

COMPOSTAGEM

METODOLOGIAS PARA A ELABORAÇÃO DE UM COMPOSTO DE ALTA QUALIDADE



PROJETO Nº 24524

BIOVALUE – SOLUÇÕES DE VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS E SUBPRODUTOS AGROALIMENTARES





Ficha Técnica

Título: COMPOSTAGEM- Metodologias para a elaboração de um composto de alta qualidade

Autores: Miguel Macário(1)

Co-Autores: Ana Sagatelli(1,4), António Marques(1), Artur Saraiva(1), Daniel Figueiredo(4), João Reis(1), Luís Brito(2,4), Raquel Saraiva(1), Tânia Marques(4), Telmo Machado(5), Zulimar Hernandez(3,4), Margarida Oliveira(1,7).

1ª Edição, Instituto Politécnico de Santarém, Santarém, Portugal, julho 2023

ISBN VERSÃO ELETRÓNICA: 978-989-35287-4-7

WEBSITE DO PROJETO: <https://projetobioma.pt>

CÓDIGO DO PROJETO: POCI-01-0247-FEDER-046112

Afiliações: 1-Instituto Politecnico de Santarém - Escola Superior Agrária; 2- Instituto Politécnico de Viana do Castelo - Escola Superior Agrária; 3 - Instituto Politecnico de Bragança - Escola Superior Agrária; 4 - Centro de Investigação de Montanha (CIMO); 4 - More COLAB; 5 - LIPOR; 6 - SUSTEC; 7 - LEAF

CO-FINANCIADO:



Índice

Introdução à compostagem	3
A teoria da compostagem	4
Temperatura	6
Humidade e Arejamento	7
Razão C/N	8
Produção de composto a partir de resíduos hortofrutícolas	10
Produção de composto a partir de resíduos vitivinícolas	14
Produção de composto a partir de resíduos olivícolas	17
Quero produzir composto	20
O que compostar	21
Onde compostar	22
Como compostar	23
O composto	24
A compostagem e o ambiente	25



Introdução à compostagem

A União Europeia definiu metas para o combate ao desperdício alimentar com o objetivo de criar um mundo mais sustentável. Entre essas metas encontra-se a recolha seletiva de biorresíduos (resíduos orgânicos provenientes de atividades de jardinagem e da alimentação), que visa a sua valorização por, maioritariamente, dois processos – compostagem e digestão anaeróbia. Através destes processos é possível integrar os biorresíduos numa economia circular ao transformá-los em matérias fertilizantes com o potencial para melhorar a qualidade do solo.

O presente documento visa apresentar uma descrição geral da compostagem e do seu processo, os resultados desenvolvidos no projeto mobilizador de I&DT “BIOma – Soluções integradas de BIOeconomia para a Mobilização da cadeia Agroalimentar” nesse âmbito e como pode ser feita a compostagem em ambiente doméstico.

CONTEÚDOS:

A TEORIA DA COMPOSTAGEM

ENSAIOS DE COMPOSTAGEM - BIOMA

QUERO PRODUZIR COMPOSTO | COMO FAZER?

COMPOSTAGEM E O AMBIENTE



A teoria da compostagem

"A compostagem é um processo biológico de decomposição e estabilização de substratos orgânicos, sob condições que permitam, como resultado da atividade biológica, atingir temperaturas termófilas, que permite a obtenção de um produto final estabilizado, livre de patógenos e sementes infestantes, e que pode ser aplicado, de forma benéfica, no solo." (Haug 1980). O composto é constituído, essencialmente, por matéria orgânica parcialmente decomposta. É um produto escuro, que se desfaz facilmente e com cheiro a terra. É produzido por processos biológicos em que os microrganismos degradam os materiais orgânicos. Quando a decomposição está praticamente completa, o composto é constituído em grande parte por húmus. O processo que ocorre na compostagem é similar ao que acontece com a decomposição da matéria orgânica no solo.

Haug, RogerTim. (2018). The Practical Handbook of Compost Engineering. 10.1201/9780203736234.



Durante o processo, a pilha de compostagem perderá metade a dois terços do seu volume.

A teoria da compostagem

O propósito da compostagem é converter o material orgânico, que não está em condições de ser incorporado no solo, num material com características admissíveis para misturar com o solo.

O processo de decomposição da matéria orgânica, por microrganismos, ocorre naturalmente, contudo, pode ser acelerado pela intervenção do homem. Na compostagem, a ação humana é necessária para acelerar a decomposição, através da manipulação dos vários materiais e do próprio processo de compostagem. São exemplos da ação humana o arejamento por forma de revolvimento do produto a compostar e o aumento do teor de humidade por adição de água.



Os materiais utilizados para a compostagem podem ser divididos em duas classes, os materiais ricos em carbono (C) e os materiais ricos em azoto (N). Entre os materiais ricos em carbono podemos considerar os materiais lenhosos, como a casca de árvores, as aparas de madeira e o serrim, as podas dos jardins, folhas e agulhas das árvores, palhas e feno, e papel. Entre os materiais azotados incluem-se as folhas verdes, estrumes de animais, urina, restos de vegetais hortícolas e erva.

Através da produção de composto é possível obter um material fertilizante de elevada qualidade capaz de substituir os fertilizantes sintéticos.



A teoria da compostagem

Temperatura

A temperatura é um dos fatores determinantes do processo de compostagem. Existem 4 fases distintas relacionadas com a temperatura: mesófila, termófila, arrefecimento, maturação.

A fase mesofila ocorre no início da compostagem em que a temperatura aumenta rapidamente, iniciando-se, posteriormente, a fase termófila, na qual, a temperatura será superior a 45 °C - 50 °C, mas que não deverá exceder os 65 °C para não eliminar os microrganismos decompositores. A decomposição dá-se a um ritmo acelerado nesta fase, podendo ser mais ou menos longa consoante a tipologia dos materiais utilizados na mistura inicial.

Na fase de arrefecimento a temperatura diminui gradualmente na medida em que já existe menos material facilmente compostável. A esta fase segue-se a maturação do compostado durante a qual se verifica a humificação e estabilização do produto compostado e em que a temperatura é próxima à temperatura ambiente.



