

# Efeito de compostados de resíduos vinícolas com outros materiais no crescimento da alface durante o inverno

## The effect of winery waste compost with other feedstocks on lettuce growth during the winter

Rui Pinto<sup>1,2</sup>, Cláudia Correia<sup>1</sup>, Isabel Mourão<sup>1,3</sup>, Luísa Moura<sup>1,2</sup> & Luis Miguel Brito<sup>1,2,3,\*</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 4990-706 Ponte de Lima, Portugal

<sup>2</sup>Centro de Investigação e Desenvolvimento em Sistemas Agroalimentares e Sustentabilidade (CISAS), 4900-347 Viana do Castelo, Portugal

<sup>3</sup>Centro de Investigação de Montanha (CIMO), 5300-253 Bragança, Portugal

(\*E-mail: miguelbrito@esa.ipv.c.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.33399>

Recebido/received: 2023.07.31

Aceite/accepted: 2023.10.16

### RESUMO

A produção de culturas hortícolas com aplicação de compostados diminui com baixas temperaturas devido à redução nas taxas de fotossíntese e de mineralização de azoto no solo. Este trabalho consistiu na avaliação da resposta do crescimento da alface durante o inverno à aplicação de compostados de engaço e bagaço de uva misturados com estrume de bovino, estilha da poda da vinha ou palha de milho destrocada, na proporção em volume de 50%:50%. O ensaio foi conduzido em vasos sob coberto, com um delineamento experimental com 4 blocos casualizados e 12 tratamentos, designadamente: (i) 3 compostados com 3 níveis de fertilização (5, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> MS); (ii) um adubo azotado nas doses de 30 kg e 70 kg ha<sup>-1</sup> N; e (iii) um tratamento controle sem aplicação de qualquer fertilizante. Durante o inverno (temperatura média = 10,6 °C) o peso fresco da alface aumentou com a aplicação do compostado de engaço e bagaço com estrume de bovino, em comparação com os outros dois compostados, porque possuía uma menor razão C/N (15) e maior teor de N (26,5 g kg<sup>-1</sup>), aumentando a mineralização e a disponibilidade de N para as alfaves.

**Palavras-chave:** alface, bagaço de uva, estrume de bovino, razão C/N, temperatura

### ABSTRACT

The production of horticultural crops with compost application decreases at low temperatures due to reduced rates of photosynthesis and soil N mineralization. In this work, the lettuce response to the application of composts with grape marc and grape stalks mixed with cattle manure, vine pruning chips or shredded maize straw in the volume proportion of 50%:50% was assessed during the winter. The pot trial was conducted inside a greenhouse as a randomized block design with 4 blocks and 12 treatments including: (i) 3 composts with 3 levels (5, 10 and 20 t ha<sup>-1</sup> MS); (ii) mineral N fertilizer at the rates of 30 and 70 kg ha<sup>-1</sup>; and (iii) a control treatment without soil fertilizers. During the winter (average temperature = 10.6 °C) the lettuce fresh weight increased with the application of compost of grape marc and grape stalks with cow manure in comparison to the other two composts, because it had lower C/N ratio (15) and higher N content (26.5 g kg<sup>-1</sup>) promoting lettuce N mineralization and availability.

