

# 36 Actas Portuguesas de Horticultura



## **IX** SIMPÓSIO NACIONAL DE OLIVICULTURA

**25 a 27 Outubro 2021**

INIAV | Oeiras

“Tecnologia e Circularidade na Olivicultura”

2022

### Organização



**Título:** IX Simpósio Nacional de Olivicultura

**Coleção:** Actas Portuguesas de Horticultura, N.º 36

**Propriedade e edição**

Associação Portuguesa de Horticultura (APH)  
Rua da Junqueira, 299, 1300-338 Lisboa  
<http://www.aphorticultura.pt/>

**Editores e coordenação**

Nuno Rodrigues  
José Alberto Pereira

**Revisão editorial**

Nuno Rodrigues

**Grafismo da capa**

Nuno Rodrigues  
Sandra Lamas

**ISBN**

978-972-8936-46-4

**Ano 2022**



## Organização



### Comissão Organizadora

Ana Cristina Ramos (INIAV; APH)  
Ana Paula Nunes (COTHN-CC)  
Carlos Correia (UTAD)  
Kevin Silva (CIMO/IPB)  
Nuno Ferreiro (CIMO/IPB)  
Nuno Rodrigues (CIMO/IPB; APH)  
Paula Baptista (CIMO/IPB)  
Rocío Arias Calderón (INIAV; APH)  
Sandra Lamas (CIMO/IPB)

### Comissão Científica

Ana Paula Silva (CITAB/UTAD)  
António Bento Dias (MED/UÉvora)  
António Cordeiro (INIAV)  
Arlindo Almeida (CIMO/IPB)  
Augusto Peixe (MED/UÉvora)  
Fátima Peres (ESA - IPCB)  
Francisco Mondragão-Rodrigues (ESAE - IPPortalegre)  
Helena Oliveira (ISA)  
José Alberto Pereira (CIMO/ESA-IPB; APH)  
Manuel Ângelo Rodrigues (CIMO/IPB)  
Pedro Jordão (INIAV)  
Sónia Santos (CIQuiBio - IPS)  
Susana Casal (LAQV-Requimte/FFUP)



## Otimização do processo industrial de compostagem de bagaço de azeitona no nordeste de Portugal

Zulimar Hernández<sup>1\*</sup>, Daniel Figueiredo<sup>1</sup>, Ana Caroline Royer<sup>2,3</sup>, Filipe Madeira<sup>1</sup>, & Tomas de Figueiredo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratório Colaborativo Montanhas de Investigação (MORE CoLab), Bragança, Portugal.

<sup>2</sup> Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

<sup>3</sup> Centro de Investigación Científica Avanzada (CICA), Universidade da Coruña, Espanha.

\*zhernandez@morecolab.pt

### Resumo

Portugal produz anualmente cerca de 100 mil t de azeite, 5% da produção mundial. Durante o processo produtivo geram-se mais de 547 mil t/ano de bagaço de azeitona (BA). Atualmente, o BA não tem valor económico, tendo os lagares que assumir o custo de transporte até as extratoras de azeite lampante, pelo que urge procurar alternativas mais sustentáveis. O BA contém elevado teor em C orgânico (lenhina), tornando-o ideal para a elaboração de compostos de alta qualidade. No entanto é um material com elevado teor em água e fitotóxico quando não devidamente gerido. Neste trabalho, apresentam-se resultados dum ensaio experimental de compostagem a escala industrial (pilhas de 27m<sup>3</sup>) durante 120 dias (d), usando como matéria-prima principal o BA, além de estrume de ovelha (EO) e um “agente estruturante” (AE). O ensaio permitiu testar o efeito da mistura das matérias-primas (assegurando C/N>30), doses de AE e revolvimento mecânico. Foram realizadas amostragens para determinar humidade, densidade, granulometria, cor, cinzas, pH, condutividade elétrica (CE), C total e N total, para além das relações atómicas por análises elementar (H/C, O/C) e a espectroscopia de infravermelhos (IR). Os resultados preliminares mostram que a fase termófila foi atingida nos primeiros 10 d, mantendo-se 8 semanas até a fase de maturação. Perdas de peso de até 30% nos primeiros 30 d, e razões C/N na ordem de 25 em 60 d. Aos 120 d, o composto tinha uma cor escura, ausência de odor desagradável, C/N<20 e baixa fitotoxicidade. Os espetros IR mostraram que os ácidos gordos, os polifenóis e as lenhinas são transformadas na fase inicial da compostagem. Ao reduzir o tempo da compostagem (de 9 para 5 meses), é possível reduzir os custos da compostagem convencional de BA e contribuir para a sustentabilidade da agricultura regional.