Após estas fases, o composto deverá apresentar um elevado grau de estabilização, onde se espera atingir uma temperatura constante e semelhante à temperatura ambiente.

Temperaturas superiores a 55 °C são necessárias para eliminar patógenos, sementes e propágulos de infestantes, e assim garantir condições de higienização.



A teoria da compostagem

Humidade e arejamento

A humidade é outro fator de elevada importância no processo de compostagem. De forma muito abrangente, esta deve estar compreendida entre 40% e 60%. De notar que, a valores inferiores a 40%, a decomposição da matéria orgânica é bastante reduzida e, a valores inferiores a 30%, é praticamente interrompida. Por sua vez, valores superiores a 65% de humidade promovem zonas de anaerobiose (falta de oxigénio), gerando maus odores e uma decomposição incompleta dos materiais. Quando o composto apresenta valores de humidade inferiores ao desejado, a maneira mais eficaz de a aumentar é pela rega, de forma direta e homogénea, mas sem encharcar o composto.

Uma maneira simples e rápida de verificar se o teor de humidade no composto está de acordo com o esperado é o teste da esponja. Tal como apertar uma esponja, o objetivo é apertar o composto com a mão e sentir a mão húmida, mas sem que a água escorra.

Quer a temperatura, quer a humidade necessitam de ser controladas e ajustadas, no caso dos seus valores estarem fora do desejado. O arejamento, da pilha de compostagem, é a forma mais eficaz de controlar estes dois parâmetros. Na sua forma mais simples, este é conseguido pelo revolvimento da pilha de composto, seja esta uma porção industrial ou uma pequena porção doméstica.





A teoria da compostagem Razão C/N

Para além dos fatores que influenciam o processo da compostagem, existe um outro fator que tem de ser considerado antes de se proceder à mistura dos materiais escolhidos para compostagem: a **razão C/N**. Esta indica a razão entre a "quantidade" e de carbono e azoto, presentes na nossa mistura inicial de materiais, e vai determinar a atividade microbiana. No composto, uma razão C/N=30 é considerada ideal para a atividade microbiológica, mas valores compreendidos entre C/N=25 e C/N=35 são aceitáveis.

Diferentes materiais contribuem de maneira diferente para a razão C/N. Enquanto o azoto existe nas proteínas, já não existe em hidratos de carbono como a celulose ou a lenhina. O azoto aparece nas proteínas e noutros componentes dentro da célula.

Quando não se verifica um aumento de temperatura na pilha, no início da compostagem temos a indicação que a mistura inicial não apresentava as características necessárias ao desenvolvimento dos microorganismos, e/ou as condições de arejamento e humidade não são adequadas para a atividade microbiana



Tal como a composição química dos materiais utilizados, também a sua dimensão influencia o processo. Quanto menor for o tamanho das partículas mais fácil é o ataque microbiano, dado que a superfície específica aumenta, mas, em contrapartida, aumentam os riscos de compactação e de falta de oxigénio. É necessário procurar o equilíbrio.



Materiais vegetais frescos e verdes apresentam menor razão C/N (ex. desperdícios da confecção de uma salada);

Materiais vegetais castanhos e secos apresentam maior razão C/N (ex. folhas secas, estilha ou a palha).



bioma

**BIOECONOMIA PARA A MOBILIZAÇÃO
DA CADEIA AGROALIMENTAR**

A temática da compostagem está inserida no projeto mobilizador de I&DT “BIOma – Soluções integradas de BIOeconomia para a Mobilização da cadeia Agroalimentar” que reúne um consórcio alargado de 24 entidades nacionais inseridas na fileira agroalimentar, tais como, hortofrutícolas, vitivinícola e azeite, com o objetivo de reposicionar as empresas da cadeia de valor agroalimentar (CVAA) em patamares mais competitivos e sustentáveis, promovendo estratégias e um ecossistema que potenciem, de uma forma inovadora, a adoção de soluções integradas de Bioeconomia. Faz parte desta atividade determinar as condições ótimas para produzir um composto de qualidade, com baixo teor de metais pesados e patógenos, a partir de subprodutos da produção primária e do processo agroindustrial de indústria transformadora de produtos de IV gama (hortofrutícolas), vitivinícolas e da olivicultura.

Cofinanciado por:





Produção de composto a partir de resíduos hortofrutícolas

Este ensaio teve como objetivo a produção de um composto de qualidade (**Classe I**), com baixo teor de metais pesados e patógenos, a partir de subprodutos da produção primária e dos resultantes do processo agroindustrial, da indústria transformadora, de produtos de IV gama e de estilha ou palhas de baixo valor comercial. Para tal, criou-se uma metodologia de trabalho onde se estudaram 3 misturas iniciais diferentes sendo o resíduo hortofrutícola a matéria base das misturas, Tabela 1.

Foi realizada a caracterização individual de cada resíduo proveniente da indústria, Tabela 2, para, posteriormente, estimar a razão C/N associada à mistura de resíduos.

Tabela 1 - Descrição das misturas/modalidades praticadas.

Modalidade	Estruturante	Resíduo	Razão C/N
E30	Estilha de jardim	Hortofrutícola	30
E50	Estilha de jardim	Hortofrutícola	50
P30	Palha	Hortofrutícola	30

Tabela 2 - Caracterização individual das matérias primas utilizadas.

Resíduo	Humidade %	Carbono %	Matéria Orgânica %	Azoto %	Razão C/N
Tomate	94,6	51,9	89,5	1,86	27,9
Cenoura	93,2	52,9	91,2	2,03	26,1
Batata	81,2	53,4	92,1	1,54	34,7
Cebola, casca	77,1	52,0	89,7	0,83	62,7
Couve branca	93,3	49,5	85,3	3,33	14,9
Alface	96,9	45,9	79,1	3,15	14,6
Chicória	95,9	45,5	78,4	2,98	15,3
Couve portuguesa	91,4	47,9	82,6	4,05	11,8
Alface baby	94,5	45,4	78,3	3,39	13,4
Alho francês	92,4	51,9	89,5	2,91	17,8
Maçã	84,5	55,1	95,0	0,3	183,7

No dia da chegada da mistura de resíduos à estação de compostagem foram recolhidas amostras de todos os resíduos utilizados na construção das pilhas de compostagem, sendo monitorizados os seguintes parâmetros: humidade e razão C/N, Tabela 3.