**Keywords:** C/N ratio, cow manure, grape marc, lettuce, temperature

## INTRODUÇÃO

Atualmente, existe a consciência da necessidade de aumentar o consumo de vegetais em detrimento do consumo de carne para obter uma dieta saudável e diminuir o impacto ambiental (Muller *et al.*, 2017; Godfray *et al.*, 2018). A produção de carne consome aproximadamente 1/3 da água usada na agricultura com um impacto elevado nos recursos hídricos. Além disso, a produção de carne conduz a uma elevada libertação de metano que contribui para o aumento do efeito de estufa. A produção total de alface em Portugal entre 2019 e 2021 aumentou de 50762 t para 74851 t (INE, 2021). A área de produção de alface com aproximadamente 2700 ha (INE, 2021) envolve a aplicação de uma quantidade significativa de fertilizantes minerais azotados que contribuem para diminuir a biodiversidade do solo (Wall *et al.*, 2015), aumentar o risco de contaminação dos lençóis freáticos (Sylvestre *et al.*, 2019) e promover a acumulação de nitratos nas folhas da alface (Pavlou *et al.*, 2007). Em acréscimo, a aplicação de fertilizantes químicos de síntese contribui para a libertação de 27% do total de óxido nitroso ( $N_2O$ ) em solos agrícolas (NIR, 2022). Pelo contrário, o uso de fertilizantes orgânicos contribui para aumentar o sequestro de carbono (Fabrizio *et al.*, 2009), enquanto a libertação lenta de N através do processo de mineralização diminui os riscos de perdas de N e evita a acumulação excessiva de nitratos nas folhas da alface (Hernandez *et al.*, 2016). Por outro lado, as elevadas temperaturas obtidas durante o processo de compostagem permitem obter um produto estabilizado e higienizado isento de sementes de infestantes viáveis e microrganismos patogénicos. A mineralização de N do compostado através dos microrganismos do solo depende das características do compostado e das condições edafoclimáticas. Durante o período de inverno, as temperaturas baixam, a mineralização de N diminui (Wang *et al.*, 2006) e consequentemente, a disponibilidade de N durante o período de crescimento da alface é menor. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de compostados de bagaço e engaço de uva com outros materiais para fertilizar a alface sob coberto, durante o período de inverno nas condições climáticas do Entre-Douro e Minho.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio de vasos foi realizado com alface (*Lactuca sativa* L. cv. Madie) sob coberto na Escola Superior Agrária de Ponte de Lima (ESAPL) (41° 47' 30" N e 8° 32' 24" W). Os três compostados resultaram da compostagem de bagaço (películas e grainhas) e engaço de uva branca misturados (50%:50%, v:v) com estrume de bovino (BB), estilha da poda da vinha (BV) ou palha de milho destrocada (BM), respetivamente, em pilhas com a dimensão aproximada de 3 m<sup>3</sup> durante 112 dias, com revolvimentos aos 28, 56 e 84 dias após o início da compostagem (Quadro 1). Os compostados estavam maturados pois as temperaturas estavam próximas da temperatura ambiente e a razão  $N-NH_4^+/N-NO_3^-$  (entre 0,1 e 0,3) era inferior a 0,5 (Buchanan *et al.*, 2001). O delineamento experimental com 4 blocos casualizados, incluiu em cada bloco 12 tratamentos: (i) os compostados BB, BV e BM nas doses de 5, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> (MS) (BB5, BB10, BB20, BV5, BV10, BV20, BM5, BM10 e BM20); (ii) um adubo azotado (20,5% N) nas doses de 30 e 70 kg ha<sup>-1</sup> (AA30, AA70); e (iii) um tratamento controle sem aplicação de fertilizantes (C).

**Quadro 1** - Características químicas do solo inicial

pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	MO <sup>+</sup> (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> <sup>++</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O <sup>+</sup> (mg kg <sup>-1</sup> )
6,0±0,1	0,02±0,00	43±5	121±13	263±18

\*Método Tinsley; \*\*Método Egner-Riehm

A transplantação da alface realizou-se no dia 6 de janeiro 2023, para vasos com 8 kg de solo (Quadro 1) recolhido entre 0 e 20 cm de profundidade e misturado com os vários fertilizantes (Quadro 2). A colheita foi realizada 58 dias após a transplantação. Durante o período de crescimento, a rega foi realizada de modo a impedir que a água fosse um fator limitante e as infestantes foram retiradas de modo a evitar a competição com as alfaces. O N orgânico mineralizado dos compostados foi estimado pela diferença entre o N acumulado nas folhas da alface com e sem compostado, após subtração do N mineral do compostado. A taxa de mineralização foi calculada pelo quociente entre o N orgânico mineralizado e o N orgânico do compostado. A temperatura ambiente foi registada hora a hora

num Data Logger DL2 do Delta Devices com um sensor colocado por baixo de uma placa refletora. Teor de matéria seca (MS), pH e condutividade elétrica (CE) dos compostados foram determinados de acordo com as normas europeias (CEN, 1999). O teor de MO foi determinado por incineração (CEN, 1999) e o N total pelo método Kjeldahl modificado (CEN, 2001). O teor de P foi determinado num espectrofotómetro de UV após digestão com ácido sulfúrico e o teor de K com um espectrofotómetro de absorção atómica após digestão nitro-perclórica (Temminghoff and Houba, 2004). O teor de N mineral do compostado foi extraído de amostras frescas com uma solução de 1 M KCl 1:5 e determinado por absorção molecular (Houba *et al.*, 1989). A comparação entre as médias realizou-se pela análise de variância e do cálculo da menor diferença significativa ( $P < 0,05$ ) usando o programa SPSS v. 27.0.

