúde do solo foi selecionada uma lista de 18 indicadores, entre os quais parâmetros físicos e químicos gerais (granulometria, carbono orgânico, teores de nutrientes e metais, densidade aparente), pesticidas, metagenómica (biodiversidade) e taxa de erosão. O Laboratório Vivo Luso-Galaico iniciou com a caracterização dos locais experimentais (baseline) e identificação das ameaças à saúde do solo. Seguiu-se uma discussão de co-criação das práticas de gestão a adotar e a sua implementação. A monitorização anual dos indicadores de saúde do solo está a ser realizada para avaliar o impacto das práticas de gestão do solo aplicadas, prolongando-se até ao termo do projeto, com o objetivo final de não só estabelecer 4 “explorações farol” como locais demonstrativos das boas práticas de gestão do solo na vinha e olival, mas também envolver agricultores, consultores, empresas, decisores políticos, academia e cidadãos. O projeto pretende ainda contribuir para recomendações políticas sobre as boas práticas de gestão do solo em culturas permanentes.

Palavras-chave: co-criação; monitorização; práticas inovadoras; saúde do solo

Tecnossolos como ferramenta para a sustentabilidade da infraestrutura verde urbana

Diego Arán^{1,2*}, Yacine Benhalima¹, Erika S. Santos^{1,2}

¹ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

² Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

* diegoaran@isa.ulisboa.pt

Resumo

O crescimento populacional e o limitado planeamento urbanístico intensificam as pressões sobre as cidades, levando a desafios ambientais. A infraestrutura verde urbana é uma rede de espaços e soluções naturais com o objetivo de melhorar a qualidade ambiental, a resiliência climática e o bem-estar das populações. Contudo, para a sua implementação e manutenção existem preocupações com a obtenção de solos ou substratos, estabilidade na disponibilidade de nutrientes ou da integração do funcionamento ecossistémico. Este estudo avaliou o desempenho de um Tecnossolo, derivado de resíduos, como substrato alternativo para áreas verdes urbanas com o objetivo de melhorar a sustentabilidade do solo urbano. O ensaio estabeleceu-se numa área verde de Lisboa (Freguesia da Ajuda), comparando o Tecnossolo obtido com um substrato convencional através das suas propriedades físico-químicas, dinâmica de nutrientes e indicadores biológicos durante 30 meses. O Tecnossolo aumentou a fertilidade e disponibilidade de nutrientes. Além disso, demonstrou potencial como solução para a resiliência climática, visto ter aumentado o teor de carbono estável armazenado (carbono em formas recalcitrantes). A nível de fertilidade, a aplicação do Tecnossolo conferiu pH neutro, elevada capacidade de troca catiónica ($CTC=24.1 \text{ cmolc/kg}$), adequada razão Ca/Mg (≈ 2) e manutenção da disponibilidade de nutrientes ao longo do tempo, favorecida pelos níveis elevados de fosfatase, celulase e urease. Os Tecnossolos apresentaram baixa densidade aparente, elevada porosidade total (71%) e textura franca, permitindo um bom desenvolvimento radicular. Por outro lado, a aplicação do substrato convencional contribuiu para condições neutras, aumento da concentração inicial de nutrientes, que não se mantiveram ao longo do tempo, baixos teores de C e N, desequilíbrios nutricionais e baixa CTC (3 cmolc/kg). O solo urbano com o substrato convencional apresentou uma dinâmica funcional instável, estimulada apenas pela atividade da desidrogenase e maior biomassa microbiana. Os Tecnossolos derivados de resíduos demonstraram um desempenho significativo ao longo do tempo, sendo uma ferramenta adequada para a sustentabilidade do solo na infraestrutura verde urbana.

Palavras-chave: Tecnossolos, valorização de resíduos, áreas verdes

Conservação e Recuperação dos Solos

Dinâmica dos sedimentos numa pequena bacia hidrográfica agroflorestal em ambiente Mediterrânico

António Canatário Duarte^{1,2*}, Carla Ferreira^{3,4}, Giuliano Vitali⁵, Assia Meziani⁶, Cláudia Vitória^{1,2}

¹ Instituto Politécnico de Castelo Branco, Escola Superior Agrária, 6000-084 Castelo Branco, Portugal

² CERNAS-IPCB, Research Centre for Natural Resources, Environment and Society, Polytechnic University of Castelo Branco, 6001-909 Castelo Branco, Portugal

³ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

⁴ Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, IPC, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

⁵ Department of Agri-Food Science and Technology, University of Bologna, Italy

⁶ Hydraulic and Civil Engineering Department, Faculty of Technology, University of El-Oued, Algeria

* acduarte@ipcb.pt

Resumo

A bacia hidrográfica em estudo localiza-se no concelho de Idanha-a-Nova e apresenta uma área de 190 ha. O relevo é suave, com declives até 10%, predominando valores entre 2 e 4%. A drenagem é assegurada por uma rede de linhas de água tributárias de um curso principal de 3ª ordem. A ocupação do solo é maioritariamente agrícola, incluindo, à data do estudo, culturas de aveia, milho, sorgo e pastagens, coexistindo com áreas de floresta jovem de folhosas. Os solos dominantes são Cambissolos e Luvisolos, ocorrendo também pequenas manchas de Fluvissolos. O principal objectivo deste estudo é a caracterização da dinâmica dos sedimentos numa pequena bacia hidrográfica com uso agroflorestal, em condições ambientais mediterrânicas. Para tal, foi instalada uma estação hidrométrica na secção de referência da bacia hidrográfica, permitindo a monitorização contínua dos caudais, complementada por uma sonda multiparamétrica com sensor de turbidez para estimativa da carga de sedimentos. A análise das curvas acumuladas de escoamento e de sedimentos evidencia que a mobilização sedimentar ocorre de forma episódica, associada a eventos de precipitação mais intensos e consequente escoamento superficial. Mesmo em anos hidrológicos relativamente secos, podem ocorrer eventos de precipitação e escoamento significativos, registando-se coeficientes de escoamento de 0.85 e taxas de arrastamento de sedimentos de 79.1% do total anual. A aplicação do modelo de simulação *AnnAGNPS* (**Annualized AGricultural Non-Point Source**), demonstra que as áreas de mais elevada geração de escoamento nem sempre correspondem às áreas de mais elevada taxa de erosão, evidenciando a influência de outros fatores condicionantes do processo erosivo. Os resultados obtidos indicam que a dinâmica dos sedimentos à escala da bacia depende fundamentalmente da ocorrência e magnitude do escoamento superficial, sendo a carga de sedimentos influenciada pela interação de múltiplos fatores que controlam os processos erosivos.

Palavras-chave: cobertura do solo; escoamento superficial; hidrologia e arrastamento de sedimentos; uso agroflorestal.

Agradecimentos: This work was supported by FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., through the projects UID/00681/2025 (DOI: 10.54499/UID/00681/2025) of Research Centre for Natural Resources, Environment and Society (CERNAS).

Sistemas radiculares da vegetação herbácea em olivais mediterrânicos e o seu papel na proteção do solo

Renecleide V. dos Santos^{1,2*}, Felícia Fonseca¹, Antonio Paz-González² e Tomás de Figueiredo¹

¹ CIMO, LA SusTEC, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300 253 Bragança, Portugal

² Grupo AQUATERRA, CICA-UDC, Universidade da Coruña. Campus de Elviña, 15071 A Coruña

* renecleide@ipb.pt

Resumo

A escassa informação sobre morfologia radicular da vegetação herbácea em olivais mediterrânicos e o seu papel na proteção do solo, decorrente da complexidade do seu estudo em campo, justificam este estudo. O objetivo foi caracterizar os sistemas radiculares (SR) das três famílias predominantes nas entrelinhas de um olival (Asteraceae, Fabaceae e Poaceae) sob gestão com mobilização (Mob) e sem mobilização (NMob) do solo, e avaliar a resistência dos monólitos ao impacto. Foram extraídos 18 monólitos de solo não perturbados (10×10×15 cm), três por família e sistema de gestão, com integridade dos SR assegurada. As imagens foram analisadas com o software SmartRoot, quantificando comprimento, diâmetro, área, volume e número de raízes. A resistência dos monólitos foi avaliada por ensaios de queda livre de 20 cm de altura, registando a percentagem de solo retido pelos SR após cada impacto sequencial (%SRImpc). A ANOVA fatorial e o teste de Tukey (5%) revelaram diferenças significativas entre famílias nos parâmetros morfológicos e ausência de efeito do sistema de gestão. As Fabaceae apresentaram o maior comprimento médio de raiz primária (10,8 cm), e as Asteraceae o maior comprimento de raízes secundárias (3 cm), indicando maior exploração subsuperficial; estas últimas destacaram-se ainda nos diâmetros primário e secundário (0,2 e 0,04 cm). As Poaceae dominaram em superfície (211 cm²), volume (3,2 cm³) e número de raízes (1088), colonizando completamente os monólitos. No ensaio de impacto, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre famílias na %SRImpc. Entretanto, observou-se que Asteraceae e Fabaceae necessitaram de mais impactos para liberar o solo retido (8 e 7, respetivamente) face às Poaceae (5). O SR fasciculado e denso das Poaceae promoveu estabilização superficial, enquanto as raízes de maior comprimento e diâmetro das Asteraceae e Fabaceae proporcionaram ancoragem subsuperficial mais profunda e diversificada. Esta diferenciação funcional evidencia o papel da complementaridade interespecífica dos SR herbáceos na proteção do solo em olivais mediterrânicos onde a cobertura vegetal é frequentemente limitada.

Palavras-chave: entrelinha olival; gestão do solo; morfologia radicular.

A exposição a pesticidas afeta a estrutura da comunidade bacteriana do solo em campos de trigo? Uma perspetiva de avaliação do risco

Vanessa Almeida^{1,2*}, Rute Duarte^{1,2}, Anabela Cachada^{1,3}, Ruth Pereira^{1,2} e Tânia Caetano^{1,2}

¹ GreenUPorto/Inov4Agro – Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua da Agrária, 747, 4485-646 Vairão, Portugal

² Departamento de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007 Porto, Portugal

³ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre, s/n, 4169-007 Porto, Portugal

* vanessa.almeida@fc.up.pt

Resumo

A utilização de produtos fitofarmacêuticos tem sido essencial para a proteção das culturas agrícolas. No entanto, a sua aplicação recorrente e persistência no ambiente levantam preocupações quanto à acumulação de resíduos nos solos e quanto aos seus efeitos em comunidades não-alvo. Entre estas, a comunidade bacteriana funcional do solo assume especial importância, dado o seu papel fundamental na decomposição da matéria orgânica, nos ciclos de nutrientes, e na manutenção da resiliência ecológica. Contudo, os parâmetros microbiológicos permanecem sub-representados na avaliação de risco ecológico.

No âmbito do projeto Wheatbiome <https://www.wheatbiome-project.eu/> foi avaliada a influência dos resíduos de pesticidas, e dos riscos ecológicos associados, na estrutura taxonómica e funções bacterianas de solos em campos de trigo. Foram recolhidas amostras em quatro campos nos Países Baixos, com diferentes tipos de solo. Procedeu-se à caracterização físico-química dos solos e à análise de resíduos de pesticidas. Foram identificados 43 compostos, incluindo substâncias já não aprovadas para uso na UE, sugerindo contaminação histórica. O risco ecológico das misturas de pesticidas foi estimado através do somatório dos quocientes de risco ($\sum RQ_{site}$), que revelou níveis muito elevados de risco em todos os campos.

As comunidades bacterianas foram analisadas por sequenciação completa do gene 16S-rRNA com tecnologia PacBio. A α -diversidade não apresentou diferenças estatisticamente significativas entre locais, enquanto a β -diversidade evidenciou uma separação composicional por local, sugerindo a influência da localização na estrutura das comunidades. Foi identificada uma comunidade bacteriana central estável, composta por 26 géneros, que representam 45% da abundância relativa total. A inferência funcional revelou predominância de funções quimioheterotróficas e de contributos no ciclo do azoto, oxidação de hidrogénio e degradação de compostos aromáticos. Os resultados sugerem que, embora os pesticidas não tenham alterado significativamente a diversidade global, podem influenciar géneros e funções específicas, reforçando a necessidade de integrar parâmetros microbiológicos na avaliação de risco destes compostos.

Palavras-chave: contaminação do solo; diversidade bacteriana; misturas de pesticidas; quocientes de risco; rácios de toxicidade.

Remediação de solos contaminados com Cu: efeitos fisiológicos e de expressão genética em *Vitis vinifera*

Beatriz Fernandes^{1,2*}, Tânia Caetano¹, João Oliveira Pacheco¹, Anabela Cachada^{1,3}, Ana Campilho^{2,4}, Ruth Pereira^{1,2}

¹GreenUPorto/INOV4Agro – Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua da Agrária, 747, 4485-646 Vairão, Portugal

²Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, rua do Campo Alegre s/n, 4169– 007 Porto, Portugal

³Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, rua do Campo Alegre s/n, 4169– 007 Porto, Portugal

⁴CIBIO (Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos), Universidade do Porto. BIOPOLIS Programa de Genómica, Biodiversidade e Ordenamento do Território, CIBIO, Rua do Crasto, nº 765, 4485-684 Vairão, Portugal

* up201503352@edu.fc.up.pt

Resumo

Os fungicidas à base de cobre (Cu), usados para controlar doenças como o míldio, causam acumulação deste elemento nos solos das vinhas. Embora o Cu seja um nutriente essencial, em excesso pode causar perturbações metabólicas prejudicando a saúde das videiras. Quando disponível em excesso no solo, o Cu desencadeia respostas moleculares como as do sistema antioxidante, juntamente com mudanças transcricionais em genes relacionados com o transporte de metais, equilíbrio redox e sinalização de stress oxidativo. Realizado no âmbito do Projeto LIVINGSOILL (101157502/204231), este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de corretivos (mistura de casca de pinheiro e concha de mexilhão (1:1) na concentração de 6 g kg⁻¹ de solo) na disponibilidade de Cu e respostas moleculares e fisiológicas nas videiras. Para tal, videiras com um ano foram cultivadas num cambissolo húmico ácido de uma região vitivinícola nacional, identificado como vulnerável à contaminação com Cu, contaminado com Cu em laboratório e dividido em tratamentos com ou sem adição da MIX. Recolheram-se amostras de tecidos das folhas e das raízes das plantas após seis meses (T1) e um ano (T2). As concentrações de Cu foram medidas por Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-MS) nas amostras de folhas, raízes, água intersticial e solo no T2, e o stress oxidativo e os marcadores antioxidantes foram avaliados nas folhas nos dois tempos. A sequenciação do RNA foi realizada nas folhas nos dois tempos e nas raízes no T2. Os resultados indicaram que a aplicação dos corretivos reduziu a concentração de Cu nas raízes, tendo-se observado uma diminuição do enriquecimento de categorias funcionais associadas a solos contaminados na presença dos corretivos, como vias metabólicas e processos de remodelação celular, sugerindo um estado mais próximo do controlo. Não foram detetados efeitos negativos da aplicação dos corretivos nas plantas.