Tabela 3 - Caracterização inicial das matérias-primas.

Materiais	Humidade %	Razão C/N
Resíduo	85,6	26,0
Palha	9,60	98,8
Estilha	29,9	61,0

Após a caracterização dos resíduos e estimadas as quantidades necessárias para proceder à mistura com razão C/N apropriada, iniciou-se o processo de construção das 3 pilhas de compostagem.

Produção de composto a partir de resíduos hortofrutícolas

Na estação de compostagem da Escola Superior Agrária de Santarém foi construída uma plataforma com cerca de 200 m², com inclinação de cerca de 1% e com características impermeáveis. Foi nesta plataforma que foram distribuídas as pilhas e realizado todo o processo de construção das mesmas. Os resíduos hortofrutícolas foram transportados para as instalações num camião coberto, figura 1, totalizando aproximadamente 8 toneladas.



Figura 1 - Camião coberto

Os resíduos foram divididos em partes iguais, às quais foram, posteriormente, adicionadas as quantidades de estruturante necessário para atingir a razão C/N desejada para cada mistura. A partir deste ponto já se classificaram as misturas como pilhas de compostagem. Para homogeneizar as pilhas, utilizou-se o espalhador de estrume. Por fim, as pilhas foram colocadas com o formato desejado e na localização final.

Utilizaram-se vários equipamentos para proceder à manipulação dos materiais utilizados na construção das pilhas: trator com carregador frontal, mini giratória e distribuidor de estrume convencional atrelado a um trator, figura 2.



Figura 2 - Equipamentos utilizados na construção das pilhas

TECNOLOGIA UTILIZADA PARA MONITORIZAÇÃO

A monitorização das pilhas de compostagem foi realizada, desde o dia de construção das mesmas, através de sondas, inseridas no interior das pilhas em 4 localizações diferentes. Estas sondas monitorizaram temperatura, humidade e condutividade do composto. Para ser possível correlacionar algumas variações destes parâmetros, ao longo do tempo de ensaio, com as condições atmosféricas, como a precipitação, foi, também, instalada uma estação meteorológica na estação de compostagem. Ambas as monitorizações foram realizadas em tempo real, sendo os dados transmitidos, via GPRS, para uma plataforma online. Estes equipamentos servem, não só para a uma recolha de dados durante todo o ensaio, como, também, ajudam na tomada de decisão em caso de alguma adversidade, salvaguardando todo o ensaio.

Produção de composto a partir de resíduos hortofrutícolas

A finalização do processo de compostagem acontece quando o composto atinge a estabilização e apresenta as características desejadas. Neste ensaio, sendo que foi possível observar em tempo real a temperatura no interior das pilhas, a tomada de decisão de finalização do processo de compostagem foi baseada nos dados de temperatura do interior das pilhas. Posteriormente, para confirmação desta decisão, procedeu-se ao teste de auto-aquecimento em vaso de DEWAR. Este teste consiste na colocação do composto, no seu estado final, dentro do vaso de DEWAR e na monitorização da temperatura ao longo de 10 dias consecutivos, figura 3.

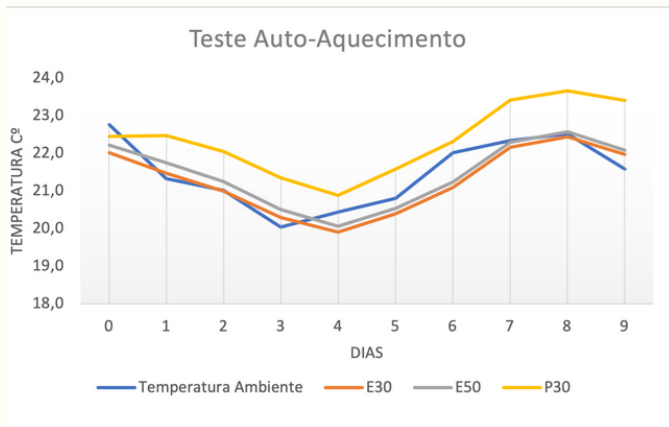


Figura 3 - Teste auto-aquecimento em vaso de DEWAR

A monitorização da temperatura foi realizada com recurso a termopares, conectados a um módulo de interface, colocados dentro do DEAR, para registo da variação de temperatura da amostra, e fora do DEWAR, para registo da temperatura ambiente do local onde se realizou o ensaio, figura 4. Os valores de temperatura foram registados a cada minuto, ao longo do ensaio e esta monitorização abrangeu os ensaios relativos às 3 modalidades de composto em estudo (E30, E50 e P30).

É possível observar que os compostos apresentam um comportamento semelhante, apesar das temperaturas registadas para o composto P30 serem relativamente superiores às registadas para os compostos E30 e E50, que utilizaram estilha como estruturante.

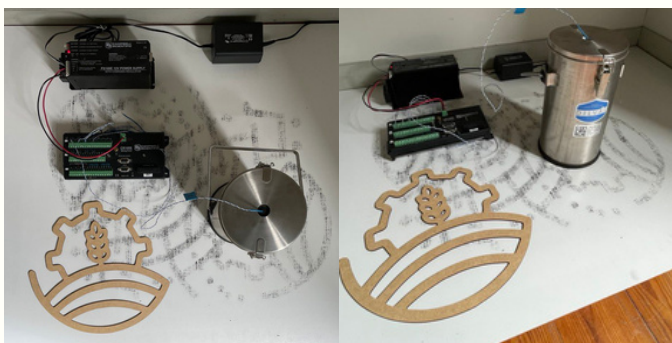


Figura 4 - Teste auto-aquecimento em vaso de DEWAR

Durante o teste de auto-aquecimento, as amostras dos compostos não apresentaram variações de temperatura superiores a 10°C, nem atingiram temperaturas superiores a 30°C. Desta forma, é possível concluir que os compostos se encontram maturados.