**Quadro 2** - Teor de humidade (H) e características químicas dos compostados de engaço e bagaço de uva com (50%, v:v) estrume de bovino (BB), estilha da poda de videira (BV) e palha de milho (BM)

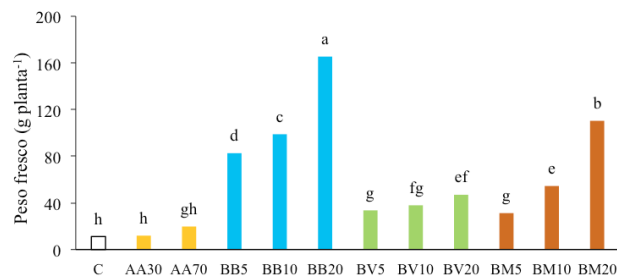
		BB	BV	BM
H	(%)	74±1	68±1	76±1
pH		8,1±0,4	8,6±0,0	8,7±0,1
CE	(dS m <sup>-1</sup> )	2,4±0,2	0,8±0,1	1,7±0,4
MO	(g kg <sup>-1</sup> )	720±9	776±10	812±6
N	(g kg <sup>-1</sup> )	26,5±2,3	16,9±0,4	20,6±0,1
C/N		15±1	26±1	22±0
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )	20±4	26±0	28±15
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	(mg kg <sup>-1</sup> )	186±108	83±5	102±23
P	(g kg <sup>-1</sup> )	5,6±0,1	2,2±0,2	2,7±0,5
K	(g kg <sup>-1</sup> )	32,5±3,8	32,0±2,1	39,0±2,2

Os teores de nutrientes são referentes à MS.

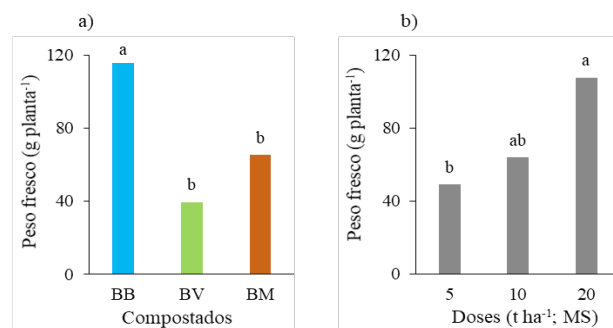
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O peso fresco da alface aumentou com a aplicação dos compostados BB, BV e BM em comparação com o tratamento controle (Figura 1), com a aplicação do compostado BB em comparação com os compostados BV e BM para a média das doses de compostado (Figura 2a), e com a aplicação de 20 t ha<sup>-1</sup> (MS) em comparação com a aplicação de 5 t ha<sup>-1</sup> (MS) para a média dos 3 compostados (Figura 2b). Assim, a produção mais elevada de alface

foi obtida com a aplicação de 20 t ha<sup>-1</sup> (MS) de compostado BB (Figura 1). Este aumento de produção de alface pode ser explicado pela mineralização da MO dos compostados que promoveu a libertação de nutrientes, como foi reportado em estudos publicados anteriormente sobre o efeito de compostados no crescimento da alface (Brito *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2021).



**Figura 1** - Peso fresco da alface sem aplicação de fertilizantes (C), com aplicação de adubo azotado nas doses de 30 e 70 kg ha<sup>-1</sup> (AA30 e AA70) e com aplicação de compostados de engaço e bagaço de uva com estrume de bovino (BB), estilha da poda (BV) ou palha de milho (BM), nas doses de 5, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> (MS).

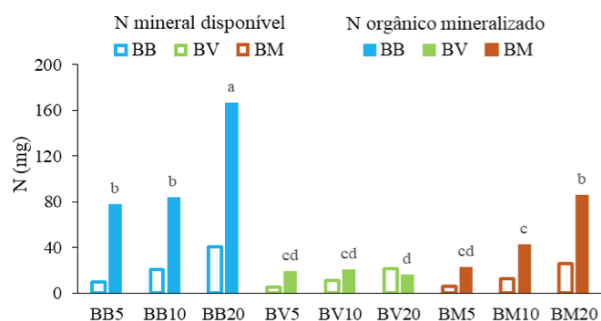


**Figura 2** - Peso fresco da alface com aplicação dos compostados de engaço e bagaço de uva com estrume de bovino (BB), estilha da poda (BV) ou palha de milho (BM): (a) para a média das doses de compostado; e (b) para a média dos três compostados nas doses de 5, 10 e 20 t ha<sup>-1</sup> (MS).