Palavras-chave: biodisponibilidade; calda bordalesa; RNA-seq; stress oxidativo; viticultura

Agradecimentos: Este trabalho foi ainda financiado pela FCT pelo projeto UID/05748/2025 (GreenUPorto/INOV4AGRO, <https://doi.org/10.54499/UID/05748/2025>). B. Fernandes agradece à FCT pela atribuição da bolsa de doutoramento (UI/BD/151040/2021).

O Potencial das Espécies Nativas para a Fitorremediação em Solos de Vinhas com Valores Elevados de Cobre e Arsénio

Cristiana Paiva^{1,2*}, Verónica Costa², Manuel Oliveira³, Sara Borin⁴, Ruth Pereira^{1,5}, Anabela Cachada^{1,2}

¹ GreenUPorto/Inov4Agro – Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua da Agrária, 747, 4485-646 Vairão, Portugal

² Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

³ ADVID/CoLAB Vines&Wines – National Collaborative Laboratory for the Portuguese Wine Sector, Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense, Edifício Centro de Excelência da Vinha e do Vinho - Régia Douro Park 5000-033 Vila Real, Portugal

⁴ Department of Food, Nutritional and Environmental Sciences, University of Milan, Milan, Italy

⁵ Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre s/n, 4169-007 Porto, Portugal

* up201407858@edu.fc.up.pt

Resumo

A contaminação dos solos com cobre (Cu) constitui uma ameaça ubíqua às práticas agrícolas que utilizam produtos fitofarmacêuticos com este elemento, sendo a vinha uma das culturas na Europa com a sua maior concentração. Portugal possui aproximadamente 175 mil hectares de vinha plantada, representando aproximadamente 2,6% do território nacional, tornando-se prioritária a investigação da contaminação por Cu nestes solos. Também a presença de outros elementos potencialmente tóxicos pode comprometer a saúde do solo, por exemplo, comparativamente a outros solos europeus, Portugal é um dos países com valores médios mais elevados de arsénio (As).

O presente trabalho foca-se numa vinha na Região Demarcada do Douro, onde foram encontrados níveis pseudo-totais de Cu e As no solo que atingem 132,6 e 1957 mg kg⁻¹, respetivamente. De forma a compreender as possíveis consequências da presença destes elementos, foi feita uma avaliação dos níveis disponíveis nos solos e nas folhas de videira. Os resultados obtidos revelaram que, apesar da baixa disponibilidade química, as folhas estão a acumular até 14,40 mg kg⁻¹ de As.

Com o objetivo de melhorar a saúde do solo nesta vinha, a fitorremediação poderá ser uma forma viável de reduzir o conteúdo total ou disponível destes contaminantes no solo. Neste sentido, quatro possíveis espécies metalófitas nativas do local foram utilizadas em ensaios laboratoriais, onde foram avaliadas a sua capacidade de acumular Cu e/ou As e a sua salubridade, através da avaliação de biomarcadores de stress oxidativo.

Os resultados preliminares demonstram a possibilidade da utilização destas espécies como uma estratégia de fitoestabilização, uma vez que acumularam estes elementos maioritariamente na raiz, com níveis de Cu e As a atingirem 67,23 mg kg⁻¹ e 942,0 mg kg⁻¹, respetivamente. Assim, é possível recorrer a espécies que podem ser cultivadas concomitantemente à cultura da vinha para diminuir os níveis disponíveis de ambos os elementos.

Palavras-chave: metalófitas; fitoestabilização; metais/metaloídes; contaminação.

Avaliação da qualidade ambiental de solos da região Cusco – Puno (Peru) através de indicadores físico-químicos e microbiológicos

Olga Libia Cjuno-Huanca^{1*}, Ana Cecilia Valderrama-Negrón¹, Javier Quino-Favero², Diego Arán³, Erika S. Santos³

¹ Laboratorio de Biopolímeros y Metalofármacos, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú

² Laboratorio de Ingeniería ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de Lima, Perú

³ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

* olga.cjuno.h@uni.pe

Resumo

Os solos da região Cusco – Puno são maioritariamente Regosols com características eutróficas e lepticas, desempenhando um papel fundamental na regulação ambiental e sustentabilidade agrícola; no entanto, em algumas zonas, estão expostos a pressões naturais e antrópicas. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade ambiental de solos da região Cusco – Puno. Na estação seca e chuvosa colheram-se amostras superficiais de solo em Patani (Desaguadero-Puno), Sicuani (Cusco) e Rio Salado (Espinar-Cusco) para avaliação físico-química (pH, condutividade elétrica-CE, matéria orgânica e concentração de nutrientes na fração disponível) e microbiológica (coliformes totais, coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*). O índice de qualidade ambiental foi calculado integrando indicadores normalizados, com ponderação direta para variáveis associadas à melhoria qualidade do solo e ponderação inversa para os parâmetros microbiológicos e CE.

Independentemente da área de amostragem, os solos apresentaram valores de pH alcalinos (7,66- 8,48) e baixa CE (<704 $\mu\text{S cm}^{-1}$). De modo geral, os solos apresentaram significativa variabilidade na concentrações de matéria orgânica (15,1–59,9 g kg⁻¹) e disponibilidade dos nutrientes, podendo haver algumas deficiências. A disponibilidade de fósforo (<2,58 mg/kg) e micronutrientes (ex. Cu, Zn, Mn, Mo) foi muito baixa. A disponibilidade de elementos potencialmente tóxicos (Cr, Cd e Pb) não representou risco (<0,18 mg kg⁻¹). A relação Ca/Mg foi alta, havendo uma deficiência de Mg, enquanto o K disponível foi muito variável (16,8–139 mg/kg). Os coliformes totais (23 -1100 NMP/g), coliformes termotolerantes (<3-43 NMP/g), e a presença de *E. coli*, detectada apenas nos solos de Espinar (9 NMP/g), sugere uma possível contaminação fecal de origem animal.

O índice de qualidade ambiental calculado mostrou que apenas uma amostra de solo de Sicuani apresentou boa qualidade (0,73) enquanto todas as restantes apresentaram qualidade moderada (0,41-0,48).

Palavras-chave: qualidade ambiental do solo; indicadores microbiológicos; parâmetros físico-químicos; sul do Perú.

Intrusão salina e seus efeitos no solo: Um estudo de caso na região costeira do Sudeste do Brasil

Hélio Arêas Crespo Neto¹, Alex Justino Zacarias^{2*}, Lailson da Silva Freitas³, Gabriel Ramatis Pugliese Andrade⁴

¹ Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil

^{2,3,4} Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil

* alexjustino12@gmail.com

Resumo

A intrusão salina caracteriza-se pelo avanço da cunha salina nos sistemas estuarinos em direção ao continente. Ela tem sido intensificada pelas mudanças climáticas e fatores antrópicos, principalmente quando estes atuam no curso natural dos rios. Esse fenômeno compromete a integridade de ecossistemas e a viabilidade socioeconômica regional. O presente estudo investigou a extensão desse processo na bacia do Rio Paraíba do Sul, especificamente nos canais artificiais Coqueiros e São Bento, localizados na Baixada Campista. A metodologia consistiu na análise de cinco pontos de amostragem, avaliando parâmetros físico-químicos em águas e solos adjacentes. Os resultados laboratoriais indicaram que a condutividade elétrica (CE) e a razão de adsorção de sódio (RAS) nas águas atingiram a classificação crítica C3-S4, sinalizando elevados riscos de salinização e sodificação. Observou-se que a dinâmica salina é fortemente influenciada pela sazonalidade climática e pela magnitude da recarga de água doce continental. Quanto aos solos, caracterizados predominantemente por texturas arenosas com depósitos pontuais descontínuos de argila e limo, três pontos apresentaram caráter salino ($CE > 4 \text{ dS/m}$) e saturação por sódio, superior a 20% em alguns deles. Destaca-se que no ponto P1 foram identificados indícios de tiomorfismo, com pH em níveis ácidos, próximos a 3. Conclui-se que a degradação ambiental por salinização na Baixada Campista é um processo ativo e complexo, impondo estratégias de monitorização contínua para a mitigação dos impactos na rede hídrica e nos solos agrícolas da região.

Palavras-chave: Baixada Campista; salinização; sódio

Influence of soil pH, sewage sludge stabilization and application rate on metal content in ryegrass (*Lolium multiflorum*)

Henda Lopes^{1,2*}, Elisabete Gonçalves^{1,2}, Cristina Morais^{1,2}, Virgílio Falco^{1,2,3}, Henrique Trindade^{1,2}, Ana Coimbra^{1,2}, João Ricardo^{1,2}, Paula Oliveira^{1,2}, Marta Roboredo^{1,2}

¹Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences (CITAB), University of Trás-os-Montes and Alto Douro (UTAD), Vila Real, Portugal

²Institute for Innovation, Capacity Building and Sustainability of Agri-Food Production (Inov4Agro), UTAD, 5000-801 Vila Real, Portugal

³Associated Laboratory for Green Chemistry (LAQV-REQUIMTE), University of Porto, Portugal

* hendalopes@utad.pt

Abstract

Organic matter and nutrient depletion are major challenges for sustainable agriculture in Mediterranean regions. Annual ryegrass (*Lolium multiflorum*) is a key forage species in these systems, especially on acidic soils, due to its tolerance to low pH and aluminium saturation, its contribution to soil structure, and high forage quality. Rising mineral fertilizer prices, driven by energy and raw material constraints, together with increasing sewage sludge (SS) production, have intensified interest in SS as a sustainable soil amendment. Although SS supplies organic matter and nutrients, its agricultural use is limited by potential metal accumulation, requiring compliance with national regulatory limits (Decreto Lei 276/2009). This study evaluated the effects of soil pH, SS application rate, and SS stabilization on metal concentrations in ryegrass. A dystic cambisol was used at two pH levels, 4.8 (initial) and 6.1 (after CaCO₃ incubation). Treatments comprised an unfertilized control, two SS doses, and two CaO-stabilized SS doses (three replicates each). Ryegrass was grown in 1.5 kg pots for four months; and the harvested biomass was analyzed for Zn, Cu, Pb, Cd, Ni, Cr and Hg. Most metal concentrations responded significantly to SS amendment and/or soil pH. Zinc and Cu contents increased with SS dose, while liming markedly reduced phytoavailability of Zn, Cu, Ni and Hg (pH × treatment, $p < 0.05$). In contrast, Cr and Cd showed slightly elevated concentrations under limed conditions. Lead concentrations remained below 1.7 mg kg⁻¹ with no significant treatment or pH effects. CaO-stabilized SS generally resulted in lower metal content than equivalent doses of untreated sludge. Overall, soil liming and CaO-stabilization effectively reduced phytoavailability of most metals, supporting pH management as a key strategy for safe sludge land application and food-chain protection.

Keywords: Sustainable soil management; sewage sludge amendment; metal concentration

Acknowledgments: This work was supported by project “Vine&Wine Portugal- PRR004 - funded by PRR and European Funds Next Generation EU. This work was supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) under projects UIDB/04033/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04033/2020>) and LA/P/0126/2020 (Inov4Agro), Henda Lopes thanks FCT for his PhD grant (PRT/BD/154380/2023), Elisabete Gonçalves also thanks PRR for their fellowship grants (BI/UTAD/15/2023 and BI/UTAD/17/2023, respectively).

Assessment of waste-derived amendments for the *in situ* stabilization of acidic mine soils: effects on soil enzymatic activity and mycorrhizal symbiosis in *Cynara cardunculus*

Berta Cumbane^{1,2}, Amaia Nogales^{2,3}, Henrique Ribeiro^{1,2}, Ana Caperta^{1,2}, Miguel Mourato^{1,2}, Paula Alvarenga^{1,2,*}

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Portugal

² LEAF-Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center Associate Laboratory TERRA

³ IRTA -. Sustainable Plant Protection, Centre de Cabrils, Cabrils, Spain

* palvarenga@isa.ulisboa.pt

Abstract

The *in situ* stabilization of acidic mine soils contaminated with potentially toxic elements (PTEs) is a promising strategy to reduce environmental risks and restore soil functionality. This study evaluated the effects of waste-derived amendments, municipal solid waste compost (C), biochar (B), and oyster shell powder (O), applied individually and in combination, with and without arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation, on soil biochemical properties and mycorrhizal symbiosis in *Cynara cardunculus* L. grown in an acidic mine soil. Soil chemical and biochemical parameters were assessed across treatments: unamended soil (S), single amendments (SB, SC, SO), and combined amendments (SCB, SCO, SBO, SCBO), each evaluated without and with AMF inoculation. Oyster shell powder (O) was the main driver of soil chemical stabilization, increasing soil pH from 3.34 in control (S) to near-neutral values, with a maximum of 7.29 in SCBO without AMF. This acidity correction enhanced microbial activity, assessed measuring dehydrogenase activity, that increased markedly in treatments containing oyster shell and compost, reaching 12.66 $\mu\text{g TPF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in SCO with AMF, compared to 0.09 in control (S). Acid phosphatase activity also increased, with a maximum of 0.73 $\mu\text{mol p-nitrophenol g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ in SCO with AMF. *C. cardunculus* survival was also strongly dependent on soil acidity correction, and plants died on S, SB and SC treatments. Mycorrhizal fungi root colonization was quantified (mycelium, vesicles, and hyphae structures), reaching up to 94% in SCOF, followed by SCBOF (74%), SOF (73%), and SBOF (29%). Although AMF inoculation enhanced biological activity in some cases, soil chemical correction, particularly through oyster shell and compost application, was the main driver of soil biochemical recovery, and plant establishment. These results support the combined use of organic and inorganic amendments to restore soil functionality and enable the establishment of *C. cardunculus* in degraded mine areas.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi (AMF); biochar; cardoon; oyster shell; soil rehabilitation

Acknowledgement: Project WASTELESS from the European Union (Grant Agreement No. 101084222) and FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., through UIDB/04129/2020 - LEAF-Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food, Research Unit. B. Cumbane also acknowledges FCT for the grant PRT/BD/153971/2022.

Avaliação do impacto de práticas agroecológicas na qualidade do subsolo na região Centro de Portugal

Carlos Borralho^{1,2*}, Mauro Nereu^{1,2}, Alexandros Tataridas^{1,2}, Miguel Moreira^{1,2}, Helena Freitas^{1,2,3}

¹ Centre for Functional Ecology (CFE), Associate Laboratory TERRA, Department of Life Sciences, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

² FAST- Forum for Agroecological Studies and Transitions, CFE, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

³ UNESCO Chair on Biodiversity Safeguard for Sustainable Development, University of Coimbra, Coimbra, Portugal

* cmborralho.2001@gmail.com

Resumo

O solo providencia-nos com vários serviços de ecossistemas e é também a base da nossa produção alimentar. Porém, várias atividades humanas afetam-no negativamente, sendo a atividade agrícola uma das mais impactantes. O subsolo, que é a camada abaixo do solo superficial e está intimamente conectado com o mesmo, é essencial para a manutenção dos serviços dos ecossistemas providenciados pelo solo e pode também aumentar a produtividade agrícola, contudo, para além de ser também afetado por atividades antropogénicas, continua a haver uma escassez de dados sobre ele.

Este trabalho integra-se no projeto europeu SUS-SOIL, que visa inventariar, analisar e comparar os impactos de diferentes tipos de práticas de gestão agroecológicas do subsolo. Utilizou-se um tubo metálico personalizado com 1 metro de comprimento onde se encaixava um martelo demolidor para o colocar no solo. Após o tubo ser retirado com a ajuda de um tripé o solo era retirado do mesmo e dividido entre a camada orgânica superficial e a camada mineral subsuperficial e posteriormente cada camada era peneirado a 2mm para as análises físicas, químicas, de ecotoxicologia, e de microbiologia.