Com a estabilização da temperatura e com o teste de auto-aquecimento finalizado, foi possível dar por terminado o processo de compostagem.



Produção de composto a partir de resíduos hortofrutícolas

Para finalizar o processo de produção do composto foi efetuada uma caracterização dos compostos, de acordo com os requisitos adicionais aplicáveis às matérias fertilizantes obtidas a partir de resíduos hortofrutícolas. O composto foi analisado nos laboratórios da Escola Superior Agrária de Santarém de acordo com os métodos delineados no projeto BIOMA. A caracterização pode ser observada na tabela 4:

Tabela 4 - Caracterização dos produtos compostados.

Parâmetro		E30	E50	P30
Matéria orgânica	%	36,7	35,9	34,7
Humidade	%	21,5	22,8	24,2
pH		8	9	9
Condutividade elétrica	mS/cm	0,5	0,5	1,5
Densidade	g/L	-	-	799,56
C/N		21,36	18,68	15,92
Carbono (C) total	%	21,3	20,8	20,1
Azoto (N) total	%	1,090	0,93	1,18
Fósforo (P2O5) total	%	0,22	0,16	0,29
Potássio (K2O) total	%	0,56	0,21	1,15
Cálcio (CaO) total	%	2,89	2,61	4,38
Magnésio (MgO) total	%	0,17	0,16	0,29
Boro (B) total	mg/kg	9,38	11,4	7,07
Chumbo (Pb) total	mg/kg	6,7	5,9	5,2
Cobre (Cu) total	mg/kg	34,8	36,9	43
Crómio (Cr) total	mg/kg	26	43	29
Níquel (Ni) total	mg/kg	6,4	5,6	5,4
Zinco(Zn) total	mg/kg	9,2	9,8	9,2
Grau de maturação		maturado	maturado	maturado
Fitotoxicidade		ausente	ausente	ausente
Granulometria < 25mm	%	99	99	99
Mat. inertes antropogénicos	%	0,02	0,02	0,02
Salmonella spp.	em 25g	ausente	ausente	ausente
Escherichia spp.	células / g	ausente	ausente	ausente
Sementes e propágulos		0	0	0

Deste modo, é possível criar composto de Classe I a partir de resíduos hortofrutícolas, aumentando a eficiência do processo através de algumas ações: na construção das pilhas apenas devem ser misturados os subprodutos; a utilização de uma plataforma assegura a contenção de todos os materiais utilizados, evitando que exista mistura com inertes no revolvimento; a utilização de cobertura assegura um maior controlo das condições no interior das pilhas de compostagem.

Produção de composto a partir de resíduos vitivinícolas

Neste estudo, o objetivo foi, também, a produção de um composto de qualidade (Classe I), mas pela compostagem de subprodutos da atividade vitivinícola. Foram usadas películas, grainhas e engaço de uva, resultantes do processo de vinificação de vinho verde branco, na quinta da Torre na Região dos Vinhos Verdes.

Para além da produção de um composto de qualidade, foi também estudado o efeito do revolvimento das pilhas no processo da compostagem.



Figura 6 - a)Revolvimento das pilhas de compostagem PR3 e PR6; b) cobertura das pilhas de compostagem (b).



Figura 5 - a) Transporte do engaço após o desengaçamento; b) recolha do engaço com as películas e as grainhas no mesmo contentor.

O engaço, obtido com o auxílio de um desengaçador à entrada da adega, e as películas e as grainhas, obtidas após prensagem das uvas, foram recolhidas no mesmo contentor, figura 5.

Para o estudo, construíram-se três pilhas com aproximadamente 2 m de largura, 1,6 m de altura e 8 m de comprimento, com os seguintes tratamentos, figura 6:

- uma pilha sem revolvimento - pilha estática (PE);
- duas pilhas com 3 e 6 revolvimentos - PR3 e PR6, respetivamente.

A PR3 e PR6 foram revolvidas com o auxílio de uma escavadora hidráulica de braço oscilante, após 7, 28 e 56 dias e após 7, 14, 28, 42, 56 e 84 dias respetivamente. A compostagem teve a duração de 140 dias.

A temperatura, humidade e composição das pilhas de compostagem foram monitorizadas ao longo de todo o estudo.



Produção de composto a partir de resíduos vitivinícolas

As pilhas tiveram sujeitas a controlo de temperatura, humidade e da sua composição ao longo do ensaio, de modo a se registar as diferenças obtidas resultantes dos revolvimentos. As temperaturas foram registadas, de hora a hora, com recurso a um Data Logger DL 2 da Delta Devices, figura 7. Já a humidade e composição foram controladas através de recolha de amostra em várias datas dos revolvimentos e determinadas por métodos analíticos do laboratório do IPVC.

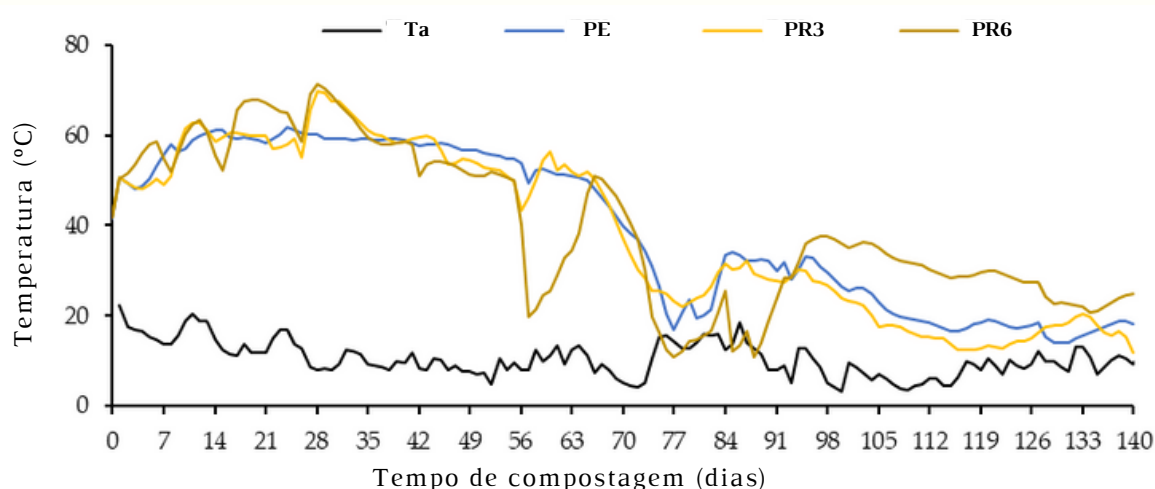


Figura 7 - Temperatura das pilhas de compostagem ao longo do estudo.