A produção de alface também foi superior com a aplicação dos três compostados (com exceção dos tratamentos BV5, BV10 e BM5) em comparação

com os tratamentos fertilizados com adubo mineral azotado, apesar de nestes tratamentos (AA30 e AA70) o N mineral disponível (300 e 700 mg planta<sup>-1</sup>, respetivamente) ser muito superior ao N mineral disponível nos compostados adicionado ao N orgânico mineralizado durante o período de crescimento da alface (entre 25 e 208 mg planta<sup>-1</sup>) (Figura 3). O maior crescimento da alface nos tratamentos com compostados está provavelmente relacionado com a melhoria das características físicas do solo. Por exemplo, após 2 culturas de alface sucessivas com a aplicação de compostado de lamas de ETAR com serradura, a formação de agregados no solo triplicou e a capacidade de retenção de água aumentou aproximadamente 30% (Hernandez *et al.*, 2016). A aplicação de compostado promoveu a formação de agregados onde existem macro e micro poros que retêm a água e o ar e permitem um maior desenvolvimento do sistema radicular (Mamman *et al.*, 2007). O desenvolvimento do sistema radicular permitiu aumentar o volume da rizosfera e, por isso, o transporte de água e nutrientes da solução do solo para a rizosfera foi mais eficaz com a aplicação do compostado do que com o fertilizante mineral azotado (Moritsuka *et al.*, 2012). Em acréscimo, a aplicação de N mineral azotado pode diminuir a atividade microbiana do solo (Ramirez *et al.*, 2010) e aumentar a salinidade do solo, enquanto, a adição de compostado (pH entre 8,1 e 8,7) pode aumentar o valor do pH do solo (Neina, 2019; Ho *et al.*, 2022) e consequentemente, aumentar a mineralização da MO e a disponibilidade de nutrientes (Curtin *et al.*, 1997).

A fertilização da alface com a aplicação de compostados diminuiu os riscos de perdas de N porque o N mineral disponível no início da experiência



**Figura 3** - N mineral do compostado disponível no início do ensaio e N orgânico mineralizado durante o ensaio.

era inferior à diferença entre o N acumulado pela alface com e sem compostado (Figura 3; Quadro 3). Pelo contrário, nos tratamentos AA30 e AA70 o N mineral disponível era muito superior à diferença entre o N acumulado nas folhas da alface com e sem aplicação de adubo azotado (7 e 35 mg planta<sup>-1</sup>, respetivamente) aumentando os riscos de perdas de N por lixiviação (Sylvestre *et al.*, 2019). O teor de N mais elevado nas alfaces foi registado com a aplicação da maior dose de adubo azotado AA70 (22,9 g kg<sup>-1</sup>) porque o N estava facilmente disponível. Em contrapartida, a libertação gradual de N do compostado evita uma absorção em excesso de N (Hernandez *et al.*, 2016).

**Quadro 3** - Teores de matéria seca (MS) e de azoto (N) e N acumulado nas folhas da alface (média ± desvio padrão)

	MS (%)	N total (g kg <sup>-1</sup> )	N acumulado (mg planta <sup>-1</sup> )
C	14,8±0,6	14,2±1,1	24±5
AA30	16,7±0,8	15,4±1,7	31±3
AA70	13,1±0,9	22,9±1,1	59±9
BB5	8,0±0,1	17,6±0,1	112±23
BB10	7,3±0,3	17,6±1,5	128±18
BB20	7,0±0,3	19,2±1,5	232±43
BV5	9,7±0,7	15,0±0,6	49±2
BV10	9,6±0,3	15,2±0,5	56±4
BV20	9,1±0,4	14,6±0,4	62±4
BM5	9,6±0,3	17,7±0,7	53±11
BM10	8,8±0,5	16,6±1,2	79±10
BM20	7,5±0,3	16,5±1,1	135±16
LSD (p <0,05)	0,8	1,6	23

Os teores de nutrientes são referentes à matéria seca

O teor de N do compostado BB (26,5 g kg<sup>-1</sup>), mais elevado em comparação com os compostados BV e BM (16,9 e 20,6 g kg<sup>-1</sup>, respetivamente), e o valor da razão C/N do compostado BB (15) inferior em comparação com os compostados BV e BM (26 e 22, respetivamente) favoreceram a mineralização de N do compostado BB, promovendo o crescimento da alface (Chadwick *et al.*, 2000; Brito *et al.*, 2014). Estes resultados estão de acordo com Ribeiro *et al.* (2010) que refere que a produção de alface com a aplicação de estrume de aviário (C/N = 10 e total N = 39 g kg<sup>-1</sup>) foi superior em comparação com a aplicação de compostado de estrume de bovinos (C/N = 17 e

total N = 11 g kg<sup>-1</sup>). Neste ensaio realizado durante o período de inverno (Quadro 4), em que as temperaturas baixas limitam a mineralização de N é preferível a incorporação do compostado BB com uma razão C/N baixa e teor de N elevado para promover a mineralização de N e incrementar o crescimento da alface (Wang *et al.*, 2006). A taxa de mineralização média dos três tratamentos com aplicação do compostado BB (4,1%) aumentou em comparação com as taxas de mineralização dos compostados BV (1,4%) e BM (2,2%). Em acréscimo, o N mineral disponível no início do ensaio com o compostado BB no tratamento com 20 t ha<sup>-1</sup> (40 mg planta<sup>-1</sup>) também aumentou em comparação com os outros tratamentos com compostado (entre 5 mg planta<sup>-1</sup> no tratamento BV5 e 25 mg planta<sup>-1</sup> no tratamento BM20). Assim se justifica que a máxima produção de alface tenha sido obtida com a aplicação da dose mais elevada (20 t ha<sup>-1</sup> MS) do compostado BB.

**Quadro 4** - Temperatura semanal do ar (°C) sob coberto durante o crescimento da alface

1ª sem	2ª sem	3ª sem	4ª sem	5ª sem	6ª sem	7ª sem	8ª sem
11,8	10,6	9,6	8,1	10,6	12,6	12,9	8,8

## CONCLUSÕES

A produção de alface com a aplicação do compostado realizado com bagaço e engaço de uva

misturado com outros materiais aumentou sempre em comparação com o tratamento controle. No entanto, o aumento de produção foi superior com o compostado com estrume de bovino em comparação com os compostados produzidos com a mistura com estilha da poda da vinha ou palha de milho destrocada, devido à diminuição da razão C/N e aumento do teor de N no compostado com estrume de bovino. Conclui-se que o compostado produzido com bagaço (películas e grainhas) e engaço de uva com estrume de bovino (C/N = 15 e N = 26,5 g kg<sup>-1</sup>) tem maior potencial para fertilizar a cultura da alface sob coberto no período de inverno na região do Entre Douro e Minho, mas que os outros compostados também contribuíram para aumentos de produção significativos em comparação com o solo não fertilizado, e até em comparação com a fertilização mineral, sem riscos de ocorrer lixiviação de N ou absorção de quantidades excessivas de N pelas plantas.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) no âmbito do projeto “46112-BIOma”, pelo CISAS [UIDB/05937/2020 e UIDP/05937/2020] e pelo CIMO [UIDB/00690/2020], através da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT/ MCTES). Os autores agradecem ao produtor Anselmo Mendes o apoio na realização do projeto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brito, L.M.; Monteiro, J.M.; Mourão, I. & Coutinho J. (2014) - Organic lettuce growth and nutrient response to lime, compost and rock phosphate. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 37, n. 7, p. 1002-1011. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.881858>
- Buchanan, M.; Brinton, W.; Shields, F.; West, J. & Thomson, W. (2001) - *Compost maturity index*. CCQC. California Compost Quality Council, Nevada City, USA.
- CEN (1999) - *European Standards - Soil Improvers and Growing Media*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- CEN (2001) - *European Standards - Soil Improvers and Growing Media*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Chadwick, D.R.; John, F.; Pain, B.F.; Chambers, B.J. & Williams, J. (2000) - Plant uptake of nitrogen from the organic nitrogen fraction of animal manures: a laboratory experiment. *Journal of Agricultural Science*, vol. 134, n. 2, p. 159-168. <https://doi.org/10.1017/S0021859699007510>
- Curtin, D.; Campbell, C.A. & Jalil, A. (1997) - Effects of acidity on mineralization: pH-dependence of organic matter mineralization in weakly acidic soils. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 30, n. 1, p. 57-64. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00094-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00094-1)