Utilizando os resultados das análises quer-se saber quão visíveis são os impactos antropogénicos das décadas passadas no subsolo e comparar os sistemas agrícolas orgânicos e convencionais tanto a nível do solo superficial como do subsolo comparando também entre as duas camadas. Pretende-se provar que o subsolo é um reservatório de carbono, nutrientes, água, entre outros, essencial para a vida e produção agrícola à superfície e que por estar intimamente ligado ao solo superficial é necessário fazer mais investigação sobre esta parte integral do nosso planeta para conservar melhor e o aproveitar para as gerações futuras.

Palavras-chave: Agroecologia; Práticas agrícolas; Saúde do solo

Aplicação de *Chlorella vulgaris* ao solo: impacto nas propriedades do solo e atividade bioestimulante

Luísa Coelho^{1,2*}, Catarina Viana^{1,3,4}, Hugo Pereira^{1,4}, João Varela^{1,3,4}, Mário Reis²

¹ Greencolab, Associação Oceano Verde, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Ed. 2-Gab 2.1, 8005-139 Faro, Portugal

² MED—Instituto Mediterrânico para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE—Instituto para a Mudança Global e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

³ Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal; ⁴ Centro de Ciências Do Mar, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

* luisacoelho@greencolab.com

Resumo

A regeneração dos solos agrícolas é essencial para garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção, sendo a utilização de soluções naturais, como as microalgas, uma estratégia promissora para melhorar a qualidade do solo e reduzir a dependência de fertilizantes de síntese. A aplicação de biomassa de microalgas na agricultura tem demonstrado diversos benefícios, nomeadamente efeitos bioestimulantes no desenvolvimento das plantas.

Neste trabalho, foi avaliada a aplicação de suspensões de *Chlorella vulgaris* no cultivo de espinafre (*Spinacea oleracea* L. 'Lizard'), em concentrações de 0,1; 0,5; 2,0 e 5,0 g L⁻¹, comparadas com um controlo negativo (água) e um controlo positivo (produto comercial Fertifreiria®, Soc. Agr. Qtª da Freiria S.A., Portugal). O ensaio foi conduzido em vasos de 2 L, com 11 sementes por vaso, num delineamento em blocos completos casualizados, com 10 modalidades e quatro repetições, totalizando 160 vasos. As suspensões de microalgas foram aplicadas semanalmente na água de rega. No momento da colheita, foram avaliados parâmetros de crescimento, incluindo altura, número de folhas, biomassa fresca e seca da parte aérea e radicular, comprimento da raiz e teor de matéria seca. Foram ainda determinados os teores de nutrientes no solo e nas folhas.

Os resultados demonstraram que as suspensões mais concentradas de *C. vulgaris* promoveram aumentos significativos nos parâmetros de crescimento, destacando-se a altura e o peso fresco da parte aérea. Os valores do índice relativo de clorofila, medidos com um aparelho SPAD, foram também superiores nas aplicações de concentrações de 2,0 e 5,0 g L⁻¹.

Estes resultados indicam que as suspensões de *C. vulgaris* apresentam potencial como bioestimulante e constituem uma alternativa sustentável na fertilização das culturas, contribuindo para a regeneração dos solos e para a redução do uso de fertilizantes de síntese.

Palavras-chave: Regeneração do solo, sustentabilidade, *Spinacea oleracea* L., bioestimulação

Cartografia, Monitorização e Processos do Solo

Converting the Soil Classification of Portugal to WRB for soil map updating in mainland Portugal

Samuel Guerreiro^{1,2*}, Pedro Arsénio^{1,3}, Vasco Florentino⁴, Manuel Madeira^{3,5}

¹LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

²Santarém Polytechnic University, School of Agriculture, Quinta do Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, Portugal

³Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁴Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁵Forest Research Centre (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

* sguerreiro@isa.ulisboa.pt

Abstract

The diversity of soil classification systems makes their correlation inherently difficult. The World Reference Base for Soil Resources (WRB) provides a standard framework for the international correlation of soils. In Portugal, soil maps remain heterogeneous: 55.3% of the mainland territory was mapped at a 1:25,000 scale using the Soil Classification of Portugal (SCP), while the remaining area was mapped at 1:100,000 using international classifications. Producing a harmonised WRB-based soil map at 1:100,000 requires reinterpretation and remapping of the outdated 1:25,000 maps.

This study examines the categorical levels of the genetic-based SCP (1974) and their correspondence with WRB. Several key tasks were undertaken, including the reorganisation of the 1:25,000 soil map legend, the validation of soil profiles, and the conversion between classification systems. The latter involved (i) classifying reference soil profiles according to both SCP and WRB, (ii) intersecting the soil profile dataset with the 1:25,000 soil map, and (iii) assigning soil profiles to delineated land units.

Most SCP categories show limited correspondence with WRB Reference Soil Groups, largely because SCP definitions lack the quantitative diagnostic criteria and thresholds required by WRB. Notable exceptions include the “Barros” order (83% Vertisols), the Colluvial soils suborder (100% Regosols), and the Humic Litholic soils suborder (78% Umbrisols). Overall correlation improves when soil-forming factors (lithology, relief, and climate) are considered, enabling a more accurate estimation of dominant and co-dominant Reference Soil Groups within mapping units, as well as a more consistent assignment of principal and supplementary WRB qualifiers.

The proposed methodology supports the updating and harmonisation of soil mapping in Portugal; however, its successful implementation depends on new soil data collection to refine mapping units. Given its limited potential for systematic updating, the SCP should be progressively replaced by WRB in future soil mapping efforts.

Keywords: diagnostic criteria; legacy soil data; soil-forming factors; soil classification conversion; soil map updating

Variação da profundidade de amortecimento da onda térmica do solo em função do perfil textural e do perfil de humidade do solo

José Andrade^{1*}, Francisco Abreu²

¹Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development (MED) and Departamento de Geociências, University of Évora, Portugal

²Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, University of Lisbon, Portugal

* zalex@uevora.pt

Resumo

A difusividade térmica de um solo mede o impacto do fluxo de energia na variação térmica do solo, designadamente, a velocidade com que o calor se propaga através dele. A difusividade depende, entre outros fatores, da textura e da humidade do solo. A profundidade de amortecimento (*damping depth*) da onda térmica do solo é a profundidade a que a amplitude térmica do solo se reduz a $1/e$ ($1/2,718 \approx 0,37$) da registada à superfície do solo e depende da difusividade térmica e da frequência da flutuação térmica (diária ou anual).

Foi calculada a profundidade de amortecimento (diária e anual) em dois solos, um Luvisol e um Vertisol, a partir de amplitudes térmicas registadas a diferentes profundidades (superfície, 2, 4, 8, 16 e 32 cm) ao longo de dois anos. As temperaturas foram medidas com termopares Tipo-T (cobre-constantan) ligados a um acumulador automático de dados (CR10x, da Campbell Scientific, Inc.).

As profundidades de amortecimento, diárias ou anuais, variaram com o tipo de solo, o perfil térmico considerado e a humidade média medida nos primeiros 25 cm do solo. Para valores médios de humidade comparáveis, os valores obtidos para a profundidade de amortecimento foram diferentes, consoante o perfil do solo se encontrava em fase de secagem ou em fase de humedecimento.

Foi discutida a influência da variação textural ao longo do perfil assim como uma provável influência da histerese do solo no comportamento térmico deste.

Provou-se que o pressuposto de um perfil de humidade uniforme para análise do seu comportamento térmico pode não ser realista, sobretudo em climas onde os períodos de secagem prevalecem sobre os períodos de humedecimento (por ex., climas mediterrâneos).

Palavras-chave: Temperatura do solo; *damping depth*; onda térmica do solo; perfil textural solo; histerese do solo

Estimativa da capacidade máxima de carbono orgânico associado aos minerais e da saturação de carbono nos solos portugueses com base na INFOSOLO

Ana Marta Paz^{1,2*}

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), Laboratório de Solos, Oeiras, Portugal

² MED – Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE – Global Change and Sustainability Institute

* ana.paz@iniav.pt

Resumo

O carbono orgânico do solo apresenta diferentes graus de estabilidade à degradação microbiana. A fração mais estável corresponde ao carbono associado aos minerais de argila e limo, através de ligações químicas e físico-químicas, sendo geralmente designada por carbono associado aos minerais do solo (MAOC).

Nas últimas duas décadas, diversos estudos com base em séries de dados robustas, desenvolveram modelos para quantificar a capacidade máxima desta fração nos diferentes solos. Os estudos mais recentes concluem que é possível estimar com elevada precisão o valor máximo de MAOC a partir das frações de argila e limo dos solos, separando os solos em dois grandes grupos dominados por argilas 2:1 e por argilas 1:1.

Neste trabalho, utiliza-se a base de dados INFOSOLO - a base de dados mais completa com propriedades de solos de Portugal - para estimar o máximo de MAOC com base numa equação desenvolvida para solos dominados por argilas 2:1. Dos dados originais da INFOSOLO retiraram-se as observações referentes a tipos de solo não adequados a este modelo (Anthrosols, Calcisols, Gleysols Histosols, Stagnosols e Umbrisols), bem como os solos sem classificação. Considerando que a INFOSOLO inclui apenas valores de carbono orgânico total (SOC), estes foram comparados com os valores estimados de MAOC máximo, para cerca de 5000 observações de horizontes de solo em Portugal Continental.

Os resultados mostram que grande parte das observações tem valores de SOC inferiores ao respetivo MAOC máximo, sugerindo um potencial significativo de armazenamento adicional de carbono nos solos portugueses. As diferenças entre SOC e MAOC máximo são ainda analisadas em função do tipo de solo, profundidade, uso do solo e distribuição geográfica.

Palavras-chave: armazenamento de carbono no solo; saturação de carbono no solo; frações de carbono do solo, MAOC.

O Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (1948 – 2025)

Raquel Mano^{1*}, João Horta Marques^{2,3*}, Cristina Sempiterno¹, Maria da Encarnação Marcelo¹,
Pedro Jordão¹, Filipe Pedra¹ e Fátima Calouro¹

¹ INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, Av. da República, Quinta do Marquês,
2780-159 Oeiras, Portugal

² CEF – Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado Terra, Instituto Superior de Agronomia,
Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

³ MED—Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development and CHANGE—Global
Change and Sustainability Institute, Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora,
Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

* raquel.mano@iniav.pt ; jplhortamarques@gmail.com

Resumo

Com origem remontando à Estação Químico-Agrícola de Lisboa e Santarém, criada em 1886, o Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva (LQARS) recebeu esta designação em 1948, em homenagem ao Professor Luís António Rebelo da Silva. Este trabalho descreve a evolução das principais atividades do LQARS e a relevância da sua ação no desenvolvimento agrícola português. O objetivo deste trabalho é mencionar a importância da divulgação da atividade do LQARS neste período temporal, através de factos históricos e de indicadores quantitativos (exemplo alguns dados do número de amostras processadas e do número de funcionários).

A atividade do LQARS estruturou-se em três grandes domínios: investigação, assistência ao sector agrícola e apoio à tutela. No campo da investigação, e em estreita colaboração com os Serviços Regionais de Agricultura, realizou estudos sobre a fertilidade dos solos representativos do país, ensaios nacionais de fertilização, seleção e calibração de métodos analíticos e estudos de correção da acidez dos solos. O contributo do LQARS nesta área foi o mais vasto e relevante realizado em Portugal por organismos oficiais, destacando-se a elaboração do Manual de Fertilização das Culturas.

A partir de 1983 e no âmbito do programa Procalfer, o LQARS foi pioneiro na criação de novas tabelas de fertilização, ajustadas à produção esperada e ao estado de fertilidade dos solos, bem como na informatização do serviço de análises de terra e recomendações de fertilização. Também a concretização de um projeto financiado pelo governo alemão possibilitou a construção do Horto de Química Agrícola Boaventura de Azevedo, gerido em parceria com o Instituto Superior de Agronomia.

No domínio da assistência ao setor agrícola, o LQARS efetuou análises de solos, plantas, águas de rega, fertilizantes, suportes de cultura e rações para animais, associando, sempre que possível, recomendações de fertilização.

No apoio à tutela, prestou assessoria técnica à definição de políticas agrícolas, à elaboração de legislação e à normalização no setor dos adubos e corretivos. Embora oficialmente extinto em 1993, o LQARS manteve as suas funções até ao final de 2025, cessando, então, atividade nas instalações da Tapada da Ajuda.

Palavras-chave: apoio a definição de políticas sectoriais; ciências do solo; fertilidade do solo; fertilização das culturas; história

Solos Agrícolas do Baixo Mondego: estudo hidropedológico

Daniel Pinheiro^{1*}, Rosinda Pato^{2,3}, Rosa Guilherme^{3,4} e Jorge Marques⁵

¹ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal

² Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

³ Centro de Estudos de Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra,
Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

⁴ Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Polo de Inovação de Coimbra, Quinta de N.
Senhora do Loreto, 3020-201 Coimbra, Portugal

⁵ Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território da Faculdade de Ciências da Universidade
do Porto, Rua Campo Alegre 687, 4169-007 Porto, Portugal.

* dancost95@gmail.com

Resumo

Na fina camada superficial do globo terrestre, encontra-se um espaço crucial para os ecossistemas, conhecido por Zona Crítica da Terra. Aqui, a água e o solo destacam-se como recursos fundamentais para a agricultura e para o ambiente natural. A Hidropedologia, ao estudar as interações entre os processos pedológicos e hidrológicos, contribui para uma melhor compreensão da dinâmica solo-água.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a hidropedologia dos solos do Polo de Inovação de Coimbra – Unidade Experimental do Loreto, da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDRC), localizado na planície aluvial do Baixo Mondego, onde predominam solos desenvolvidos a partir de depósitos aluvionares. A área de estudo foi dividida em duas zonas principais, correspondentes à área das culturas arvenses e à área das culturas hortícolas. A caracterização hidrológica foi realizada em 20 pontos de observação, à superfície e a 20 cm de profundidade, recorrendo ao infiltrómetro de minidisco para a determinação da condutividade hidráulica não saturada, a ensaios do Tempo de Penetração de uma Gota de Água (TPGA) e à medição do teor volumétrico de água do solo com recurso a uma sonda de impedância. Complementarmente, procedeu-se à descrição morfológica de dois perfis de solo e à análise geoquímica dos pontos amostrados.

Os resultados revelaram significativa variabilidade espacial das características hidropedológicas entre as duas áreas e, embora as análises químicas tenham apresentado reduzidas diferenças globais, os pontos H6 e H10, localizados junto ao rio Velho, exibiram composição química e propriedades hidráulicas consideravelmente diversas. Isso sugere possível influência de fatores locais, como a proximidade ao curso de água e a heterogeneidade natural dos aluviões, na distribuição espacial de algumas propriedades hidropedológicas.

Este trabalho enriquece a compreensão das interações entre o solo e a água do Baixo Mondego, fornecendo informação relevante para a gestão sustentável dos recursos edáficos e hídricos.