Verificou-se um aumento na temperatura com os revolvimentos, não verificado na pilha estática.

Durante a compostagem registou-se uma maior diminuição no teor de humidade nas pilhas com revolvimento. O pH foi geralmente ácido durante os primeiros 42 dias aumentando para valores entre 7,7 e 8,1, no fim da compostagem. Os valores finais da condutividade elétrica foram inferiores ao máximo recomendado de 3 dS/m, tabela 5.

Tabela 5 - Humidade, pH e condutividade ao longo do estudo. (Diferença mínima significativa ($p < 0,05$) (DMS))

	Tratamentos	0	7	14	28	42	56	84	140
H (%)	PE	61	58	61	56	61	49	61	57
	PR3	64	64	58	58	48	42	44	42
	PR6	62	61	55	53	44	33	40	41
	DMS	3	6	2	3	7	6	4	1
pH	PE	3,9	5,3	4,6	5,0	4,4	7,8	8,0	7,7
	PR3	3,9	4,2	4,4	4,4	6,2	6,8	7,8	7,8
	PR6	4,0	5,0	5,5	5,6	7,3	7,7	8,1	8,1
	DMS	0,1	0,7	1,3	0,7	0,8	0,1	0,2	0,1
CE (dS/m)	PE	2,13	1,78	2,05	2,01	2,75	1,56	1,07	1,55
	PR3	2,22	1,96	1,88	2,14	2,34	1,71	1,60	1,58
	PR6	2,17	2,17	2,23	2,27	2,05	1,74	1,62	1,35
	DMS	0,45	0,20	0,52	0,23	0,37	0,23	0,18	0,11

O revolvimento da pilha causa variações notórias na temperatura do processo e no teor de humidade da pilha.



Produção de composto a partir de resíduos vitivinícolas

Os compostos finais demonstraram um elevado nível de estabilidade, 140 dias após o início do processo de compostagem, como indicado pelas temperaturas estáveis próximas da temperatura ambiente.

O teor em nutrientes dos compostos finais indicam compostos ricos em nutrientes, semelhantes a valores previamente relatados por outros autores para compostos de resíduos de vinícolas. Um alto teor de matéria orgânica no composto (860–884 g kg⁻¹), um valor de pH adequado (7.7–8.1), baixa condutividade elétrica (1.35–1.58 dS m⁻¹) e teores de metais pesados abaixo dos limites estabelecidos em Portugal e na Europa para compostagem, indicam um composto de boa qualidade, tabela 6.

Tabela 5 - Característica dos compostos

Parâmetro		PE	PR3	PR6
Matéria orgânica	%	86,0	88,4	86,9
Humidade	%	-	-	-
pH		7.7–8.1	7.7–8.1	7.7–8.1
Condutividade elétrica	mS/cm	1.35–1.58	1.35–1.58	1.35–1.58
Densidade	g/L	-	-	-
C/N		21	23	22
Carbono (C) total	%	47,8	49,9	47,7
Azoto (N) total	%	2,28	2,17	2,17
Fósforo (P2O5) total	%	0,43	0,35	0,35
Potássio (K2O) total	%	2,45	2,09	2,49
Cálcio (CaO) total	%	0,67	0,66	0,53
Magnésio (MgO) total	%	0,23	0,21	0,22
Boro (B) total	mg/kg	24,0	22,9	25,2
Chumbo (Pb) total	mg/kg	0,27	0,28	0,31
Cobre (Cu) total	mg/kg	46,9	45,7	38,7
Crómio (Cr) total	mg/kg	1,85	1,88	4,93
Níquel (Ni) total	mg/kg	0,66	0,64	1,52
Zinco(Zn) total	mg/kg	21,8	20,7	23,3
Grau de maturação		maturado	maturado	maturado
Fitotoxicidade		ausente	ausente	ausente
Granulometria < 25mm	%	-	-	-
Mat. inertes antropogénicos	%	-	-	-
Salmonella spp.	em 25g	ausente	ausente	ausente
Escherichia spp.	células / g	ausente	ausente	ausente
Sementes e propágulos		-	-	-

A mistura de bagaço e engaços possui estrutura e porosidade suficientes para desenvolver o processo de compostagem aeróbia à escala industrial, sem a necessidade de revolvimentos ou humedecimento. As taxas máximas de decomposição da matéria orgânica foram encontradas nas pilhas estáticas, porque as altas temperaturas (> 65 °C) e o baixo teor de humidade (< 500 g kg⁻¹) nas pilhas revolvidas dificultaram a decomposição da matéria orgânica. É particularmente relevante o desenvolvimento de compostagem sem revolvimento para os produtores vitivinícolas poderem implementar estratégias para reduzir a complexidade e o custo do processo de compostagem, com benefícios agronómicos e ambientais.

Produção de composto a partir de resíduos olivícolas

Foi objeto de estudo a otimização do processo de compostagem a escala industrial do bagaço de azeitona (BA), principal subproduto da fileira olivícola, assim como a produção de um composto de alta qualidade, fertilizante orgânico, bioestimulante e condicionador de solo. Para além do efeito da tecnologia de *ar passivo* com diferentes agentes estruturantes, foi também testado o efeito das pilhas estáticas (sem revolvimento) no processo da compostagem.