**Palavras-chave:** Fitotoxicidade, lenhina, espectroscopia FTIR, sustentabilidade, economia circular

### Abstract

Portugal produces about 100,000 t/y of olive oil, 5% of world production. During the production process, more than 547,000 t/y of olive pomace (OP) are generated. Currently, OP has no economic value, the transportation costs to deliver it in secondary extraction factories being covered by the olive mills; as so, it is urgent to look for more sustainable alternatives for this material. OP contains high organic C content (lignin), making it ideal for the preparation of high-quality compost. However, it is a pasty material with high water content and phytotoxic



when not properly managed. In this work, the results of an experimental industrial scale composting test (27m<sup>3</sup> heaps) for 180 days are presented, using OP as the main raw material, in addition to other raw materials and a "structuring agent" (SA). The essay allowed testing the effect of mixing the raw materials (ensuring C/N>40), doses of SA and manual aeration. Seven samples were taken to determine moisture, density, particle size, ash content, pH, EC, total C and total N, in addition to the atomic relationships by elemental analysis and FTIR infrared spectroscopy. Preliminary results show that the thermophilic phase was reached in the first 10 days, remaining for 8 weeks until the maturation phase. Weight loss of up to 30% in the first 30 days, and C/N ratios in the order of 25 in 60 days. At 120 days, the compost had a dark color, "good smell", C/N<20 and low phytotoxicity. IR spectra showed that fatty acids, polyphenols and lignin are transformed in the initial phase of composting. By reducing the composting time (from 9 to 5 months), it is possible to reduce the costs of conventional composting and contribute to the sustainability of regional agriculture.

**Keywords:** Phytotoxicity, lignin, FTIR spectroscopy, sustainability, circular economy

### Introdução

O bagaço de azeitona (BA), um subproduto agroindustrial formado pela mistura de polpa, pele e caroço da azeitona, é gerado em grandes quantidades no processo industrial de extração de azeite. Contém ainda alguma gordura residual (~3% de ácidos gordos tipo oleico), tradicionalmente usada para a produção de azeites refinados. Na atualidade, esta indústria tem entrado em declínio, devido aos altos custos económicos do secado do BA e a perda de preço no mercado do azeite.

A mudança industrial de lagares trifásicos para bifásicos nos últimos 20 anos em Portugal, foi promovida pela necessidade de reduzir o volume das águas residuais altamente contaminantes (BOD~35-110 g/l), conhecidas como as águas ruças, o que resultou numa redução notável do consumo de água potável de 1,25 a 0,25 l/kg azeitona (Borja et al., 2006). Como consequência dessa mudança, passou a gerar-se um BA mais húmido (55-70% de humidade), resultado da mistura do desperdício da azeitona com as águas residuais (Albuquerque et al., 2006). Ao reduzir ao mínimo a produção de resíduos oleicos nos lagares, o problema ambiental mudou para as indústrias extratoras de azeite lampante, onde cada ano se concentram milhões de toneladas de BA em lagoas ao ar livre, com aumento dos riscos ambientais associados ao processo.

Desde 2020, o BA não tem valor económico e os mais de 130 mil lagareiros devem pagar à indústria extratora para se livrarem deste subproduto. Os lagares suportam os custos de transporte e não se descarta que, num futuro próximo, venham a ter que assumir também os respetivos custos ambientais. Perante a falta de soluções tecnológicas, existe um alto risco ambiental de que o BA seja despejado no solo sem tratamento prévio, pelo que urge procurar alternativas mais sustentáveis e de menor custo económico.

A natureza orgânica do BA, o qual contém um alto teor de lenhina e celulose, alguma gordura e ausência de metais pesados, converte-o numa matéria-prima ideal para compostagem aeróbia. Entre os estudos de compostagem com BA, reportam-se poucos resultados à escala industrial, os quais não têm sido conclusivos (Tüzel et al., 2020), devido à dificuldade em compostar um material que é pastoso, está saturado de água e apresenta elevada fitotoxicidade. Alguns dos ensaios desenvolvidos até agora concluem que é necessário



fazer misturas com outras matérias-primas com menor C/N e capacidade estruturante, aumentar o tempo de compostagem até 9 meses (Droussi et al., 2009b) e a frequência dos volteios mecânicos, o que encarece o processo industrial (de 0,12€/t para 0,63€/t). Apesar disso, grande parte dos autores concordam com um grau aceitável de maturidade e estabilidade dos compostos de BA obtendo-se durante a compostagem materiais mais semelhantes das substâncias húmicas originadas no solo (Droussi et al., 2009a).

Foi objetivo principal da investigação subjacente a este estudo avaliar, ao longo do processo de compostagem, a evolução de três características do BA que se reconhecem como fatores limitantes da atividade microbiana, a saber, uma alta relação C/N, uma alta humidade e um alto teor de polifenóis. Para alcançá-lo, foi realizado um ensaio experimental de compostagem aeróbia à escala industrial, cujos resultados preliminares aqui se apresentam.

### Material e Métodos

*Área de estudo:* O ensaio experimental foi desenvolvido num olival propriedade da empresa Acushla, no Concelho de Vila-Flor, região de Trás-os-Montes, Portugal, durante o ano 2021.

*Delineamento experimental:* Foram constituídas dois pilhas de tamanho industrial (vol. 27 m<sup>3</sup>) cujas matérias-primas permitiram avaliar o efeito do material de partida (a razão C/N inicial) e o efeito do material estruturante no arejamento na evolução do processo de compostagem. Para além do BA procedente dum lagar de duas fases, foram utilizados estrume de ovelha (EO) e a casca de amêndoa como um agente estruturante (AE), cujas principais características químicas se apresentam no quadro 1. As pilhas comparadas neste trabalho sob a designação de tratamentos correspondem à mistura com diferentes proporções das referidas materiais-primas (de diferente C/N e proporção de AE):

- a. Tratamento BA: 12 m<sup>3</sup> de BA, 3 m<sup>3</sup> de EO e 12 m<sup>3</sup> de AE, e C/N 30.
- b. Tratamento EO :7 m<sup>3</sup> de BA, 14 m<sup>3</sup> de EO e 7 m<sup>3</sup> de AE e C/N 20.

*Instalação das Pilhas de Compostagem:* Os tratamentos foram desenhados a escala industrial, formando pilhas de secção trapezoidal de 27m<sup>3</sup> (11m x 3m x 1,2m, afastadas 8m umas das outras), isoladas do solo com um material semipermeável (TenCate Bidim® S72), e cobertas com tecido geotêxtil (Toptex®), para permitir intercâmbio de gases da pilha com a atmosfera e evitar a sua exposição aos episódios de precipitação.

*Monitorização temporal e amostragem:* A temperatura (T<sup>a</sup>) dentro e fora das pilhas foi registada diariamente. A T<sup>a</sup> do ar e evapotranspiração potencial (ET<sub>0</sub>) foram obtidas no site do Instituto Português do Mar e Atmosfera (IPMA) para a estação meteorológica de Vila-Flor. Foram instalados 3 termómetros em cada pilha a 50 cm do topo para monitorização diária da T<sup>a</sup>, enquanto indicador da atividade microbiana. A humidade das pilhas foi ajustada, mediante rega durante as operações de revolvimento, para um valor de 66% (base em peso seco). Os revolvimentos mecânicos, até um máximo de seis, foram executados sobretudo na fase inicial (fase termófila) até à fase de maturação do composto. Foram coletadas de 3-5 amostras compósitas (de 5 subamostras de 2-3kg cada una) espacialmente distribuídas em cada pilha, aos 0, 15, 34, 58, 77, 98 e 120 d, para posterior análise físico-química.