Palavras-chave: condutividade hidráulica não saturada; Hidropedologia; solos aluvionares; teor de água do solo; variabilidade espacial

Contribuição para a história das Ciências do Solo em Portugal (resultados preliminares)

João Horta Marques^{1,2*}

¹ CEF – Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

² MED—Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development and CHANGE—Global Change and Sustainability Institute, Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

* jplhortamarques@gmail.com

Resumo

A história constitui uma ciência social que visa contribuir para que as gerações atuais e futuras tomem decisões conscienciosas através da análise de acontecimentos passados. O presente artigo analisa a evolução das Ciências do Solo em Portugal desde o século XIX até à atualidade, recorrendo a dados estatísticos oficiais e literatura especializada posterior a 1800. Constata-se que o problema estruturante da agricultura e silvicultura portuguesa ao longo do período analisado é a escassez hídrica estival, ou seja, a reduzida capacidade de armazenamento de água dos solos num clima essencialmente mediterrânico. Esta vulnerabilidade é agravada pela escassez de matéria orgânica (MO), baixa espessura efetiva e texturas ligeiras. Desde o surgimento da investigação, impulsionada por Ferreira Lapa (1823–1892) e pelo seu discípulo Rebello da Silva (1855–1946), a carência de MO tem sido um foco central de estudo. Influenciada pelo progresso científico em França, Inglaterra e, posteriormente, nos EUA, a investigação nacional expandiu-se para áreas como a cartografia, fertilização, conservação e biologia do solo. Entre os marcos analisados, destaca-se a cartografia dos solos de Portugal — iniciada a Sul do Tejo por Carvalho Cardoso (desde 1960's) — e a missão agrológica nas antigas colónias (1950). Esta missão reuniu especialistas como Ário Lobo Azevedo, Cardoso Franco e Rui Pinto Ricardo, sob a orientação de Joaquim Botelho da Costa (1910–1965), amplamente reconhecido como o “Pai das Ciências do Solo em Portugal”. A correcção do solo através da “calagem” foi também um importante passo obtido em Portugal graças à persistência de vários investigadores e técnicos (ex: Mira Galvão, Valente de Almeida, Balbino, Almeida Alves, Soveral Dias e Quelhas dos Santos). Conclui-se que a continuidade geracional (mestre-discípulo), ensaios de longa duração e sessões de transferência de conhecimento com os agricultores foram determinantes para a adopção pelos agricultores e para o progresso da produção vegetal em Portugal.

Palavras-chave: agrológico, calagem, fertilidade do solo, mediterrânico, transferência de conhecimento

**Fertilidade
do Solo
e
Fertilizantes
Sustentáveis**

Valorização agrícola de biochar: efeito na biodisponibilidade em Fósforo

Cláudia Vitória^{1*}, Salah Jellali², Ahmed Al-Raeesi², José Carlos Gonçalves^{1,3}, Verónica Oliveira^{4,5},
Ofélia Anjos^{1,3,6} e Carmo Horta^{1,3}

¹ CERNAS-IPCB, Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal

² Centre for Environmental Studies and Research, Sultan Qaboos University, 123, Al-Khoud, Oman

³ Centro de Biotecnologia de Plantas da Beira Interior (CBPBI), 6001-909 Castelo Branco, Portugal

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

⁵ CERNAS-IPC, Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

⁶ Centro de Investigação Florestal, Laboratório Associado TERRA, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa, Portugal

* cvitoria@ipcb.pt

Resumo

O biochar pode contribuir para o aumento do carbono orgânico pirogénico do solo, que é muito estável e resistente à decomposição dos microrganismos, melhorando a disponibilidade de nutrientes e água, devido às suas propriedades adsorventes que conferem maior capacidade de troca catiónica ao solo, e à sua elevada porosidade. Este estudo avaliou o efeito de biochar enriquecido com cálcio e com fósforo, no pH do solo, na biodisponibilidade em fósforo e na produção de tritcale. Foi realizado um ensaio em vasos, numa câmara de crescimento, durante 34 dias, utilizando tritcale (*x Triticosecale* Wittmack, var. Misionero) cultivado em solo ácido e pobre em fósforo. Cada vaso continha 150 g de solo e 8,25 g de biochar. Foram avaliados cinco tipos de biochar, B1-B5, produzidos por pirólise (400-700°C) de diferentes proporções de estrume de aves, folha de tamareira e mármore calcinado, e posteriormente enriquecidos com fósforo (10-150 mg P/g biochar). Foram incluídos dois controlos: solo inicial (C) e solo com adição de calcário e solução de Hoagland (C+H+L), que é uma solução nutritiva hidropónica. Estes tratamentos foram realizados em triplicado. A aplicação de biochar aumentou o pH do solo de 5,8 no tratamento C para 7,1-7,9 nos tratamentos com biochar. Verificou-se também um aumento do teor de fósforo inorgânico no solo (89-99%) em relação ao fósforo orgânico. O fracionamento do fósforo demonstrou que, independentemente da quantidade de cálcio adicionada, o biochar tipos B1, B2 e B4 produzidos a temperaturas baixas de 400-500 °C apresentam maior proporção (64-80%) de fósforo nas frações mais lábeis (H₂O+NaHCO₃), enquanto, a temperaturas de pirólise mais elevadas (700°C) e maior adição de cálcio, como os de tipo B3 e B5, favoreceram a formação de fosfatos de cálcio mais estáveis (fração H₂SO₄, 83%). Estas diferenças na biodisponibilidade do fósforo refletiram-se na produção de tritcale. Os resultados evidenciaram que a temperatura de pirólise do biochar, as matérias-primas e as suas proporções, influenciaram o pH do solo, a distribuição das formas de fósforo e, consequentemente, a sua biodisponibilidade, possibilitando produzir biochar que atue de forma mais rápida ou mais gradual na biodisponibilidade do fósforo para as culturas.

Palavras-chave: Fracionamento do Fósforo; pH; Pirólise; Triticale

Agradecimentos: Este trabalho foi apoiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do projeto UID/00681/2025 (DOI: 10.54499/UID/00681/2025) do Centro de Investigação em Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), pelo projeto CSTO2NE – Biomimicry and carbon adsorbent eco-materials for a climate-neutral economy, no âmbito do Programa Horizonte Europa, HORIZON-MSCA 2021-SE-01 e pelo projeto BioLivingLABS, Ações Coletivas – Transferência de conhecimento científico e tecnológico, COMPETE2030-2024-6, Projeto nº 17807, co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do COMPETE2030 (Programa Temático para a Inovação e a Transição Digital). Verónica Oliveira agradece o financiamento nacional pela FCT, através do contrato-programa institucional de emprego científico 10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002.

Valorização de resíduos agropecuários em solos agrícolas: avaliação integrada dos impactes no solo, ar e água

Carla Ferreira^{1,2*}, Carolina Coelho², Rafaela Neves², Lyudmyla Symochko^{2,3} e António Dinis Ferreira²

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

² Centro de estudos em Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

³ University of Coimbra, Centre for Functional Ecology, Coimbra, Portugal

* carla.ferreira@ipc.pt

Resumo

A intensificação das atividades agropecuárias tem aumentado a produção de resíduos orgânicos, cuja valorização em solos agrícolas constitui uma estratégia sustentável, embora com potenciais impactes ambientais nos diferentes compartimentos. Este estudo avaliou o impacto da aplicação de estrumes de suinicultura, bovinicultura e aviário na qualidade do solo, nas emissões de CO₂ e CH₄ e na qualidade dos lixiviados. O ensaio experimental foi conduzido entre setembro de 2024 e maio de 2025, no campo agrícola da Escola Superior Agrária de Coimbra, em parcelas de 18 m² com cultura de cobertura de inverno. Os resíduos foram aplicados à taxa de 170 kg N ha⁻¹, de acordo com a legislação para zonas vulneráveis a nitratos. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas do solo, monitorização semanal de lixiviados e medição de fluxos gasosos. Os resultados evidenciaram ausência de alterações significativas nas propriedades químicas do solo no curto prazo. Não foi detetada a presença de *Salmonella* spp. ou *Escherichia coli*, embora se tenham observado coliformes fecais um mês após a aplicação, especialmente nas parcelas com estrume bovino. No final do período experimental, verificou-se uma alteração da comunidade microbiana, com aumento de microrganismos amonificadores e celulolíticos, indicando maior atividade de decomposição da matéria orgânica. Os solos com aplicação de resíduos apresentaram aumentos consistentes das emissões de CO₂ face ao controlo, com picos associados ao aumento da temperatura na primavera, refletindo maior atividade microbiana. As concentrações de nitrato nos lixiviados mantiveram-se baixas, sem diferenças significativas entre tratamentos ($p > 0,05$), sugerindo reduzido risco de lixiviação nas condições estudadas. De um modo geral, a aplicação de resíduos agropecuários promove a atividade biológica do solo sem comprometer, no curto prazo, a qualidade da água. Contudo, o aumento das emissões de CO₂ e a contaminação microbiológica transitória reforçam a necessidade de uma gestão adequada, considerando o tipo de resíduo e as condições de aplicação.

Palavras-chave: atividade microbiana; emissões de gases com efeito de estufa; lixiviação de nutrientes; qualidade do solo; resíduos agropecuários

O teor de fósforo do solo poderá ser um fator chave para a gestão sustentável em sistemas mediterrânicos?: resultados preliminares em pastagem em Montado

João Horta Marques^{1, 2*}, Luís Paniágua³, David Lloberas^{2, 4}, Miguel Martins⁵, Emanuel Carreira¹ e João Serrano¹

¹ MED—Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development and CHANGE—Global Change and Sustainability Institute, Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

² CEF – Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

³Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal, Escuela de Ingenierías Agrarias, Universidad de Extremadura, Avenida Adolfo Suárez, S/N, 06007 Badajoz, Spain.

⁴INIAV – Instituto Nacional de Investigación Agrária e Veterinária I.P., Quinta do Marquês, Av. da República, Oeiras 2780-159, Portugal.

⁵LEAF - Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associated Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

* jplhortamarques@gmail.com

Resumo

O Montado é um sistema agro-silvo-pastoril do Sul da Península Ibérica. O estudo das relações entre a fertilidade do solo e o efeito em cada elemento deste complexo sistema permite otimizar a gestão, diminuindo as externalidades negativas, tirando partido dos fenómenos de interação positiva, incrementando a sustentabilidade. O fósforo é um dos macronutrientes que, em geral, é deficitário em solos portugueses. O estudo decorreu num ano em que precipitação foi dois terços da média (Ranual₁₉₉₄₋₂₀₂₄=600 mm). Procurou-se averiguar a relação entre o teor de P₂O₅ extraível no solo com a produção de pastagem de Montado (sequeiro), num ano agrícola moderadamente seco. Em 24 pontos (12 dentro e 12 fora da projeção da copa das árvores) de duas parcelas de Montado de azinho (Cambissolos; pastoreio rotacional de bovinos; encabeçamento de 0,6 CN), na Herdade Experimental da Mitra (UÉvora), estudou-se o efeito do fósforo assimilável presente no solo, à profundidade 0-0,20 m, na produção da pastagem. O fósforo extraível foi avaliado pelo método de Égner-Rhiem. Em ambos os grupos (dentro e fora da projeção das copas), o efeito do fósforo na produtividade da pastagem foi significativo. A correlação, positiva, obteve os valores de R²=0,63 fora da projeção das copas das árvores e R²=0,46 nos locais sob a influência da copa das árvores. Observaram-se diferenças não significativas, entre as amostras fora e dentro da copa das árvores (75 ± 43 mg/kg solo vs 133 ± 60 mg/kg solo). Em anos moderadamente secos, em situação de Montado, o teor de fósforo no solo (0-20 cm) fora da projeção das copas, poderá ser um fator limitante da produtividade da pastagem, justificando-se a sua aplicação nos locais em que este é classificado como baixo.

Palavras-chave: Cambissolos; fertilidade do solo; fósforo; pastoreio rotacional; sistemas agro-silvo-pastoris

Agradecimento: Os autores agradecem ao Professor João Coutinho (Centro de Química da UTAD) pelas sugestões dadas.

Avaliação do Impacte de Estratégias para Controlo da Perda de Fósforo num Sistema de Produção do 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}

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

² Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

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

* adelcia.veiga@esac.pt

Resumo

As práticas de gestão do solo desempenham um papel determinante na dinâmica do fósforo, influenciando a sua acumulação no solo e possível contaminação dos cursos de água. O presente estudo, desenvolvido no âmbito do projeto Phos4Cycle, financiado pelo Programa Interreg-Sudoe, teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes estratégias agrícolas sustentáveis, focadas no controlo da perda de fósforo, nos teores de P no solo e na cultura. O ensaio foi realizado em 2024, durante o ciclo cultural do milho forrageiro, em fluvissois de zona classificada como vulnerável à contaminação por nitratos (ZVN), no distrito de Aveiro. O delineamento experimental foi constituído por: fertilização mineral (F), fertilização mineral + biochar (FB), fertilização mineral com cobertura de solo (FS) e uma parcela testemunha sem fertilização (T). Foram avaliados parâmetros químicos do solo, nomeadamente pH, matéria orgânica, bases de troca, fósforo e potássio assimiláveis. A produção de biomassa aérea também foi avaliada como indicador agronómico da fertilidade do solo. Os resultados demonstraram que a modalidade FS, promoveu um aumento significativo do teor de fósforo assimilável comparativamente à testemunha e aos restantes tratamentos. Relativamente à produção, os tratamentos FS e FB apresentaram desempenhos agronómicos semelhantes entre si e superiores ao tratamento com fertilização mineral (F) e à testemunha. Contudo, a biomassa aérea das plantas sujeitas apenas à fertilização mineral (F) apresentou teores mais elevadas de fósforo (%), comparativamente à testemunha e aos outros tratamentos, sugerindo uma maior extração de fósforo pela cultura usando apenas fertilização mineral. A eficácia, a curto prazo, das estratégias de fertilização, integrando práticas agrícolas sustentáveis, evidenciadas neste estudo, reforçam a necessidade de ensaios de longa duração que permitam avaliar os seus benefícios agronómicos e ambientais em diferentes sistemas de produção agrícola.

Palavras-chave: Biochar; Fertilização mineral; Gestão do solo; Cultura de cobertura, Práticas sustentáveis

Formulação e validação agronómica de fertilizante organomineral baseado em economia circular

Ana Quintela^{1*}, Nazaré Almeida², Inês Chaby¹, Sandiane Krefta¹, José Rafael³, Mário de Carvalho⁴, Henrique Ribeiro^{5,6}, Erika Santos^{5,6}, Marie-Christine Morais⁵, Mariana Lopes⁵, Miguel Martins⁵ e Cristina Cunha-Queda^{5,6}

¹ RAIZ – Instituto de Investigação da Floresta e Papel, Quinta de S. Francisco, Rua José Estevão, 3800-783 Aveiro, Portugal

² The Navigator Company, Península da Mitrena, 2910-738 Setúbal, Portugal

³ Navigator Forest Portugal, Zona Industrial da Mitrena, 2910-738 Setúbal, Portugal

⁴ MED – Instituto Mediterrâneo para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, 7006-554 Évora, Portugal

⁵ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁶ LEAF/TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa, Portugal

* ana.quintela@thenavigatorcompany.com

Resumo

No âmbito de um projeto de economia circular da Agenda Transform (financiamento PRR), foi desenvolvido um fertilizante organomineral azotado a partir da valorização de sub-produtos e resíduos da indústria da pasta e papel, com o objetivo de criar uma solução sustentável para a fertilização agroflorestal, alinhada com os princípios da circularidade que visam o alcance da meta “berço ao berço” e com o enquadramento legal aplicável. A abordagem experimental incluiu ensaios em condições controladas, nomeadamente incubação em solo para avaliação da libertação de nutrientes e testes de germinação com planta bioindicadora tendo-se avaliado diferentes doses de aplicação.