Foram desenvolvidos dois ensaios experimentais com bagaço de azeitona (65% humidade) de um lagar moderno de duas fases na Quinta do Prado, região de Trás-os-Montes, durante 3 anos de estudo (2020-2023). Em ambos ensaios, construíram-se pilhas em tamanho industrial (11m de comprimento x 3m de largura x 1,2m de altura) cobertas com tecido geotêxtil, figura 8.

No **Ensaio 1** foram construídas 4 pilhas (A, B, C e D) com diferentes doses de BA (máximo 44%), onde foi utilizada a casca de amêndoa (CA) como principal agente estruturante (AE) ou estrume de ovelha (ES). As pilhas foram revolvidas até 6 vezes e foram feitas 9 amostragens até o estado de maturação, aos 176 dias. Os tratamentos utilizados no ensaio foram:

A (31%BA, 8%ES, 62%CA e revolvimento);

B (44%BA, 11%ES, 44%CA e revolvimento);

C (25%BA, 50%ES, 25%CA e revolvimento);

D (31%BA, 8%ES, 62%CA e estática).

No **Ensaio 2** foram testadas 7 pilhas com dose mínima de 50% de BA, e a CA foi substituída pela biomassa florestal (BF), dado seu menor custo económico. As pilhas foram revolvidas 4 vezes após a montagem e foram feitas 8 coletas de amostras durante 105 dias.

Em ambos os ensaios foi controlado a temperatura, humidade, composição físico-química e microbiana, de modo a otimizar o processo de compostagem com o BA. A humidade, densidade, volume e colheita das amostras foi coincidente com os dias de revolvimento e/ou rega. Foram analisadas as variáveis analíticas: cor, pH, condutividade elétrica (CE), cinzas, carbono orgânico total (COT), nitrogênio total (Nt), relação C/N, perda de peso e fitotoxicidade (índice MLV-Munoo-Liisa Vitality) por métodos analíticos convencionais.



Figura 8 - a) Cobertura das pilhas de compostagem;
b) Revolvimento das pilhas de compostagem com bagaço de azeitona.

Foram desenvolvidos ensaios de compostagem a escala industrial com bagaço de azeitona por mais de 2 anos.



Produção de composto a partir de resíduos olivícolas

No **Ensaio 1**, a fase termófila foi atingida nos primeiros 10 dias de compostagem, atingindo a fase de arrefecimento em 8 semanas e a fase de maturação após 16 semanas.

Observou-se que a pilha com maior teor de BA (pilha B) apresentou a fase termófila mais longa durante a compostagem, figura 9.

No **Ensaio 2**, a fase termófila foi atingida na primeira semana, sendo que as pilhas sujeitas a revolvimento apresentaram a maior duração, atingindo a fase de maturação após 10 semanas.

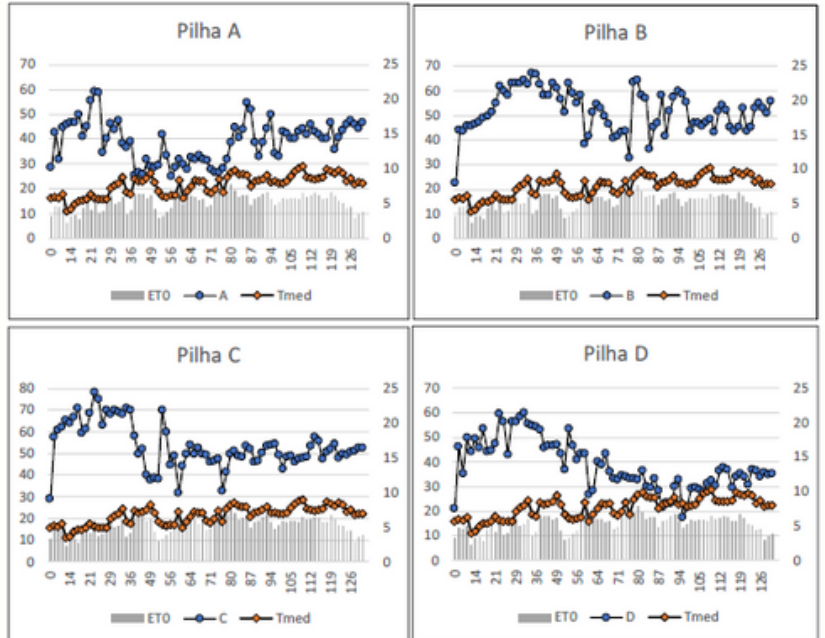


Figura 9 - Temperatura das pilhas de compostagem ao longo do Ensaio 1.

Em ambos os ensaios e de modo geral, observou-se: importante perda de peso no primeiro mês (20%), seguida de rápida mineralização de C e N orgânico (redução da C/N de 35-25 a 20-10), aumento de pH (valores de 7,2-7,9) e N orgânico (~2%) nos primeiros 120 dias, figura 10. A forte correlação do N com o pH conota que a regulação do pH pode ser um fator chave para evitar perdas desnecessárias de N-NH3. As pilhas com maior teor de BA compostaram com facilidade, uma vez reduzida a C/N e aumentada a porosidade.

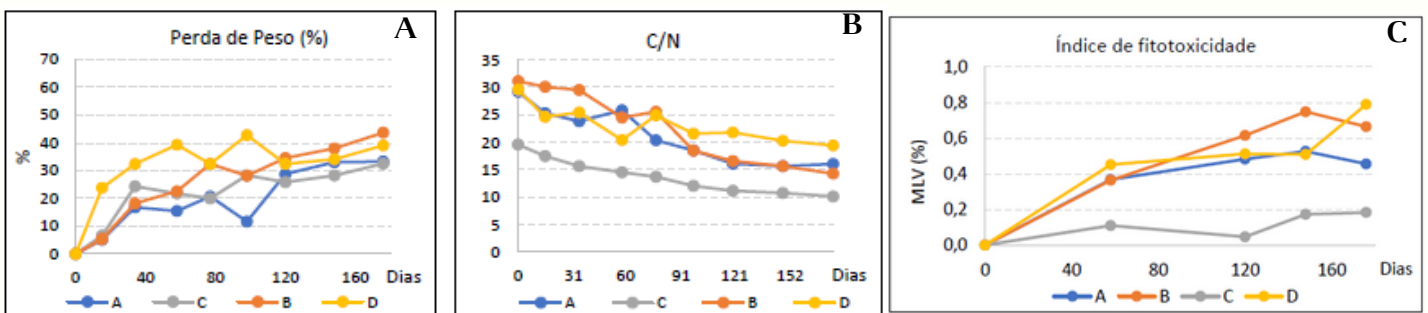


Figura 10- a) Evolução da perda de peso; b) Relação C/N; c) Índice de fitotoxicidade (MLV~0 fitotóxico e MLV~1 não fitotóxico), durante o Ensaio 1.