- INE (2021) - *Instituto Nacional de Estatística 2021*. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa. [cit. 2023.04.24]. [www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=31589846&PUBLICACOESmodo=2](http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=31589846&PUBLICACOESmodo=2)
- Fabrizio, A.; Tambone, F. & Genevini, P. (2009) – Effect of compost application rate on carbon degradation and retention in soils. *Waste Management*, vol. 29, n. 1, p. 174-179. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.02.010>
- Godfray, H.C.; Aveyard, P.; Garnett, T.; Hall, J.W.; Key, T.J.; Lorimer, J.; Humbert, T.P.; Scarborough, P.; Springmann, M. & Jebb, S.A. (2018) – Meat consumption, health, and the environment. *Science*, vol. 361, art. 6399. <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>
- Hernandez, T.; Chocano, C.; Moreno, J. & García C. (2016) - Use of compost as na alternative to conventional inorganic fertilizers in intensive lettuce (*Lactuca sativa* L.) crope – effects on soil and plant. *Soil and Tillage Research*, vol. 160, p. 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.02.005>
- Ho, T.T.K.; Tra, V.T.; Le, T.H.; Nguyen, N.; Tran, C.; Nguyen, P.; Vo, T.; Thai, V. & Bui X. (2022) - Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, vol. 6, art. 100211. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2022.100211>
- Houba, V.J.G.; Van der Lee, J.J.; Novozamsky, I. & Walling, I. (1989) - Soil and Plant Analysis, Part 5. In: *Soil analysis procedures*. The Netherlands: Wageningen Agricultural University.
- Mamman, E.; Ohu, J.O. & Crowther, T. (2007) - Effects of soil compaction and organic matter on the early growth of maize (*Zea mays*) in a vertisol. *International Agrophysics*, vol. 21, n. 4, p. 367-375.
- Moritzuka, N.; Yanai, J. & Kosaki, T. (2001). Effect of application of inorganic and organic fertilizer on the dynamics of soil in the rhizosphere. *Soil Science and Plant Nutrition*, vol. 47, n. 1, p. 139-148. <https://doi.org/10.1080/00380768.2001.10408376>
- Muller, A.; Shader, C.; Scialabba, N.E.; Bruggemann, J.; Isensee, A.; Erb., K.; Smith, P.; Klocke, P.; Leiber, F.; Stolze, M. & Niggli, U. (2017) – Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications*, vol. 8, art. 1290. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Neina, D. (2019) – The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. *Applied and Environmental Soil Science*, vol. 2019, art. 5794869. <https://doi.org/10.1155/2019/5794869>
- NIR (2022) – *National Inventory Report 2022, Portugal*. [https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Inventarios/20221025NIR2022JulyCorrigendum.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Inventarios/20221025NIR2022JulyCorrigendum.pdf)
- Pavlou, G.C.; Ehaliotis, C.D. & Kavvadias, V.A. (2007) - Effect of organic and inorganic fertilizer applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, vol. 111, n. 4, p. 319-325. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.11.003>
- Pinto, R.; Brito, M.B.; Gonçalves, F.; Mourão, I.; Torres L. & Coutinho, J. (2021) - Lettuce growth and nutrient uptake response to winery waste compost and biochar. *Acta Horticulturae*, vol. 1305, p. 233-240. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.32>
- Ramirez, K.S.; Craine, J.M. & Fierer, N. (2010) – Nitrogen fertilization inhibits soil microbial respiration regardless of the form of nitrogen applied. *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, n. 12, p. 2336-2338. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.032>
- Ribeiro, H.M.; Fangueiro, D.; Alves, F.; Vasconcelos, E.; Coutinho, J.; Bol, R. & Cabral, F. (2010) - Carbon-mineralization kinetics in an organically Cambic Arenosol amended with organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, vol. 173, n. 1, p. 39-45. <https://doi.org/10.1002/jpln.200900015>
- Sylvestre, T.B.; Braos, L.B., Filho, F.B., Cruz, M.C.P. & Ferreira, M.E. (2019) – Mineral nitrogen effects on lettuce crop yield and nitrogen leaching. *Scientia Horticulturae*, vol. 255, p. 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.05.032>
- Temminghoff, E.J.M. & Houba, V.J. (2004) - *Plant analysis procedures*. 2<sup>nd</sup> edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Wall, D.H.; Nielsen, U.N. & Six, J. (2015) – Soil biodiversity and human health. *Nature*, vol. 528, p. 69-76. <https://doi.org/10.1038/nature15744>
- Wang, C.; Wan, S.; Xing, X.; Zhang, L. & Han, X. (2006) – Temperature and soil moisture interactively affected soil net N mineralization in temperate grassland in Northern China. *Soil Biology & Biochemistry*, vol. 38, n. 5, p. 1101-1110. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.09.009>