*Determinações analíticas:* Para avaliação da densidade aparente e teor de humidade foram colhidas amostras não perturbadas e foi retirada uma subamostra para a determinação de peso seco a 105°C. O resto da amostra foi seco a 65°C, triturado com um biotriturador, crivado, sendo a fração < 2mm moída usando moinho de martelos (malha de 0,75mm). A cor de cada amostra foi medida na amostra moída e humedecida previamente com uma máquina fotográfica Konica



Minolta . As imagens foram tratadas com o software livre *GIMP*<sup>®</sup>, no espaço de cor CIEL\*a\*b\* (L\*, a\*, b\*). Foram determinadas as variáveis de rotina, isto é, o pH em água medido com potenciómetro em extrato aquoso 1:2.5 (p/v) e a condutividade elétrica (CE) em extrato aquoso 1:5 (p/v) com um condutivímetro Combi 5000. O carbono orgânico total (COT) e o azoto total (N total), assim como as relações atómicas C/N, H/C e O/C, foram obtidas por análise química elementar (AQE) com um LECO CHNS-932. Foi determinado o teor de ácidos gordos no BA por cromatografia líquida HPLC e a superfície específica por porosimetria por adsorção de gases

*Ensaio de Fitotoxicidade:* Foi desenvolvido um ensaio da germinação com sementes de agrião (*Lepidium sativum* L.) para testar a presença de componentes fitotóxicos (nomeadamente polifenóis), conforme o método EN 16086-2:2011 e EN 12579:2013. Além da contagem de sementes germinadas, foram tiradas imagens do comprimento radicular e interpretadas usando o software open-source *ImageJ*<sup>®</sup>. Como indicador da fitotoxicidade do composto, foi calculado o índice de vitalidade Munoo-Liisa (MLV, %) que além do índice de germinação (GI), inclui o comprimento radicular (Zucconi et al., 1981), sendo que um valor de MLV=0% indica alta fitotoxicidade (100% mortalidade) e um valor de MLV=100% indica máxima viabilidade das sementes e nula fitotoxicidade.

*Determinações espectroscópicas:* De modo a obter informação sobre as mudanças por que passam os compostos orgânicos durante a compostagem, foi aplicada espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) em subamostras do material finamente moído, usando um espectrofotómetro FTIR Agilent CARY 600. Os espectros IR obtidos foram submetidos a pré-tratamento (correção de linha de base e eliminação da banda de 2400 cm<sup>-1</sup> do CO<sub>2</sub>) e desenvolvimento da segunda derivada (com resolução aumentada e suavizado), com recurso ao software livre SPECTR.

## Resultados e Discussão

Os resultados mostram que a fase termófila foi atingida em ambos tratamentos nos primeiros 10 d de compostagem, sendo que a T<sup>a</sup> incrementou em 8 d de 15°C para 45°C e 65°C em BA e EO, respetivamente (Fig. 1), atingindo a fase de maturação às 8 semanas. Aos 180 d, é esperável que esta fase estabilize ao atingir a T<sup>a</sup> ambiental. O tratamento BA demorou mais tempo a atingir a fase termófila, o que pode dever-se à maior densidade ou menor atividade microbiana na fase inicial da compostagem.

No Quadro 2 apresenta-se a evolução das variáveis analíticas durante o ensaio experimental. Pode observar-se que na pilha BA há um aumento de densidade de 670 para 880 kg m<sup>-3</sup>, um decréscimo do factor L da cor que poderá estar relacionado com a maturação do composto, um acréscimo do pH de 6,0 para 7,4, um incremento das cinzas e uma redução da C/N de 30 para 18 (120 d). Na pilha EO há um aumento da densidade de 520 para 960 kg m<sup>-3</sup>, e um aumento de pH de 7,7 para 8,9, o que sugere a ocorrência de um processo de amonificação e perda de N, assim como uma descida na C/N de 20 para 11 (120 d), sendo que a perda de COT e N é muito notável antes dos 90 dias (77d). Quanto à CE, não foram encontradas diferenças significativas ao longo do tempo.

Na pilha EO foi observada uma perda de peso de até 20% nos primeiros 30 d, e uma razão C/N de 13 em 77 d (Fig. 2), o que pode dever-se a uma rápida degradação microbiana do estrume, coincidente com estudos anteriores (Manuksela, 2012). A pilha BA compostou com facilidade, uma vez reduzida a C/N (a valores <30) e aumentada a porosidade. Aos 120 d, a pilha



BA tinha uma cor escura, ausência de odor desagradável, C/N017 e baixa fitotoxicidade (MLV>75%).

Os espectros IR mostraram uma rápida perda de grupos alifáticos (degradação de ácidos gordos a  $2920\text{ cm}^{-1}$ ) e um aumento substancial de compostos azotados e carboidratos de origem microbiana ( $1100\text{ cm}^{-1}$ ) na fase inicial da compostagem (primeiros 60 d) (Fig. 4). A alteração das lenhinas ( $1230$  e  $1330\text{ cm}^{-1}$ ) e a condensação de cadeias de C (polimerização de polifenóis) parece ocorrer numa fase intermedia de compostagem (90-120 d), o que reduz consideravelmente a fitotoxicidade do composto e acelera o tempo da compostagem, diminuindo-o de 9 para 5 meses.

### Conclusões

Observou-se uma rápida perda de peso (20%) e redução de C/N em ambos tratamentos nos primeiros 2 meses de compostagem, além duma rápida degradação de ácidos gordos e condensação de cadeias de C, o que demonstrou que os ácidos gordos, os polifenóis e as lenhinas são alterados na fase inicial da compostagem. Não embora, o tratamento com menor proporção de bagaço de azeitona, isto é, a pilha EO, manifestou elevada fitotoxicidade aos 120d de iniciar o ensaio, possivelmente relacionado com a formação de compostos orgânicos secundários, como consequência da degradação da proteína. No tratamento com maior proporção de BA, observa-se uma mineralização de matéria orgânica, mas lenta e gradual, perdendo a fitotoxicidade aos 120d, reforçando o papel funcional do BA como material para melhorar o rendimento do processo da compostagem (de 9 para 5 meses de duração), sendo possível reduzir os custos económicos e contribuir para a sustentabilidade da agricultura regional.

### Agradecimentos

O trabalho foi financiado pelo Projeto Bioma, Programas Mobilizadores do Norte 2020 (14/SI/2019), em colaboração com a empresa ACUSHLA.

### Referências

- Albuquerque, J. A., González, J., García, D., & Cegarra, J. 2006. Measuring detoxification and maturity in compost made from “alperujo”, the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system. *Chemosphere* 64 (3): 470–477.
- Borja, R., Raposo, F. & Rincón, B. 2006. Treatment technologies of liquid and solid wastes from two-phase olive oil mills. *Grasas y aceites* 57 (1): 32-46.
- Droussi, Z., D’orazio, V., Provenzano, M. R., Hafidi, M. & Ouattmane, A., 2009. Study of the biodegradation and transformation of olive-mill residues during composting using FTIR spectroscopy and differential scanning calorimetry. *Journal of Hazardous Materials* 164:1281–1285.
- Droussi, Z., D’orazio, V., Provenzano, M. R., Hafidi, M. & Ouattmane, A. 2009. Elemental and spectroscopic characterization of humic-acid-like compounds during composting of olive mill by-products. *Journal of Hazardous Materials* 163: 1289–1297.
- Paradelo, R., Moldes, A. B., Prieto, B., Sandu, R.-G. & Barral, M. T. 2010. Can stability and maturity be evaluated in finished composts from different sources? *Compost Science & Utilization* 19: 22–31.



- Tüzel, Y., Ekinci, K., Öztekin, G. B., Erdal, İ., Varol, N. & Merken, Ö. 2020. Utilization of Olive Oil Processing Waste Composts in Organic Tomato Seedling Production. *Agronomy* 10 (6): 797-815.
- Vlyssides, A. G., Loizidou, M., Gimouhopoulos, K. & Zorpas, A. 1998. Olive oil processing wastes production and their characteristics in relation to olive oil extraction methods. *Fresenius Environmental Bulletin* 7(5-6): 308-313.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., & Bertoldi, M. 1981. Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22(2): 54-57.

## Quadros e Figuras

**Quadro 1-** Principais características químicas das matérias-primas da compostagem.

Parâmetro	Unidades	Bagaço de Azeitona (BA)	Estrume ovelha (EO)	Agente Estruturante (AE)
Humidade (p.f.)	(%)	63,92	41,25	15,2
Densidade (p.f.)	(Kg m <sup>-3</sup> )	1080	800	590
Cinza	(g 100g <sup>-1</sup> )	5,60	35,63	0,91
pH (H <sub>2</sub> O) (1:2,5)		5,25	8,05	nd
CE	(mS m <sup>-1</sup> )	5,38	10,73	nd
COT	(%)	54,07	57,12	49,34
N	(%)	1,08	4,28	0,31
Relação C/N		50,1	13,3	157,2
Relação atômica H/C		1,52	1,61	1,45
Relação atômica O/C		0,52	0,41	0,67
Lípidos	(g 100g <sup>-1</sup> ms)	8,76	nd	nd
Ácidos gordos				
SFA	(%)	16,92	nd	nd
MUFA	(%)	72,76		
PUFA	(%)	10,32		
Compostos Fenólicos*	(%)	2,43	nd	nd
Área superficial	(m <sup>2</sup> g <sup>-1</sup> )	15,54	nd	nd

\*Vlyssides et al., 1998; nd=não determinado; p.f.= peso fresco ; ms= matéria seca ; SFA – Ácidos gordos saturados; MUFA – Ácidos gordos monoinsaturados; PUFA – Ácidos gordos polinsaturados.

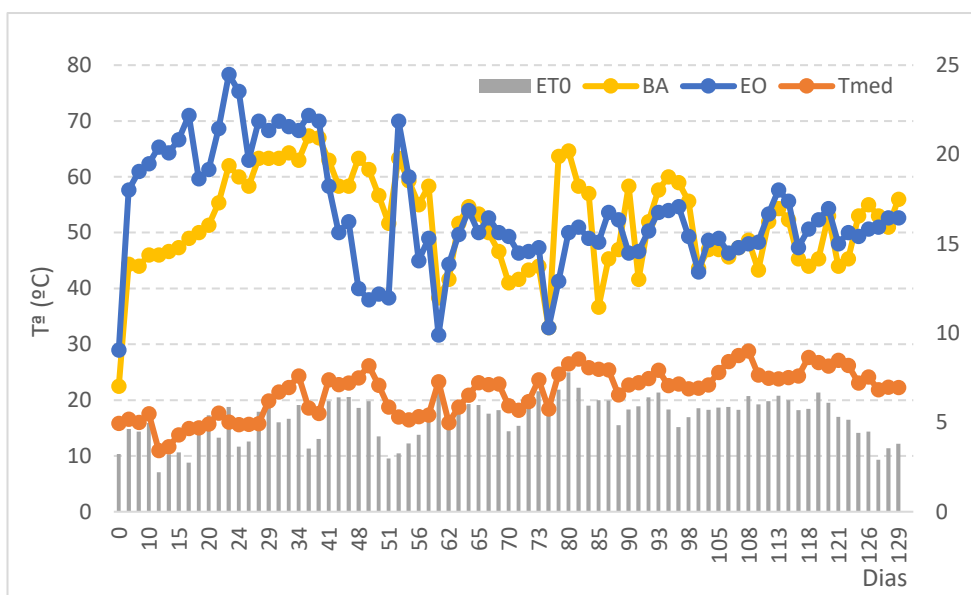
**Quadro 2-** Monitorização de variáveis físico-químicas de rotina na compostagem (média ± desvio-padrão, n=3) .



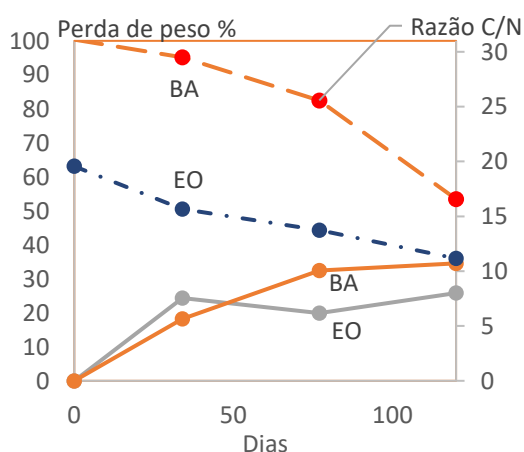
Tempo		0 d	15 d	34 d	58 d	77 d	98 d
Densidade (Kg m <sup>-3</sup> )	BA	670 ± 30	580 ± 50	540 ± 30	630 ± 110	560 ± 50	880 ± 20
	EO	520 ± 40	620 ± 80	530 ± 20	530 ± 50	610 ± 70	960 ± 70
Cor (L*)	BA	38,2 ± 1,0	33 ± 0,7	34,3 ± 0,8	33,7 ± 0,9	29,5 ± 1,0	28,8 ± 0,8
	EO	41,4 ± 1,2	38,8 ± 0,5	39,8 ± 1,6	36,4 ± 0,8	32,3 ± 1,7	29,7 ± 0,4
pH	BA	6,0 ± 0,2	6,5 ± 0,1	6,3 ± 0,2	6,7 ± 0,2	5,9 ± 0,1	7,4 ± 0,3
	EO	7,7 ± 0,5	8,0 ± 0,3	7,6 ± 0,3	8,5 ± 0,1	7,3 ± 0,4	8,9 ± 0,1
CE (mS cm <sup>-1</sup> )	BA	4,65 ± 0,79	4,09 ± 0,63	5,06 ± 0,34	3,04 ± 0,6	3,84 ± 0,1	2,68 ± 0,9
	EO	6,21 ± 1,78	6,94 ± 1,72	6,36 ± 0,9	4,45 ± 0,4	6,95 ± 1,6	5,4 ± 0,44
COT (%)	BA	41,2 ± 1,2	41,3 ± 1,1	41,3 ± 1,7	37,9 ± 3,1	39,8 ± 1,7	33,9 ± 2,4
	EO	34,2 ± 2,3	31,5 ± 2,8	25,6 ± 4,1	25,5 ± 3,3	29,2 ± 4,7	18,9 ± 3,7
N total (%)	BA	1,3 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
	EO	1,8 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,6 ± 0,2	1,8 ± 0,2	2,1 ± 0,2	1,6 ± 0,3
C/N	BA	30,6 ± 2,8	30,15 ± 1,8	30,0 ± 5,0	24,8 ± 4,0	25,7 ± 2,5	17,9 ± 1,2
	EO	19,6 ± 1,4	17,6 ± 1,96	15,7 ± 2,0	13,3 ± 0,4	13,8 ± 2,2	11,5 ± 0,5
Cinzas (%)	BA	24,1 ± 2,3	25,5 ± 1,1	29,5 ± 1,3	31,1 ± 2,8	35,7 ± 4,1	33,6 ± 2,2
	EO	45,9 ± 3,6	49,1 ± 3,9	60,6 ± 2,0	58,5 ± 1,3	57,3 ± 4,7	64 ± 1,6

**Quadro 3** - Características físico-químicas dos compostos aos 120 dias (valores médios de cada pilha).

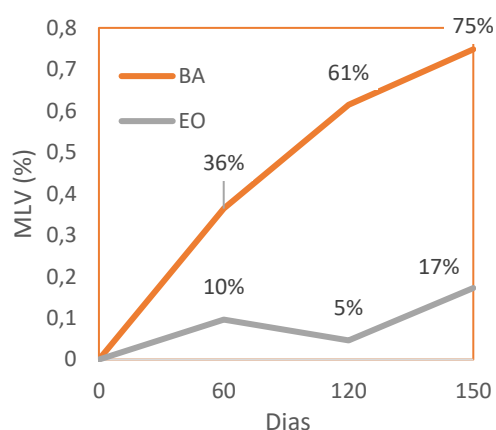
Tratamento	Unidades	Pilha BA	Pilha EO
Densidade	(Kg m <sup>-3</sup> )	580	750
pH		7,60	8,90
CE	(mS m <sup>-1</sup> )	2,02	6,57
COT	(%)	30,93	22,07
Nt	(%)	1,87	1,98
C/N		17	11
Cinzas	(%)	36,9	61,8
Fitotoxicidade (MLV)	(%)	75	17



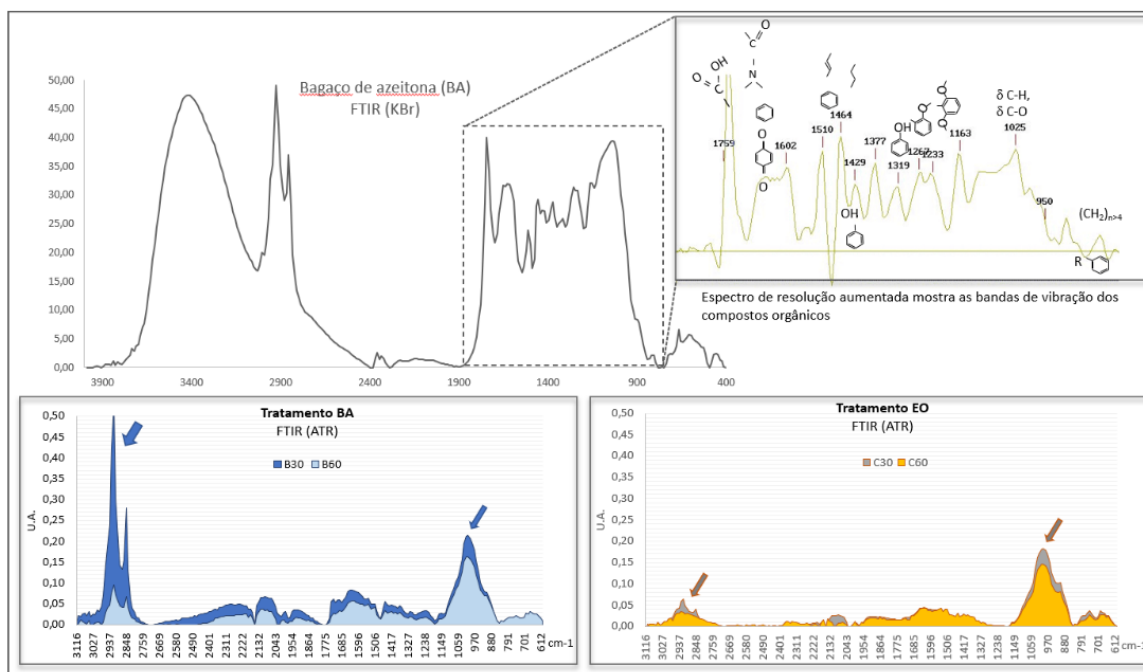
**Figura 1** - Controlo térmico das pilhas de compostagem BA e EO, Tª média ambiental (Tmed) e evapotranspiração (ETO).



**Figura 2** - Razão C/N e perda de peso, durante a compostagem nos tratamentos BA e EO.



**Figura 3** – Teste inverso de fitotoxicidade, Índice de Vitalidade Munoo-Liisa (MLV %) no tratamento BA e EO.



**Figura 4** – Espectro IR do bagaço de azeitona ( $4000-400\text{ cm}^{-1}$ ) e alteração das bandas a  $2.920\text{ cm}^{-1}$  e  $1.030\text{ cm}^{-1}$  no processo de compostagem de ambos tratamentos BA e EO.