No **Ensaio 1**, aos 160 dias as pilhas com maior teor de BA (A, B, D) tinham uma cor escura, “bom cheiro”, C/N<20 e nula fitotoxicidade (aumento de MLV de 0-1), enquanto a pilha com menor teor de BA (C) se manteve fitotóxica, mesmo após 156 dias de compostagem, o que atribui-se a formação de substâncias ativas secundárias, figura 10.

No **Ensaio 2**, o processo de compostagem demorou apenas 105 dias, o que indica uma rápida decomposição de substâncias fitotóxicas, seguida de lenta amonificação do material de partida.

A compostagem do bagaço de azeitona reduz significativamente a sua elevada fitotoxicidade e permite convertê-lo em um fertilizante orgânico, bioestimulante e/ou condicionador do solo.



Produção de composto a partir de resíduos olivícolas

Os compostos finais de bagaço de azeitona demonstraram um elevado nível de estabilidade, com um conteúdo significativo de matéria orgânica (646–578 g kg⁻¹), pH adequado (7,7–8,0), e um alto teor de nutrientes, com valores altos de azoto orgânico (20 g/kg), fósforo (19-49 g/kg) e potássio (94-187 g/kg), além de microelementos como o boro, assim como teores baixos de metais pesados, tabela 7.

Tabela 7 - Análise físico-químico dos compostos orgânicos e condicionadores do solo do Ensaio 1.

Parâmetro	Unidade	Composto A	Composto B	Composto C	Composto D
Matéria orgânica	%	57,8	61,3	36,2	64,6
Humidade	%	37,7	43,7	42,5	32,4
pH		7,9	8,0	9,5	7,7
Condutividade elétrica	mS/cm	2,61	1,94	5,24	2,11
Densidade	g/L	809	885	944	800
C/N		17	16	11	21
Carbono (C) total	%	30,4	32,0	18,8	34,3
Azoto (N) total	%	1,8	2,1	1,7	1,7
Fósforo (P2O5) total	%	0,22	0,26	0,49	0,19
Potássio (K2O) total	%	1,13	0,94	1,87	1,01
Cálcio (CaO) total	%	0,75	1,03	1,31	0,53
Magnésio (MgO) total	%	0,18	0,21	0,55	0,15
Boro (B) total	mg/kg	30,2	27,0	35,0	23,6
Chumbo (Pb) total	mg/kg	22,9	23,7	35,5	17,9
Cobre (Cu) total	mg/kg	26,2	15,7	217	14,1
Crómio (Cr) total	mg/kg	13,9	14,7	11,5	33,0
Niquel (Ni) total	mg/kg	25,7	23,8	27,7	31,2
Zinco(Zn) total	mg/kg	24,1	25,9	40,7	19,8
Grau de maturação		Maturado	Maturado	Maturado	Maturado
Fitotoxicidade		ausente	ausente	presente	ausente
Granulometria < 20mm	%	70,3	30,8	77,4	91,3
Mat, inertes antropogénicos	%	0,07	0,002	0	0,02
Salmonella spp,	em 25g	ausente	ausente	ausente	ausente
Escherichia spp,	células/g	<100	<100	<100	<100
Sementes e propágulos		Ausente (<plantas/L)	Ausente (<plantas/L)	Ausente (<plantas/L)	Ausente (<plantas/L)

Resultados (reportados à matéria seca, com exceção da humidade e densidade) referentes às análises efetuadas ao composto em 2022 no: (1) IPB e MORE Colab, (2) Instituto de Ciências Agrárias (CSIC) ou (3) Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV).

Os compostos finais de bagaço de azeitona demonstraram elevada estabilidade, conteúdo significativo de matéria orgânica, pH adequado e alto teor de nutrientes.



Quero produzir composto

Como fazer?

Para se iniciar um processo de compostagem, como em todas as outras atividades, é necessário entender os conceitos e perceber como interagem todos os intervenientes do processo. Deste modo, definiram-se 4 pontos para facilitar a tomada das decisões:

O que compostar?

Onde compostar?

Como compostar?

O composto



Temperatura



Humidade



Mistura de Resíduos



Arejamento



O que compostar?

A compostagem não resolve totalmente a problemática dos resíduos produzidos pelo ser humano. Nem todos os resíduos, provenientes da ação humana, têm as características ideais para serem decompostos por microorganismos.

Os resíduos orgânicos apropriados para compostagem podem ser: estrumes, resíduos das culturas agrícolas, resíduos de jardins e florestais, resíduos do processamento da indústria hortofrutícola, e até mesmo resíduos da confeção e consumo de alimentos em casa.

Não devem conter vidros, plásticos, tintas, óleos, metais, pedras ou outros materiais inorgânicos. Não devem conter excesso de gorduras, ossos inteiros, ou outras substâncias que prejudiquem o processo de compostagem. A carne deve ser evitada na mistura porque pode atrair animais. O papel pode ser utilizado, mas não deve exceder 10% da mistura. O papel encerado deve ser evitado por ser de difícil decomposição e o papel de cor tem que ser evitado por poder conter metais pesados.



Apesar da **compostagem** parecer uma maneira de encaminhar os resíduos, não é. Se **não forem seguidas** as devidas **recomendações**, o resultado poderá ser muito **negativo**, para os **seres vivos e para o ambiente**.