Os resultados evidenciaram uma libertação progressiva de azoto mineral ao longo do tempo, com comportamento dependente do tipo de solo, mas comparável às referências comerciais, bem como ausência de efeitos fitotóxicos, mesmo em doses superiores às recomendadas. Nos ensaios de germinação e de crescimento vegetal, observaram-se desempenhos similares aos fertilizantes convencionais, confirmando a eficácia agronómica do produto.

Este desempenho está associado à sua composição, caracterizada por elevado teor de matéria orgânica, que favorece uma nutrição equilibrada e prolongada, bem como melhorias nas propriedades físico-químicas e biológicas do solo. A consistência dos resultados em diferentes condições reforça a robustez da formulação e o seu potencial como alternativa aos fertilizantes de síntese, contribuindo simultaneamente para a valorização de produtos industriais e para a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Em síntese, o fertilizante organomineral demonstrou viabilidade técnica, segurança ambiental e eficácia agronómica, justificando a progressão para eventual registo e futuras fases de valorização industrial.

Palavras-chave: circularidade; matéria orgânica; fertilidade do solo; indústria de pasta e papel; sustentabilidade

Avaliação do desempenho agronómico de compostos de jacinto-de-água produzidos pelos projetos BioComp_2.0 e BioComp_3.0

Maria Filomena Miguens^{1,2*}, Verónica Oliveira^{2,3}, Rosinda Leonor Pato^{1,2}, Célia Silva¹, Pedro Esperanço^{1,2} e Daniela Santos^{1,2}

¹ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

² Instituto Politécnico de Coimbra, Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

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

* filomenam@esac.pt

Resumo

Estima-se que na União Europeia são gerados 118 a 138 milhões de toneladas de biorresíduos anualmente, mas ainda só são reciclados menos de 40% deste total. O resíduo de jacinto-de-água (*Pontederia crassipes*) resulta do controlo mecânico desta invasora aquática, não conta nos registos de biorresíduos produzidos na UE, mas a elevada quantidade desta biomassa acumulada nas margens dos rios, são um risco de nova proliferação, provocam desconforto às populações pelo mau odor e presença de insetos, além de ser fonte permanente de emissão de GEE, sendo essencial um destino de valorização desta biomassa. É também uma planta acumuladora de nutrientes, o que a torna boa matéria-prima para a produção de composto agrícola em misturas com outros subprodutos agropecuários, florestais e da agroindústria. Este foi o mote que inspirou o projeto BioComp_2.0, no qual foram propostas 6 formulações para compostos orgânicos agrícolas produzidos em grandes pilhas, nas quais o jacinto-de-água foi o constituinte maioritário. O projeto BioComp_3.0 permitiu conferir escala aos bons resultados obtidos, alargando a abrangência regional para maior envolvimento das instituições administrativas e de desenvolvimento regional, de uma unidade produtora de composto agrícola à escala industrial, ao desenvolvimento de tecnologia para a monitorização e otimização das operações de controlo da planta invasora, criação de um sistema de rastreabilidade que permite comprovar a qualidade dos compostos produzidos e alargamento da rede de *stakeholders* a nível regional e nacional. Apresentam-se os resultados agronómicos obtidos em ambos os projetos e que comprovam a qualidade dos 8 compostos produzidos, para todos os tipos de agricultura: i) composição química, física e microbiológica equiparada a grande parte dos compostos agrícolas comerciais, ii) bom desempenho agronómico como corretivos orgânicos, testados em ensaios de vaso e de campo, em diferentes regiões do país com representatividade agrícola: Centro Litoral, Trás-os-Montes e Beira Alta, Cova da Beira, Alentejo. Os compostos foram testados também para níveis elevados que permitem despistar eventuais efeitos de toxicidade e comparados com o desempenho de corretivos e adubos orgânicos comerciais.

Palavras-chave: Biorresíduos; Compostos orgânicos agrícolas; Ensaios de eficácia agronómica; Fertilidade do solo; Saúde do solo

Efeito do biochar no pH, Condutividade Elétrica e Cálcio de Troca: Ensaio de Incubação em Solo Ácido

Carmo Horta^{1,2*}, Cláudia Vitória¹, Salah Jellali³, Ahmed Al-Raeesi³, José Carlos Gonçalves^{1,2},
Verónica Oliveira^{4,5}, Ofélia Anjos^{1,2,6}

¹ CERNAS-IPCB, Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Polytechnic University of
Castelo Branco, Portugal

² Centro de Biotecnologia de Plantas da Beira Interior (CBPBI), 6001-909 Castelo Branco, Portugal

³ Centre for Environmental Studies and Research, Sultan Qaboos University, 123, Al-Khoud, Oman

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

⁵ CERNAS, Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

⁶ Centro de Investigação Florestal, Laboratório Associado TERRA, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa, Portugal

* carmoh@ipcb.pt

Resumo

O biochar pode melhorar as propriedades físico-químicas do solo, embora a sua aplicação possa induzir aumentos de pH e condutividade elétrica potencialmente prejudiciais à produção agrícola. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito, ao longo do tempo, de diferentes biochars no pH, cálcio de troca e condutividade elétrica num solo ácido.

Efetuiu-se um ensaio de incubação, numa câmara de crescimento, durante 126 dias, com análises ao solo no início, a meio e no final. Este ensaio contou com dois controlos: solo inicial (C) e solo com calcário (3,5 t/ha) (C+L); e seis biochars (B1-B6), em triplicado. B1-B5 produzidos por pirólise (400-700 °C) de diferentes proporções de estrume de aves, folha de tamareira e mármore calcinado, e B6 produzido a partir de madeira (700 °C). Os biochars foram aplicados numa proporção de 55g/kg de solo.

Com os resultados obtidos ao longo do ensaio, verificou-se que os valores de pH (6,89-9,29) e cálcio de troca (2,80-34,42 cmol₊/kg) foram superiores nos tratamentos com biochar, em comparação com o controlo C (5,37-5,61 e 1,17-1,23 cmol₊/kg, respetivamente). Os valores mais elevados de pH estão associados a maiores teores de cálcio de troca. A condutividade elétrica também aumentou nos tratamentos com biochar, desde solo sem efeito salino até moderadamente salino (0,05-2,04 dS/m), enquanto no controlo C se manteve em 0,03 dS/m. Os biochars enriquecidos com mármore calcinado (B2-B5) originaram um efeito mais pronunciado sobre os parâmetros avaliados.

A aplicação de biochar evidenciou o seu potencial na correção da acidez do solo e enriquecimento em cálcio de troca. No entanto, a dose de biochar aplicada deverá ter em conta a sua composição de forma a evitar aumentos excessivos de pH e de salinidade do solo, com possíveis efeitos agrónómicos negativos.

Palavras-chave: Correção da acidez; Pirólise; Salinidade do solo

Influence of pyrolysis conditions on the physicochemical properties and thermal stability of *Acacia spp.* biochar

Joel Ôlo¹, Rupesh Kumar Singh², Maria Cristina Morais², Tiago Gomes Duarte³, João Coutinho³,
João Ricardo Sousa^{2*}

¹ Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

² Center for the Research and Technology of Agroenvironmental and Biological Sciences, CITAB, Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

³ CQ-VR Center of Chemistry-Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

* jricardo@utad.pt

Abstract

Thermochemical valorisation of biomass for biochar production has gained increasing relevance in the context of sustainable waste management and soil quality improvement, due to its potential to enhance carbon (C) stability, correct soil acidity, and improve physicochemical and biological soil properties. In this study, the effect of different pyrolysis conditions on the properties of three biochars (B1, B2, and B3), produced from *Acacia spp.* residues, was evaluated. The materials were obtained under different combinations of heating rate, average temperature, and residence time: B1 (12.2 °C/min; 612.3 °C; 50 min), B2 (4.6 °C/min; 572.7 °C; 125 min), and B3 (2.5 °C/min; 614.0 °C; 250 min), respectively. The different biochar obtained were characterized in terms of physicochemical properties and thermal stability by TGA/DTG. Significant differences were observed among the materials, reflecting the applied pyrolysis conditions. Overall, from B1 to B3, biochar yield, moisture, and volatile matter decreased, whereas pH and fixed carbon increased, indicating a progressive increase in carbonization degree. This pattern suggests that lower heating rates combined with longer residence times promoted more extensive degradation of thermally labile fractions and favoured the development of more condensed carbon structures. TGA/DTG profiles supported this trend, showing increases in T_{onset} and T_{max} from B1 to B3, together with lower mass losses in the labile fractions, reflecting an increasing of aromaticity, stability, and thermal recalcitrance. The results indicate that increasing the intensity of pyrolysis conditions promotes the production of more alkaline biochar with higher fixed carbon content and greater thermal stability, enhancing their potential for soil application.

Keywords: Biochar yield; carbon stability; heating rate; soil application; thermogravimetric analysis

Sustainable fertilization in lettuce production: effects of pelletized compost and vermicompost derived from vineyard and urban residues on soil fertility

Ana M. Coimbra¹, Elisabete Nascimento Gonçalves¹, Henda Lopes¹, Tiago Azevedo¹, Catarina Medeiros¹, João Claro², Guilhermina Marques^{1,3}, João R. Sousa¹, Marta Roboredo¹, Paula A. Oliveira¹, and Maria C. Morais¹

¹ Centre for the Research and Technology of Agroenvironmental and Biological Sciences, CITAB, Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

² CQ-VR Centre of Chemistry-Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

³ Department of Agronomy, School of Agrarian and Veterinary Sciences, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

* acoimbra@utad.pt

Abstract

The intensive use of conventional fertilizers in horticultural systems has contributed to soil degradation, nutrient imbalances, and environmental concerns, highlighting the need for more sustainable fertilization strategies. In this context, organic amendments derived from agricultural and urban residues are emerging as valuable alternatives to improve soil fertility while promoting circular economy principles. This study assessed the effects of pelletized compost and vermicompost, produced from vineyard pruning residues and sewage sludge, on soil chemical properties in a lettuce pot experiment, in comparison to conventional fertilization. Four treatments were established: compost (CC), vermicompost (VC), commercial fertilizer (CF), and an unfertilized control (CT). After 55 days, soil pH, electrical conductivity, organic matter, nutrient availability, effective cation exchange capacity (CEC), and trace element concentrations were analyzed. Organic amendments (CC and VC) significantly affected several soil chemical properties. While the commercial fertilizer (CF) caused a marked decline in soil pH, both organic amendments prevented acidification and maintained values closer to neutrality. Compost and vermicompost significantly increased extractable phosphorus and potassium, as well as CEC, compared with CF and CT. Electrical conductivity increased under all fertilized treatments but remained within non-limiting ranges for lettuce growth. Soil organic matter showed a slight, non-significant increase under CC and VC treatments, likely due to the short duration of the experiment. Importantly, no accumulation of trace elements was detected in any treatment. These findings demonstrate that pelletized compost and vermicompost derived from vineyard and urban residues can improve key indicators of soil fertility, highlighting their potential as sustainable alternatives to conventional fertilization in intensive horticultural systems.

Keywords: circular economy; conventional fertilization; horticultural systems; organic fertilizer; sewage sludge

Acknowledgments: This work was supported by the project “Vine & Wine-Driving Sustainable Growth Through Smart Innovation”, under the Recovery and Resilience Program (reference number C644866286-00000011). This work was also supported by National Funds by FCT—Portuguese Foundation for Science and Technology, under the projects UID/04033/2025: Centre for the Research and Technology of Agro-Environmental and Biological Sciences and LA/P/0126/2020 (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0126/2020>), UIDP/50006/2020 (REQUIMTE, DOI: 10.54499/UIDP/50006/2020) and UIDB/50006/2020 (REQUIMTE, DOI: 10.54499/UIDB/50006/2020). Tiago Azevedo and Henda Lopes thank FCT for their PhD grants (2023.01329.BD and PRT/BD/154380/2023, respectively), while Elisabete Nascimento-Gonçalves and Catarina Medeiros acknowledge PRR and European Funds NextGeneration EU for their fellowship grants (BI/UTAD/41/2025 and BI/UTAD/17/2025, respectively).

Recuperação de nutrientes a partir de resíduos orgânicos e o seu papel na fertilidade do solo: contributos para agroecossistemas sustentáveis

Gabriela Baptista^{1*}, Inna Shyshka¹, Cláudia Vitória², Carmo Horta^{2,3}, Carla Rodrigues^{1,4}, Ana Sofia Fajardo^{1,4}, Ofélia Anjos^{1,3,5}, Verónica Oliveira^{1,4,*}

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

² CERNAS-IPCB, Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal

³ Centro de Biotecnologia de Plantas da Beira Interior (CBPBI), 6001-909 Castelo Branco, Portugal

⁴ Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

⁵ Centro de Investigação Florestal, Laboratório Associado TERRA, Universidade de Lisboa, 1349-017 Lisboa, Portugal

* gabriela.baptista@esac.pt; veronica.oliveira@esac.pt

Resumo

Os efluentes pecuários e os resíduos agroalimentares constituem fontes relevantes de nutrientes que, quando recuperados, podem ser reincorporados no solo sob a forma de biofertilizantes, promovendo a fertilidade e reduzindo a dependência de fertilizantes sintéticos. Este trabalho apresenta uma revisão da literatura sobre diferentes tecnologias de recuperação de nutrientes a partir de resíduos orgânicos, analisando a sua eficiência, vantagens, limitações e os produtos obtidos, bem como o seu comportamento e impactes no solo. Entre as tecnologias atualmente utilizadas destacam-se a remoção de amónia, a precipitação química, a permuta iónica (eletrodialise), a separação por membranas e o processo térmico. A precipitação de estruvite evidência elevada eficiência na recuperação simultânea de azoto e fósforo (até 95% e 80-90%, respetivamente), permitindo a produção de fertilizantes químicos a partir de fontes secundárias de nutrientes. As membranas permeáveis a gases apresentam também elevada eficácia, com taxas de recuperação de azoto até 98% em efluentes suínos, enquanto o sulfato de amónio produzido durante o processo fornece azoto prontamente disponível para as culturas. Apesar do potencial destas tecnologias, persistem desafios associados ao consumo energético, custos operacionais e necessidade de validação em larga escala. Adicionalmente, os produtos obtidos, e ainda que todos tenham mostrado valor agronómico, requerem, no entanto, estudos mais aprofundados quanto ao seu comportamento em diferentes tipos de solo e à potencial presença de contaminantes. Este trabalho de revisão de literatura evidencia o papel estratégico da recuperação de nutrientes na promoção de sistemas agrícolas mais sustentáveis, contribuindo para a economia circular e a gestão eficiente dos recursos.

Palavras-chave: biofertilizantes; economia circular; efluentes pecuários; fertilidade do solo; resíduos agroalimentares.

Agradecimentos: Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto NUTREC4AGRI – Turning waste into a Resource: Development of green fertilizers through nutrient's recovery from agri-food byproducts and livestock effluents, com o código COMPETE2030-FEDER-00726000 (operação n.º 16109), cofinanciado pelo COMPETE 2030, Portugal 2030 e União Europeia. V. Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT — Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do contrato do programa institucional de emprego científico (<https://doi.org/10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002>).

O fósforo como factor limitante da produtividade dos solos de Portugal: evidência experimental desde o século XIX até à atualidade (resultados preliminares)

João Horta Marques^{1 2*}, Samuel Guerreiro³, João Serrano¹ e João Coutinho⁴

¹ MED—Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development and CHANGE—Global Change and Sustainability Institute, Institute for Advanced Studies and Research, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, Ap. 94, 7006-554 Évora, Portugal

² CEF – Centro de Estudos Florestais e Laboratório Associado Terra, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

³ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁴ CQ – Centro de Química, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Quinta de Prados 5000-801 Vila Real, Portugal

* jplhortamarques@gmail.com

Resumo

O fósforo constitui um dos principais factores limitantes da produtividade dos solos de Portugal. Isto reflete a deficiência generalizada em formas disponíveis no solo e o seu papel no crescimento radicular, particularmente relevante em regimes de sequeiro. Desempenha ainda um papel importante na mitigação do alumínio de troca e na resiliência das pastagens. Este trabalho visa sistematizar a evidência experimental nacional sobre a dinâmica e gestão do fósforo no solo, desde os estudos de Ferreira Lapa e Rebelo da Silva (séc. XIX) até às atuais abordagens de Agricultura de Precisão (AP), com vista a apoiar a gestão de sistemas rurais. A análise (desde 1850's até à data de publicação) demonstra que o fósforo foi o nutriente com incrementos de produtividade (kg/hectare) mais consistentes em diferentes culturas, com mais ênfase para a “Campanha do Trigo”. Em sistemas agro-silvo-pastoris, como o Montado, apresenta elevada variabilidade espacial, fortemente influenciada pela cobertura arbórea: sob a copa, os teores podem ser até duas vezes superiores aos registados fora da influência desta, devido a interações com a biologia do solo (micorrizas) e à deposição de dejetos animais. A interpretação analítica mostra que a disponibilidade é condicionada por matéria orgânica, carbonatos e acidez. Os resultados sugerem que a gestão sustentável deste nutriente requer uma abordagem integrada, baseada em análises de solo e recomendações de fertilização ajustadas à variabilidade edáfica e às necessidades das culturas. Atualmente, o recurso complementar a técnicas de AP com aplicação de fertilizantes à taxa variável (VRT) permitem otimizá-lo e homogeneizar a produção. Conclui-se que a gestão sustentável do fósforo exige uma visão integrada. Neste âmbito, impõe-se aos gestores agrícolas que sigam, com coerência técnica e económica, as recomendações de fertilização, associando-as, frequentemente, ao azoto, assegurando a necessária reposição das extrações efetuadas pelas culturas, de modo a garantir a saúde do solo e a viabilidade do sistema produtivo face aos desafios das Alterações Globais.

Palavras-chave: História; Montado; Campanha do Trigo; Fósforo assimilável; Agricultura de Precisão

Qualidade dos compostos de jacinto-de-água: A experiência de 5 anos dos projetos BioComp_2.0 e BioComp_3.0

Maria Filomena Miguens^{1,2*}, Verónica Oliveira^{2,3}, Rosinda Leonor Pato^{1,2}, Célia Silva¹, Pedro Esperanço^{1,2} e Daniela Santos^{1,2}

¹ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

² Instituto Politécnico de Coimbra, Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

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

* filomenam@esac.pt

Resumo

A grande dependência energética da produção de fertilizantes sintéticos associada à instabilidade global no acesso aos combustíveis fósseis, vem colocar na ordem do dia a maior urgência para a utilização de fontes alternativas de nutrientes agrícolas. Paralelamente, cresce a importância da circularidade dos resíduos de origem orgânica, abundantes em todo o mundo, mas ainda maioritariamente encaminhados para aterros sanitários, queima ou abandono no meio natural. Estes destinos contribuem para o aumento das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) e para a contaminação das águas superficiais e/ou subterrâneas, sem que seja retirado qualquer proveito útil dos nutrientes ou do potencial destes recursos como regeneradores dos solos, aumentando a resiliência e funcionalidade dos mesmos enquanto suporte de produção de alimentos e fibras. Nos países do sul da Europa, de clima marcadamente mediterrânico, é crucial a incorporação de grandes quantidades de matéria orgânica para aumentar a resiliência dos solos aos processos erosivos, garantir fornecimento gradual e contínuo de nutrientes e conferir-lhes capacidade produtiva para alimentos e suporte de ecossistemas com vida, essenciais até mesmo para a regulação climática e amortecimento de eventos climáticos extremos. Os projetos BioComp_2.0 e BioComp_3.0 resultaram do compromisso de aliar o controlo da espécie invasora aquática jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*), à valorização de resíduos agropecuários, florestais e da agroindústria da região Centro. Estes projetos envolveram a produção de compostos orgânicos agrícolas com misturas diversas em que o jacinto-de-água corresponde sempre à maior fração (40-50%). Inicialmente foram testadas 6 misturas diversas em pilhas de grande dimensão, mas ainda com carácter experimental no BioComp_2.0, ganhando escala industrial no BioComp_3.0 com as 2 misturas que demonstraram previamente bom desempenho agronómico aliado à abundância de matérias-primas economicamente mais viáveis (pilhas com cerca de 200-290 m³). São apresentados os resultados mais relevantes da caracterização química, física e microbiológica de todos os compostos produzidos ao longo dos 5 anos de projetos, numa análise comparativa com alguns dos compostos comerciais dedicados à correção orgânica dos solos.

Palavras-chave: Circularidade de nutrientes; Compostagem aeróbia; Compostos orgânicos agrícolas; Fertilidade do solo; Resiliência e funcionalidade do solo

Resultados agronômicos de compostos de jacinto de água produzidos pelo projeto BioComp_3.0

Maria Filomena Miguens^{1,2*}, Verónica Oliveira^{2,3}, Rosinda Leonor Pato^{1,2}, Célia Silva¹, Pedro Esperanço^{1,2} e Daniela Santos^{1,2}

¹ Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

² Instituto Politécnico de Coimbra, Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

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

* filomenam@esac.pt

Resumo

À escala mundial são muitos os ensaios agronômicos de longo prazo a demonstrar consistentemente que a aplicação repetida de composto de alta qualidade contribui para a saúde sustentável do solo e para a produtividade agrícola. A análise conjunta das evidências mostra que o uso prolongado de composto orgânico melhora a estrutura do solo e o teor de carbono, a retenção de água, a biodiversidade, o fornecimento contínuo de nutrientes e a estabilização da produção, fortalecendo, em conjunto, a resiliência da agricultura e a saúde do solo ao longo do tempo. Ao sequestrar carbono e aumentar imediatamente o teor em matéria orgânica estável do solo, reduzindo a dependência de fertilizantes minerais sintéticos que consomem muita energia, o composto agrícola contribui diretamente para a mitigação das alterações climáticas, fortalecendo a resiliência dos sistemas agrícolas, passando a um aliado indispensável à gestão sustentável do solo. No projeto BioComp_3.0 tirou-se partido da grande disponibilidade de biomassa verde de uma planta fitoacumuladora de nutrientes, mas que é simultaneamente uma invasora aquática no nosso território (*Pontederia crassipes*, jacinto-de-água), acarretando elevados custos para o seu controlo e prejuízos na região. Esta matéria verde foi adicionada à biomassa florestal e aos subprodutos agroalimentares também abundantes na região Centro, para produzir compostos de qualidade à escala industrial. Foram realizados ensaios agronômicos em alfices ao ar livre e em estufa e também em pomares para diferentes níveis de aplicação de composto. Comparou-se ao desempenho de corretivo orgânico e adubo comercial para a produção em modo biológico (MPB). Os resultados demonstram a elevada qualidade dos compostos produzidos, equiparáveis aos produtos comerciais, com parâmetros que permitem a utilização em MPB. São apresentados e discutidos os resultados a curto prazo sobre a produção de alfice e sobre a produção de maçã “Bravo de Esmolfe”, bem como os efeitos mais imediatos sobre a fertilidade e saúde do solo.

Palavras-chave: Circularidade de nutrientes; Compostos orgânicos agrícolas; Eficácia agronómica; Fertilidade do solo; Saúde do solo

Desempenho de compostos de jacinto-de-água como corretivos orgânicos em cultura de alface

Almeida Sawimbo^{1,2,3}, Adelaide Perdigão^{4,5,*}, Hartmut Nestler⁶, Margarida Arrobas^{2,3}, M Ângelo Rodrigues^{2,3}

¹ Instituto Superior Politécnico do Cuanza Sul (ISPCS), Rua 12 de Novembro, Sumbe P.O. Box 82, Angola

² Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

³ Laboratório para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

⁴ CERNAS: Pólo Viseu - Escola Superior Agrária do IPV, Viseu

⁵ Colina Generosa, Lda., Coimbra, Portugal

⁶ Leal & Soares, S.A. Zona Industrial de Mira, Politécnico de Coimbra, Escola Superior Agrária, Bencanta 3045-601 Coimbra, Portugal

* aperdigao25@gmail.com

Resumo

Este estudo avalia o potencial agronómico de compostos produzidos a partir de jacinto-de-água (*Eichhornia crassipes*) como corretivos orgânicos na produção de alface. O ensaio de campo foi conduzido em Bragança, em um Regossolo, entre setembro de 2024 e outubro de 2025, ao longo de três ciclos de cultivo de alface (cv. Summer Wonder). O delineamento experimental foi completamente casualizado, com cinco tratamentos fertilizantes: dois compostos de jacinto-de-água, estrume de vaca, fertilização mineral e testemunha, e três repetições. Os fertilizantes foram aplicados em dose equivalente a 60 kg ha⁻¹ de N em cada ciclo. Foram avaliadas a produção de alface, a dinâmica de nutrientes no solo, através de membranas de troca iónica enterradas diretamente no solo, e a composição mineral das plantas, bem como o efeito dos tratamentos nas propriedades gerais do solo, como carbono orgânico, pH, capacidade de troca catiónica e biodisponibilidade de nutrientes.

Os resultados indicaram diferenças significativas na produção de matéria seca entre tratamentos, com agrupamento em três níveis de resposta. A fertilização mineral apresentou os valores mais elevados, com uma produção acumulada de 5,88 t ha⁻¹ ao longo dos três ciclos. Num nível intermédio, os compostos de jacinto-de-água e o estrume de vaca apresentaram desempenhos semelhantes entre si, com produções entre 4,38 e 4,64 t ha⁻¹, sem diferenças estatisticamente significativas, mas significativamente superiores à testemunha (3,90 t ha⁻¹). A menor produtividade observada nos corretivos orgânicos foi associada à sua reduzida taxa de mineralização de azoto. De facto, a recuperação aparente de azoto foi de 38,5% no tratamento com fertilização mineral, enquanto nos corretivos orgânicos foi inferior a 15%. Estes resultados sugerem que os compostos avaliados, com razões C/N entre 17 e 20, podem ser menos adequados para culturas de ciclo curto com elevada exigência imediata de azoto, sendo potencialmente mais indicados para sistemas agrícolas que beneficiem de uma libertação mais gradual de nutrientes e de uma fertilização de efeito prolongado.

Palavras-chave: azoto aparentemente recuperado, *Eichhornia crassipes*; fertilização orgânica; mineralização de azoto

Valorização da lã de ovelha para substratos de sementeira

Inês Baptista^{1*}, Lorena da Paixão Oliveira², Erika Santos³, Diego Arán³

¹ Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

² Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil

³ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

* inessbaptista2003@gmail.com

Resumo

A lã de ovelha tem vindo a ser frequentemente descartada como resíduo, traduzindo-se na perda de um recurso natural com elevado potencial, sobretudo devido à reduzida valorização e à ausência de um mercado estruturado. Em paralelo, o setor viveirista hortícola apresenta forte dependência da turfa como substrato de germinação, tornando pertinente a procura de alternativas mais sustentáveis.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma estratégia de valorização da lã residual na agricultura, avaliando a sua utilização como componente de substratos de sementeira. Testaram-se três condições de lã: lã bruta (sem tratamento), lã sujeita a aquecimento a 70 °C durante 1 h e lã lavada a 60 °C durante 15 min. Foram preparados substratos com diferentes proporções de turfa e lã (V:V): 50:50, 25:75 e 10:90, utilizando-se como controlo apenas a turfa. Paralelamente, a água da lavagem da lã foi analisada ao nível químico e fitotoxicidade, de modo a avaliar o seu potencial reaproveitamento na rega.

Os substratos foram utilizados em alvéolos para a sementeira de alface e cebola (n=6/espécie/substrato), em condições controladas de estufa durante 2 meses. Avaliou-se taxa de germinação, sobrevivência, número de folhas, altura e biomassa final.

A alface apresentou pior desempenho nas misturas com lã bruta, com taxa de germinação de 24,1%, enquanto a lã lavada evidenciou 59,3% de germinação e altura máxima de 6,5 cm (Controlo: 61,1%; 4,42 cm). Na cebola, o pior desempenho ocorreu com lã aquecida (≈1,85%), sendo novamente a lã lavada a apresentar melhores resultados, com taxa de germinação de 61,1% e altura máxima de 17 cm (Controlo: 88,9%; 13,3 cm).

A água da lavagem da lã apresentou pH de cerca de 8,8 e condutividade elétrica de 3443,5 µS/cm. Apesar de não se observarem efeitos significativos na germinação da alface (≈64%; controlo 87,2%), o crescimento das plântulas revelou alguma sensibilidade. Na cebola, a taxa de germinação rondou 74,7% (controlo 90,4%).

Palavras-chave: Valorização da lã, substrato, viveiro, hortícolas, recirculação

Tratamentos Térmicos de Lã de Ovelha para obtenção de Substratos Sustentáveis para a Hidroponia

Lorena da Paixão Oliveira¹; Diego Arán²; Erika Santos^{2*}

¹ Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, Brasil;

² LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal.

* erikasantos@isa.ulisboa.pt

Resumo

A necessidade de substratos alternativos, sem utilização de recursos naturais, tem impulsionado a procura por materiais sustentáveis de baixo custo e que aumentem a eficiência do uso da água em sistemas hidropónicos. Ao mesmo tempo, os resíduos de lã de ovelha estão a ser descartados sem aproveitamento. Este estudo avaliou o efeito de diferentes tratamentos térmicos na lã para a obtenção de matrizes para sistemas agrícolas hidropónicos. Avaliou-se, em condições controladas: a capacidade de retenção hídrica e a perda de água por evaporação a 45°C; o desempenho fisiológico (NDVI e PRI) e o desenvolvimento da alface cultivada nessas matrizes com solução nutritiva durante 30 dias. Para a obtenção das matrizes, a lã submeteu-se a diferentes tratamentos térmicos (150, 200 e 250°C; 20 e 30 minutos). A lã sem qualquer tratamento foi usada como controlo. O tratamento térmico influenciou a retenção hídrica, destacando-se a condição de 250°C-20 min como a mais eficiente (g/g; 3,7 vs 2,3-3,1). As perdas por evaporação variaram entre 21% e 68%, sendo mais elevadas no tratamento 200°C-20 min. Em sistema hidropónico, o crescimento das alfaces e o seu desempenho fisiológico foi maior na lã natural (altura: 10,37cm, largura foliar: 9,25 cm; NDVI: 0,4392; PRI: 0,040), diferindo das alfaces produzidas nas lãs tratadas termicamente. O número de folhas, também foi superior na lã natural (17 vs 11). As condições químicas das soluções nutritivas em cada tratamento (pH, CE, Eh) foram adequadas ao crescimento das plantas. Embora o tratamento a 250°C-20 min tenha apresentado maior retenção hídrica, esta vantagem não se refletiu num melhor desempenho agronómico. A lã natural apresentou os melhores resultados no cultivo das alfaces em hidroponia, e consequentemente, um claro potencial no seu uso.

Palavras-chave: hidroponia; lã de ovelha; crescimento vegetal; retenção hídrica; substratos alternativos; tratamento térmico

Sludge source influences vermicomposting process and agronomic quality of vine pruning-based amendments

Marta Roboredo^{1,*}, Elisabete Nascimento Gonçalves¹, Henda Lopes¹, Tiago Azevedo¹, Catarina Medeiros¹, Ana M. Coimbra¹, Virgílio Falco^{1,2}, Luis Ferreira^{1,3}, João R. Sousa¹, Paula A. Oliveira¹ and Maria C. Morais¹

¹Centre for the Research and Technology of Agroenvironmental and Biological Sciences, CITAB, Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

²Associated Laboratory for Green Chemistry (LAQV-REQUIMTE), University of Porto, Portugal

³Animal and Veterinary Research Centre (CECAV), UTAD, Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real, Portugal

* roboredo@utad.pt

Abstract

In the context of the circular economy and the urgent need to restore organic matter (OM) of agricultural soils, valorising agro-industrial residues through vermicomposting is a sustainable strategy for producing high quality organic amendments. This approach combines efficient waste management with improved soil health and fertility. The present study evaluated the evolution of physicochemical parameters during the vermicomposting process (0, 30, 60 and 90 days) of two mixtures with identical proportions of vineyard pruning, solid fraction of cattle slurry, and two types of sludge: digested sludge from an urban wastewater treatment plant (UrS) and winery sludge (WiS). Vermicomposting promoted the degradation and stabilization of both mixtures, as established by decreases in C/N, OM, $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ and total polyphenols, with obtained values reflecting the initial composition of the mixtures. However, some studied parameters followed a differentiated evolution depending on the sludge. UrS pH decreased from 8.88 to 4.70, associated with intense nitrification, as confirmed by sharp increase in NO_3^- (from 0.59 to 2561.67 mg kg⁻¹). Accordingly, electrical conductivity (EC) increased from 0.77 to 2.53 dS m⁻¹, reflecting OM mineralization. In contrast, WiS showed pH increases (from 5.24 to 6.86), a decrease in EC (0.84 to 0.44 dS m⁻¹) and moderate increase of NO_3^- (from 0.25 to 498.76 mg kg⁻¹). Nutrients increased over time due to concentration effects, with UrS always showing higher contents, except for K, significantly greater in WiS. Similar trend was observed for metals, without evidence of environmental risk. The germination index with *Lepidium sativum* (90 days) was high in both mixtures, confirming the absence of phytotoxicity and the agronomic quality of vermicomposts, with WiS presenting greater agronomic potential. It is concluded that the origin of the sludge significantly influences the kinetics of vermicomposting and the characteristics of the final product, with implications for its agricultural use under specific edaphoclimatic conditions.

Keywords: *Eisenia fetida*; organic matter stabilization; phytotoxicity; winery/urban sewage sludge

Composting and vermicomposting of vine prunings and sewage sludge: Effects on final product quality and maturity

João R. Sousa^{1,*}, Elisabete Nascimento Gonçalves¹, Henda Lopes¹, Tiago Azevedo¹,
Catarina Medeiros¹, Ana M. Coimbra¹, Virgílio Falco^{1,2}, Luis Ferreira^{1,3}, Maria C. Morais¹,
Marta Roboredo¹, and Paula A. Oliveira¹

¹ Centre for the Research and Technology of Agroenvironmental and Biological Sciences, CITAB, Inov4Agro, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, UTAD, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

² Associated Laboratory for Green Chemistry (LAQV-REQUIMTE), University of Porto, Portugal

³ Animal and Veterinary Research Centre (CECAV), UTAD, Quinta de Prados, 5000-801, Vila Real, Portugal

* jricardo@utad.pt

Abstract

The management and valorisation of agricultural and urban residues constitute a major challenge in the context of sustainable agriculture and the circular economy. Large quantities of lignocellulosic by-products, such as vine pruning residues and sewage sludge, are generated annually and are often underutilized or inadequately managed, resulting in environmental concerns and the loss of potentially valuable resources. Composting and vermicomposting are widely recognized as sustainable strategies for transforming these residues into nutrient-rich amendments that can improve soil health and support circular waste management. In this study, a mixture of vine pruning and sewage sludge, using the solid fraction of cattle slurry used as inoculum, was subjected to three distinct processes: composting (CC), composting followed by vermicomposting (C-VC), and vermicomposting (VC). Although the proportion of the raw materials was the same, the physicochemical characteristics of the initial mixtures differed: CC and C-VC started from the same initial mixture, whereas VC was established from a distinct batch. The CC and C-VC processes lasted 240 days, while VC lasted 90 days. At the end, the quality and maturity of the final products were evaluated through physical and chemical parameters. The evaluated physicochemical parameters were compatible with the requirements established by Portuguese legislation (Portaria No. 185/2022), indicating their suitability for agricultural use. Among the processes, CC and C-VC produced the most balanced final products. In addition, C-VC also showed the highest reduction in polyphenol content. In contrast, VC resulted in lower nutrient levels and less favourable values for several overall quality parameters. These results suggest that direct vermicomposting for 90 days was not sufficient to achieve the same degree of stabilization and enrichment observed in CC and C-VC after 240 days of processing.

Keywords: circular economy; maturity indicators; organic amendments; quality parameters

Conservação do Solo e Gestão Sustentável da Paisagem

Utilização de corretivos derivados de resíduos no controle da drenagem ácida de solos contaminados por atividades extrativas de pirite

Diana Furtado¹, Berta Cumbane¹, Vera Palma², Rui Estebainha², Adriana Catarino^{3,4}, Patrícia Palma^{3,4,5}, Miguel Mourato¹ e Paula Alvarenga^{1,*}

¹ LEAF, Laboratório Associado TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

² ALMINA - Minas do Alentejo, S.A., Algaes, Aljustrel, Portugal

³ DTCA, Departamento de Tecnologias e Ciências Aplicadas, Escola Superior Agrária de Beja, Beja, Portugal

⁴ CREATE – Centro de Investigação em Ciência e Tecnologia para o Sistema Terra e Energia, Pólo do IPBeja, Portugal

⁵ AgdA – Águas Públicas do Alentejo, Grupo Águas de Portugal, Beja, Portugal

* palvarenga@isa.ulisboa.pt

Resumo

Nas estratégias de remediação de solos afetados por atividades extrativas de pirite, como os que se encontram na Faixa Piritosa Ibérica (FPI), é importante considerar a incorporação de corretivos que permitam a correção da sua acidez e a consequente imobilização dos elementos potencialmente tóxicos (EPTs; *e.g.*, As, Cu, Pb e Zn). Esta estratégia permite o controle do risco da drenagem ácida para o sistema hídrico na envolvente e pode ser feita, de forma económica e ambientalmente sustentável, utilizando corretivos de baixo custo, produzidos a partir de resíduos orgânicos e inorgânicos. Neste estudo, foi avaliada a aplicação de biochar produzido a partir de biomassa florestal residual (B), composto da fração orgânica de resíduos sólidos urbanos (C), e casca de ostra moída (O), isoladamente ou em combinação, como corretivos no tratamento de uma amostra composta de solo ácido, recolhida numa empresa mineira a exercer atividade extrativa de pirite na FPI (pH=3,4; 134,7; 210,2; 210,2 e 521,9 mg/kg concentrações totais de As, Cu, Pb e Zn, respetivamente; extração com água régia). Foi avaliada a capacidade dos tratamentos para diminuir a acidez e a concentração dos EPTs na água de drenagem dos solos tratados (simulada pelo extrato aquoso do solo, 1:10 m/v, em água destilada), 141 dias após a incorporação dos corretivos. Foi avaliada a fitotoxicidade desses extratos em ensaios de germinação com alface (*Lactuca sativa*) e agrião (*Hordeum vulgare*), e a sua ecotoxicidade com recurso a uma bateria de bioensaios com organismos aquáticos: imobilização com *Daphnia magna* (48h), inibição da luminiscência da bactéria *Vibrio fischeri* (15min), e inibição do crescimento da microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*. O extrato aquoso do solo não tratado (pH=3,65 e condutividade elétrica=1,87 dS/m) apresentou características de elevada toxicidade, com valores EC₅₀ muito baixos para a maioria dos organismos testados (*e.g.*, EC₅₀ de 1,7% v/v para *D. magna* e 13,6% v/v para *V. fischeri*). O biochar, quando aplicado isoladamente, foi o corretivo com menor capacidade para corrigir a acidez do extrato aquoso do solo (pH=3,76). Por esse facto, não permitiu uma imobilização tão efetiva dos elementos tóxicos, nem uma diminuição da sua ecotoxicidade (EC₅₀ de 6,7% v/v para *D. magna* e 9,5% v/v para *V. fischeri*). Pelo contrário, a casca de ostra moída, utilizado em substituição de corretivos alcalinizantes convencionais, foi o corretivo com maior capacidade de neutralizar a acidez do solo, quando aplicado isoladamente (pH=6,41), mas, principalmente, quando aplicado em combinação com C ou B (pH = 6,78 e 6,87, respetivamente), permitindo uma diminuição da ecotoxicidade dos tratamentos para valores não detetáveis, utilizando qualquer um dos bioensaios testados.

Palavras-chave: Faixa Piritosa Ibérica, elementos tóxicos, casca de ostra moída, biochar, composto, bioensaios aquáticos

Efeito da aplicação de *Chlorella vulgaris* no controlo de *Phytophthora cinnamomi*

Catarina Viana^{1,2,3}, Florinda Gama^{1,3}, Hugo Pereira^{1,3}, João Varela^{1,2,3}, Mário Reis⁴, Luísa Coelho^{1,4*}

¹ Greencolab, Associação Oceano Verde, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, Ed. 2-Gab 2.1, 8005-139 Faro, Portugal

² Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal

³ Centro de Ciências Do Mar, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

⁴ MED—Instituto Mediterrânico para a Agricultura, Ambiente e Desenvolvimento & CHANGE—Instituto para a Mudança Global e Sustentabilidade, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal

* luisacoelho@greencolab.com

Resumo

O declínio do sobreiro constitui um problema crescente nos ecossistemas mediterrânicos, estando frequentemente associado à infeção por *Phytophthora cinnamomi*, um dos principais agentes responsáveis pela mortalidade desta espécie. O controlo desta doença do solo é, assim, essencial para a sustentabilidade dos montados de sobreiro. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes concentrações de *Chlorella vulgaris* no controlo de *P. cinnamomi* em viveiro de sobreiros.

Em ensaios *in vitro*, foram testadas 12 concentrações de *C. vulgaris* entre 0,01 e 5 g L⁻¹, utilizando o método de difusão, tendo-se determinado a percentagem de inibição do desenvolvimento do patógeno. Com base nestes resultados, selecionaram-se três concentrações (0,01; 0,5 e 1,25 g L⁻¹) para validação *in vivo*. O ensaio em viveiro incluiu 12 tratamentos (com e sem inoculação do patógeno), incluindo controlos positivos (um produto sintético e um biológico) e um controlo negativo. O substrato foi inoculado com *P. cinnamomi* e, sete dias depois, procedeu-se ao transplante dos sobreiros. A severidade e incidência da doença foram avaliadas quinzenalmente, sendo a área sob a curva de progresso da doença (AUDPC) determinada no final do ensaio.

Os resultados demonstraram que, *in vitro*, a aplicação de *C. vulgaris* inibiu o crescimento de *P. cinnamomi*, até 40%. *In vivo*, *C. vulgaris*, reduziu significativamente a severidade e incidência da doença. As concentrações de 0,01 e 0,5 g L⁻¹ apresentaram os melhores resultados, com uma redução da incidência da doença de até 70% relativamente ao controlo negativo.

Estes resultados evidenciam o potencial de *C. vulgaris* como uma solução sustentável no controlo de doenças do solo, nomeadamente de *P. cinnamomi*, contribuindo para a mitigação do declínio do sobreiro, regeneração do solo e para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais ecológicas.

Palavras-chave: Sobreiro, montado, biocontrolo, microalgas, solo

Definição de compartimentos espaciais na vulnerabilidade à poluição por fósforo em arrozais no Vale do Baixo Mondego — uma abordagem composicional

Rosinda Pato^{1,2*}, José Manuel Gonçalves^{1,2}, Sérgio Oliveira¹, Verónica Oliveira^{2,3}, Teresa Albuquerque⁴

¹ Escola Superior Agrária de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

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

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

⁴ Instituto Politécnico de Castelo Branco, CERNAS, Av. Pedro Álvares Cabral, nº 12, 6000-084 Castelo Branco, Portugal

* rlsp@esac.pt

Resumo

A intensificação agrícola e o uso continuado de fertilizantes fosfatados têm contribuído para o aumento do risco de perdas de fósforo para os recursos hídricos, particularmente em agroecossistemas com elevada conectividade hidrológica. O Vale do Baixo Mondego constitui uma importante região agrícola, dominada por arrozais instalados em Fluvissois, apresentando elevada suscetibilidade à mobilização e transporte de nutrientes. Com o objetivo de avaliar a vulnerabilidade dos solos agrícolas à poluição difusa por fósforo, foi desenvolvido um estudo de monitorização em explorações representativas distribuídas por diferentes compartimentos espaciais do Vale do Baixo Mondego, nomeadamente no vale central, vales periféricos a montante, zona média e jusante. Foram recolhidas amostras compostas de solo em duas profundidades (0–30 cm e 30–60 cm), procedendo-se à determinação de parâmetros químicos associados à dinâmica do fósforo e à qualidade ambiental dos solos, nomeadamente P_2O_5 , K_2O , Fe, Mn, Cu, Zn, Ca, Mg, K, Na, Cl e As. Nesta análise exploratória preliminar, foi calculada uma Análise em Componentes Principais Composicional, tendo sido retidos os dois primeiros fatores principais (85% da variância total), e a média geométrica por compartimento do Vale do Mondego. Os resultados preliminares revelaram diferenças significativas, com as características dos solos variando de forma significativa entre os diferentes compartimentos, mas não em função da profundidade. O setor médio central apresenta enriquecimento relativos de P_2O_5 , Fe, Mn e Cu, enquanto o setor médio jusante mostra enriquecimento relativo em P_2O_5 , K_2O , Zn, Mg, K, Na e As. Nos vales periféricos, a montante observa-se maior relevância nos teores de P_2O_5 , Cu, Fe e Ca, e a jusante, em K_2O , Fe, Mn, Cu, Zn, Mg e Na. Nas áreas periféricas centrais, do lado direito observa-se uma maior concentração em Cl, Zn, Mg, K e Na, enquanto o lado esquerdo de Mn, Cu e Ca. A monitorização deste agroecossistema é fundamental para implementar práticas de gestão do solo e da água que atendam às especificidades de cada exploração, contribuindo simultaneamente para a otimização da competitividade da cultura e para a mitigação do risco de contaminação difusa por fósforo no Vale do Baixo Mondego.

Palavras-chave: Agroecossistema Arrozal; Análise Composicional de Dados; Compartimentos Espaciais; Monitorização do solo

How do lithology, relief and climate control the spatial distribution of WRB Reference Soil Groups and qualifiers in Portugal?

Samuel Guerreiro^{1,2*}, Pedro Arsénio^{1,3}, Vasco Florentino⁴, Manuel Madeira^{3,5}

¹LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Centre, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

²Santarém Polytechnic University, School of Agriculture, Quinta do Galinheiro, S. Pedro, 1001-904 Santarém, Portugal

³Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁴Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁵Forest Research Centre (CEF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

* sguerreiro@isa.ulisboa.pt

Abstract

Despite its critical role, soil maps in Portugal remain outdated and heterogeneous, limiting its use in land management and policy development. Ongoing efforts aim to produce an updated and harmonised soil map for mainland Portugal at a 1:100,000 scale using the WRB system. To this end, legacy 1:25,000 soil maps must be reinterpreted rather than simply generalised. Accordingly, we propose an approach based on the prior delineation of land units (LUs) according to soil-forming factors.

This study evaluates the potential of LUs to differentiate WRB Reference Soil Groups (RSGs) and qualifiers. For the project area (55.3% of mainland Portugal), the methodology was implemented within a GIS environment and consisted of: (i) defining climatic units (based on thermal regime), lithological groupings (rock origin and silica content), and relief units (altimetry, slope, and curvature); (ii) intersecting these three layers to generate LUs; and (iii) overlaying the 1:25,000 soil map and analysing the proportional distribution of soil units within each LU.

Results show that LUs provide a simple yet effective approach for distinguishing RSGs and qualifiers within the landscape. Lithology emerged as the main controlling factor. For example, mafic igneous rocks are mainly associated with Vertisols, diorites with Luvisols, and granites with Regosols; in sedimentary materials, sands are related to Arenosols and Podzols, non-compact limestones to Calcisols, and clayey materials to drainage-limited soils such as Stagnosols and Planosols. Relief and climate further contributed to differentiating RSGs, particularly in schist-dominated landscapes. In addition, these three factors jointly explain the distribution of key qualifiers such as Leptic, Stagnic, Skeletic, Calcic, and Ochric/Humic.

Overall, the proposed methodology provides a robust framework for updating and harmonising soil mapping in Portugal, improving data consistency and enabling evidence-based soil management, and is transferable to other regions with comparable legacy data and environmental conditions.

Keywords: land units; legacy soil data; soil-forming factors; soil classification; soil map updating

Influência da topografia na composição química do solo em inselbergs do Sudoeste do Brasil

Alex Justin o Zacarias^{1*}, Gabriel Ramatis Pugliese Andrade², Hélio Arêas Crespo Neto³,
Madalena Fonseca⁴, Erika S. Santos⁵, Diego Arán⁵

^{1,2} Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, CEP: 28.013-602 - Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil

³ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense – campus Campos Centro, Brasil

⁴ Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal

⁵ LEAF—Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food Research Center, Associate Laboratory TERRA, Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa - 1349-017 Lisboa, Portugal

* alexjustino12@gmail.com

Resumo

Os inselbergs são formas de relevo residual, isoladas, sujeitas a condições ambientais extremas, que influenciam a formação e as propriedades dos solos. Este estudo avaliou a variação de características químicas do solo ao longo de uma topossequência em dois inselbergs no Sudeste do Brasil. Ambos são formados predominantemente por rochas gnáissicas e graníticas sob diferentes condições climáticas (Burarama: Cwa, Caparaó: Aw). Em cada área de estudo selecionaram-se 17 pontos de amostragem ao longo do declive (Burarama: 11 entre 398 e 527 m; Caparaó: 6 entre 2009 e 2892 m), onde foram coletadas amostras de solo até à rocha-mãe (n=3/ponto). Nestas, determinou-se os teores de $C_{orgânico}$, N_{total} , $P_{extraível}$, catiões não-ácidos de troca e pH. Os resultados não mostraram padrões claros que distingam os locais, exceto para o P. Embora em ambas as áreas os solos sejam ácidos (pH 3,90-5,49), os valores dos parâmetros associados à fertilidade estiveram na mesma gama. Os teores de C variaram de 36,5-83,6 g/kg em Burarama e de 53,0-95,4 g/kg no Caparaó e para o N entre 2,80-8,9 g/kg e 5,0-7,7 g/kg, respectivamente. A razão C/N variou de 9-13 indicando adequada decomposição. O catião de troca dominante foi o Ca (cmolc/kg, Burarama: 1,30-9,23, Caparaó: 3,20-8,75) seguido do Mg (cmolc/kg, Burarama: 0,33-2,52, Caparaó: 1,60-2,74). As concentrações de K de troca foram em alguns solos baixas (cmolc/kg, Burarama: 0,05–0,15, Caparaó: 0,16-0,54) representando um desequilíbrio nutricional. O P em Burarama permaneceu muito baixo ao longo da topossequência (3,48-8,84 mg/kg), enquanto no Caparaó apresentou grande variabilidade e maiores valores (8,29-46,91 mg/kg). Em Burarama verificou-se uma alteração dos teores de C, N e P ao longo da topossequência, com maiores valores em menores cotas ($r \approx -0.8$). Embora as condições ambientais não diferenciem os solos dos inselberg, estas parecem ter um papel importante na heterogeneidade ao longo da topossequência.

Palavras-chave: altitude; fertilidade; inselberg; solo tropicais; topossequência

Efeitos no solo da aplicação de um compostado com bagaço de azeitona num olival em sebe (var. Arbosana)

Carlos Alexandre^{1*}, António Vieira², Ivo Dias³, António B. Dias⁴ e Vasco F. Cruz⁴

¹ MED Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE
Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Geociências, Escola de Ciências e
Tecnologia, Universidade de Évora, Portugal

² Mestrando, Universidade de Évora, Portugal

³ MED Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE
Global Change and Sustainability Institute, Instituto de Investigação e Formação Avançada,
Universidade de Évora, Portugal

⁴ MED Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development & CHANGE
Global Change and Sustainability Institute, Departamento de Engenharia Rural, Escola de
Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, Portugal

* cal@uevora.pt

Resumo

O bagaço de azeitona constitui um subproduto com grande potencial que importa valorizar e avaliar, nomeadamente, quanto aos seus efeitos na fertilidade e na saúde do solo quando compostado. Com esse objetivo decorre um ensaio experimental num olival plantado em 2021 (H. Torre das Figueiras, var. Arbosana, compasso 5 m x 1,5 m), delineado em blocos casualizados com 3 repetições x 3 tratamentos: T0, sem composto (controlo); T1, com aplicação de 5,0 kg m⁻² e T2, 10,0 kg m⁻². Estas dosagens foram repetidas: (i) numa faixa de 2,7 m de largura em solo nu, antes da passagem de um armador de camalhões e da plantação do olival; (ii) à superfície, na linha de plantação (jul/2023). Em abril/2024, realizou-se uma amostragem aleatória de 27 amostras compostas de solo das camadas 0-5, 5-15 e 15-30 cm (10-12 subamostras/amostra). Apresentam-se resultados do carbono orgânico do solo (COS), azoto total (N), razão C/N, pH(H₂O) e pH(KCl), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) extraíveis e micronutrientes catiões (Fe, Mn, Cu e Zn). As diferenças significativas ocorreram quase exclusivamente na camada 0-5 cm, evidenciando maior facilidade em detetar os efeitos da aplicação de composto à superfície do solo do que os efeitos da aplicação pré-plantação. Neste último caso, a preparação dos camalhões e a plantação das árvores podem ter contribuído para uma mistura mais heterogénea do composto no solo. Os efeitos observados na camada 0-5 cm traduzem a elevada concentração do composto em matéria orgânica e em cinzas. Da primeira, decorre o aumento do COS, do N e do P₂O₅ extraível, de T0 para T2. Das segundas, resulta o aumento do pH(H₂O) e pH(KCl) e dos micronutrientes Cu e Zn, também de T0 para T2. Embora o K₂O e o Fe também evidenciem aumentos, estes não são estatisticamente significativos. A utilização deste composto deve levar em conta a sua contribuição em P₂O₅ e K₂O para as necessidades nutricionais do olival.

Palavras-chave: composto; matéria orgânica do solo; macronutrientes; micronutrientes; olival superintensivo

Compostagem como estratégia para a melhoria da qualidade do solo

Inna Shyshka^{1*}, Gabriela Baptista¹, Filomena Miguens^{1,2}, Daniela Santos^{1,2}, Rosinda Pato^{1,2},
Carla Rodrigues^{1,2}, Fernanda Coutinho^{1,3}, Marco Silva^{1,4}, Jorge Barreiros^{1,3}, João Quintela⁵
Verónica Oliveira^{1,2*}

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

² Centro de Investigação de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

³ Centro de Investigação em Gestão de Activos e Engenharia de Sistemas (RCM2+), Instituto Politécnico de Coimbra, Rua Pedro Nunes, 3030-199 Coimbra, Portugal

⁴ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), Coimbra, Coimbra, Portugal

⁵ Floema, Lda, Terras Velhas, s/n, Alcabideque, 3150-211 Condeixa-a-Velha, Portugal

* inna@esac.pt; veronica.oliveira@esac.pt

Resumo

O aumento da produção de resíduos orgânicos associado ao crescimento da população mundial coloca desafios significativos à sua gestão sustentável, mas também abre oportunidades para a valorização dos biorresíduos no contexto dos agroecossistemas. A compostagem desempenha um papel relevante para a reciclagem de nutrientes e para a melhoria da qualidade dos solos, contribuindo diretamente para a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. Este artigo de revisão reúne estudos recentes que avaliam o papel da compostagem, incluindo abordagens de compostagem inteligente, na promoção da saúde do solo e na valorização de biorresíduos. São analisadas técnicas de otimização do processo, nomeadamente a incorporação de aditivos biológicos e minerais, como *bokashi*, misturas de leveduras e chorumes animais e vegetais, *biochar*, os diferentes pós de pedra ou pós de rocha e silicatos originados apenas da moagem das rochas minerais, tufo verde (*green tuff*) e zeolites em geral que são de origem vulcânica, e os seus efeitos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Os resultados indicam, por exemplo, que a adição do *biochar* melhora a estrutura do solo, devido ao aumento da porosidade e da capacidade de troca catiónica, promovendo uma maior retenção dos nutrientes e água. Por sua vez, o *tufo verde* contribui para a regulação química e biológica do solo, incluindo o aumento do pH em cerca de 0,5 unidades. A aplicação do composto orgânico revela impactes positivos no teor de matéria orgânica do solo, na atividade microbiana e na produtividade agrícola, com incrementos de até 1,3 vezes no crescimento das culturas, como observado em sistemas de cultivo de arroz. No contexto da gestão sustentável do solo, estes resultados evidenciam o contributo da compostagem para o reforço da fertilidade, da resiliência e dos serviços ecossistémicos do solo. Assim, a compostagem destaca-se como uma solução integrada para a valorização dos biorresíduos, promovendo agroecossistemas mais eficientes, circulares e ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Compostagem; Sustentabilidade agrícola; Fertilizante natural; Impacte agronómico

Agradecimentos: Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “HUMYK – Compostor Comunitário Autónomo” (CENTRO2030-FEDER-01180100 (N.º 17322)), cofinanciado pelo Programa Regional Centro 2030, Portugal 2030 e União Europeia. V. Oliveira agradece o financiamento nacional da FCT — Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., através do contrato do programa institucional de emprego científico (<https://doi.org/10.54499/CEECINST/00077/2021/CP2798/CT0002>).

Solo, inovação e território: contributo dos Polos de Inovação da Região Centro

Rosa Guilherme^{1,2}, Carlos Alarcão¹, António Jordão¹, André Oliveira^{1,3}, Arminda Lopes¹, António Carreira¹, José Cardoso¹, César Almeida¹, Raquel Dias⁴, Ana Silva¹ e Vanda Pedroso¹

¹Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro, Polo de Inovação de Coimbra, Rua Bernardim Ribeiro, 80 3000-069 Coimbra, Portugal

²Centro de Estudos de Recursos Naturais Ambiente e Sociedade (CERNAS), Instituto Politécnico de Coimbra, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

³Instituto Politécnico de Coimbra, Doutoramento em Sustentabilidade Agro-Alimentar e Ambiental, Bencanta, 3045-601 Coimbra, Portugal

⁴Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Escola de Ciências Agrárias e Veterinárias, Mestrado em Enologia e Viticultura, Quinta de Prados, 5000-801 Vila Real, Portugal

* rosa.guilherme@ccdrc.pt

Resumo

A gestão sustentável do solo constitui um dos principais desafios de manutenção de agroecossistemas saudáveis, resilientes e produtivos. Neste contexto, os Polos de Inovação da Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro-CCDRC, desenvolvem atividades de experimentação, demonstração e transferência de conhecimento, contribuindo para a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas da Região Centro.

Pretende-se evidenciar o contributo dos diferentes Polos de Inovação da CCDRC para a conservação do solo, melhoria da eficiência dos sistemas produtivos e reforço do conhecimento técnico dos agricultores e demais agentes do território, através de estudo e demonstração de boas práticas.

Nos Polos de Inovação de Nelas e de Anadia são avaliadas modalidades de gestão do coberto vegetal na vinha, incluindo diferentes estratégias de revestimento na entrelinha. No Polo de Inovação de Viseu são instaladas culturas de cobertura em pomares de macieiras e pequenos frutos. No Polo de Inovação da Covilhã avaliam-se diferentes estratégias de manutenção do solo em pomares de cerejeira e pessegueiro, incluindo revestimento das entrelinhas, a instalação de coberturas vegetais e diferentes modalidades de controlo de infestantes na linha. No Polo de Inovação de Coimbra, os ensaios em curso incidem sobre sistemas e rotações culturais, integrando culturas intercalares, e cerealíferas, adequadas ao racional aproveitamento dos solos aluvionares do Baixo Mondego.

As boas práticas desenvolvidas permitem avaliar o impacto destas soluções na conservação e funcionalidade do solo, na biodiversidade, na eficiência do uso da água e nutrientes e na sustentabilidade dos sistemas agrícolas. A participação em iniciativas associadas à Missão Solo da União Europeia, nomeadamente através do projeto BENCHMARKS e da colaboração com entidades do sistema científico e tecnológico, reforça a ligação entre investigação, inovação e território e contribui para a disseminação de conhecimento e adoção de práticas de gestão sustentável do solo.

Palavras-chave: gestão sustentável do solo; boas práticas; transferência de conhecimento; agroecossistemas; Missão Solo



**Evento organizado pela Sociedade Portuguesa de Ciências do Solo
em parceria com a Escola Superior Agrária de Coimbra
1 – 3 de julho 2026**