

Respostas de crescimento de azevém anual à correção orgânica do solo com diferentes compostos à base de bagaço de azeitona

Annual ryegrass growth responses to soil organic amendment with different olive pomace-based composts

Ana Caroline Royer^{1,2,3,*}, Marcos Lado Liñares³, Felícia Fonseca^{1,2}, Zulimar Hernández² & Tomás de Figueiredo^{1,2}

¹Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Portugal
Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

²Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

³Universidade da Coruña, Centro Interdisciplinar de Química e Biología (CICA), Elviña, 15071 A Coruña, España

(*E-mail: ana.royer@ipb.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.33404>

Recebido/received: 2023.07.31

Aceite/accepted: 2023.10.16

RESUMO

O bagaço húmido de azeitona (BA) proveniente da extração em duas fases é uma problemática ambiental, especialmente para Portugal. Uma das alternativas de valorização é a compostagem, para eliminar a sua fitotoxicidade. Esta alternativa, conjugada com a aplicação dos compostos orgânicos (CO) nos solos pobres em matéria orgânica da região Transmontana, pode ser uma estratégia de combate à suscetibilidade do território à desertificação. Este trabalho apresenta os resultados, em biomassa fresca e seca, obtidos em ensaio de avaliação do crescimento vegetal de azevém anual em solos corrigidos com CO à base de BA. O ensaio foi realizado em vasos em estufa, considerando três CO com distintas proporções de BA (A, B e C) e um corretivo orgânico comercial, e quatro doses de aplicação (0, 10, 20 e 40 t.ha⁻¹). Verificaram-se diferenças significativas entre CO e doses, e a existência de interação entre estes fatores, podendo ser explicadas pelas diferentes curvas de crescimento em resposta à taxa de disponibilização de nutrientes. Destaca-se o CO C com 25% de BA, com tendência a superar o CO comercial nas maiores doses. Este estudo mostra o potencial de utilização dos CO à base de BA para o incremento do crescimento vegetal em solos pobres típicos dos olivais do NE de Portugal.

Palavras-chave: Bagaço de azeitona de duas fases, compostagem, corretivo orgânico, Ensaio de eficácia de compostos em vasos, *Lolium multiflorum* Lam.

ABSTRACT

The wet olive pomace (BA) from the two-stage extraction system is an environmental problem, especially for Portugal. One of the valorisation alternatives is composting to eliminate its phytotoxicity. This alternative, combined with the application of organic compost (OC) in the poor soils in organic matter of the Transmontane region, can be a strategy to combat the susceptibility of the territory to desertification. This work presents the results in fresh and dry biomass obtained in a trial to evaluate the plant growth of annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) in soils amended with CO based on BA. The trial was conducted in pots under greenhouse conditions, considering three OC with different proportions of BA (A, B and C), one commercial OC and four application doses (0, 10, 20 and 40 t.ha⁻¹). There were significant differences between OC and doses, and the interaction between these factors was verified, which can be explained by the different growth curves in response to the rate of nutrient availability. Compost C, with 25% of BA, stands out and tends to outperform the commercial OC at the highest doses. This study shows the potential of using olive pomace-based composts to increase plant growth in poor soils typical of olive groves in NE Portugal.

Keywords: compost efficacy test in pots, composting, *Lolium multiflorum* Lam, organic amendment, two-phase olive mill pomace.

INTRODUÇÃO

O gerenciamento do bagaço húmido de azeitona proveniente do sistema de extração de azeite em duas fases é uma crescente problemática ambiental, especialmente para Portugal. Uma das alternativas de valorização é a sua compostagem, a fim de eliminar sua fitotoxicidade (Chowdhury *et al.*, 2013). Esta alternativa também proporciona a possibilidade de reduzir a pegada de carbono, auxiliar no estabelecimento da economia circular e obter um composto orgânico de elevada qualidade, que pode voltar aos olivais em forma de corretivo e/ou condicionador dos solos (Hernández *et al.*, 2022).

Por outro lado, os solos da região NE de Portugal apresentam em sua grande maioria, baixo teor de matéria orgânica e nutrientes, e grande parte destas áreas suporta os olivais (Santos *et al.*, 2022). Assim, a conjugação da aplicação dos compostos nos solos pobres em matéria orgânica da região Transmontana de Portugal, pode ser uma estratégia de combate à suscetibilidade do território à desertificação. Estudos prévios já demonstraram o incremento na estabilidade da agregação (Royer *et al.*, 2022) e na resistência dos solos à erosão (Munetiko, 2022). Este trabalho visa analisar a eficácia da incorporação de compostos e/ou corretivos orgânicos produzidos a partir da compostagem de bagaço de azeitona no crescimento vegetal de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) em solos típicos de olivais.

MATERIAIS E MÉTODOS

Obtenção dos condicionadores orgânicos (CO)

Os corretivos orgânicos (CO) foram obtidos por meio da compostagem do bagaço de azeitona bifásico (BA), estrume de ovelha (EO) e casca de amêndoa (CA) como agente estruturante. A compostagem foi realizada em 3 pilhas trapezoidais com aproximadamente 27 m³, considerando diferentes proporções (v:v:v) das matérias-primas e razão C/N inicial (Pilha A, B e C (BA:EO:CA): 4:1:8; 4:1:4; 1:2:1; C/N: 30; 30 e 20, respetivamente). A temperatura e a humidade foram controladas durante todo o processo e as pilhas foram submetidas a seis revolvimentos ao longo de 176 dias de duração da compostagem. O Quadro 1 apresenta as principais

características dos três condicionadores obtidos por meio da compostagem, assim como do condicionador de referência comercial (SIRO®, estrume de cavalo), denominado pela sigla E ao longo do trabalho. O condicionador orgânico (E) também é resultado de compostagem, sendo um composto maturado de grau V proveniente de uma mistura de 85% de estrume de equídeos e 15% de húmus de casca de pinho, conforme as indicações do rótulo.

Quadro 1 - Características dos corretivos orgânicos (CO) selecionados para o experimento

CO	C/N final	MO (%)	C _{total} (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	pH	CE (mS/cm)
A	16,1	57,65	31,02	1,88	0,22	1,13	7,91	2,41
B	14,3	57,14	32,10	2,19	0,26	0,94	7,84	1,87
C	10,2	32,02	15,41	1,53	0,49	1,87	9,05	3,98
E	12	70	41,45	2,98	0,44	1,08	7,8	0,34

Ensaio de eficácia em vasos

O ensaio de eficácia dos condicionadores obtidos por compostagem de bagaço de azeitona e do condicionador E decorreu nas dependências das estufas do IPB, entre fevereiro e junho de 2022. O solo utilizado no ensaio foi coletado em um olival em Suções – Mirandela, na região nordeste de Portugal. Caracteriza-se por ser um solo típico dos olivais transmontanos, classificado como Leptosolo eútrico de xistos (FAO/UNESCO, 1988), de textura franco-limosa, com pH 5,4 (1:2,5 H₂O), e baixo teor de matéria orgânica (2%) e azoto (1,22 g N. kg⁻¹). O solo foi coletado na profundidade de 0-10 cm, e crivado à malha de 4,75 mm. Os CO testados também foram crivados a mesma malha.

Os vasos utilizados no ensaio possuíam um volume de 6L e uma área superficial de 452,4 cm². Para a montagem dos vasos foi considerada uma densidade aparente do solo de 1,2 g.cm⁻³, sendo que os CO foram incorporados nos 5 cm superficiais. O delineamento experimental é apresentado na Figura 1, considerando 13 tratamentos: o controle sem adição de corretivo (d0 = 0 t.ha⁻¹) e os quatro compostos em três doses- a dose base de referência d1 = 10 t.ha⁻¹ e dois múltiplos, d2 = 20 t.ha⁻¹ e d4 = 40 t.ha⁻¹. Para avaliar o efeito no crescimento

vegetativo, semearam-se vasos com a espécie forrageira Azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) na densidade de 40 kg.ha⁻¹. Cada tratamento foi realizado com três repetições.

A humidade dos vasos foi mantida entre 50% e 70% da capacidade de campo durante os dois primeiros cortes do azevém, e na sequência, a humidade foi mantida acima dos 70% da capacidade de campo (cortes 3 e 4).

A biomassa proveniente dos cortes foi pesada fresca logo após o corte e após secagem em estufa por 48h a 65 °C.

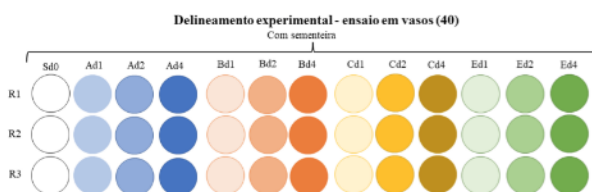


Figura 1 - Esquema do delineamento experimental do ensaio de eficácia dos compostos orgânicos à base de bagaço de azeitona - A, B, C - e o comercial E, perfazendo 13 tratamentos: o controle (Sd0) e os quatro compostos testados em três doses (d1 = 10 t.ha⁻¹, d2 = 20 t.ha⁻¹ e d4 = 40 t.ha⁻¹), 3 repetições (R1, R2 e R3).

Análise estatística

Os resultados de biomassa fresca acumulada e biomassa seca acumulada (t.ha⁻¹) foram submetidos a Análise de Variância a dois fatores (composto x dose) com repetição. Em caso de significância no efeito dos fatores, aplicou-se o teste de Tukey de comparação de médias. As análises estatísticas foram realizadas no software R e Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Biomassa fresca acumulada e curvas de crescimento

Os resultados da biomassa fresca acumulada são apresentados na Figura 2. Neste parâmetro, verificaram-se diferenças relativamente às doses e aos CO testados, ambas estatisticamente significativas

($p < 0,001$). A interação entre os fatores também é significativa ($p < 0,001$), demonstrando que o incremento de biomassa em função da dose foi afetado pelo tipo de CO testado. Apenas o CO C demonstrou aumento de biomassa fresca com o incremento da dose. O oposto foi verificado para o CO B, que apresenta um decréscimo conforme o incremento da dose. O composto C se destaca por apresentar a tendência de maior biomassa fresca relativamente a todos os demais na d4, e por apresentar tendência a superar o controle superior representado pelo corretivo orgânico comercial E nas doses d2 e d4. Ambos os CO C e E possuem altos níveis de P e K comparados aos CO A e B, o que pode justificar as diferenças encontradas entre os dois grupos de corretivos orgânicos. Além disso, o composto C possui pH básico e maior condutividade elétrica quando comparado aos demais. A humidade manteve-se na ordem dos 85%, sem grandes oscilações entre os tratamentos. A comparação entre as doses para cada composto é apresentada no Quadro 2.

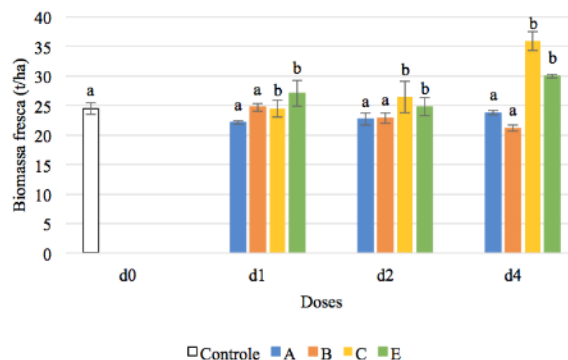


Figura 2 - Biomassa fresca acumulada (t.ha⁻¹) para o controle (sem tratamento) e os quatro corretivos orgânicos testados, considerando as 3 doses (d1 = 10 t.ha⁻¹, d2 = 20 t.ha⁻¹ e d4 = 40 t.ha⁻¹). Letras diferentes nas barras indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os compostos.

Quadro 2 - Síntese estatística para os níveis do fator “doses” para os parâmetros biomassa fresca e seca acumulada. Letras diferentes na mesma linha (CO) indicam diferenças significativas entre doses para o mesmo composto

CO	d0 = 0 t.ha ⁻¹	d1 = 10 t.ha ⁻¹	d2 = 20 t.ha ⁻¹	d4 = 40 t.ha ⁻¹
A	a	a	a	a
B	b	b	ab	a
C	a	a	a	b
E	a	ab	a	b

As curvas de crescimento para cada dose dos CO testados (Figura 3) relevam um comportamento similar ao crescimento do controle (Sd0, sem tratamento, dose 0 t.ha⁻¹), com exceção dos CO A e C na dose 4, que revelam um crescimento superior nessa dose. As curvas de crescimento ainda em fase crescente demonstram que ainda há potencial de crescimento para o azevém, caso o ensaio

continuasse. O menor crescimento inicial pode ser explicado pela metodologia de rega adotada para os dois primeiros cortes, em que a umidade foi mantida entre 50% e 70% da capacidade de campo. Além disso, apesar do ensaio desenvolver-se em estufa, as temperaturas e as horas de exposição solar eram menores na fase inicial do ensaio, que apanhou o final do inverno e início da primavera.

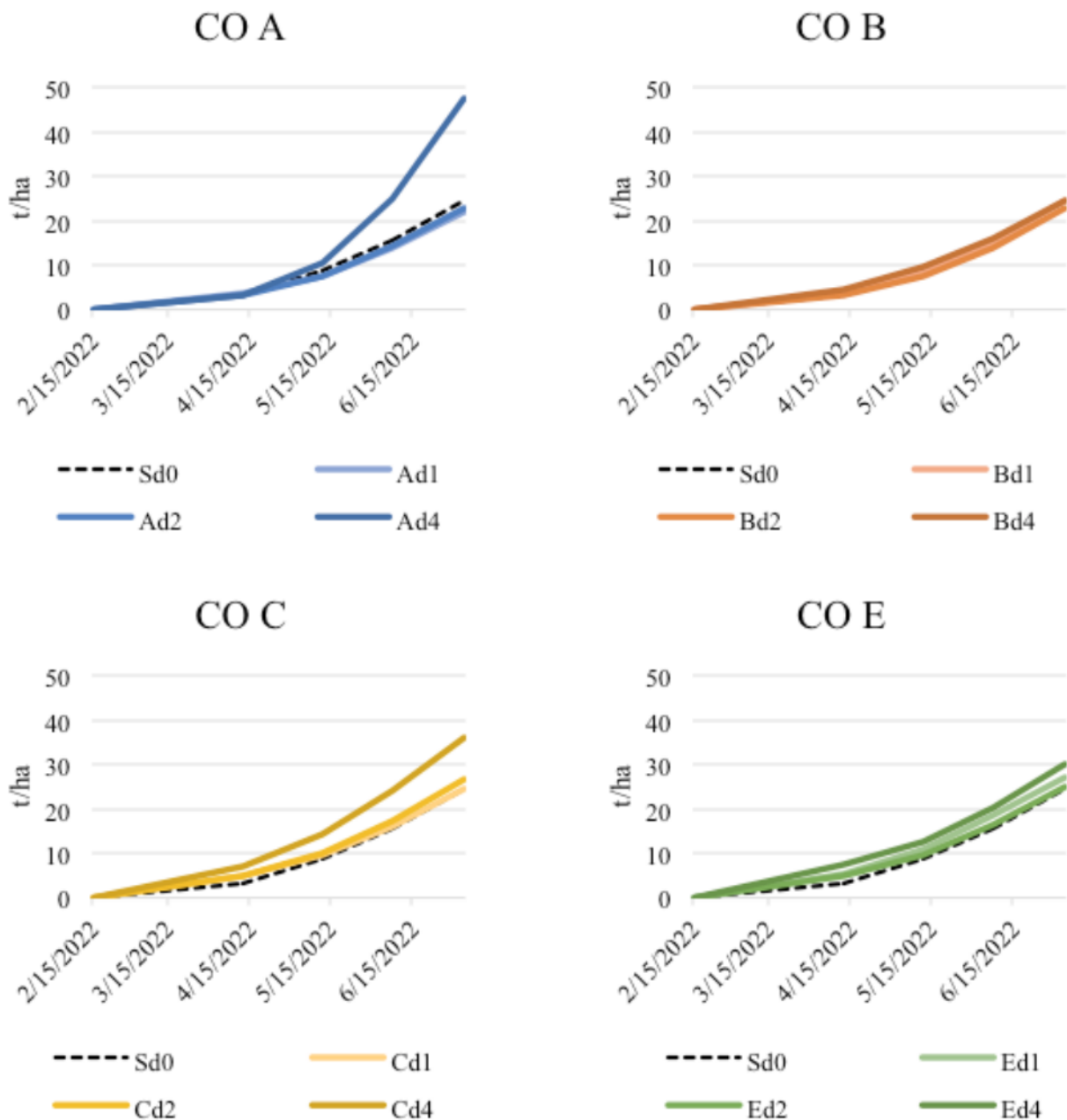


Figura 3 - Curvas de crescimento do azevém para cada Corretivo Orgânico (CO) e as respectivas doses testadas. Sd0 representa a curva de crescimento do controle, dose 0.

Biomassa seca acumulada

Para o parâmetro biomassa seca acumulada (Figura 4), a ANOVA de dois fatores, confrontando doses x corretivos, revelou diferenças muito significativas entre os níveis do fator corretivos ($p < 0,001$) e entre os níveis do fator doses ($p = 0,0048$), e uma interação também significativa ($p < 0,001$) entre estes fatores. A comparação entre tratamentos (Figura 4) permite concluir que o CO B se comportou de forma oposta perante os demais CO, decrescendo o valor da biomassa seca com o aumento da dose de CO. O teste post hoc de Tukey fixando cada um dos compostos (Quadro 2) revela que para o composto A, as doses não diferem estatisticamente entre si, o que pode ser explicado pela maior quantidade de casca em sua composição, constituída principalmente por formas de carbono de mais difícil decomposição, o que pode ter levado a mais lenta taxa de disponibilização de nutrientes. A dose controle - d0 - não difere estatisticamente da d1 e da d2 nos restantes compostos (B, C e E). Para o corretivo B, as doses múltiplas d2 e d4 obtiveram valores de biomassa fresca e seca significativamente maiores. Verifica-se ainda, que o composto C superou os valores de biomassa seca relativamente ao corretivo orgânico comercial E nas doses de 20 t.ha^{-1} e 40 t.ha^{-1} , apesar de estatisticamente não se diferenciarem.

Os resultados de biomassa fresca e seca são comparáveis a estudos similares com a mesma espécie

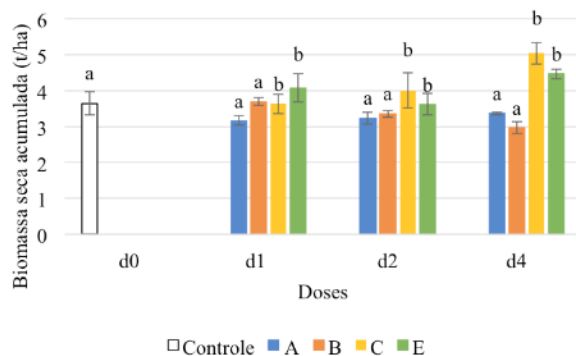


Figura 4 - Biomassa seca acumulada (t.ha^{-1}) do ensaio em vasos, para o tratamento controle (d0) e as doses ($d1 = 10 \text{ t.ha}^{-1}$, $d2 = 20 \text{ t.ha}^{-1}$ e $d4 = 40 \text{ t.ha}^{-1}$) e condicionadores (A, B, C e E) testados. Letras diferentes nas barras indicam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os compostos.

(Bolke *et al.*, 2019; Menino *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2019). Melhor discussão poderá ser desenvolvida com os resultados nutricionais do azevém e também do solo após o ensaio em vasos. Entretanto, os corretivos orgânicos A, B e C já foram previamente avaliados como condicionadores de solo em estudos prévios, revelando enorme potencial para o incremento da estabilidade de agregados em solos com baixa agregação a priori, típicos de olivais do nordeste de Portugal (Royer *et al.*, 2022). Assim sendo, os compostos à base da compostagem de bagaço de azeitona demonstram ser uma interessante alternativa para a sustentabilidade e bioeconomia circular da cadeia olivícola da região.

CONCLUSÕES

De forma global, os corretivos orgânicos obtidos a partir da compostagem de bagaço de azeitona demonstraram um efeito estatisticamente significativo para os parâmetros de biomassa fresca e seca da cultura avaliada, exceto para o composto A. As curvas de crescimento revelam que a cultura se encontrava na fase de crescimento exponencial, e mais biomassa poderia ser expectada do ensaio caso fosse prolongado. O composto C destacou-se pela tendência de superar a eficácia do corretivo comercial testado, tanto em biomassa fresca como seca, para as doses de 20 t.ha^{-1} e 40 t.ha^{-1} . O ensaio de eficácia dos compostos na cultura da espécie forrageira azevém revela o potencial de utilização destes compostos em solos pobres, caso do Leptosolo avaliado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do projeto BIOMA - Soluções integradas de BIOeconomia para a Mobilização cadeia Agroalimentar (POCI-01-0247-FEDER-046112). Os autores agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) e aos fundos nacionais FCT/MCTES (PIDDAC) pelo apoio financeiro ao CIMO (UIDB/00690/2020 e UIDP/00690/2020) e SusTEC (LA/P/0007/2020). Ao Financiamento nacional pela FCT, Fundação para a Ciência e a Tecnologia, no âmbito da bolsa de doutoramento (2022.11024.BD) de Ana Caroline Royer.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolke, D.R.; Haygert-Velho, I.M.P.; Timm, L.C.; Alessio, D.R.M.; Mittelman, A.; Ferreira, O.G.L.; Lima, L.H.C. & Velho, J.P. (2019) - Produção de azevém sob doses de adubação nitrogenada em cobertura. *Semina: Ciências Agrárias*, vol. 40, n. 3, p. 1329-1338. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n3p1329>
- Chowdhury, A.K.Md.M.B.; Akratos, C.S.; Vayenas, D.V. & Pavlou, S. (2013) - Olive mill waste composting: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, vol. 85, p. 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.06.019>
- FAO/UNESCO (1988) - *Soil Map of the World, Revised Legend, Amended 4th Draft*. Food and Agricultural Organization / United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Hernández, Z.; Figueiredo, D.; Royer, A.C.; Fonseca, F.; Almendros, G. & Figueiredo, T. de (2022) - Qualidade da matéria orgânica e perda de fitotoxicidade em estágios progressivos da compostagem de bagaço de azeitona. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 45, n. 4, p. 262-266. <https://doi.org/10.19084/rca.28423>
- Menino, R.; Felizes, F.; Castelo-Branco, M.A.; Fareleira, P.; Moreira, O.; Nunes, R. & Murta, D. (2021) - Agricultural value of Black Soldier Fly larvae frass as organic fertilizer on ryegrass. *Heliyon*, vol. 7, n. 1, art. e05855. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05855>
- Munetiko, Y. (2022) - *Avaliação da eficiência de condicionadores do solo à base do bagaço de azeitona na redução da erosão hídrica*. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental, Instituto Politécnico de Bragança. [MasterThesis]. <https://bibliotecadigital.ipb.pt/handle/10198/26709>
- Rodrigues, A.M.; Veloso, A.; Vaz, E. & Almeida, J.P.F. (2019) - Production and nutritional composition of two annual ryegrass cultivars (Diploid and Tetraploid). *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, vol. 7, n. 2, p. 914–916. <https://doi.org/10.32474/CIACR.2019.07.000258>
- Royer, A.C.; Silvestre, L.M.; Figueiredo, D.; Figueiredo, T. de; Baldo, M.C.; Fonseca, F. & Hernández, Z. (2022) - Efeito de condicionadores à base de bagaço de azeitona na estabilidade da agregação do solo: Resultados preliminares de ensaio à micro-escala. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 45, n. 4, p. 416-420. <https://doi.org/10.19084/rca.28536>
- Santos, R.V. dos; Fonseca, F.; Royer, A.C.; Hernandez, Z.; Baptista, P. & Figueiredo, T. de (2022) - Características Edáficas das Áreas de Olival do Nordeste de Portugal: Abordagem baseada em cartografia de solos e ocupação do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 45, n. 4, p. 193-197. <https://doi.org/10.19084/rca.28386>