Onde compostar?

O processo pode ser realizado em pilhas longas com cerca de 2 metros de largura por 1,5 metros de altura e comprimento variável, como, também, pode ser recriado num compostor doméstico, seja ele comercial ou construído pelo próprio utilizador.

No caso de pilhas de compostagem ao ar livre, estas devem estar colocadas numa área impermeável com algum declive, para recolha de possíveis escorrências. As pilhas devem ser cobertas com uma tela apropriada para o efeito ou, apenas, por uma cobertura que promova o arejamento e impeça que a pluviosidade aumente a percentagem de humidade, da pilha.



Sendo o objetivo a compostagem doméstica, é possível, tanto adquirir um dos vários tipos de compostores comerciais, que respondem a todas as necessidades da produção de composto, como também construir um compostor, a partir de alguns modelos já existentes. Este deve ser construído com recurso a materiais resistentes à atividade microbiana e deve estar equipado com cobertura, pelas mesmas razões das pilhas de compostagem e para não atrair animais.



Quando se realiza **compostagem doméstica**, é de elevada importância que o composto esteja num **lugar reservado** onde não exista a possibilidade da ação de animais selvagens sobre o mesmo. Por vezes, a utilização de carne ou materiais cozinhados pode atrair os mesmos.



Como compostar?

Com os materiais verdes e castanhos que vão ser utilizados para produção de composto definidos, é necessário entender qual a proporção adequada de cada tipo de material. Na teoria da compostagem está descrito que a razão C/N adequada é cerca de C/N=30. Os valores desta razão, para cada tipo de resíduo, podem ser encontrados on-line, como, por exemplo, no Código de Boas Práticas Agrícolas, tabela 8.

Tabela 8 - Caracterização individual das matérias primas mais utilizadas.

Resíduo	Razão C/N
Estrume Bovino	18
Estrume Suíno	3
Estrume Ovino/Caprino	15
Estrume Aves	8
Estrume Equino	21
Chorume	4-9
Composto de RSU	14-15
Lamas ETAR Urbanas	7-8
Lamas ETAR de indústria de madeiras	39-83
Lamas celulósicas	39-83
Sub-produtos de lagares de azeite	25-40
Bagaço de uva	29-43
Farinhas	27-47
Húmus de minhoca	20-25
Palha	52-140
Rama	9-21
Caruma	50
Serradura	100-500

Após definido quais os materiais verdes e castanhos que vão ser utilizados para produção de composto e qual a zona de compostagem, ou compostor doméstico, é necessário proceder à mistura dos materiais de forma mais homogénea possível. Como já foi referido anteriormente, é importante ter algum cuidado com a dimensão das partículas dos materiais utilizados e, posteriormente, corrigir o teor de humidade caso necessário. Após realizadas as tarefas, o processo de produção de composto encontra-se iniciado. Nos dias seguintes, é esperado um aumento substancial da temperatura no interior do material em compostagem. Caso a temperatura ultrapasse o desejado deve recorrer-se ao revolvimento ou humedecimento para controlo da mesma. Pode ser necessário recorrer a ambas as tarefas se o aquecimento for muito elevado.

A dimensão das partículas deve estar compreendida entre 2 cm e 8 cm. Dimensões inferiores originam uma pasta, para a qual seria necessário utilizar sistemas de ar forçado para aumentar o arejamento. Já para dimensões superiores, a área de contacto diminui, prolongando o processo de compostagem.

O composto

Para determinar que o processo de produção de composto se encontra finalizado espera-se que a temperatura interna se encontre semelhante à temperatura ambiente e que este tenha uma cor castanho escuro ou preto, um odor similar a terra e que contenha algum teor de humidade.

Em termos de características do composto, é expectável que seja rico em nutrientes e não apresente microorganismos patogénicos. Também não é pretendido observar sementes de infestantes, que se possam propagar numa futura utilização. Deve ser possível observar uma estrutura homogénea, sem que se reconheçam os materiais que lhe deram origem.

Após a estabilização e maturação do composto pretende-se que, quando aplicado, seja em casa ou na agricultura, este tenha a capacidade de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Deve aumentar o teor de matéria orgânica do solo, aumentando assim a capacidade de retenção de água, e deve, também, fornecer às plantas os nutrientes primários, reduzindo a necessidade do uso de fertilizantes minerais.



A compostagem e o ambiente

Existe, a nível europeu, a iniciativa de reduzir a produção de resíduos e de reaproveitar produtos. Quando estas ações não são possíveis, é dada prioridade à reciclagem. No que diz respeito à reciclagem de resíduos orgânicos, existem variados processos existentes. Contudo, cada vez mais se observa que, para uma redução eficiente dos processos de tratamento de resíduos, é necessário valorizar os processos efetuados na origem da produção dos resíduos. A utilização da compostagem doméstica apresenta-se, assim, como uma solução cada vez mais evidente.

Segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA), 37% dos resíduos comum em Portugal é constituído por biorresíduos. Existem, já em implementação, várias diretivas para a recolha seletiva desses resíduos e correspondente aproveitamento. Neste âmbito, a APA lançou, em 2021, um guia -"Regras Gerais para a Compostagem Doméstica de Biorresíduos" -, que define *"as regras gerais constantes no presente documento são aplicáveis à compostagem doméstica e habilitam ao exercício desta atividade de acordo com o previsto no Anexo I do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro de 2020"*. Este documento define as características dos materiais passíveis de serem compostados, os limites da atividade "compostagem doméstica" e delinea quais os procedimentos que se devem seguir para se realizar essa compostagem. Espera-se que, com esta alternativa, tanto pessoas singulares como coletivas, possam reduzir o seu impacto ambiental ao darem nova vida aos seus resíduos e ao reduzirem o consumo de fertilizantes de síntese.

De acordo com a Comissão Europeia, apenas 5% dos biorresíduos são reciclados, pelo que, de acordo com as estimativas, melhorando o desempenho dos sistemas atuais, a União Europeia poderá vir a substituir até 30% dos adubos minerais.





Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional