



COMPOSTAGEM

UMA SOLUÇÃO SUSTENTÁVEL



REPÚBLICA
PORTUGUESA

AGRICULTURA



4

01. ENQUADRAMENTO

14

02. SOLO E MATÉRIA ORGÂNICA

22

03. AGRICULTURA CIRCULAR

3.1. Fertilidade e eficiência na utilização de recursos 27

3.2. Projeto URSA, um caso prático 30

33

04. A COMPOSTAGEM

4.1. Benefícios da compostagem 38

4.2. Como fazer compostagem 40

4.3. Sistemas de compostagem 44

46

05. INSTALAÇÃO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM

5.1.1. Equipamentos necessários 56

5.1.2. Funcionamento 58

5.2. Materiais a utilizar na compostagem 68

5.3. Construção da pilha 74

5.4. Fases do processo 76

5.5. Controlo do processo 78

5.6. Duração 80

5.7. Problemas, causas e soluções 81

ÍNDICE

84

**06. CARACTERÍSTICAS FINAIS
DE UM COMPOSTO**

88

07. ARMAZENAMENTO

92

**08. APLICAÇÃO DE COMPOSTO
NO SOLO**

100

09. REQUISITOS LEGAIS

110

10. PONTOS CRÍTICOS

114

11. BIBLIOGRAFIA E LINKS





ENQUADRE

A large, leafy tree stands prominently in the center of a field. A dirt path leads from the foreground towards the tree. The field is filled with green grass and smaller trees. The sky is a clear, bright blue. A white rectangular frame is overlaid on the image, containing the text 'RAMENTO'.

RAMENTO



ENQUADRAMENTO

A produção de composto orgânico acompanha a Humanidade desde a invenção da agricultura e faz parte integrante do processo agrícola para completar o ciclo dos materiais. O que distingue a compostagem do processo natural de degradação da matéria orgânica é a intervenção humana através da alteração adequada dos diversos fatores relevantes, desenvolvendo técnicas que permitem acelerar o processo de decomposição e proporcionar a obtenção de um material de elevada qualidade para o solo.

Em toda a União Europeia, estima-se que entre 118 e 138 milhões de toneladas de bio-resíduos sejam produzidos anualmente, dos quais atualmente apenas cerca de 40% são efetivamente transformados em composto orgânico, ocupando Portugal a última posição em termos de quantidade per capita, segundo o ECN Status Report 2019, realizado pelo organismo europeu European Compost Network.

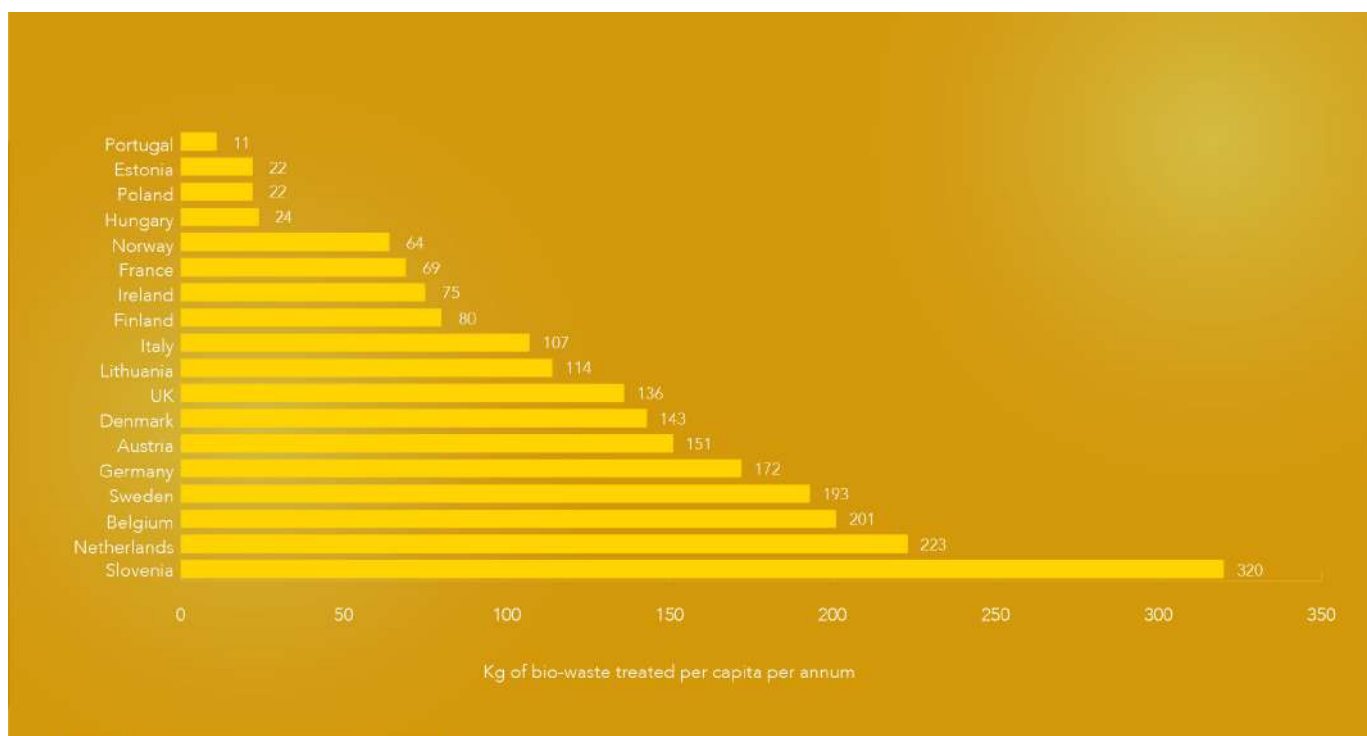


FIGURA 1

KG ANUAIS DE BIORESÍDUOS TRATADOS POR HABITANTE
(WWW.COMPOSTNETWORK.INFO)

Conforme estabelecido na Diretiva Resíduos, é fundamental desviar os resíduos orgânicos dos aterros e de processos de eliminação, garantindo que as matérias-primas secundárias de alta qualidade (compostos e digeridos) sejam processadas de forma consistente para que possam ser colocadas no mercado europeu de fertilizantes.

A compostagem, como técnica de valorização de materiais orgânicos e criação de fertilizante orgânico para o solo, encontra-se preconizada em diversos instrumentos nacionais de planeamento estratégico em vigor, designadamente:



- Na Resolução do Conselho de Ministros n.º 97/2021, de 27 de julho, que determina no seu ponto 7, o estudo e a implementação de medidas de valorização dos subprodutos e resíduos de origem agrícola e da indústria agroalimentar, tendo em consideração os contextos regionais e locais, face à especialização regional dos sistemas produtivos, por forma a reduzir os impactes ambientais e promover a bioeconomia circular, no âmbito da iniciativa «agricultura circular», prevista na Agenda Terra Futura.
- Na mesma Resolução, no ponto 8 — atribui, no âmbito do estudo e implementação das medidas anteriormente referidas, prioridade à valorização dos bagaços de azeitona, designadamente com recurso à compostagem e à integração no processo de valorização de efluentes pecuários, contribuindo para a concretização da Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais, e à reutilização de águas residuais tratadas, em particular nas zonas de maior escassez hídrica, desde que esteja garantida a sua adequabilidade à produção de alimentos e a segurança no seu uso, nomeadamente, nos termos do disposto no Decreto-Lei n.º 119/2019, de 21 de agosto.
- No Roteiro para a Neutralidade Carbónica de Portugal 2050, apresentado em 2019, é inequivocamente definido como objetivo setorial o aumento das soluções de compostagem de proximidade, no contexto da transição no setor dos resíduos.
- No Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal ao nível das ações de nível macro #5 (Nova vida aos resíduos) e #6 (Regenerar recursos: água e nutrientes), mas também para as ações #4 (Alimentar sem sobrar: combate ao desperdício por via da redução da produção de resíduos orgânicos).
- O modelo da economia circular é considerado pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas, (Acordo de Paris) como uma peça fundamental, na medida em que mais de 50% das emissões de GEE estão relacionados com a quantidade de matérias-primas utilizadas. A eficiência na utilização de recursos, um dos pontos-chave do processo de compostagem e utilização de composto, irá conduzir a uma redução da quantidade de adubos químicos e minerais necessários, com reflexo positivo na redução da emissão de GEE.



- Na prossecução dos objetivos definidos para a Estratégia Nacional para os Efluentes Agropecuários e Agroindustriais 2030 (ENEAPAI), para a concretização de um novo modelo institucional de gestão, que seja uma alternativa sustentável para a valorização e tratamento de efluentes produzidos pelos setores pecuários, reconhecendo-se que a diversidade e as especificidades das atividades económicas abrangidas exigem uma abordagem adequada a cada situação, conducente a um ajustamento do setor económico ao cumprimento do normativo agronómico e ambiental em vigor no país.
- Com a manutenção dos subprodutos/resíduos dentro do ciclo de valor verificar-se-á também um aumento de produtividade e eficiência dos recursos utilizados com uma redução na geração de resíduos. Esta otimização na utilização de recursos encontra paralelismo na Estratégia Europa 2020 sendo uma iniciativa que incentiva à utilização mais racional possível de recursos naturais escassos, estabelecendo a eficácia dos recursos como o princípio diretor das políticas europeias para a energia, os transportes, as alterações climáticas, a indústria, as mercadorias, a agricultura, a pesca, a biodiversidade e o desenvolvimento regional.
- No cumprimento das ações previstas no Plano de Ação da União Europeia para a Economia Circular (COM 2015), plano este que prevê, por exemplo, ações concretas para a utilização em cascata de materiais de base biológica e a revisão da regulamentação relativa aos fertilizantes, por forma a reconhecer e generalizar o uso de fertilizantes produzidos com resíduos orgânicos e a sua livre circulação na EU.
- O processo de compostagem enquadra-se de igual modo nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pelas Nações Unidas em 2015 (ODS), a serem implementados por todos os países do Mundo até 2030. A contribuição deste projeto verifica-se, não só, mas sobretudo, nos objetivos 6 "Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água (...)", 12 "Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis" e 15 "Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade".

- A nível da gestão da qualidade do solo, a compostagem tem enquadramento específico em diversos instrumentos estratégicos de gestão territorial, designadamente nos Planos de Gestão de Região Hidrográfica do Guadiana e do Sado e Mira 2016/2021 que contemplam a “Estratégia integrada de promoção da utilização sustentável da matéria orgânica no solo da área do EFMA integrada nas regiões hidrográficas do Guadiana, Sado e Mira”;
- No Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD) estão definidos objetivos estratégicos nos quais se enquadra o aumento de matéria orgânica no solo, designadamente:

- ◊ Promover e valorizar os modos de produção sustentáveis e a certificação da gestão que tenham em conta a proteção dos solos, incluindo (...) (iii) manutenção e aumento da matéria orgânica no solo;
- ◊ Promover uma Estratégia Nacional de Proteção do Solo na linha da Estratégia Temática da UE, que inclua (i) aplicar de medidas de prevenção/controlo da erosão e da torrencialidade hídricas; (...) (iii) aumentar o sequestro de carbono no solo agrícola e florestal, (...) (vii) promover a aplicação de boas práticas de uso e conservação do solo.
- ◊ Promover a valorização dos efluentes pecuários, de lamas de depuração e de subprodutos de agroindústrias como matérias fertilizantes;

- No âmbito da Estratégia de adaptação da agricultura e das florestas às alterações climáticas, foram definidas medidas de atuação pública para promover a adaptação, particularmente relevantes no presente âmbito, designadamente a promoção da fertilidade do solo e a prevenção da erosão. Com o objetivo estratégico de aumentar a resiliência, reduzir os riscos e manter a capacidade de produção de bens e serviços foram definidos os seguintes objetivos específicos onde se verifica um enquadramento claro dos processos de compostagem e aplicação de composto:

- ◊ Preservar e melhorar o potencial produtivo dos solos e combater a desertificação;
- ◊ Reforçar a disponibilidade e uso eficiente da água na agricultura;
- ◊ Melhorar a capacidade de retenção da água dos solos agrícolas: aumento do teor de matéria orgânica.



- Em 2006 a Comissão Europeia apresentou a Estratégia Temática para a Proteção dos Solos com o objetivo de estabelecer uma base de trabalho comum para o desenvolvimento de políticas e de legislação para defender o solo da degradação e promover a sua recuperação e uso sustentável enquanto suporte da atividade humana e dos ecossistemas. No que se refere às medidas de combate ao declínio do teor de matéria orgânica do solo, nem todos os tipos de matéria orgânica permitem dar resposta a esta ameaça. É necessária a presença de matéria orgânica estável nos compostos, sendo esta fração estável que contribui para a reserva de húmus no solo, melhorando assim as suas propriedades;
- Num país como Portugal, onde anualmente ardem áreas significativas, importa fazer o enquadramento desta solução com o Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios (PNDFCI), uma vez ainda é prática corrente a queima de materiais orgânicos sobranes das atividades agrícolas e florestais, na maior parte das vezes por não existirem soluções de receção e valorização dos materiais orgânicos.

A Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, já transposta para a legislação nacional através do Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, considera o seguinte:

- A gestão de resíduos na União deverá ser melhorada e transformada em gestão sustentável dos materiais, a fim de proteger, preservar e melhorar a qualidade do ambiente, proteger a saúde humana, assegurar uma utilização prudente, eficiente e racional dos recursos naturais, promover os princípios da economia circular, reforçar a utilização da energia renovável, aumentar a eficiência energética, reduzir a dependência da União de recursos importados, proporcionar novas oportunidades económicas e contribuir para a competitividade a longo prazo. A fim de tornar a economia verdadeiramente circular, é necessário tomar medidas adicionais em matéria de produção e consumo sustentáveis centradas em todo o ciclo de vida dos produtos de modo a preservar os recursos e fechar o ciclo. A utilização mais eficiente dos recursos proporcionaria também poupanças líquidas consideráveis às empresas da União, às autoridades públicas e aos consumidores, reduzindo simultaneamente as emissões totais anuais de gases com efeito de estufa.
- No Anexo IV são definidos como elementos obrigatórios no conteúdo dos planos de gestão de resíduos:
 - a) Incentivo à reciclagem, incluindo a compostagem e a digestão, de modo a satisfazer um elevado nível de proteção ambiental e a obter como resultado um produto que cumpra os elevados padrões de qualidade aplicáveis;
 - b) Incentivo à compostagem doméstica;
 - c) Promoção à utilização de materiais produzidos a partir de biorresíduos.





FIGURA 2

LINHAS ESTRATÉGICAS NACIONAIS
E EUROPEIAS ASSOCIADAS À COMPOSTAGEM

O elevado grau de alinhamento da compostagem com todas as linhas estratégias referidas deverá ser o motor da adaptação da legislação nacional atual, por vezes desenquadrada, de modo a possibilitar o desenvolvimento de uma estratégia descentralizada efetiva, com vista à melhoria do desempenho agroambiental do território rural.

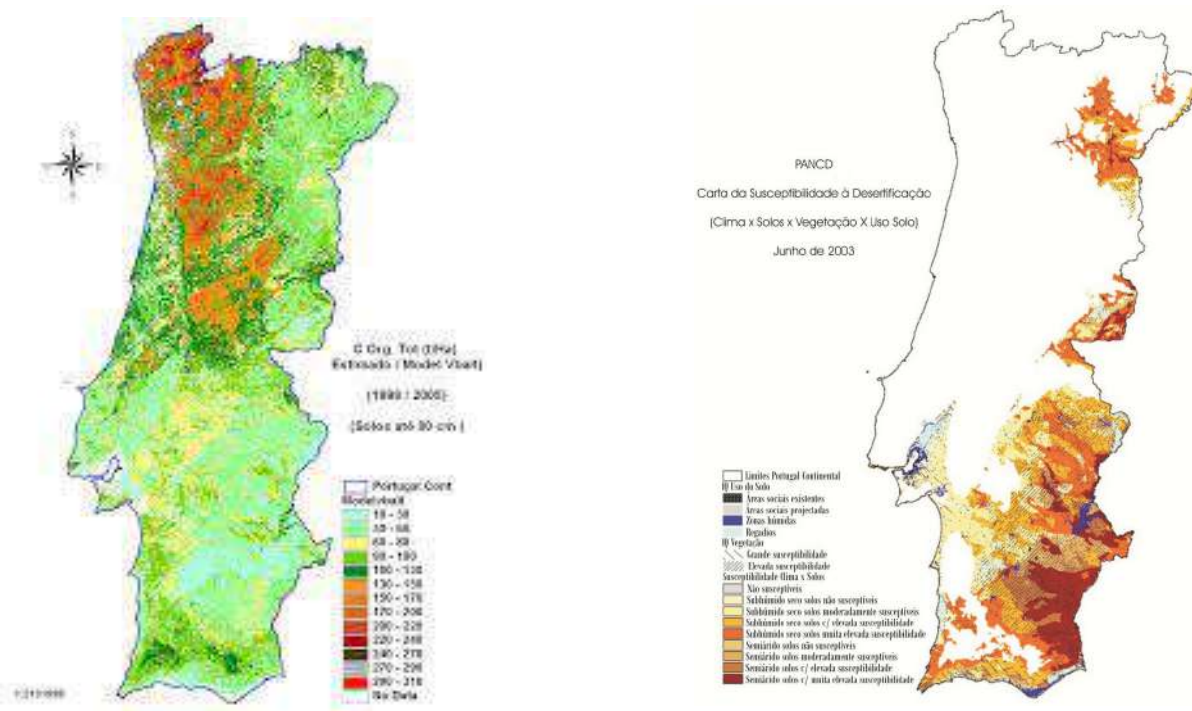


FIGURA 3

MAPAS DE PORTUGAL COM A QUANTIDADE DE MATÉRIA ORGÂNICA NO SOLO E DE SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO (ESQUERDA PARA A DIREITA)

Como se pode observar nas imagens anteriores, a diminuição acentuada de matéria orgânica do solo nalgumas regiões de Portugal, algumas delas com elevado potencial agrícola, aumenta a sua suscetibilidade à desertificação e à depleção do seu potencial produtivo.

Deste modo considera-se que é necessário produzir matéria orgânica de forma massiva e consistente, para que seja possível preconizar e realizar a sua incorporação anual no

solo, acompanhando os processos produtivos em curso, nomeadamente a agricultura de regadio. De igual forma, será possível dar destino final adequando a uma gigantesca quantidade de materiais orgânicos, para que não se tornem pontos de estrangulamento das fileiras produtivas, nem problemas ambientais, cujo custo de resolução superará grandemente o custo da implementação de uma estratégia de compostagem.



SOLO E M
ORGÂ



MATERIAL
NICO



SOLO E MATERIAL ORGÂNICO

O solo representa o pilar base da agricultura e da floresta, sendo um recurso finito. É no solo que as plantas desenvolvem o sistema radicular, através do qual absorvem a água que necessitam para o seu metabolismo, sendo também no solo que recolhem grande parte dos nutrientes que necessitam, a maior parte deles através de ligações simbióticas com os microrganismos do solo.

A componente biológica do solo é de vital importância a todo o processo agrícola e florestal, sendo a presença de microrganismos fundamental para o processo de transformação dos nutrientes em formas biologicamente absorvíveis, ou seja, não basta que existam nutrientes no solo, é necessário que se apresentem em formas capazes de entrar na raiz da planta e assim no seu metabolismo.

Chega-se então ao cerne da questão da fertilidade. Quem realiza estas funções? A resposta é a matéria orgânica ou húmus. A comunidade de microrganismos do solo (o bioma), que ascende aos milhões apenas numa mão cheia de solo saudável, alimenta-se da matéria orgânica, de onde resulta que o aumento desta aumenta a fertilidade do solo, já que incrementa a vitalidade e o espaço explorado pelo bioma,



aumentando o seu desempenho na recolha e disponibilização de nutrientes às plantas, melhorando a penetração das raízes, criando um processo que se retroalimenta. Mais raízes, mais solo explorado, mais vitalidade, mais fertilidade, mais produtividade, mais raízes...

A AGRICULTURA NÃO DEPENDE DA INDÚSTRIA DOS FERTILIZANTES PARA TER MICROORGANISMOS NO SOLO.

A presença de microrganismos simbióticos depende, em primeira instância, da presença de alimento para este grupo de organismos, ou seja, de matéria orgânica. As componentes associadas ao ar e à água estão intimamente ligadas, uma vez que ambas são vitais para as plantas e ambas ocupam o mesmo espaço na estrutura do solo. Este aspeto é fundamental, uma vez que, no solo, o ar representa a água, sendo necessário que existam espaços vazios para a água penetrar e ser retida na zona radicular.

A matéria orgânica ou húmus é um complexo microscópico de estruturas orgânicas, não compactas, enredadas, tri-dimensionais, com espaços abertos não lineares dentro da sua composição em resultado da transformação térmica e biológica. Estes espaços permitem reter e armazenar água e nutrientes durante mais tempo, como se fosse uma esponja, favorecendo uma utilização gradual e mais eficiente

pelas plantas e reduzindo a facilidade com que estas substâncias são arrastadas ao longo da coluna de solo, uma vez que torna os percursos microscópicos mais complexo, reduzindo a velocidade e a capacidade de transporte.

O húmus, aumenta a estabilidade dos agregados do solo, uma vez que favorece as ligações orgânicas, criando coesão entre as partículas e aumentando a resistência deste contra a erosão, aumentando igualmente a sua plasticidade e capacidade de voltar à forma inicial antes da perturbação, o que revela útil após a passagem das máquinas, já que reduz a suscetibilidade à compactação.

A presença de húmus favorece a presença de microrganismos benéficos na estrutura do solo, aumenta a coesão entre partículas através de ligações biológicas e favorece a capacidade de troca catiónica. O húmus reduz a densidade do solo, tornando-o mais poroso, favorecendo a infiltração de água e o enraizamento, através dos seus espaços vazios, reduzindo o escoamento superficial. Assim, com a redução do escoamento ocorre menos perda de solo e de nutrientes e uma maior eficiência na recarga de água no solo. A própria percolação da água ao longo da coluna de solo aumenta a meteorização das partículas e a formação de solo.

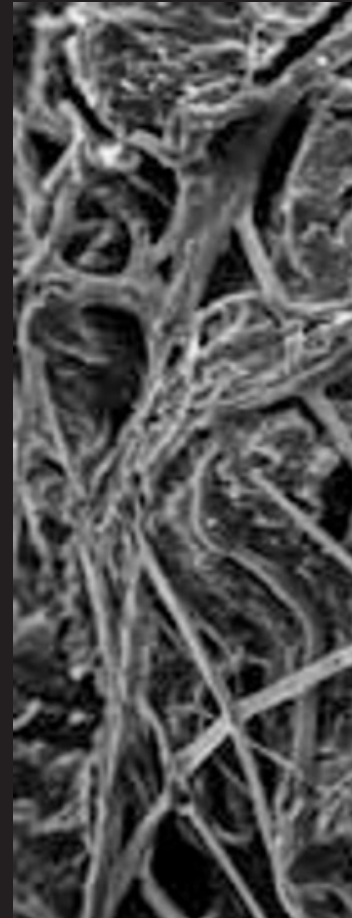
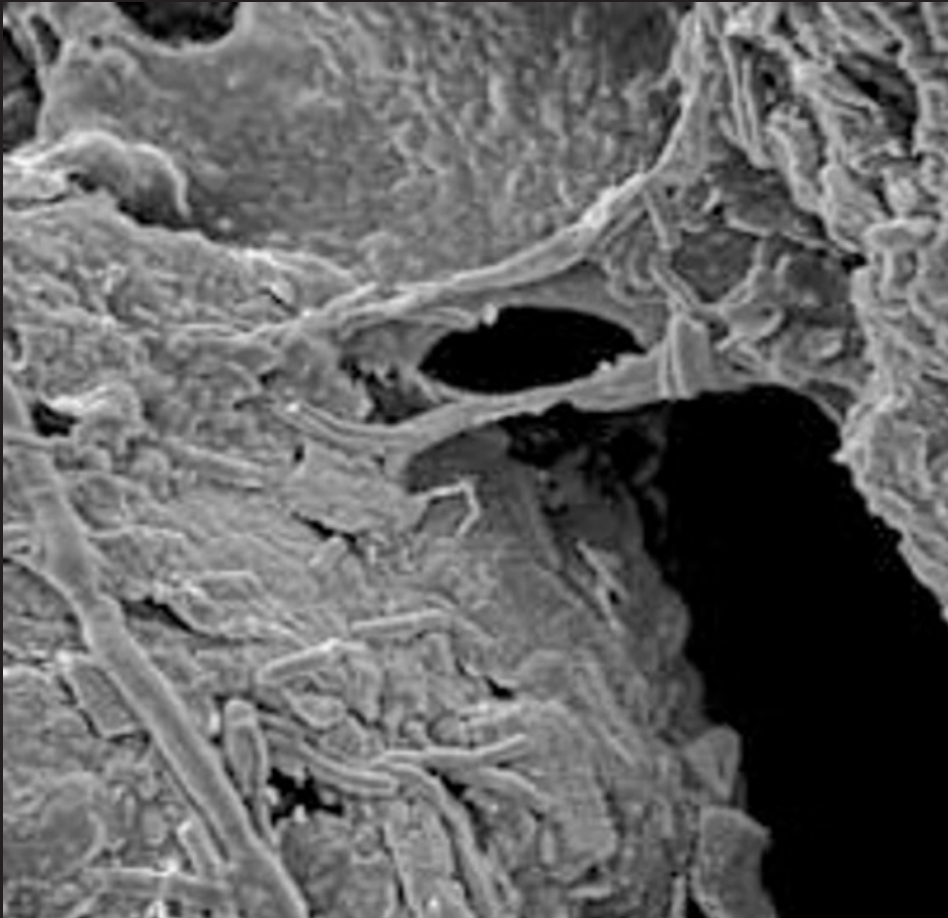
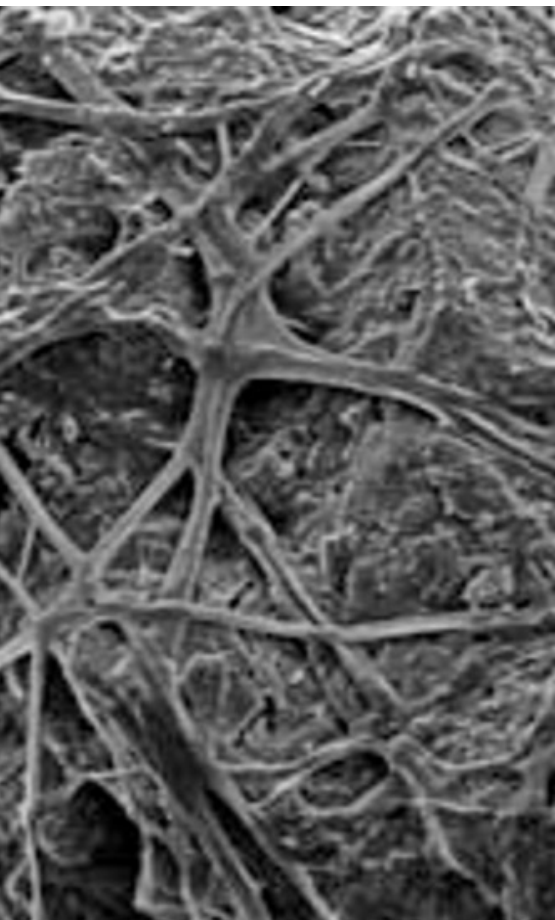


FIGURA 4

ASPETO MICROSCÓPICO DE LIGAÇÕES
ORGÂNICAS ENTRE PARTÍCULAS DO SOLO

O SOLO CRESCE POR CIMA, E QUANTO MAIS O ALIMENTAMOS MAIS CRESCE.



Assim, importa repensar um dogma instalado quando se diz que o processo de formação de solo não é perceptível à nossa escala temporal. A formação de solo ocorre em baixo da coluna de solo, efetivamente, por degradação da rocha (processo muito lento) mas forma-se também na superfície, através da incorporação de matéria orgânica. A incorporação de matéria orgânica gera vida microbiológica, e com ela plantas, raízes, carbono, penetração em profundidade de ar e água, e inevitavelmente a aceleração de processos de formação de solo, uma vez que todas estas componentes se retroalimentam e produzem solo.

Se, por exemplo, anualmente forem colocadas 10 toneladas de matéria orgânica por hectare, ao fim de uma década existirá seguramente mais solo, quer pelo novo solo que se formou, orgânico e mineral, quer pelo solo que não se perdeu.

Numa análise retrospectiva do processo agrícola convencional, com mobilização, adubação, rega e colheita, é possível concluir, de forma empírica, mas inequívoca, que os solos em geral não têm melhorado, antes pelo contrário. Assim, se se pretende garantir a sustentabilidade do recurso solo a médio e longo prazo é necessário trabalhar no presente na adoção de práticas regenerativas, como a compostagem.

A matéria orgânica no solo realiza um conjunto de serviços agrícolas e ambientais, destacando-se o acréscimo de capacidade de resiliência das culturas perante as alterações climáticas, uma vez que é expetável que, no futuro, exista menos água e esta seja disponibilizada em períodos mais curtos de tempo, o que aumenta a necessidade de reter a água durante mais tempo na zona radicular, assim como os nutrientes necessários ao metabolismo das plantas.

Em simultâneo, o solo representa um dos mais importantes reservatórios de carbono do planeta, o que implica que quanto mais matéria orgânica estiver sequestrada no solo menor será a quantidade presente na atmosfera, representando uma importante forma de mitigação das alterações climáticas e do aquecimento global.

Este aumento da capacidade de retenção de água está associado à água utilizável a curto prazo, ou seja, ao período de conforto hídrico da planta. Não deve ser confundida com situações de alagamento ou encharcamento excessivo, que estão relacionadas com a estrutura do solo em profundidade e a drenagem estrutural da parcela agrícola.

VARIAÇÃO DO TEOR MO	CARBONO ORGÂNICO (kg/m ²)	ÁGUA EXTRA ARMAZENADA (litros/m ²)	ÁGUA EXTRA (m ³ /ha)	CARBONO ORGÂNICO (ton/ha)
1%	4.2	16.8	168	154
2%	8.4	33.6	336	308
3%	12.6	50.4	504	462
4%	16.8	67.4	672	616

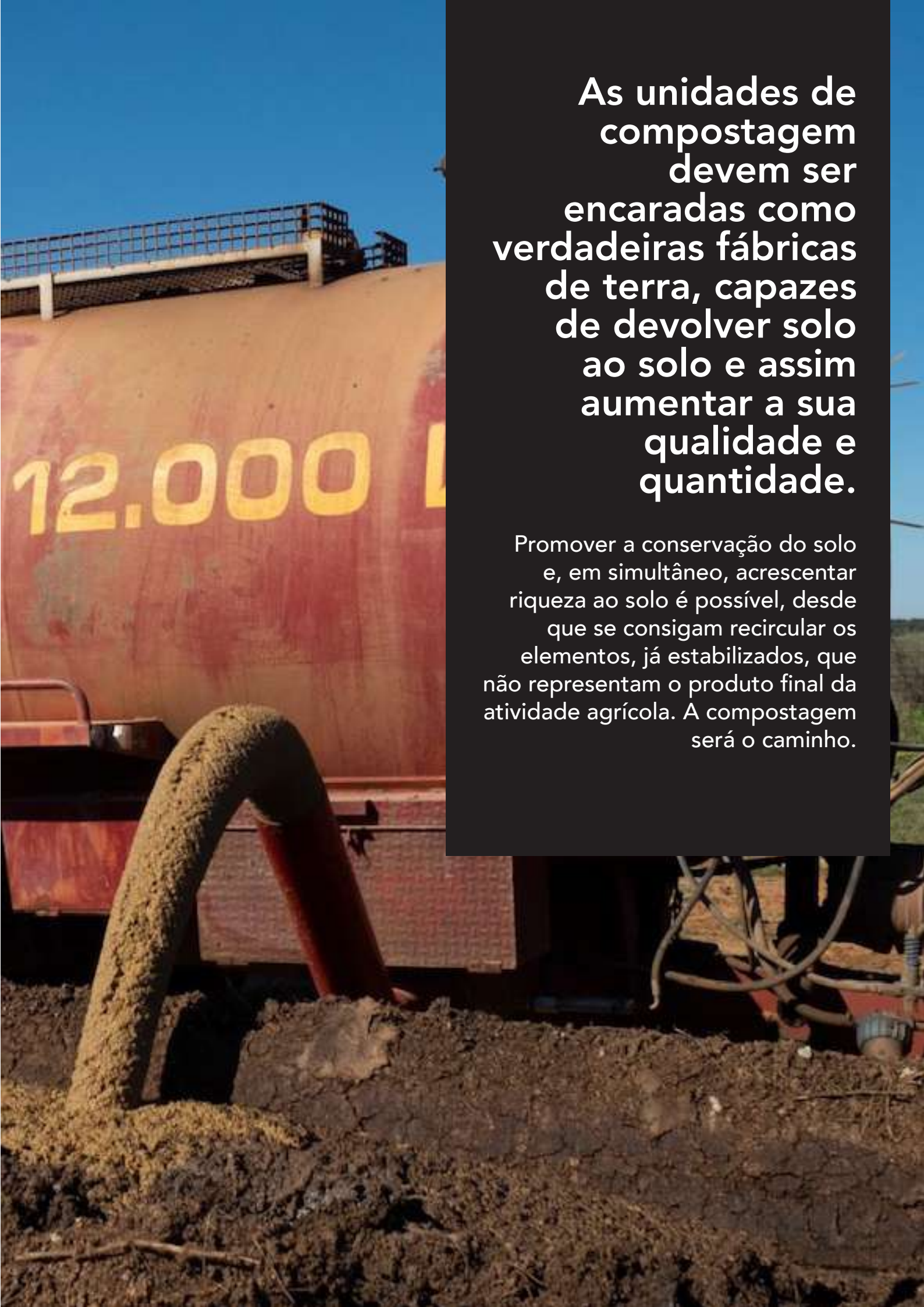
TABELA 1

VARIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE UM SOLO MÉDIO, COM 1,4 DE DENSIDADE, EM COMPARAÇÃO COM A CAPACIDADE DO MESMO SOLO COM ACRÉSCIMOS DO TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

É surpreendente observar que o acréscimo de água num solo com mais 3% de matéria orgânica possa ultrapassar os 500 m³ por hectare, ou seja, cerca de 25% das necessidades de rega de uma cultura como o olival. Relativamente ao aumento de carbono no solo, a escala ainda é mais esmagadora, já que o valor de carbono fixado no solo se estima em 460 toneladas por hectare, o que equivale, de forma grosseira, ao peso de mil vacas por hectare.

Da mesma forma, considerando as emissões médias anuais de Portugal em termos de gases de efeito estufa, segundo os dados do National Inventory Report 2021 (<https://apambiente.pt/>), um aumento de 2% de matéria orgânica no solo em 211 000 ha, seriam suficientes para neutralizar a totalidade das emissões anuais de Portugal.

Assim, o desígnio da sustentabilidade agrícola intensiva implica a criação de origens permanentes de matéria orgânica para incorporação no solo, para que esta possa reentrar no ciclo produtivo e, desta forma, incrementar a matéria orgânica do solo a longo prazo, sequestrando carbono, melhorando a eficiência do uso de água e nutrientes, aumentando a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, aumentando o efeito filtrador do solo, favorecendo a melhoria da qualidade da água a jusante, quer pela retenção de nutrientes no solo agrícola quer pela redução da erosão e consequente entrada de sedimentos nas massas de água.



**As unidades de
compostagem
devem ser
encaradas como
verdadeiras fábricas
de terra, capazes
de devolver solo
ao solo e assim
aumentar a sua
qualidade e
quantidade.**

Promover a conservação do solo e, em simultâneo, acrescentar riqueza ao solo é possível, desde que se consigam recircular os elementos, já estabilizados, que não representam o produto final da atividade agrícola. A compostagem será o caminho.



AGRIC CIRC

An aerial photograph of a vast agricultural field. The foreground shows a yellow tractor with red wheels moving through a field of reddish-brown soil, likely preparing for planting. The middle ground is dominated by a long, straight, light-colored path or furrow that runs parallel to a wire fence. Beyond the fence, the field transitions into a greener area with scattered trees. In the far distance, a line of trees marks the horizon under a clear sky. The overall scene depicts a large-scale farming operation in a rural, semi-arid environment.

CULTURA CULAR



AGRICULTURA CIRCULAR

Quando se fala em agricultura circular importa referir que as práticas circulares abordadas neste documento acompanham a Humanidade como parte da atividade agrícola, na qual os agricultores mimetizam a natureza e colocam os restos orgânicos em pilha para que se transformem naturalmente em fertilizante orgânico.

No modelo de economia circular adaptado à agricultura, pretende-se converter todos os materiais resultantes, quer subprodutos quer resíduos, em novos recursos, anulando a produção de resíduos e consequentemente a procura de novos recursos. Este modelo de economia é baseado na valorização de materiais dentro de um sistema fechado, minimizando, assim, a entrada de matérias-primas e o desperdício de materiais e de recursos a gerir esses mesmos materiais, e potenciando a criação de novos valores, com vantagens ambientais, económicas e sociais.

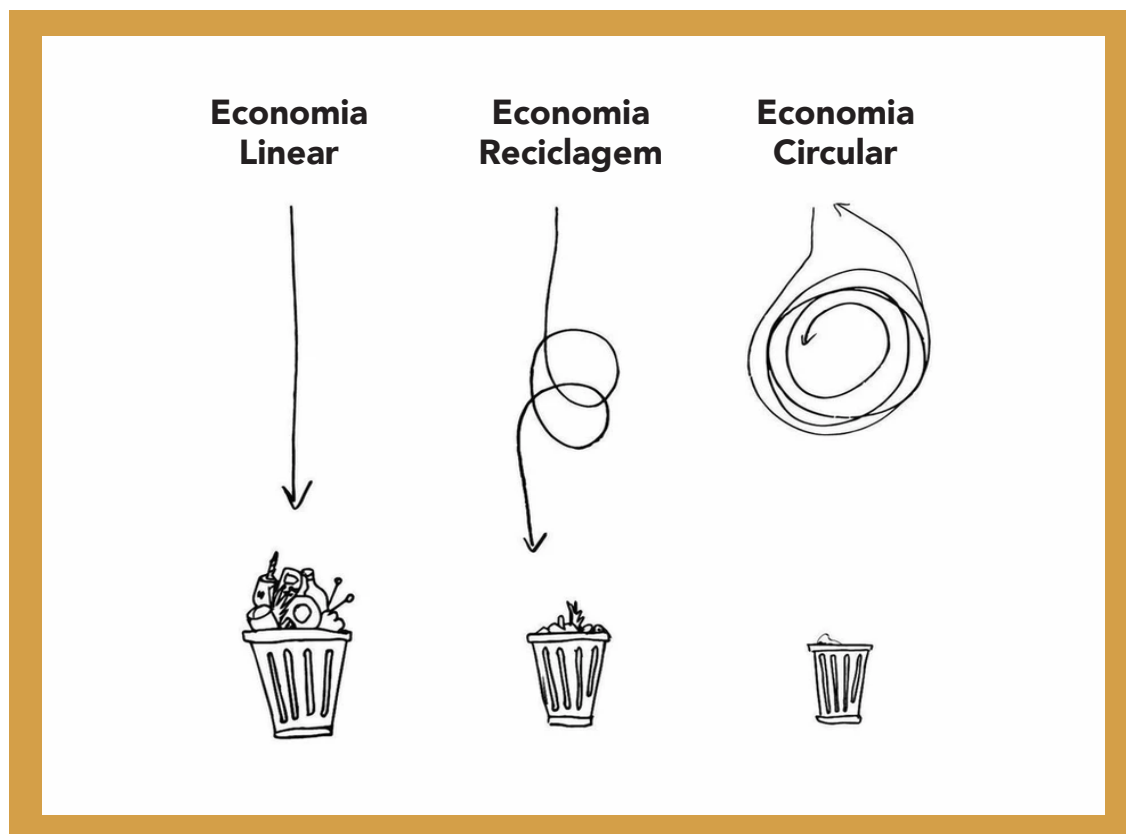


FIGURA 5
MODELOS ECONÓMICOS EXISTENTES

Neste modelo, a valorização agrícola dos subprodutos/resíduos da agroindústria, como a extração de azeite, apresenta-se como uma forma de valorização a privilegiar, contribuindo para a melhoria do desempenho funcional e ambiental que preocupa as empresas do setor, com vantagens do ponto de vista agronómico e ambiental.

A indústria de extração de azeite gera grandes quantidades de subprodutos/resíduos. Da azeitona é possível extrair aproximadamente 20% do seu peso em azeite e os restantes materiais orgânicos representam uma quantidade quatro vezes maior que o azeite produzido. Em Portugal, operando sazonalmente de novembro a fevereiro, são atualmente processados cerca de um milhão de toneladas de azeitona por campanha, com tendência crescente, o que dá origem a elevadas quantidades de bagaço de azeitona, cujo escoamento exige uma maior variedade de processos e de locais de valorização, para não colocar em risco o normal funcionamento dos lagares, em particular em anos de elevada produção de azeitona.

A valorização agrícola destes subprodutos/resíduos como fertilizantes orgânicos terá um impacto ambiental e económico positivo, nomeadamente através da/o:

- Redução da necessidade de fertilizantes químicos aplicados nas culturas;
- Redução da quantidade de água necessária, devido à superior capacidade de retenção do solo;
- Eliminação de um possível foco de poluição, criando valor onde antes havia um custo;
- Enriquecimento orgânico e melhoria da estrutura do solo;
- Aumento da resiliência do solo perante a erosão e desertificação;
- Aumento do vigor, enraizamento, produtividade e resistência das culturas;
- Incremento do sequestro de carbono no solo, mitigando as alterações climáticas.



3.1 FERTILIDADE E EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DE RECURSOS

Ao nível elementar, os nutrientes utilizados num processo de agricultura linear, partindo do pressuposto que já foram importados e incorporados no processo agrícola, acabam, uma parte, no produto produzido e, outra parte, nos subprodutos/resíduos orgânicos resultante do processo, ambos exportados do território de forma irreversível.

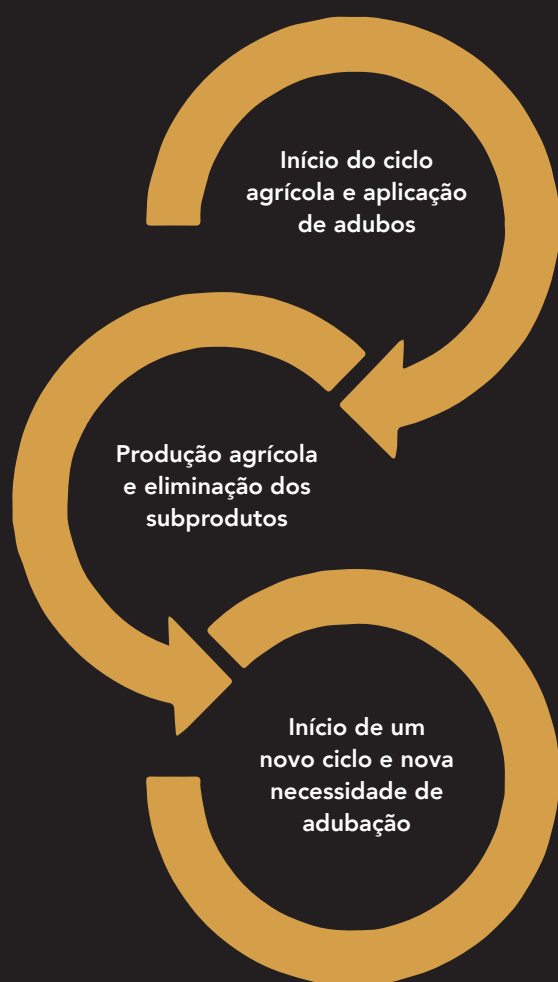


FIGURA 6

AGRICULTURA LINEAR



No ano seguinte repete-se o processo, com uma nova adubação mineral, com mais uma importação de matérias-primas, cuja extração e transporte acarreta obviamente enormes custos ambientais, materializando-se assim a agricultura linear.

Por outro lado o solo, depreciado dos constituintes que lhe conferem fertilidade, tem dificuldade em reter, de forma prolongada, a água e os nutrientes que lhe são fornecidos, deixando que parte se perca através da água que circula, e acabem nas massas de água onde cumprirão o seu desígnio inicial de promoção da vida vegetal, mas desta vez sob a forma do crescimento excessivo de algas e gerando processos de degradação da qualidade da água por eutrofização, dificultando o processo de bombagem e filtração da água que abastece o regadio.

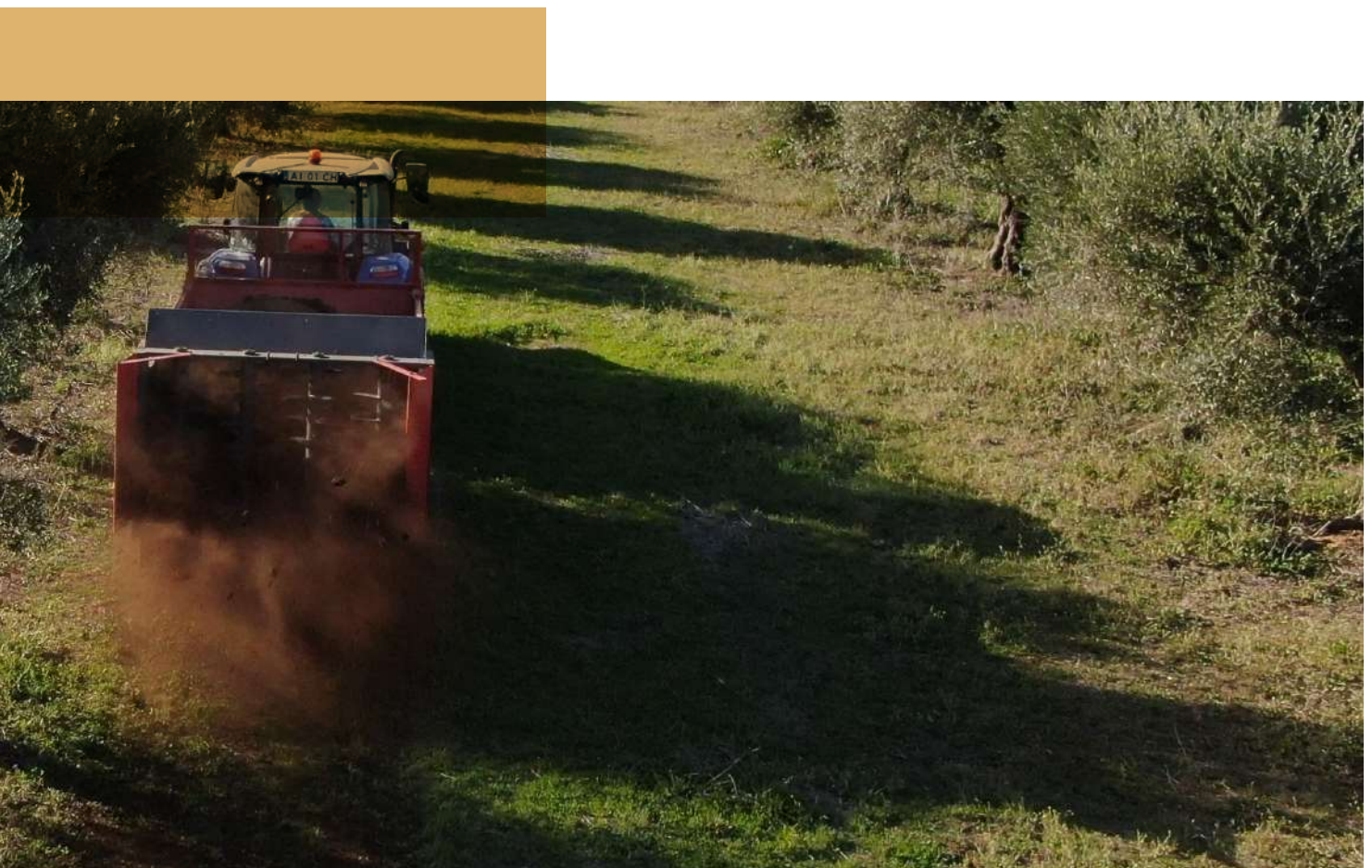
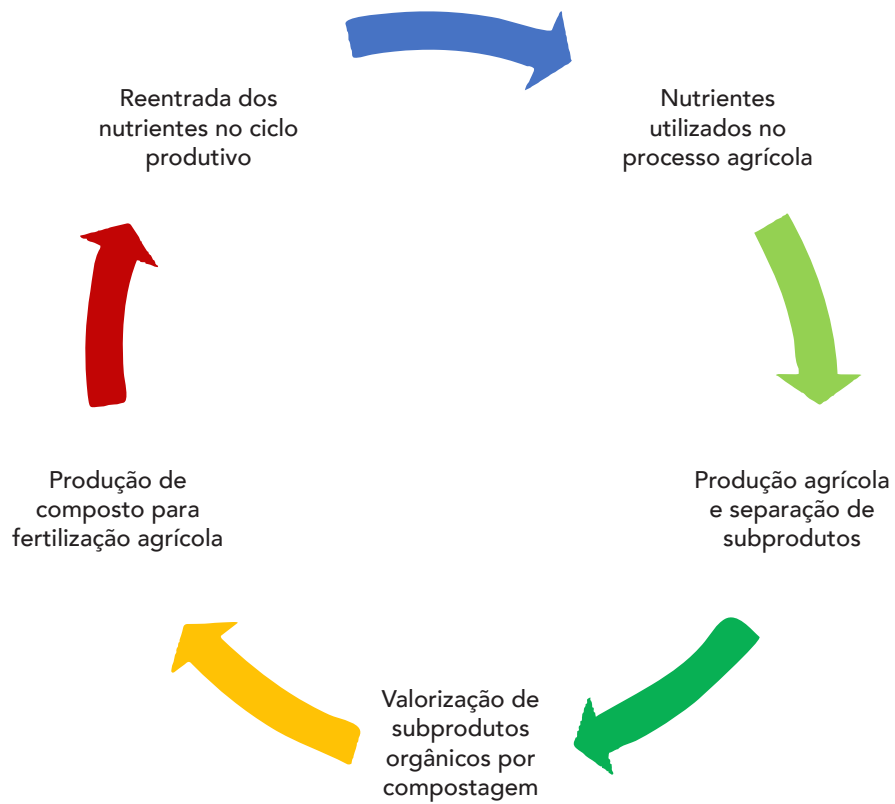
No campo, a cultura agrícola, por não ter conseguido absorver os nutrientes que necessitava em tempo útil, necessitará de uma nova dose de adubação mineral, o que implica custos económicos e ambientais desnecessários, passando-se o mesmo com a água, incrementando-se o uso ineficiente destes recursos.

Num modelo de agricultura circular, que se pretende implementar através de técnicas como a compostagem, os nutrientes presentes nos subprodutos/resíduos agrícolas são compostados e aplicados novamente no solo, onde ficam novamente disponíveis para a absorção radicular, suprimindo assim parte das necessidades de adubação no ano seguinte e consequentemente a quantidade de adubos minerais a importar e a extrair do ambiente.



FIGURA 7

AGRICULTURA CIRCULAR



Por outro lado, a incorporação de composto no solo promove o aumento do teor de matéria orgânica, potenciando a coesão e a estrutura do solo, com menor suscetibilidade à erosão, mas também com maior capacidade de retenção de água e nutrientes, os quais, ao ser aplicados, vão estar disponíveis durante mais tempo na zona de absorção radicular e resultarão numa utilização mais eficiente desses mesmos recursos, expressando menor carência e como tal resultando numa menor adubação por parte do agricultor.

Também no contexto da água fornecida, o aumento do teor de matéria orgânica potenciará uma retenção mais prolongada na zona radicular, favorecendo o alargamento do período de conforto hídrico das plantas e reduzindo a necessidade de rega e consequentemente potenciando a poupança deste recurso escasso.

Em simultâneo, o aumento da matéria orgânica no solo promove o aumento da infiltração de água, favorecendo a recarga natural do teor de humidade do solo, reduzindo igualmente a erosão, o que favorecerá a manutenção da fertilidade do solo. Para além destes aspetos, a matéria orgânica alimenta o bioma, ou seja, os organismos vivos do solo, os quais desempenham um papel fundamental na recirculação de elementos orgânicos em formas absorvíveis, desempenhando igualmente um importante papel na sanidade vegetal.

O custo energético associado ao processo agrícola é também reduzido, já que um solo com matéria orgânica é mais fácil de trabalhar, apresenta um período de sazão maior e compacta menos, reduzindo as necessidades de lavoura.

3.2. PROJETO URSA, UM CASO PRÁTICO

O projeto URSA – Unidade de Recirculação de Subprodutos de Alqueva, tem como base a criação de unidades dispersas pelo

território rural, onde os agricultores e industriais possam entregar materiais orgânicos e, em troca, levar composto para aplicação no solo, complementando a fertilização agrícola.

Apresenta-se como uma estratégia integrada de promoção de práticas circulares que abrange todo o sector agropecuário e agroindustrial. Esta inicia-se nos produtores, através da promoção da existência de soluções de proximidade que possibilitem a recirculação de nutrientes e a redução de novas importações, passando pelos processos de eliminação de subprodutos/resíduos, onde algumas abordagens atuais contrariam os princípios da economia circular e carecem de alteração urgente. O processo culmina num contributo significativo para a melhoria da qualidade do solo e da água com efeitos concretos no incremento da eficiência no uso destes recursos e na adaptação de uma região aos desafios impostos pelas alterações climáticas.

O projeto URSA pretende desenvolver uma abordagem inovadora, baseada na permuta direta de materiais orgânicos entregues na unidade por composto orgânico, com base numa proporção de [10/razão CN], num setor recetivo à mudança, patente na grande transformação de sequeiro em regadio observada no Alentejo em resultado das possibilidades potenciadas pelo acesso à água para rega.

Será assim possível criar valor onde antes existia um custo. Com a concretização do projeto URSA a reduzida ou nula valorização dos subprodutos/resíduos agrícolas, como a rama, as folhas, as palhas e os bagaços, que representam mais de 80% da quantidade dos produtos agrícolas, assumem um valor inédito equiparado ao valor dos nutrientes minerais importados, o que transforma uma vasta gama de subprodutos classificados como resíduos, em matérias-primas valiosas e totalmente incorporáveis no processo agrícola, ainda para mais com vantagens ambientais a longo prazo decorrentes desse processo.



FIGURA 8
REGA E REVOLVIMENTO DAS PILHAS
NA UNIDADE URSA (SERPA, 2019)

Pretende-se criar uma constelação de 12 unidades, uma por cada 10 000 ha, que garantam uma distância máxima de 10 km entre as explorações agrícolas e a URSA mais próxima, potenciando o processo de logística inversa, onde o agricultor leva um subproduto/resíduo e retorna com composto, reduzindo a pegada ecológica associada a este transporte.

A ausência de resíduos orgânicos é possível no projeto URSA, uma vez que todos os subprodutos orgânicos de todas as atividades envolvidas, seja agricultura, pecuária e agroindústria, são passíveis de ser recirculados novamente para a atividade agrícola, através de fertilizante orgânico, possibilitando uma vida infinita dos nutrientes que o compõem.

A opção pela queima de materiais, como ramas de poda, muitas vezes a única viável, deixará de ser uma inevitabilidade, pretendendo-se que, por esta via, se altere também a quantidade de fogos rurais com origem em queimas de restos orgânicos.

Em suma, a abordagem preconizada pelo projeto URSA contribui de forma integradora e sustentável para o desenvolvimento de uma solução inovadora, criando alternativas aos dogmas da fertilização mineral e da eliminação industrial, tendo em conta os desafios nacionais e europeus em matéria de economia circular, empreendendo, em simultâneo, medidas de combate à poluição difusa e à degradação do solo, uma vez que esta solução não implica a supressão ou limitação da agricultura produtiva.

AGRICULTURA LINEAR

vs

AGRICULTURA CIRCULAR

Transporte e produção de óleo de bagaço de azeitona

Estas atividades implicam uma elevada quantidade de transportes e uma utilização não circular do bagaço

Produção e transporte de adubos químicos e minerais

Estas atividades representam uma parte significativa das emissões globais de gases de efeito estufa promotoras das alterações climáticas

Unidade de compostagem de subprodutos agrícolas

A disseminação de unidades de compostagem permite a valorização local dos subprodutos agrícolas e a agricultura circular

Fertilização com adubos minerais e químicos

A utilização de práticas de agricultura linear favorece a perda de fertilidade e facilita a erosão e a desertificação

Fertilização com composto orgânico

A adoção de práticas de agricultura circular favorece a melhoria do solo, o sequestro de carbono e melhora a utilização eficiente de água e nutrientes

Poluição difusa e degradação da qualidade da água

Os nutrientes e sedimentos que chegam às albufeiras promovem o crescimento de algas, plantas aquáticas invasoras e aumenta a evaporação

Solo saudável e regenerado

A melhoria da qualidade do solo promove o seu efeito filtrador, reduzindo a poluição difusa e facilitando a utilização da água para abastecimento e regadio

Para chegar a um futuro diferente é preciso escolher um novo caminho.

Para chegar a um futuro melhor é preciso escolher um caminho circular.

The image features a dark, textured background with a gradient from deep green at the top to dark brown at the bottom. A white rectangular box is positioned on the right side, containing the text 'A COMPO' in white, bold, uppercase letters. A small, light green triangular shape is visible in the upper right corner.

A COMPO



OSTAGEM



A COMPOSTAGEM

A produção de compostos orgânicos data de tempos imemoriais e, presumivelmente, deriva do hábito de acumulação de resíduos provenientes das atividades das explorações agropecuárias e dos domicílios que, tradicionalmente, se amontoavam em pilhas a céu aberto, durante um longo período de tempo, sendo depois espalhados nos campos agrícolas. O que distingue a compostagem do processo natural de degradação da matéria orgânica é a intervenção do homem através da alteração adequada dos fatores intervenientes, desenvolvendo técnicas que permitem acelerar o processo de decomposição.



O processo de compostagem consiste na decomposição biológica e estabilização de material orgânico, sob condições controladas, produzindo um produto final estável, contendo substâncias húmicas, livre de elementos patogênicos e de sementes e propágulos de infestantes, utilizável como corretivo orgânico do solo.

A bioestabilização dos materiais orgânicos é uma parte fundamental do processo de compostagem, uma vez que, mesmo que os materiais tenham estado armazenados durante meses, não implica que estejam devidamente estabilizados, podendo gerar desequilíbrios ao solo ou às culturas se forem utilizados sem compostagem prévia.

Neste contexto importa referir que a compostagem é uma das técnicas consensualmente aceites para produção de fertilizantes orgânicos para a agricultura, observando-se um aumento significativo de modos de produção ambientalmente mais sustentáveis, como o biológico, previsivelmente mais apoiado no próximo quadro comunitário da PAC; o que implicará a necessidade de grandes quantidades de fertilizantes orgânicos no mercado para suportar estes modos de produção.

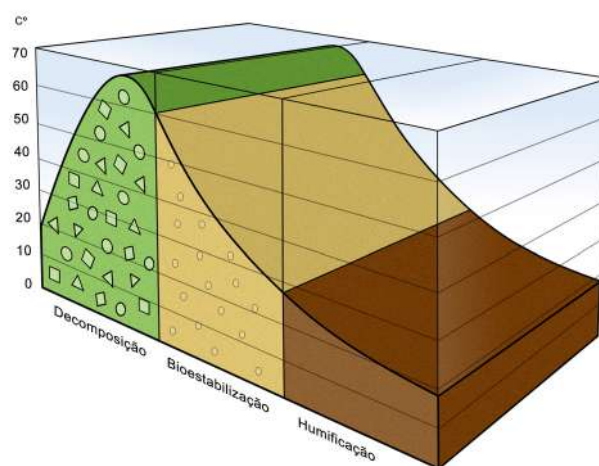


FIGURA 9
ETAPAS DO PROCESSO
DE COMPOSTAGEM

4.1. BENEFÍCIOS DA COMPOSTAGEM

As vantagens de compostar materiais orgânicos são a simplicidade e o baixo custo do processo, assim como a velocidade da decomposição microbiana e oxidação da matéria orgânica tornando-a rapidamente estável e apta como fertilizante orgânico, não contaminante das águas subterrâneas ou superficiais, como acontece com os fertilizantes minerais e químicos, que são facilmente arrastados pelo escoamento superficial ou ao longo da coluna de solo.

A compostagem corresponde a um processo de valorização com uma excelente relação custo/benefício, considerando os ganhos ambientais resultantes, uma vez que para além da valorização dos materiais da exploração num produto de elevado valor e interesse agronómico, torna possível, através da sua aplicação, diversos serviços ambientais tais como: a recuperação do solo e da sua vitalidade, dos microrganismos que dele se alimentam, da fertilidade, das funções filtradoras, da resistência à erosão, do enraizamento das culturas melhorando igualmente a sua resistência perante as alterações climáticas, entre outras.

De forma inequívoca, a melhoria do solo definirá a dimensão do desempenho agroambiental da agricultura de regadio, uma vez que o incremento da eficiência do uso da água e dos nutrientes está intimamente ligado à melhoria da capacidade de retenção destes elementos no solo, na zona radicular, o que ditará a quantidade de nutrientes absorvida pelas plantas, uma vez que se atravessarem a zona

de absorção deixarão de estar ao alcance da raiz e obrigará a um novo fornecimento.

A degradação de produtos fitofarmacêuticos no processo de compostagem representa também uma importante vantagem ambiental, já que durante o processo de fermentação aeróbia a maior parte destas substâncias se degrada, evitando que cheguem a massas de água e possam prejudicar o ambiente.

A área ocupada pela compostagem, em comparação com outras formas de valorização mais compactas, poderá ser indicada como uma desvantagem, especialmente em explorações com áreas de plantação muito otimizadas, sendo, no entanto, compensada pelo baixo custo de investimento. Também a necessidade de mão-de-obra pode ser referida como uma desvantagem, mas a relativa sazonalidade de algumas atividades agrícolas e agroindustriais poderá ser equilibrada pela atividade de compostagem, uma vez que pode absorver mão-de-obra, quase sempre não especializada, durante períodos fora de campanha.

Importa naturalmente salientar a importante vantagem logística do processo de compostagem na exploração, uma vez que são evitados os transportes na via pública, assim como cargas e descargas em camião, possibilitando a criação de ciclos curtos, quer dos materiais a compostar, quer do composto resultante deste processo, o que resulta num incremento do desempenho ambiental.



VANTAGENS DE COMPOSTAR BAGAÇO DE AZEITONA

No que se refere ao efluente dos lagares de duas fases - bagaço húmido - as boas práticas devem incluir a sua prévia compostagem antes da aplicação ao solo uma vez que, derivado do seu elevado teor de humidade, do seu pH ácido, das suas propriedades antimicrobianas e fitotóxicas e de uma relação Carbono/Azoto (C/N) desequilibrada, a sua utilização direta pode criar, embora temporariamente, algumas condições desfavoráveis no terreno e torna a sua distribuição difícil e dispendiosa.

A produção de composto orgânico, conjugando o bagaço de azeitona com outros subprodutos/resíduos orgânicos de modo a atingir uma adequada estrutura e relação C/N, poderá assim ser a solução mais adequada para a valorização agrícola destes materiais pois, através da compostagem, os bagaços são transformados num produto estável (composto) com características adequadas para ser utilizado como corretivo orgânico do solo, que se caracteriza pelos seguintes aspetos:

- Possui um teor mais elevado de substâncias húmicas que o produto original;
- Apresenta uma razão C/N que evita a imobilização do azoto na sua aplicação ao solo;
- Apresenta um menor teor de polifenóis que inibem a mineralização da matéria orgânica e podem ser fitotóxicos;
- É um produto higienizado e sem sementes de espécies infestantes;
- Apresenta um manuseamento mais fácil, devido a uma maior consistência física;
- Permite um armazenamento mais fácil, seguro e com um mínimo de odores;
- Devido ao menor teor de humidade e à perda de volume permite uma redução de custos de manuseamento e transporte e maior facilidade de aplicação;
- Possibilita a incorporação de elementos nutritivos às culturas, reduzindo a necessidade de adubação mineral e química, reduzindo por esta via a poluição difusa potencial.



4.2. COMO FAZER COMPOSTAGEM

A compostagem é um processo oxidativo levado a cabo por microrganismos aeróbicos permitindo a transformação de materiais orgânicos num produto estável, e que pode ser conduzido de diversas formas, com diferentes exigências em custos, mão de obra, área necessária e graus de eficácia.

Para fazer compostagem de subprodutos/resíduos orgânicos são necessárias duas componentes principais: materiais variados e espaço adequado. Estes materiais orgânicos devem ser armazenados previamente, de forma ambientalmente adequada, para permitir a criação de um stock que possibilite a elaboração de uma mistura que cumpra os requisitos básicos de estrutura e arejamento, humidade e razão carbono/azoto.

Todos os materiais deverão ter uma granulometria fina, podendo ser necessário proceder à sua trituração, como é o caso de rama de poda (olival, vinha, amendoal) ou mesmo de palhas mais grosseiras, como a de milho. O armazenamento de materiais deverá ser realizado de forma organizada, em pilha ou, no caso de materiais pastosos, como as massas vínicas e o bagaço de azeitona, em superfícies planas sob solo compactado, devidamente limitada em toda a envolvente por um muro de terra consolidado, com pelo menos 2 metros de espessura. O armazenamento desta forma permite que os materiais pastosos percam a humidade excessiva, de forma a poderem ser manuseados mecanicamente com uma pá frontal, sem escorregar, com uma humidade entre 50% e 60%.

A escolha do local para instalação de pilhas de compostagem deverá ter em consideração que se trata de uma técnica que exige a circulação de equipamentos entre as pilhas, e como tal deverá apresentar um declive suave, com uma inclinação máxima de 5%, e um substrato compacto, pou-

co pedregoso, corretamente drenado para evitar encharcamentos, necessariamente afastado de áreas de interesse ecológico ou arqueológico e de linhas de água, respeitando um afastamento mínimo de 50 metros.

A área a afetar ao armazenamento dos materiais orgânicos e às pilhas de compostagem deverá ser vedada de modo a impedir a entrada de animais que possam revolver os materiais, em busca de erva ou de minhocas, especialmente no período primaveril.

Para cada unidade de compostagem, deverá existir uma área específica, na qual todos os subprodutos/resíduos orgânicos são rececionados, caracterizados, pesados ou cubitados, armazenados temporariamente e eventualmente triturados.

Junto a essa zona, ou noutras designadas para o mesmo efeito, os materiais deverão ser misturados na proporção adequada e submetidos a um processo de compostagem em pargas a céu aberto, como se detalha no capítulo seguinte.

A mistura dos materiais deverá excluir à partida materiais contaminantes, como pedras ou plásticos, de modo a reduzir os danos nos equipamentos ou a sua partição em pedaços dificilmente retiráveis da mistura.

É fundamental entender que a compostagem é um processo de degradação biológica, que acontece sob temperaturas acima de 40° C, em resultado da produção biológica de calor, e é através desse estágio térmico que ocorre a estabilização dos materiais, a eliminação dos patogénicos e as sementes de ervas daninhas. Assim, a curva térmica da mistura deverá ser monitorizada e acompanhada para que não arrefeça, deixando de cumprir as funções associadas ao processo térmico.



FIGURA 10

PILHA DE COMPOSTAGEM EM FASE DE
REVOLVIMENTO E REGA (SERPA,2018)

A compostagem de subprodutos/resíduos orgânicos tem como base um processo de oxidação biológica por fermentação aeróbica, ou seja, na presença de oxigénio, que leva à estabilização da matéria orgânica, onde uma gama variada de microrganismos (bactérias, fungos e actinomicetes) decompõem os materiais orgânicos biodegradáveis, em condições de elevadas temperaturas resultantes do calor libertado pela atividade microbiana (fase termófila) em que se liberta principalmente dióxido de carbono e vapor de água e da qual resulta, após humificação, um produto designado como composto ou húmus.

A primeira fase de um processo de compostagem é a mistura de materiais, a qual, quanto mais diversa for, mais rica será a mistura, uma vez que cada material apresenta uma composição e estrutura molecular específica o que permite um percurso mais equilibrado ao longo da curva térmica. Assim deverão ser misturados materiais com diferentes razões C/N, em diferentes proporções, com o objetivo de obter uma razão C/N final entre 25 e 35, e uma humidade entre 40 e 55%.

As proporções entre os materiais a juntar devem ser calculadas previamente, com base no seu teor de humidade e na sua razão C/N (analisadas previamente) e utilizando regras de 3 simples para chegar aos intervalos adequados, ou através de uma folha de cálculo, conforme descrito posteriormente.

Numa mistura genérica para compostagem o bagaço de azeitona não deve ultrapassar os 50% do total (humidade 70% e razão C/N 42), uma vez que se trata de um material de digestão complexa. O restante material adicionado deve equilibrar a composição e a estrutura da mistura. Assim, poderão ser adicionados 30% de folhas de oliveira (humidade 40% e razão C/N 35) e 20% de estrume de bovino (humidade 40% e razão C/N 18), para obter a composição final pretendida.

MATERIAL	PROPORÇÃO	HUMIDADE %	RAZÃO C/N	ESTRUTURA O ² %
BAGAÇO	50%	70	42	10
FOLHAS	30%	40	35	50
ESTRUME VACA	20%	40	18	30
MISTURA	100%	55	35	25

TABELA 2

PROPORÇÕES DE MATERIAS
NUMA MISTURA TIPO

A estrutura da mistura é naturalmente importante, uma vez que se trata de um processo aeróbio, ou seja, dependente do oxigénio presente dentro da pilha de compostagem. O cálculo aproximado da estrutura pode ser realizado com base na densidade aparente, obtendo a fração vazia em volume, devendo ser garantida uma fração de ar na mistura entre 20% e 30%.

Com a evolução da compostagem, e o peso dos materiais, a pilha vai compactando e a fração vazia na mistura vai diminuindo, sendo necessário revolver a mistura para a reabastecer de ar (oxigénio) e assim garantir que o processo não entra em estagnação nem começa a emitir odores associados a processos de anoxia.

A existência de espaços vazios é diretamente proporcional à capacidade de percolação de água dentro da pilha, permitindo que a água chegue às zonas mais profundas da pilha, geralmente as zonas com maior temperatura e, conseqüentemente, com atividade biológica termófila mais intensa e também com maior taxa de evaporação.

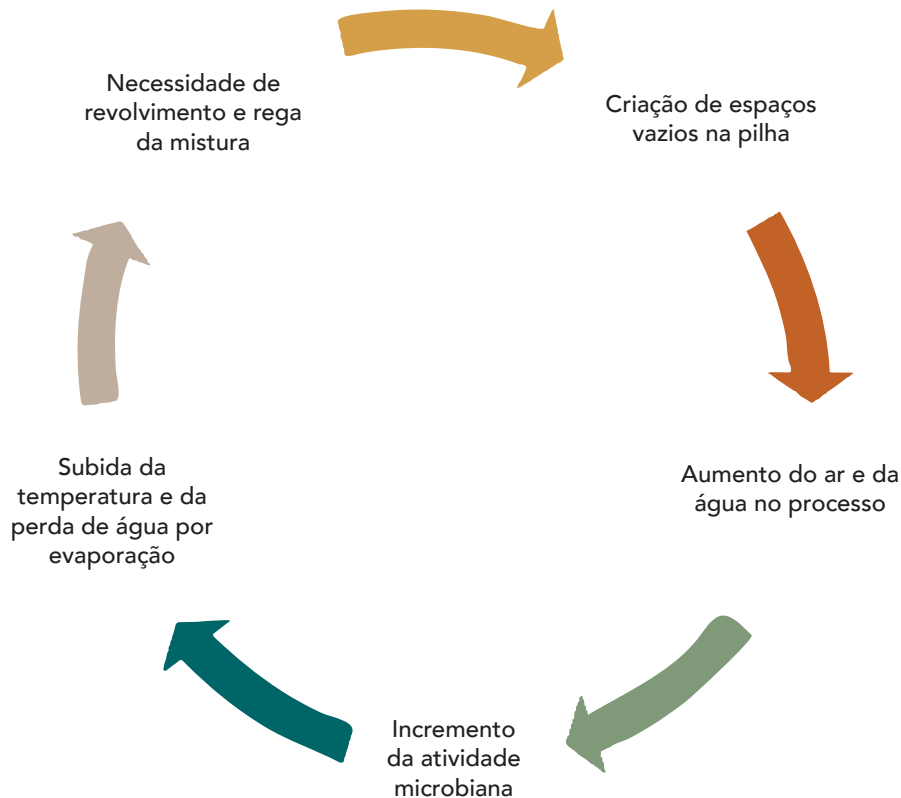


FIGURA 11
INTERAÇÕES DE RETROALIMENTAÇÃO NO
PROCESSO DE COMPOSTAGEM

4.3. SISTEMAS DE COMPOSTAGEM

Existem vários sistemas, através dos quais se pode efetuar o processo de compostagem, podendo agrupar-se os principais do seguinte modo:

A. Pilhas dinâmicas com revolvimento

Este é o método mais utilizado e caracteriza-se por as pilhas serem sujeitas a revolvimento periódico que deve ser mais frequente na fase inicial do processo. Com este revolvimento pretende-se homogeneizar a mistura, libertar a pilha da acumulação de gases e excesso de calor, distribuir a água, nutrientes e microrganismos e criar condições mais homogêneas de temperatura e de oxigénio provocando, assim, um aumento de velocidade da transformação. As dimensões das pilhas, em altura e largura, devem ser ajustadas às máquinas utilizadas no revolvimento, usualmente com 3m de largura e 2m de altura.

A opção de utilização de maquinaria agrícola não específica, comum na maioria das empresas agrícolas, tem a vantagem de ter um baixo custo de investimento, contudo o tempo necessário para a maturação pode ser superior e a qualidade final do processo pode ser inferior. O uso de revolvedores permite um mais correto arejamento. Existem diversos modelos, automotrizes ou acoplados à força motriz de um trator.

B. Pilhas estáticas passivas

Neste método, as pilhas atingem maiores dimensões, 4 m de largura e 3 metros de altura, não sofrendo qualquer intervenção mecânica. A decomposição dá-se de forma muito lenta, dado o menor teor de oxigénio no seu interior, podendo durar até ou mais de 3 anos para atingir o produto humificado. Dois fatores importantes a ter em conta neste processo são o tempo e o espaço como se pode deduzir da metodologia. As pilhas estáticas sem arejamento forçado são usadas para decompor materiais mais lenhosos, tais como folhas secas, cascas de árvores e estilhas de madeira.





C. Pilhas estáticas com ventilação forçada

Neste método, a pilha não sofre reviramento recebendo de forma forçada o arejamento do exterior através de sistemas próprios. Pode ter dimensões da ordem das pilhas estáticas passivas, mas também pode apresentar menores dimensões, de forma a poder ser instalada dentro de edifícios, não havendo, neste caso, efeitos negativos em termos de odores ou combustões. Dada a sua maior eficiência, permite obter um composto maturado num menor período de tempo. Este processo exige um maior investimento e manutenção, mas o custo em mão de obra é menor.

D. Em reatores abertos ou fechados

Este sistema é utilizado quando se pretende uma elevada percentagem de execução em condições muito controladas. O processo de transformação é muito mais rápido, mas são sistemas mais complexos e que exigem maiores custos na construção, operação e manutenção. Existem vários tipos, horizontais ou verticais, normalmente providos de um sistema de agitação que permite o arejamento e homogeneização da massa. O seu funcionamento é do tipo reator e o produto fresco entra por um lado e sai processado pelo outro. A fase de maturação é normalmente realizada fora do reator em pilhas.



INSTALACIÓN
DE UNA UNIDAD
COMPOST



ÇÃO DE
DADE DE
STAGEM



INSTALAÇÃO DE UMA UNIDADE DE COMPOSTAGEM

O sistema de compostagem selecionado para aprofundamento no presente documento, será o de pilhas dinâmicas com revolvimento, realizado com revolvedores laterais rebocáveis com trator agrícola, uma vez que se trata do equipamento com um custo/benefício mais favorável e com maior adaptabilidade à realidade agrícola nacional.



A área total a afetar a uma unidade de compostagem deverá considerar a potencialidade de valorização de uma tonelada por metro quadrado de área útil de pilhas, considerando a realização de dois ciclos por ano e as proporções referidas na figura 14.

A definição de uma unidade de pilhas de compostagem implica, por um lado, o correto dimensionamento das pilhas, nomeadamente a sua largura, comprimento, altura e direção e pendente e, por outro lado, a delimitação dos caminhos de acesso entre pilhas, fundamentais para a rega e revolvimento associados ao controlo do processo de compostagem.

A dimensão da pilha deverá ser definida com base na dimensão do revolvedor, uma vez que se trata do equipamento essencial ao correto revolvimento da mistura e necessita passar ao longo da pilha, não podendo esta ser mais larga ou mais alta do que a estrutura do revolvedor.

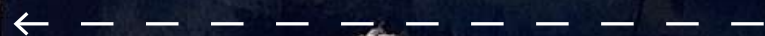
Regra geral, a largura de uma pilha deve estar entre os 2 m e os 3 m, sempre inferior em 20% à largura útil total do revolvedor, ou seja, com um revolvedor de 3 metros deverão ser deixados 30 cm de cada lado da pilha, para que, mesmo que os materiais caiam durante o processo de revolvimento, não afetem a deslocação do revolvedor, o qual deve ir sempre junto ao chão, para garantir que todo o material da pilha é revolvido.



AK3300



**LARGURA DO
REVOLVEDOR
3,3 m**



**LARGURA DA PILHA DE COMPOSTAÇÃO
2,7 m**





LARGURA DA VIA DE CIRCULAÇÃO
3,0 m

GEM

FIGURA 12

DIMENSÕES DA PILHA DE COMPOSTAGEM

(MOURÃO, 2020)

A utilização de um revolvedor permite igualmente a criação de uma pilha com uma secção triangular, aspeto fundamental para o processo de compostagem, uma vez que não cria zonas em que a água se acumula, funcionando como um telhado de uma casa. Durante eventos de pluviosidade a camada superficial da pilha fica saturada em cerca de 20 cm, e a água escorre pela pilha sem se infiltrar e sem arrastar elementos da pilha.

Em climas com eventos de precipitação muito prolongado é possível tapar as pilhas com uma tela impermeável, sendo, regra geral, de reduzida necessidade em Portugal.

O espaço entre as pilhas deve permitir a passagem do equipamento responsável pelo revolvimento e humedecimento da pilha. Se estas operações forem realizadas com equipamentos acoplado a tratores agrícolas a via de circulação deverá ter cerca de 3m.

Para otimização do espaço de compostagem, podem ser realizadas pilhas pareadas, ou seja, aproximando duas a duas, uma vez que permite a passagem do trator por um lado e depois pelo outro, sendo necessária a existência de um revolvedor lateral, para realização desta técnica.

Na eventualidade da existência de um revolvedor automotriz é possível deixar apenas uma separação de um metro entre pilhas, para a passagem das rodas da máquina, uma vez que a máquina faz o revolvimento suspensa sobre a pilha.



FIGURA 13

REVOLVIMENTO INTEGRAL DA PILHA DE COMPOSTAGEM
(MOURÃO, 2020)

Na imagem seguinte é possível observar a diferença entre diferentes distanciamentos das pilhas de compostagem, sempre dependentes do tipo de equipamento de revolvimento. No exemplo da esquerda a área útil de pilhas corresponderá a 50% da área total, podendo ser otimizada para 66% da área total, caso se instalem pilhas pareadas, conforme exemplo central.

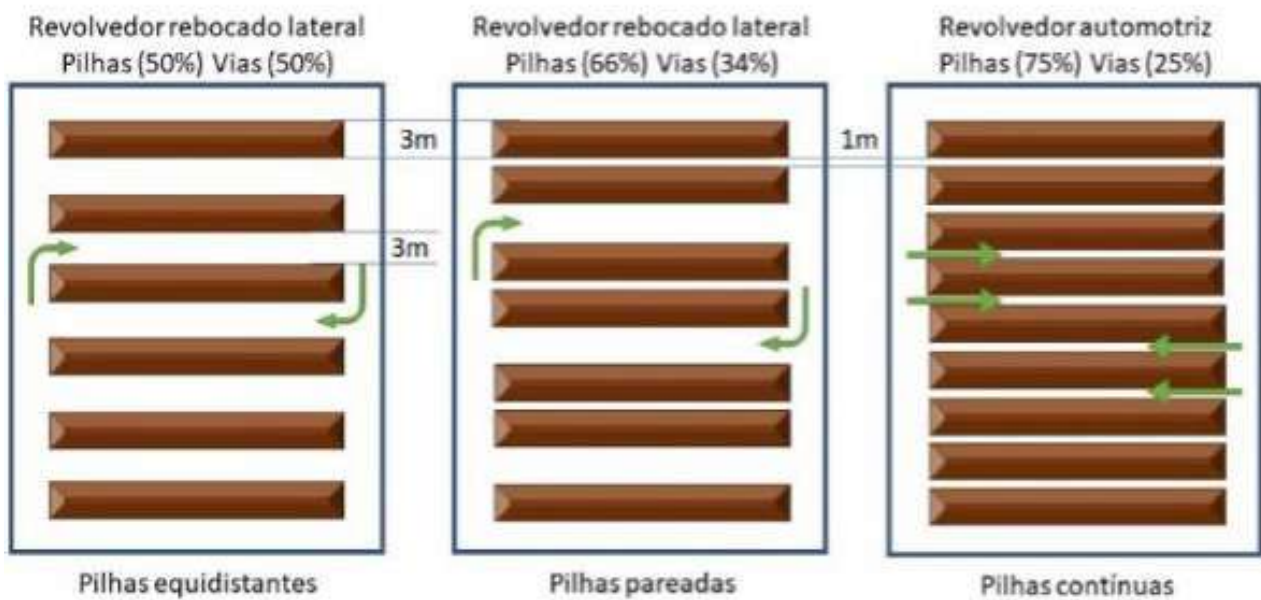


FIGURA 14
TIPOLOGIA DO ALINHAMENTO
DAS PILHAS DE COMPOSTAGEM



FIGURA 15

PILHA DE COMPOSTAGEM ABERTA DURANTE UM EVENTO DE PRECIPITAÇÃO (SERPA, 2019)

A compostagem, dentro da exploração agrícola, não é obrigatoriamente realizada toda no mesmo local, ou sempre no mesmo local, podendo ser distribuída pelos melhores locais, com melhores características, em pequenas áreas de compostagem, uma vez que as pilhas apenas ficam no terreno por tempo limitado e os equipamentos para revolvimento e humedecimento são móveis e podem circular pela exploração.

A localização de cada um destes núcleos de pilhas de compostagem deve respeitar sempre os mais basilares princípios de proteção ambiental, devendo localizar-se num local que não cause qualquer dano ambiental ou patrimonial, importando garantir o afastamento de linhas de água, zonas

de encharcamento, charcos temporários, zonas com maior declive e áreas com ocorrências patrimoniais ou arqueológicas. Deverão ser garantidas as distâncias razoáveis a árvores com valor ambiental ou patrimonial, como azinheiras ou sobreiros, afastando qualquer perturbação da área de projeção da copa no solo.

Estes cuidados de afastamento das árvores estão relacionados essencialmente com a movimentação das máquinas, e não com riscos associados ao processo de compostagem, desde que exista espaço suficiente para os equipamentos trabalharem. Importa salvaguardar as questões da compactação do solo provocada pela passagem dos equipamentos, podendo observar-se uma redução do crescimento de

plantas infestantes em resultado do aumento da temperatura da camada superficial e da libertação de substâncias alelopáticas oriundas dos materiais usados na mistura a compostar.

A compostagem, quando realizada da forma adequada, não liberta escorrências pela base, uma vez que se trata de uma massa quente, cuja humidade se perde essencialmente por evaporação, das zonas mais quentes do interior, para as zonas mais frias à superfície, sendo a circulação de água ascendente. Quando ocorre precipitação observa-se a saturação de uma camada superficial da pilha, com cerca de 20 cm, impedindo que a infiltração progrida, importando garantir a secção triangular da pilha.

Contudo, numa fase inicial, até a mistura iniciar o processo de aquecimento, devem ser tomadas as medidas necessárias para reduzir o escoamento, nomeadamente se for expectável a ocorrência de eventos significativos de precipitação, realizando uma cobertura com palha ou rama moída sobre as pilhas, podendo igualmente ser colocada uma manta impermeável que isole a pilha.

Existem revolvedores capazes de revolver a pilha sem retirar a manta impermeável, sendo estes sistemas pouco comuns no nosso clima



FIGURA 16
PILHA, A SER REVOLVIDA, SEM RETIRAR A COBERTURA
(WWW.GLOBALREPAIR.CA – CANADA)

5.1.1 EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

A tipologia de ações e equipamentos a utilizar numa unidade de compostagem depende da sua dimensão e objetivos, descrevendo-se seguidamente os necessários numa unidade de compostagem média, sem qualquer equipamento existente. Na realidade agrícola e agroindustrial nacional alguns destes equipamentos já existirão nas explorações, não sendo necessária a sua aquisição.

Assim, elencam-se, de forma sintética os principais trabalhos/equipamentos necessários:

- **Preparação do terreno e acessibilidades** – A delimitação dos locais de passagem, reforço de zonas com maior debilidade estrutural, colocação de manilhas de drenagem e colocação de material inerte podem ser necessários.
- **Vedação** – A vedação da área de compostagem pode ser favorável para evitar a entrada de animais que possam prejudicar os trabalhos em curso.
- **Sistema de abastecimento energético** – A existência de energia elétrica na unidade de compostagem é útil para a iluminação, sistema de pesagem e sistema de crivagem.
- **Sistema de pesagem e caracterização** – A pesagem de materiais à entrada e à saída ajuda ao controlo técnico do processo, não sendo, no entanto, fundamental que seja feita numa báscula, podendo em alternativa ser estimada por volume/peso. A caracterização dos materiais pode ser feita por lotes ou tipologias predeterminadas, sendo fundamental ter a humidade e a razão C/N dos materiais a processar.
- **Equipamentos para movimentação de materiais** – A movimentação dos materiais a compostar pode ser realizada com um trator com carregador frontal, uma retroescavadora ou uma máquina telescópica multifunções.
- **Sistema de trituração de materiais orgânicos** – A trituração dos materiais, para incorporação no processo de compostagem pode ser realizada com vários tipos de equipamentos, devendo, no entanto, ser garantido que a granulometria obtida ronda os 10 cm no máximo.
- **Equipamentos para revolvimento das pilhas de compostagem** – O revolvimento das pilhas de compostagem



FIGURA 17
PILHAS DE COMPOSTAGEM COBERTAS
(WWW.MIDWESTBIOSYSTEMS.COM - ILLINOIS ÉUA)

gem deve ser assegurado por um revolvedor rebocável lateral, uma vez que se trata de um equipamento que garante a mistura homogénea dos materiais e realiza este procedimento de uma forma simples, rápida e em pouco espaço.

- **Equipamentos para gestão da humidade e temperatura** – A monitorização da curva térmica é essencial para o controlo do processo e para a obtenção de um composto de elevada qualidade. A gestão de temperatura e humidade pode ser feita com equipamentos manuais, operados junto à pilha ou podem ser colocadas sondas que façam a medição em contínuo e enviem os dados remotamente.
- **Sistema de crivagem e limpeza** – Dependendo da origem dos materiais a compostar podem existir materiais grosseiros que importe retirar do composto, como pedras ou pedaços de madeira de maiores dimensões.

Este processo é mais importante se a aplicação de composto for realizada com equipamentos utilizados para espalhar adubo, os quais não toleram paus ou pedras. A crivagem pode ser realizada com um crivo vibratório ou um crivo cilíndrico rotativo, tipo trommel.

- **Equipamento para produção de pellets de composto** – A produção de composto granulado é uma possibilidade facultativa numa unidade de compostagem. A produção de composto granulado em pellets é, sem dúvida, uma mais-valia em termos de aplicação de composto, uma vez que pode ser aplicado com a generalidade dos equipamentos já existentes nas explorações agrícolas. É necessário que exista uma crivagem prévia.

5.1.2. FUNCIONAMENTO

O funcionamento de uma unidade de compostagem implica um correto planeamento em termos de quantidades de materiais a compostar e proporções relativas entre eles.

O stock de materiais orgânicos deverá ser realizado durante todo o ano, aproveitando as diversas operações agrícolas, pecuárias e agroindustriais, tais como podas, ceifas, enfardação, limpezas de currais, produção de vinho ou azeite, entre outras.

Os materiais de tipologia mais grosseira, como rama de poda, árvores para valorização, estilha ou palha, deverão ser armazenados junto à unidade ou em local adequado para o efeito, previamente triturados no campo para redução dos transportes, acumulando os materiais em pilhas de dimensão média, sobre o solo, garantindo um afastamento razoável entre elas e um aceiro que percorra todo o perímetro de cada pilha. Os materiais podem também ser triturados nesse local, quando se recorra a um triturador de aluguer, devendo esta operação ser realizada fora dos períodos de risco de incêndio.



FIGURA 18

TRITURAÇÃO DE OLIVEIRAS NO CAMPO, NUMA PARCELA EM RECONVERSÃO (BEJA, 2021)





FIGURA 19
RAMA DE AMENDOEIRA TRITURADA NO CAMPO
(REGUENGOS, 2021)

Importa garantir um stock adequado de materiais grosseiros, para que possam ser realizadas pilhas de compostagem quando ocorram materiais com maior sazonalidade que sejam mais difíceis de armazenar, como massas vínicas ou bagaço de azeitona. Contudo, também estes materiais podem ser armazenados, uma vez que nem sempre existe área disponível para colocação de todos os materiais a compostar de uma só vez.

Considera-se que o ideal seja a realização de dois ciclos de compostagem por ano, podendo chegar a três ciclos, quando o funcionamento esteja muito rotinado e controlado.

O armazenamento de massas vínicas e bagaço de azeitona, uma vez que são produtos com elevado teor de humidade, deve ser realizado em áreas planas, sobre solo compactado, com uma altura máxima de 2m, com um murete de terra em toda a envolvente, afastadas de linhas de água, idealmente numa zona elevada e arejada tipo "plateau", para que os materiais possam secar naturalmente e ser usados na compostagem com maior simplicidade.

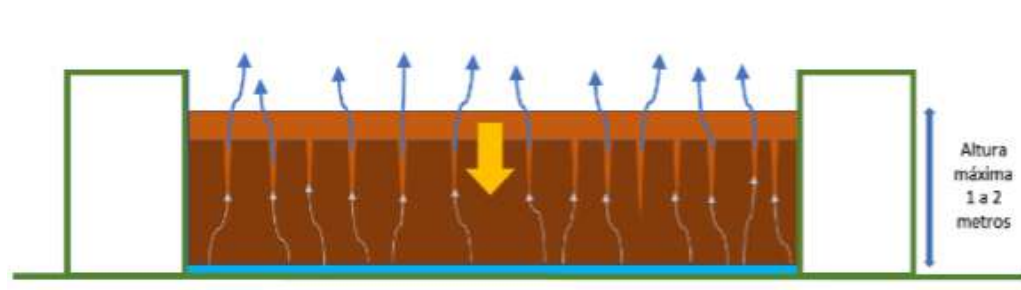


FIGURA 20
ARMAZENAMENTO DE BAGAÇO EM "PLATEAU"



A colocação de materiais pastosos em plataformas de secagem, tipo "plateau", deve ser realizada em volumes parciais, ao longo da campanha, para que possam ir secando de forma independente, favorecendo a sua utilização parcelar logo que atinja a humidade pretendida.

É desaconselhado o armazenamento deste tipo de materiais pastosos, nomeadamente bagaço de azeitona, em charcas ou "covas", uma vez que a água se acumula na zona

inferior, devido à maior densidade, e a gordura se acumula em cima, impedindo que a massa seque convenientemente.

Para além deste aspeto, à medida que a cota superior do material desce, a área livre da superfície vai diminuindo, fechando a massa e impedindo que se abram poros e fendas de evaporação, que são fundamentais para o processo evaporativo de secagem.

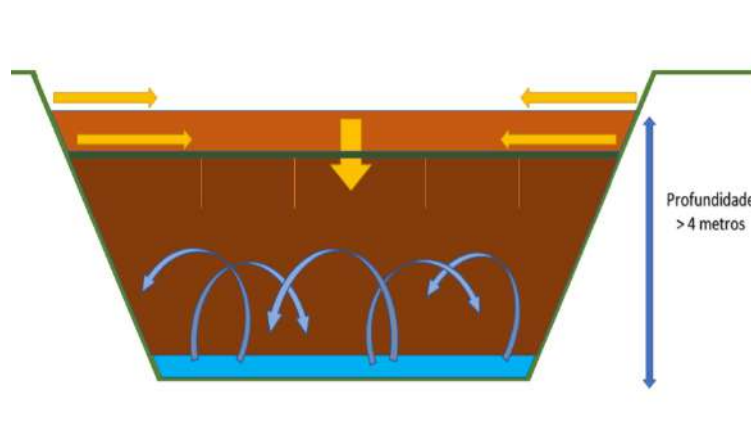


FIGURA 21

ESQUEMA DE ARMAZENAMENTO DE BAGAÇO EM CONCAVIDADES PROFUNDAS TIPO "CHARCA"

A secagem do bagaço de azeitona ao ar, em condições adequadas tipo “plateau”, é rápida, uma vez que se trata de uma substância com alguma gordura remanescente e, como tal, relativamente hidrofóbica, libertando a água

em excesso por evaporação, quer por poros que se abrem na fase inicial de secagem, quer por fendas que se abrem numa fase posterior de exposição ao ar.



FIGURA 22

POROS DE EVAPORAÇÃO NA
SUPERFÍCIE DO BAGAÇO DE AZEITONA
(SERPA, 2019)

FIGURA 23

FENDAS NO BAGAÇO DE AZEITONA
ASSOCIADAS AO PROCESSO
DE SECAGEM (JAEN, 2020)



A secagem do bagaço é um processo muito interessante, observando-se que a maior parte da água se perde por evaporação, ou seja, de forma ascendente, sendo muito reduzida a perda de água de forma descendente.

Mesmo quando se coloca o bagaço de azeitona húmido, com 75% de humidade, diretamente sobre composto seco, a quantidade de água que se infiltra no composto é praticamente nula, e o bagaço perde por evaporação cerca de 15% de humidade em 20 dias, como se ilustra na imagem seguinte.



FIGURA 24

PERFIL DE BAGAÇO HÚMIDO SOBRE COMPOSTO SECO, COM REDUZIDA PENETRAÇÃO DA HUMIDADE DO BAGAÇO PARA O COMPOSTO (SERPA, 2020)

Estas evidências práticas demonstram que o armazenamento temporário de bagaço de azeitona não deverá implicar a impermeabilização com placas de betão armado ou outras impermeabilizações permanentes, devendo estas formas de inutilização do solo ser restringidas ao mínimo, apenas quando, justificada e tecnicamente, for a única opção.

Assim, em termos de funcionamento da compostagem, e após garantir as quantidades e tipologias adequadas para a formação das pilhas, deve ser realizada mistura, numa zona adequada para o efeito, misturando quantidades preestabelecidas de materiais secos e húmidos, para criação de pilhas ao longo do terreno, sobre o solo compactado, deixando as distâncias adequadas para a passagem dos equipamentos de rega e revolvimento.

O controlo das pilhas de compostagem implica o controlo dos dois fatores determinantes no processo, a humidade e o arejamento, podendo ser realizados em simultâneo ou um a seguir ao outro. O revolvimento, responsável pelo arejamento e descompactação da pilha é fundamental para que a curva térmica do processo seja a mais correta possível, ou seja, maximizando a duração dos ciclos e os valores de temperatura, permitindo assim uma evolução mais rápida do material e obtenção de um composto rico em húmus e pobre em aspetos indesejáveis como sementes, maus cheiros e patogénicos.

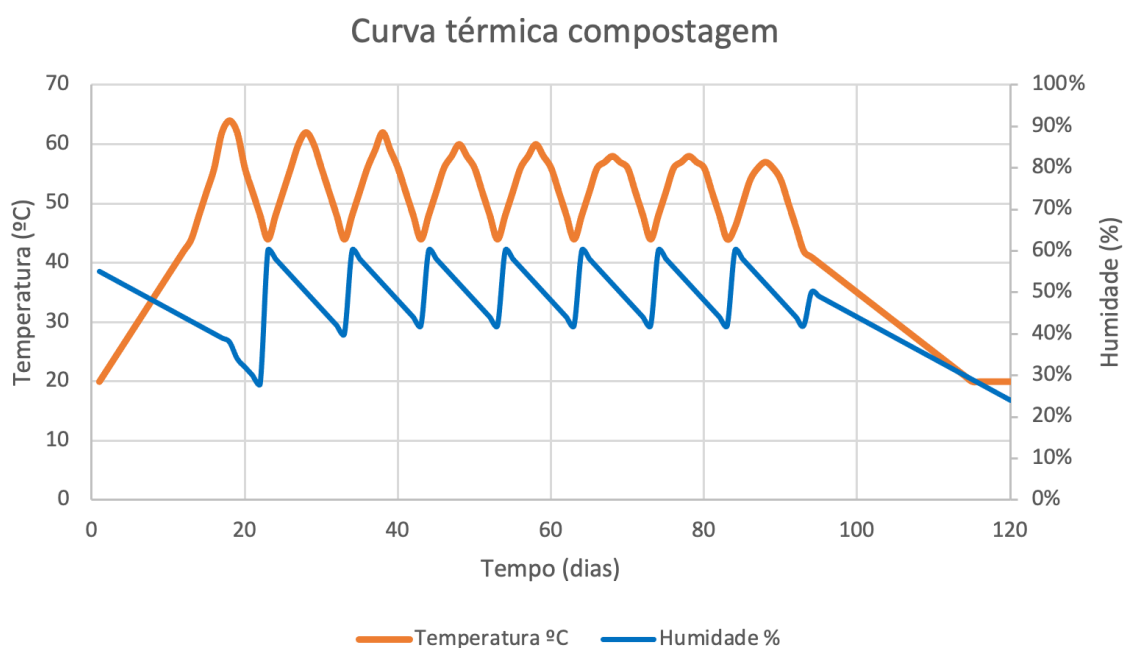


FIGURA 25

CURVA TÉRMICA ESQUEMÁTICA DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM



FIGURA 26

REGA E REVOLVIMENTO DAS PILHAS NA
UNIDADE URSA (SERPA, 2019)

A temperatura da pilha de compostagem, medida no centro da pilha, corresponde ao reator térmico onde ocorrem os processos fundamentais associados à compostagem, pelo que devem ser realizados, pelo menos, quatro revolvimentos da pilha, de forma a aumentar a probabilidade de que todos os materiais passem pelo menos uma vez pelo reator térmico.

A reação térmica da pilha após a incorporação de ar e água (revolvimento e rega) é praticamente imediata, devendo este processo ser repetido quantas vezes forem necessárias até que se obtenha uma reação térmica mínima, o que finaliza o processo de compostagem.

FIGURA 27

REVLVIMENTO
DA PILHA APÓS
A INCLUSÃO
DE BAGAÇO
DE AZEITONA
(MOURÃO, 2020)



FIGURA 28

REVLVIMENTO
DA PILHA DE
COMPOSTAGEM
(MOURÃO, 2020)



FIGURA 29

REVLVIMENTO
E FORMAÇÃO
DA PILHA
COM SEÇÃO
TRIANGULAR
(MOURÃO, 2020)



A duração do ciclo de compostagem pode durar entre 4 e 12 meses, dependendo da velocidade do processo de estabilização que lhe deu origem, findo o qual o composto deverá ser retirado e armazenado noutra local, perto da crivagem, podendo ser acumulado em pilhas com 4 a 5 metros de altura. A zona das pilhas de compostagem fica assim livre para o início de um novo ciclo, com a mesma tipologia de materiais ou outra diferente, dependendo da disponibilidade em cada período.

Não sendo obrigatório, o procedimento de crivagem do material aumenta a sua qualidade, por lhe retirar os elementos grosseiros sem utilidade agronómica, e possibilita a utilização de equipamentos de aplicação mais sensíveis e mais precisos.

A crivagem pode ser realizada por diferentes equipamentos, sendo os cilindros giratórios tipo trommel os mais eficientes. Os crivos horizontais vibratórios também podem ser utilizados sendo, contudo, menos práticos na entrada e saída dos materiais.

Do processo de crivagem do composto resultam materiais grosseiros, separados do produto final, os quais devem ser seleccionados e divididos entre lixo, pedras e materiais orgânicos grosseiros, podendo estes últimos ser recirculados novamente para o processo de compostagem.

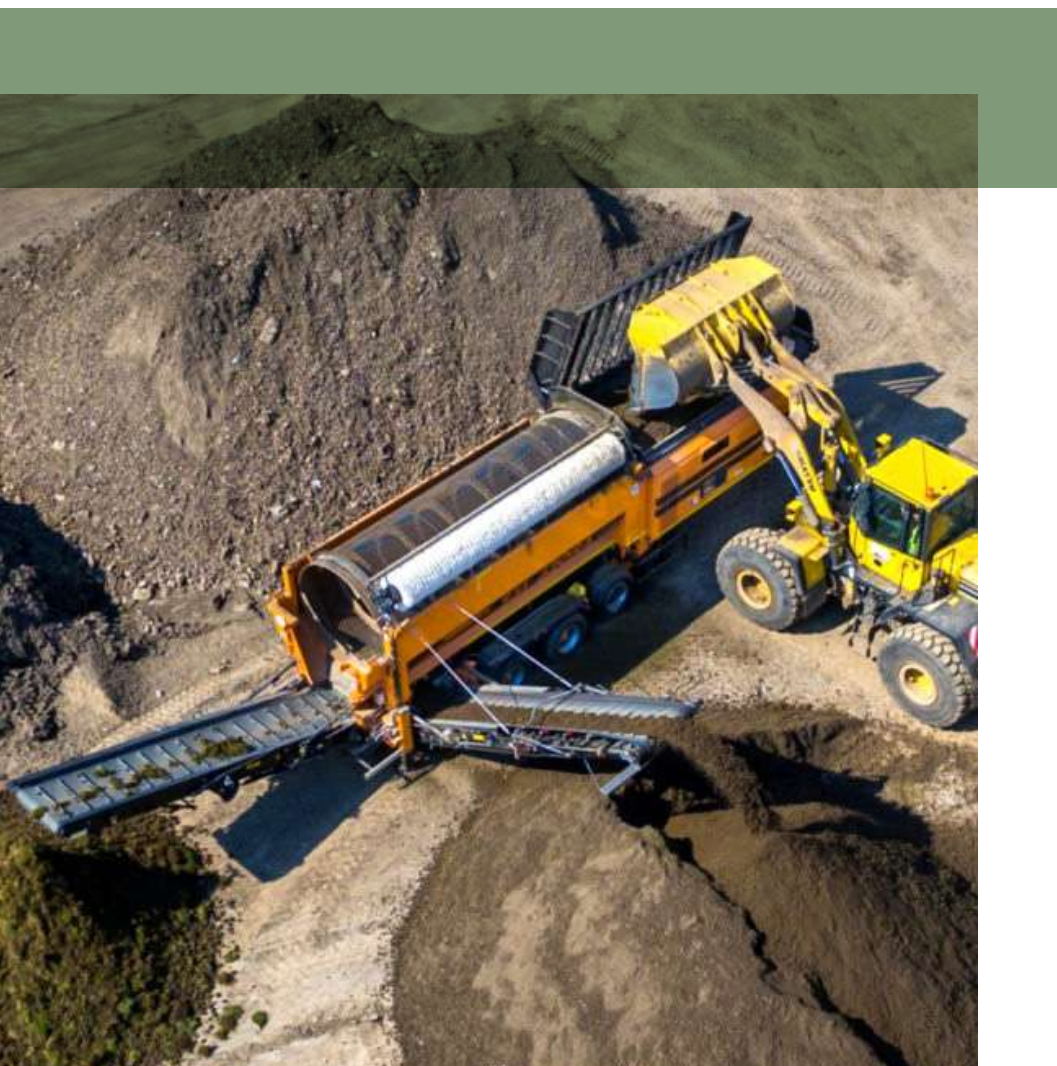


FIGURA 30
SISTEMA DE
CRIVAGEM
CILÍNDRICO
GIRATÓRIO
(TROMMEL)

5.2. MATERIAIS A UTILIZAR NA COMPOSTAGEM

Existe uma enorme diversidade e quantidade de materiais orgânicos de origem agrícola, agroindustrial, florestal e pecuária que podem ser usados no processo de compostagem.

Para que a compostagem ocorra com êxito, é muito importante a correta combinação dos materiais que se vão misturar. Estes, deverão ter características favoráveis ao processo

de oxidação, levado a efeito pelos microrganismos. Um teor apropriado de azoto e carbono favorece o crescimento e a atividade dos microrganismos responsáveis pelo processo de decomposição. O carbono atua como fonte de energia e o azoto é essencial para a síntese proteica e crescimento microbiano. Deste modo, os materiais a usar na compostagem deverão ter características complementares, por exemplo, quando se utiliza um material rico em carbono como é o caso dos bagaços, os materiais a misturar deverão ser ricos em azoto, como por exemplo estrumes ou materiais verdes.

Os fatores determinantes na combinação dos componentes da mistura são:

- Os teores em carbono e em azoto (a mistura deverá apresentar, no início, uma razão carbono/azoto (C/N) entre os valores 25 e 35, sendo 30 o valor considerado ideal);
- O valor da humidade original que na mistura deverá ser entre 40 e 60 %;
- O valor de pH da mistura deve situar-se entre 6,5 e 8,0;
- A granulometria (o tamanho das partículas) deverá ser variável de modo a permitir a presença de ar no interior da pilha.

Na tabela seguinte apresentam-se valores orientadores das características de alguns materiais orgânicos que podem ser utilizados no processo de compostagem.

MATÉRIA-PRIMA	% H	% C	% N	Razão C/N	Massa Volúmica ^{AP} (Kg/L)
Bagaço azeitona húmido ^a	65,3	50,9	0,9	56,5	0,9
Bagaço azeitona seco sem extração ^a	14,9	50,1	0,95	52,7	
Bagaço azeitona seco e extratado ^a	11,3	50,4	1,02	49,4	0,8
Lenha de poda de olival, triturada ^c	54,3	46,0	1,2	38,3	0,5
Folhas da limpeza da azeitona ^{b,d}	27-40	47-51	1,4-1,8	26-36	0,3
Engaço de uva ^e	31,0	42,6	1,4	30,4	0,5
Capota de amêndoa ^f	13,2	53,9	0,81	66,5	
Palha de cereais ^g	12,0	56,0	0,7	80,0	0,1
Estrume de vaca ^h	79	48,3	2,52	19,2	
Estrume de galinha ^h	50	38,3	5,4	7,1	
Estrume de ovelha ^h	73	43,0	3,0	14,3	
Estrume de porco ^h	73	8,6	2,9	3,0	

Fonte: a – Romero, A.S. 2001; b – GO Tecolive PDR2020-031764; c – Molina, 1996; d - Martinez et al, 2004; e – Diaz, 1999; f - DePeters et al., 2020; g – Navarro et al. 1995; h - Despacho n.º 1230/2018

TABELA 3

MATÉRIAS-PRIMAS - % DE C E N
EM RELAÇÃO À MATÉRIA SECA (MS)

Deve atender-se que os valores indicados na tabela 1 são valores médios, pelo que, para uma mais rigorosa execução, se devem analisar em laboratório os componentes em relação aos parâmetros citados.

O cálculo da mistura correta a efetuar, de modo a atingir os objetivos de humidade e razão C/N deverá, portanto, atender às características das matérias-primas. Para o efeito,

existem folhas de cálculo tipo Excel da Microsoft, descarregados gratuitamente através da internet, (como por exemplo CompostCalculator.xlsx (live.com) que possibilitam, a partir da introdução dos dados dos materiais existentes, obter automaticamente a proporção de cada um para obtenção da mistura adequada (Tabela 2).



INGREDIENTES	% HUMIDADE	% CARBONO	% AZOTO	MASSA (kg)	% MASSA
Folhada	35,0	50,0	1,5	3000,00	25
Bagaço 2 Fases	65,0	51,0	0,9	6000,00	50
Estrume Ovino	60,0	43,0	3,0	3000,00	25
Água	100,0			1300,00	
Cálculo da humidade da mistura:				60,5	
Cálculo da C/N da mistura:				30,4	

TABELA 4

EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DA FOLHA DE CÁLCULO DA UNIVERSIDADE DE CORNELL

Para calcular o valor da C/N da mistura pode ser usada a seguinte fórmula, que é a base utilizada pela referida folha de cálculo:

$$C/N = \frac{Q1 [C1 (100-H1)] + Q2 [C2 (100-H2)] + \dots}{Q1 [N1 (100-H1)] + Q2 [N2 (100-H2)] + \dots}$$

Sendo Q1, Q2, ... a quantidade de material fresco de cada matéria-prima a adicionar, C e N os teores em carbono e azoto expressos em % na matéria seca e H a % de humidade desses materiais.

O bagaço de azeitona, principalmente o de duas fases, apresenta alto teor de humidade e reduzido tamanho das partículas, o que o torna num material pouco poroso, plástico e suscetível de compactação. Assim sendo, este subproduto deve ser misturado com outros materiais orgânicos que:

- Absorvam a humidade em excesso, de modo a permitir formar a pilha e a torná-la mais manejável (ex. folhas, palhas, capota de amêndoa, composto de ano anterior);
- Tenham maior dimensão para permitir o arejamento (ex. restos de poda triturada ou raminhos da limpeza da azeitona);
- Forneçam azoto, a fim de diminuir a razão C/N (ex. estrumes ou restos de hortícolas).

FIGURA 31

CAPOTA DE
AMÊNDOA E FOLHAS
DE OLIVEIRA, COM
ALGUMA RAMA FINA
(ALENTEJO, 2020)



FIGURA 32

FOLHAS DE OLIVEIRA,
ARMAZENADAS PARA
COMPOSTAGEM
(BEJA, 2021)



FIGURA 33

ENGAÇOS E MASSAS
VÍNICAS APÓS
PROCESSO VINÍCOLA
(REGUENGOS, 2020)





FIGURA 34

ALGAS PROVENIENTES
DA LIMPEZA DE CANAIS
E RESERVATÓRIOS DE
ÁGUA (SERPA, 2020)



FIGURA 35

BAGAÇO DE AZEITONA
APÓS "REPASSO" DE
3 FASES, COM 55% DE
HUMIDADE (JAEN, 2020)



FIGURA 36

PALHA DE ALHO
(BEJA, 2019)

5.3 CONSTRUÇÃO DA PILHA

As pilhas, de secção trapezoidal, devem ter uma altura entre 1,5m e 2,0m e uma largura de base de 3-4m, dependendo da maquinaria a utilizar no revolvimento e no sistema utilizado para o arejamento. A orientação Norte-Sul pode ser favorável para que as pilhas recebam igual quantidade de radiação solar em ambos os lados, devendo ser compatibilizado o seu alinhamento com a inclinação do terreno e a exposição aos ventos dominantes.

Quando se constroem as pilhas, os diferentes materiais devem ser dispostos por camadas, importando garantir que na base fiquem os que menos se dispersam e que consigam absorver a humidade em excesso dos materiais colocado em cima (ex. folhas e raminhos ou palha).

Quando se usam materiais pastosos pode ser realizada uma mistura prévia com materiais mais secos, como folhas, por exemplo, até atingir cerca de 60% de humidade, para facilitar a criação da pilha e evitar que se derramem para fora da pilha.

Uma vez construídas as pilhas, é conveniente realizar o seu volteio de modo a promover a mistura dos materiais constituintes e regar de modo a obter o teor de humidade adequado ao início da actividade microbológica (50-60%).

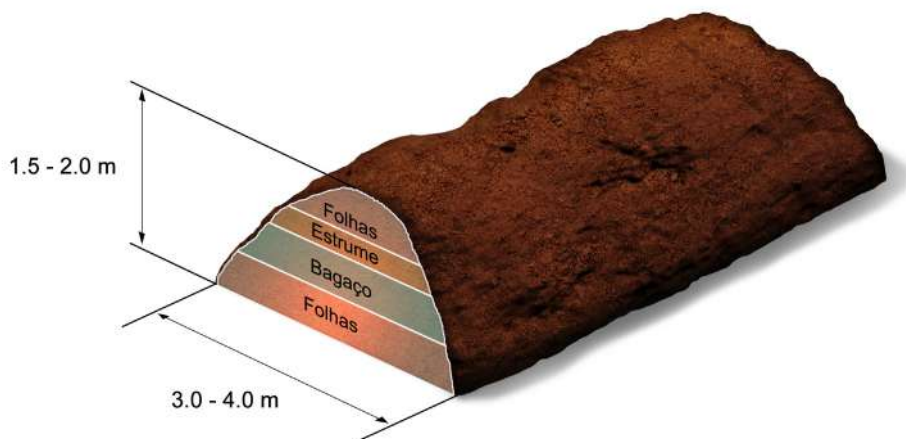


FIGURA 37

ESQUEMA DA CONSTITUIÇÃO DE UMA PILHA DE COMPOSTAGEM EM CAMADAS



FIGURA 38
INCORPORAÇÃO DE
MATERIAIS SECOS
NUMA PILHA EM
CAMADAS
(MONFORTE, 2021)



FIGURA 39
COLOCAÇÃO DE
MATERIAIS HÚMIDOS
NUMA PILHA DE
COMPOSTAGEM
(MONFORTE, 2021)



FIGURA 40
PILHA EM CAMADAS,
COM ALGAS E
FOLHAS, ANTES DO
REVOLVIMENTO
(SERPA, 2021)



FIGURA 41
ASPETO FINAL DE UMA
PILHA EM CAMADAS
(MONFORTE, 2021)

A incorporação direta de um material pastoso (bagaço de azeitona, por exemplo) dentro da pilha de compostagem, reduz o número de operações necessárias, como se ilustra na imagem seguinte. Nestes casos, deve ser aberto um sulco no meio da pilha que acomode o material pastoso até ser realizado o revolvimento e homogeneização da pilha com um revolvedor profissional, desaconselhando-se, nestas situações, o revolvimento com pá frontal.

5.4. FASES DO PROCESSO

Como já foi referido, a técnica da compostagem consiste na decomposição controlada, por via aeróbia, de materiais orgânicos. Esta técnica assenta, fundamentalmente, no empilhamento dos diferentes materiais orgânicos para permitir, deste modo, o aumento da temperatura e a conservação do calor no interior da massa da mistura, com o duplo objetivo de:

- Facultar as condições para a ação dos microrganismos mesófilos, cujos níveis ótimos de desenvolvimento ocorrem a temperaturas entre os 15° C e os 45° C, e dos termófilos, que atuam a temperaturas entre os 45° C e os 60° C, uma vez que se observou serem os mais eficientes na decomposição da matéria orgânica;
- Criar condições para a inativação de sementes de infestantes e dos microrganismos patogénicos e parasitas, que são sensíveis ao aumento das temperaturas e perdem em competição com a flora indígena.

No processo de compostagem, os microrganismos degradam a matéria orgânica e produzem dióxido de carbono, vapor de água, calor e húmus, um produto orgânico relativamente estável.

Durante o processo podem identificar-se diferentes fases, em cada uma das quais se vão degradando os materiais presentes na mistura, consoante as suas características e os mi-



croorganismos em presença. (Fig. 2). Em condições ótimas, o processo de compostagem decorre através das seguintes fases:

Fase Mesófila: Fase inicial do processo realizada por microrganismos mesófilos (bactérias e fungos), em que rapidamente a temperatura (cerca de 2 dias) sobe até aos 40-45°C, pela degradação exotérmica dos componentes solúveis e rapidamente degradáveis, como os açúcares e os aminoácidos. Nesta etapa é frequente dar-se uma descida dos valores de pH devido à produção de compostos de natureza ácida.

Fase Termófila: A temperatura no interior da pilha atinge valores acima dos 45°C. Degradam-se as proteínas, gorduras, celuloses e hemiceluloses, assim como parte da lenhina e dos compostos fenólicos, por ação de bactérias termo-

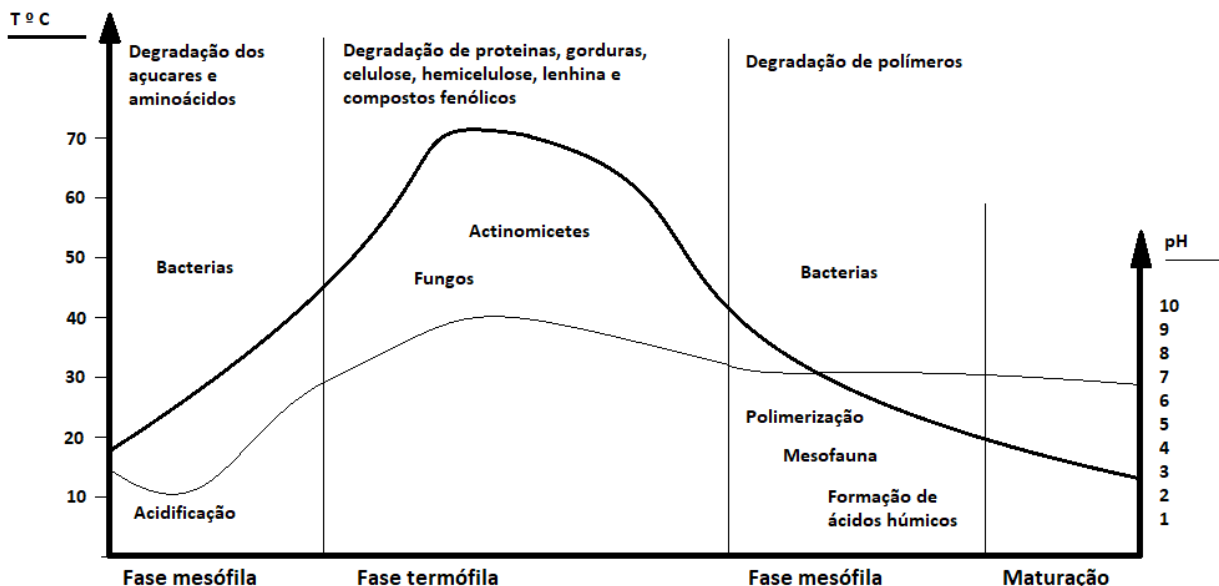


fílicas, actinomicetas e fungos tolerantes a altas temperaturas. Esta fase pode durar várias semanas provocando a destruição de agentes patogénicos (bactérias, fungos e nematodes), bem como de larvas de insetos e sementes de infestantes. Ocorre normalmente um aumento do valor do pH da pilha.

Fase de arrefecimento e Maturação: Fase final, mais ou menos longa, em que a temperatura decresce gradualmente, à medida que as reservas de carbono se extinguem, atingindo valores próximos dos da temperatura ambiente. Na humificação do composto atuam novamente as populações microbianas mesófilas, que continuam a degradar, a um ritmo mais lento, polímeros complexos muito resistentes à degradação, levando à obtenção de um produto estável e humificado. Há um aumento da atividade das actinobactérias, fundamental na humificação da matéria orgânica e no desenvolvimento do aroma a “terra molhada”.

FIGURA 42
COLOCAÇÃO DE BAGAÇO DE AZEITONA NA PILHA DE COMPOSTAGEM (MOURÃO, 2020)

FIGURA 43
FASES DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM



5.5. CONTROLO DO PROCESSO

A compostagem ocorre mais rapidamente quando são estabelecidas e mantidas as condições benéficas ao bom desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica. Assim, é essencial realizar o controlo e a otimização de alguns fatores que afetam o processo, destacando-se os seguintes:

- **Razão Carbono/Azoto**

Durante o processo de compostagem, verifica-se uma redução progressiva da razão C/N, até se atingir um valor estável no produto final, desejavelmente entre 10 e 20. Um processo de compostagem conduzido corretamente deve resultar na conservação de azoto e na transformação de carbono em CO₂ e substâncias húmicas.

- **Arejamento/revolvimento**

O arejamento das pilhas é necessário para que o processo de compostagem se dê em condições aeróbias e se verifique a necessária oxidação de algumas moléculas orgânicas. Se faltar oxigénio, os microrganismos aeróbios são substituídos por anaeróbios e o processo atrasa-se produzindo-se maus odores.

O arejamento adequado pode ser conseguido por ventilação forçada ou por um processo mais económico, do ponto de vista energético, o volteio periódico da mistura. Este processo deverá ser realizado uma vez por semana durante as 3 a 4 primeiras semanas, passando depois a ser realizado quinzenalmente, dependendo das condições climáticas, da humidade, temperatura e do aspeto do material em compostagem.

- **Temperatura**

A temperatura da pilha deve ser medida periodicamente (uma vez por semana nos primeiros três meses e, depois,

FIGURA 44

REVOLVIMENTO DA PILHA DE COMPOSTAGEM (MOURÃO, 2020)





de 15 em 15 dias) a fim de verificar se a sua evolução é a adequada. Essa medição deve ser feita em vários pontos da pilha (10 a 14 pontos) com recurso a um termómetro com sonda (50-100cm).

Se a temperatura desce abaixo dos 30-40°C e o composto ainda não estiver maduro, deverá ser realizado um volteio para que esta volte a subir o mesmo se verificando quando a temperatura sobe demasiado (>70°C). É conveniente realizar o registo dos valores obtidos das temperaturas, de forma a visualizar a sua evolução ao longo do tempo.

- **Humidade**

O composto não pode estar nem muito seco nem muito húmido. Se tiver humidade em excesso (> 60%), dá lugar a condições anaeróbias, inibindo a ação dos microrganismos aeróbios e produzindo maus odores, perda de azoto e uma diminuição da velocidade do processo. Se o teor de humidade descer abaixo dos 40%, a pilha fica demasiado seca para a atividade microbiana.

Uma vez que a temperatura atingida é elevada, é normal que ocorra evaporação de água e, como resultado, pode ser necessário humedecer a pilha com frequência, o que pode ser realizado com águas de lavagem ou de escorrência, devendo privilegiar-se a recirculação.

Para se saber se o composto tem a humidade adequada, pode-se fazer um teste simples: O teste da esponja que consiste em pegar numa mão cheia de composto (retirado do interior da pilha) e apertar. Este não deve escorrer (excesso de humidade), mas deve deixar a mão húmida.

O aumento da humidade de uma pilha de compostagem também pode ser realizado de forma automática, com um sistema de rega por aspersão ou gota-a-gota, sendo os sistemas de aspersão menos adequados, porque geralmente molham desnecessariamente as vias de circulação, provocando a degradação destas. Os sistemas de gota-a-gota são interessantes, porque a água é inserida na pilha de forma lenta no topo da pilha, de onde resulta uma penetração eficiente de água no interior da pilha, devendo ser revolvida em seguida, para homogeneizar a humidade em toda a massa.



FIGURA 45
MEDIÇÃO DA TEMPERATURA
DA PILHA DE COMPOSTAGEM,
COM RECURSO A UM
TERMO-HIGRÓMETRO
COM SONDA (MONFORTE, 2021)



FIGURA 46

REGA MANUAL DA PILHA DE COMPOSTAGEM
(MONFORTE, 2021)

- **pH**

Valores de pH entre 6,5 e 8,0 são, em geral, os adequados para o arranque do processo de compostagem. No início, devido à formação de ácidos, ocorre uma descida nos valores de pH e depois volta gradualmente a subir, estabilizando no fim em valores geralmente entre 6,5 e 7,5, mas dependendo das matérias-primas constituintes.

Caso se verifique uma descida para valores abaixo de 4,5 tal é, normalmente, indicativo de escassez de oxigénio e, nesses casos, deverá revolver-se a pilha para que o pH volte a subir. No entanto, o controlo do pH em valores ótimos é difícil.

5.6 DURAÇÃO

A duração do processo de compostagem é variável, dependendo principalmente das características das matérias-primas utilizadas na mistura com o bagaço, do sistema utilizado, das ações de manutenção realizadas no processo e, ainda, do volume da pilha. A adição de materiais estruturantes, como as folhas e raminhos da limpeza da azeitona, aumenta a porosidade do composto e, por conseguinte, a disponibilização de oxigénio que otimiza a atividade microbiana, acelerando o processo. Se for adicionado um material resistente à biodegradação, rico em celulose e sílica, como a palha de arroz, o processo de compostagem poderá demorar mais tempo. A adição de estrumes ricos em azoto ou composto do ano anterior, que funciona como inóculo, vai acelerar o processo. Também o processo será mais lento, em igualdade de circunstâncias, no caso do recurso

a uma pilha passiva e mais rápido se houver recurso a ventilação forçada ou revolvimentos frequentes. Assim, a compostagem com incorporação de bagaço de azeitona poderá durar entre 24 a 48 semanas.

Para determinar se o processo de compostagem chegou ao fim, verifica-se se a temperatura no interior da pilha se mantém constante e próxima da temperatura ambiente, mesmo quando se realiza o revolvimento. A aparência do material também dá indicação se o processo terminou, revelando-se pela apresentação de cor mais escura, não se identificando os materiais de partida e apresentando odor a terra molhada.

A avaliação pode e deve ser confirmada em laboratório através da determinação da razão C/N, taxa de humificação e do grau de maturação.

Ao longo do processo de compostagem, nas partes mais frias da pilha, ou na fase final de maturação do composto, quando a pilha já não apresenta temperatura significativa, podem ser observadas minhocas dentro do composto. Este processo, conhecido como vermicompostagem, resulta num acréscimo significativo de qualidade do material, uma vez que estes organismos digerem os materiais orgânicos transformando-os em húmus, um material mais fino, mais rico e mais rapidamente utilizável pelas culturas agrícolas.

5.7. PROBLEMAS, CAUSAS E SOLUÇÕES

A maioria dos materiais orgânicos evolui na direção de um material escuro semelhante a composto, mesmo que não seja sujeita a um processo de compostagem, devidamente realizado e controlado. Esta é uma das problemáticas que importa resolver, transmitindo aos interessados que um composto realizado da forma correta, com a curva térmica adequada, apresenta um conjunto de garantias, não asseguradas de outra forma.

Os requisitos necessários para que ocorra a inibição de agentes patogénicos e de sementes de ervas infestantes são variados, mas a EPA (Agência de Proteção Ambiental dos EUA) definiu que um período de 4 dias com tempe-



FIGURA 47

MINHOCAS DENTRO DA
PILHA DE COMPOSTO
(VERMICOMPOSTAGEM)
(SERPA, 2020)

ratura superior a 40°C e desses, pelo menos 5 horas com temperatura superior a 55°C, são suficientes. Ensaio científico com lamas de depuração, realizado por Gotass H. B., demonstraram que são necessárias temperaturas de 66°C durante 20 minutos para destruição de microrganismos patogénicos muito resistentes, como o *Mycobacterium tuberculosis*.

Referências recentes (Stofella, P. J., Pahn B. A., 2004) indicam que "com a subida das temperaturas durante o processo de compostagem, os microrganismos patogénicos vão morrendo, à medida que atingem o seu limite térmico letal, resumido na tabela seguinte, existindo uma relação entre a temperatura alcançada e o tempo de exposição, para que ocorra a morte dos agentes patogénicos. A maioria dos vírus morre em 25 minutos a 70°C.

ORGANISMO	55°C	60°C
<i>Salmonella typhosa</i>	30 minutos	20 minutos
<i>Salmonella sp.</i>	60 minutos	20 minutos
<i>Shigella sp.</i>	60 minutos	
<i>Escherichia coli</i>	60 minutos	20 minutos
<i>Streptococcus pyogenes</i>	10 minutos	
<i>Mycobacterium diptheriae</i>	45 minutos	
<i>Brucelius abortus, Brucelius suis</i>	60 minutos	3 minutos
<i>Entamoeba histolytica</i>	1 segundo	
<i>Trichinella spiralis</i>		1 segundo
<i>Necator</i>	50 minutos	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	60 minutos	

Dados: Buford, 1974; Finstein e Morris, 1974; Gotass, 1956; Haug, 1993 e Polpraser, 1989

TABELA 5

LIMITES TÉRMICOS LETAIS PARA ALGUNS AGENTES PATOGÉNICOS
E PARASITAS COMUNS

Assim, com base no referido anteriormente, a maioria dos problemas com a compostagem ou o seu produto (composto ou outro material orgânico) estão associados a uma curva térmica incorreta ou insipiente, o que pode estar associado a uma razão C/N fora do intervalo adequado, um teor de humidade desequilibrado, ou um grau de arejamento heterogéneo, insuficiente ou excessivo.

Observar o metabolismo da pilha de compostagem é uma etapa fundamental para detetar e antecipar possíveis problemas, existindo dois grupos principais ocorrências:

- Se a pilha emitir maus odores e se apresentar demasiado húmida, é necessário aumentar o revolvimento e a oxigenação, adicionar materiais com razão C/N alta e eventualmente cobrir a pilha temporariamente com palha;

- Se a pilha se apresentar pouco ativa ou fria, é necessário aumentar a quantidade de materiais com razão C/N baixa e incrementar o teor de humidade, acompanhando com revolvimentos periódicos.

Importa recordar que o centro da pilha de compostagem é o reator do processo, local onde as temperaturas mais altas ocorrem, arrefecendo em direção à superfície, pelo que é fundamental garantir que todos os materiais passam pelo centro da pilha. Assim, o tipo de revolvimento também pode ser uma fragilidade do processo, uma vez que se não for realizado com o equipamento adequado, podem existir materiais que nunca foram sujeitos a temperaturas elevadas associadas à correta compostagem e, como tal, cuja estabilização não ocorreu.

Quando o material resultante da compostagem, já após o processo ter sido finalizado, aumenta significativamente de temperatura quando molhado, por exemplo, uma pilha de composto no exterior depois de um evento de precipitação, significa que a curva térmica não se completou e o material não ficou devida ou totalmente estabilizado.

No caso da compostagem de materiais orgânicos onde se inclua o bagaço de azeitona é fundamental assegurar uma curva térmica adequada, o mais longa e alta possível, uma vez que a libertação e destruição dos polifenóis durante o processo deverá ser completa ou, pelo menos, inferior a 0,8% da composição total, em resultado da sua fitotoxicidade, ou seja, toxicidade para as culturas agrícolas, sendo esta percentagem inversamente proporcional à temperatura e duração do processo de compostagem.

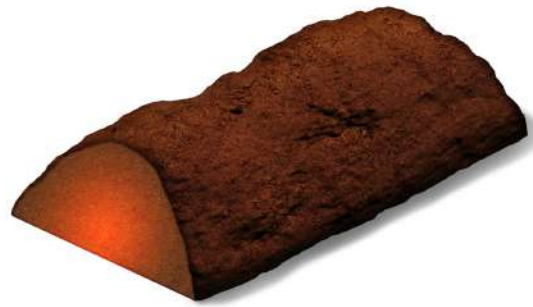


FIGURA 48

CORTE DA PILHA DE COMPOSTAGEM
ILUSTRANDO A ZONA MAIS QUENTE





CARACTERÍSTICAS
DE UM CO

A blue tractor is shown in a field, working with a large pile of dark, rich soil. The tractor is positioned in the upper right quadrant of the frame. The background shows a line of trees under a clear sky. A white rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the text 'TICAS FINAIS' and 'OMPOSTO' in white, bold, sans-serif capital letters.

TICAS FINAIS
OMPOSTO



CARACTERÍSTICAS FINAIS DE UM COMPOSTO

A qualidade do produto final dependerá das características das matérias orgânicas utilizadas e da evolução e condução do processo de compostagem. Deverá obter-se um produto higienizado, homogêneo, isento de fitotoxicidade, bem maturado e de aspeto físico bastante diferente do aspeto inicial dos materiais que lhe deram origem pois, além da cor mais escura e da ausência de odor desagradável, apresentará uma consistência friável, sendo constituído por partículas finas e soltas, o que irá permitir diminuir os custos de transporte e facilitar a operação de aplicação ao solo.

Recomenda-se que seja realizada uma análise ao produto final de modo a comprovar a sua qualidade e o seu estado de maturação. Estudos diversos comprovam que, no decorrer do processo de compostagem do bagaço de duas fases com outros



subprodutos (folhas de oliveira, engaço de uva e estrume de bovinos), os teores de gordura e de fenóis solúveis em água diminuem, o que leva a uma progressiva diminuição da fitotoxicidade daquele subproduto, obtendo-se, no final, um composto orgânico com um grau de maturação e estabilidade adequados e uma razão C/N entre 10 e 20.

Em Portugal, as especificações que um composto deverá obedecer para que possa ser colocado no mercado são apresentadas no Decreto-Lei n.º 103/2015, de 15 de junho, que estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes.

Segundo o Anexo II deste diploma legal, o produto final da compostagem (composto) deverá obedecer aos seguintes requisitos:

- Teor de matéria orgânica (reportado à matéria seca): superior a 30%;
- Teor de humidade: inferior a 40%;

- pH: entre 5,5 e 9,0;
- Granulometria: 99% deverá passar por um crivo de malha de 25 mm;
- *Salmonella spp.*: ausente numa amostra de 25g;
- *Escherichia coli*: <1000(NMP/g);
- Sementes e propágulos de infestantes: <3 unidades ativas por litro;
- Pedras de diâmetro superior a 5mm: <5,0%;
- Materiais inertes antropogénicos: entre 0,5 e 3,0% conforme a classe de qualidade.

Para que possam ser comercializados, os produtos resultantes da compostagem devem ainda cumprir os limites impostos relativamente aos teores em metais pesados. Neste diploma são ainda apresentadas as restrições de uso tendo em conta as classes de qualidade definidas.



ARMAZEN

NAMENTO





ARMAZENAMENTO

O armazenamento de composto é uma parte importante do processo de compostagem, uma vez que determinará a sua qualidade numa fase posterior de aplicação.

O composto deverá ser armazenado em local coberto ou tapado com uma tela plástica, para evitar que absorva humidade, nomeadamente durante períodos de precipitação, o que dificultará a sua aplicação e lhe reduzirá a qualidade em termos de composição.

A cobertura do composto, quando ficar ao ar livre, é também importante porque facilmente germinarão ervas na sua superfície, trazidas pelo vento, as quais, caso cresçam, podem produzir sementes que ficarão depositadas no composto, transportando depois essas sementes para os locais de aplicação, o que pode ser desfavorável.



FIGURA 49

EXEMPLO DE MATERIAIS COBERTO COM TELA PLÁSTICA

(BEJA, 2020)

An aerial photograph of a lush green field, possibly a vineyard or agricultural land, with several trees scattered throughout. A white rectangular box is overlaid on the right side of the image, containing the text 'APLICA COMPOSTO' in white, uppercase, sans-serif font.

APLICA
COMPOSTO

An aerial photograph of a tractor plowing a field, with a white rectangular box overlaid on the left side containing text. The tractor is moving from the foreground towards the background, leaving a dark furrow in the soil. The field is divided into rows, and the overall scene is captured from a high angle.

ÇÃO DE
O NO SOLO



APLICAÇÃO DE COMPOSTO NO SOLO

O composto orgânico pode ter vários usos nas atividades agrícola e florestal, ajudando no combate à erosão e na recuperação de solos degradados ou atuando como corretivo orgânico, influenciando favoravelmente as componentes da fertilidade física, química e biótica do solo. Numerosas propriedades do solo dependem da matéria orgânica, nomeadamente a retenção e o movimento da água, a adsorção e troca de catiões, a capacidade para o fornecimento de nutrientes às plantas, a estabilidade da agregação, e a intensidade da atividade biológica.



A aplicação de composto no solo deve ser realizada durante a primavera ou outono, em períodos que não se preveja precipitação intensa, e o composto deve ser parcial ou totalmente incorporado no solo através de mobilização superficial, para evitar que perca riqueza por oxidação e volatilização.

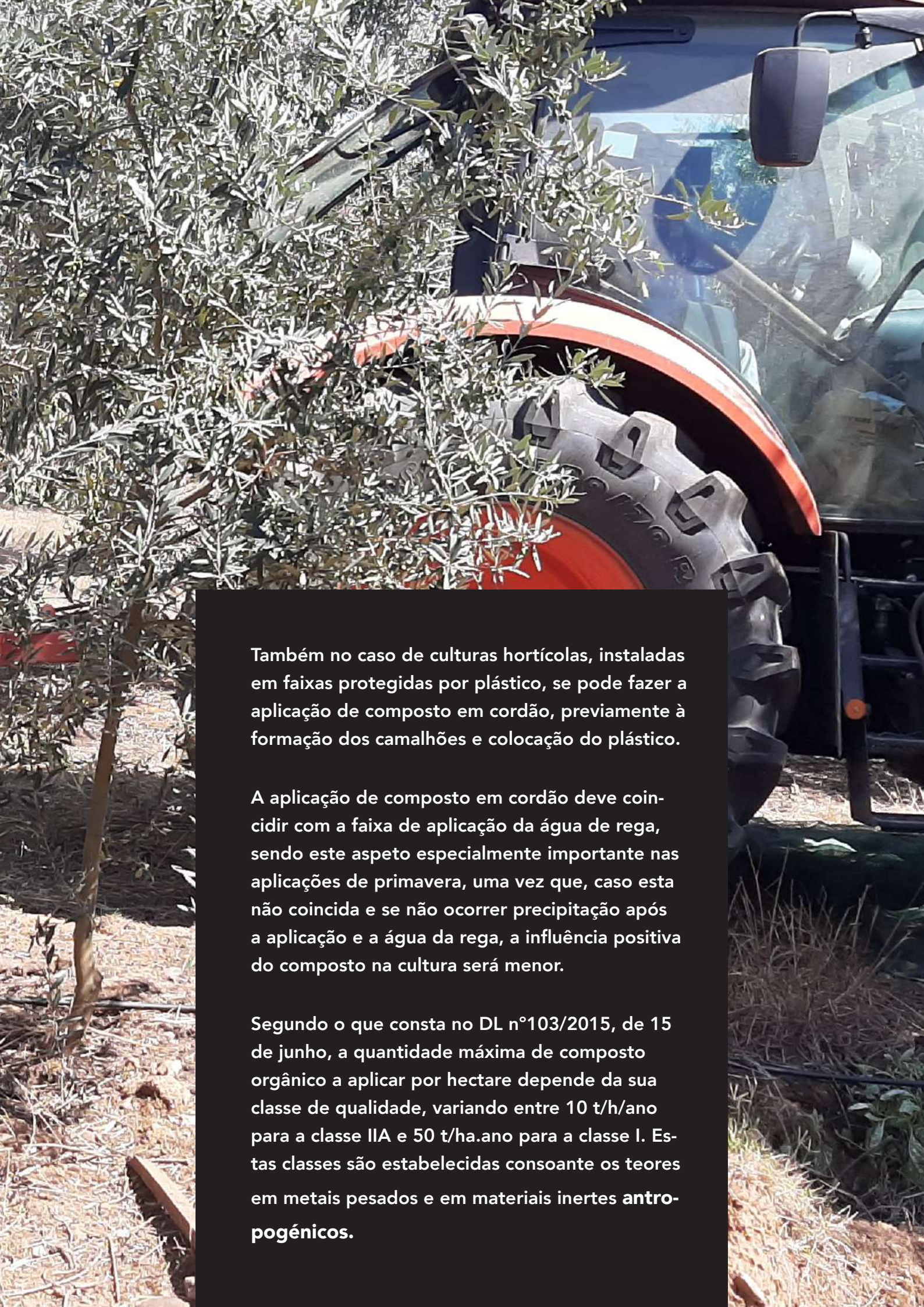
Em termos de quantidade, no caso mais restritivo do modo de produção biológica, a fertilização anual não pode exceder 170 kg de azoto por hectare de superfície agrícola utilizada (SAU). Assim, tendo em consideração que o composto pode ter uma percentagem de azoto entre 0,5% e os 3%, poder-se-ia aplicar no solo entre 34 e 5,6 toneladas por hectare. Contudo, cada cultura tem necessidades específicas que deverão ser tidas em conta e a tipologia de aplicação também interfere na quantidade total aplicada.

A aplicação de composto na fase de instalação de uma cultura permanente deve rondar cerca de 1% do peso do solo mobilizado, o que, no caso de uma mobilização integral a 30 cm de profundidade, resulta numa quantidade aproximada de 40 toneladas por hectare.

No caso de culturas permanentes, como o olival, amendal ou nogueiral já instalados, a aplicação de composto pode ser localizada junto às árvores, com uma quantidade aproximada de 25 a 50kg por árvore, com um distribuidor que deixe um cordão junto à copa, tendo a vantagem de não promover o crescimento de infestantes na entrelinha. O cordão de composto poderá ser incorporado através de uma ligeira mobilização superficial.



FIGURA 50
APLICAÇÃO DE COMPOSTO EM CORDÃO NO OLIVAL
(MONFORTE, 2020)



Também no caso de culturas hortícolas, instaladas em faixas protegidas por plástico, se pode fazer a aplicação de composto em cordão, previamente à formação dos camalhões e colocação do plástico.

A aplicação de composto em cordão deve coincidir com a faixa de aplicação da água de rega, sendo este aspeto especialmente importante nas aplicações de primavera, uma vez que, caso esta não coincida e se não ocorrer precipitação após a aplicação e a água da rega, a influência positiva do composto na cultura será menor.

Segundo o que consta no DL n°103/2015, de 15 de junho, a quantidade máxima de composto orgânico a aplicar por hectare depende da sua classe de qualidade, variando entre 10 t/h/ano para a classe IIA e 50 t/ha.ano para a classe I. Estas classes são estabelecidas consoante os teores em metais pesados e em materiais inertes antropogénicos.



Se a aplicação for generalizada a toda a superfície do terreno, podem aplicar-se entre 5 e 10 toneladas por hectare, todos os anos, estimando-se um aumento de 1% de matéria orgânica no solo no prazo de 10 anos. Esta quantidade é indicativa e abrange culturas permanentes e anuais, mas também culturas em sebe, como olival e vinha, devendo ser sempre seguida de uma mobilização superficial para ajudar a incorporação e evitar a perda de elementos.

A mobilização superficial após a aplicação do composto é geralmente favorável, devendo ser ponderado se o período de mobilização é o mais favorável e os equipamentos a utilizar são os mais adequados.

FIGURA 51

APLICAÇÃO DE COMPOSTO NA LINHA DO OLIVAL
(MONFORTE, 2020)

Existem também equipamentos que aplicam o composto em profundidade no solo, sem necessidade de mobilização posterior, tais como rippers adaptados com aplicador de composto na fenda imediatamente após a passagem do dente de ripagem, exigindo um composto crivado ou em pellets, para que funcione adequadamente.

FIGURA 52

MOBILIZAÇÃO SUPERFICIAL PARA INCORPORAÇÃO DO COMPOSTO APLICADO (SERPA, 2020)



FIGURA 53

ASPETO DA LINHA APÓS MOBILIZAÇÃO DE INCORPORAÇÃO (SERPA, 2020)

An aerial photograph of a vast olive grove. The trees are arranged in neat, parallel rows, creating a grid-like pattern across the landscape. The ground between the trees is a mix of green grass and brown soil. In the lower right corner, a red tractor is visible, moving through the grove and kicking up a cloud of brown dust. The overall scene is captured from a high angle, looking down on the plantation.

REQUISITO

An aerial photograph of an olive grove. The trees are arranged in neat rows, creating a grid-like pattern across the landscape. The ground between the trees is a mix of green grass and brown soil. In the lower-left foreground, a blue tractor is pulling a red trailer. The tractor is facing towards the right of the frame. The overall scene is captured from a high angle, looking down on the grove.

OS LEGAIS



REQUISITOS LEGAIS

Sistematizam-se os requisitos legais associados à valorização de resíduos agrícolas, por compostagem, integrando não apenas as matérias de origem vegetal resultantes de explorações agrícolas e silvícolas, como os estrumes e camas de gado com origem em explorações pecuárias e o bagaço de azeitona, massas vínicas e engaços resultante da exploração de lagares e adegas. No caso do EFMA é ainda relevante a valorização por este processo de algas, plantas aquáticas e sedimentos depositados no fundo de canais e reservatórios, resultantes da limpeza da rede de adução de água.



De acordo com a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (CAE — Rev. 3) esta atividade insere-se na Secção E, que integra a gestão de resíduos, Divisão 38 — Recolha, tratamento e eliminação de resíduos, subclasse 38322 Valorização de resíduos não metálicos.

Esta operação de valorização de resíduos classifica-se por sua vez de acordo com o Novo Regime Geral de Gestão de Resíduos (NRGGR) como:

R 3 — Reciclagem/recuperação de substâncias orgânicas não utilizadas como solventes (incluindo digestão anaeróbia e ou compostagem e outros processos de transformação biológica)

R 3 B—Compostagem.

Consideraram-se dois modelos para a instalação destas unidades de compostagem de resíduos agrícolas:

- Compostagem comunitária – dirigida aos produtores de menor dimensão, a instalar em locais centrais, minimizando o transporte rodoviário dos materiais a compostar e dos circuitos de distribuição do composto pelas explorações agrícolas;
- Compostagem em instalações autónomas – visando criar soluções para os grandes produtores agrícolas, que processam as suas culturas junto ao local de produção (caso de olivais com lagares associados e áreas de vinha com adegas na exploração), através da criação de unidades de compostagem locais, apenas para os seus resíduos agrícolas, visando a produção de composto a utilizar exclusivamente nas suas propriedades.

O REGIME GERAL DE GESTÃO DE RESÍDUOS

O novo regime geral de gestão de resíduos, foi aprovado pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, tendo entrado em vigor dia 1 de julho de 2021.

Começa-se por destacar que de acordo com as alíneas f) e g) do n.º 2 do artigo 2.º do NRGGR estão excluídos da aplicação deste regime:

f) As matérias fecais não abrangidas pela alínea c) do número seguinte¹, as palhas e outro material natural não perigoso de origem agrícola ou silvícola que seja utilizado na agricultura ou na silvicultura ou para a produção de energia a partir dessa biomassa através de processos ou métodos que não prejudiquem o ambiente nem ponham em perigo a saúde humana;

g) Os sedimentos deslocados no interior das águas de superfície para efeitos de gestão das águas, de prevenção de inundações ou de atenuação dos efeitos de inundações e secas ou da recuperação de terras caso se demonstre a sua não perigosidade.

Esta exclusão, já prevista na versão anterior deste regime, era alvo da Nota de esclarecimento da APA sobre as exclusões do âmbito do RGGR, Biossólidos e resíduos biodegradáveis (versão 3: julho 2015), que se encontrava disponível no site da APA. Presentemente, é referido neste site que a exclusão de alguns materiais naturais não perigosos do âmbito do NRGGR depende da sua origem e da utilização futura, sendo que a anterior nota técnica se encontra em atualização e será oportunamente divulgada.

Será de qualquer modo importante referir que a anterior Nota da APA esclarecia que estes resíduos são excluídos do âmbito da aplicação do RGGR se utilizados na agricultura/pecuária diretamente ou após valorização orgânica – compostagem, considerando *para além dos materiais provenientes diretamente das atividades agrícola e silvícola, os materiais de origem agrícola ou silvícola provenientes da indústria alimentar, gerados na preparação de matérias-primas*. Concretizava de seguida a aplicação ao caso das folhas e ramos provenientes da limpeza da azeitona nos lagares

de azeite (subclasse 10412 da CAE – Produção de azeite), bem como todas as cascas de frutos e caroços provenientes da preparação e conservação de frutos (grupo 103 da CAE), quando removidos previamente ao processamento.

Esta Nota, ao expor os conceitos de biomassa e biorresíduos, esclarecia que os *resíduos gerados após o processamento dos alimentos* são considerados *biorresíduos*, explicitando que o bagaço de azeitona também é considerado biorresíduo se não se destinar à produção de óleo ou à alimentação animal (caso em que será subproduto).

É ainda importante destacar que o regime geral de gestão de resíduos, em vigor até julho de 2021, estabelecia, quanto ao licenciamento de operações de valorização de biorresíduos, que a valorização não energética de resíduos não perigosos, quando efetuada pelo produtor dos resíduos resultantes da sua própria atividade, no local de produção ou em local análogo ao local de produção pertencente à mesma entidade estava isenta de licenciamento ao abrigo da alínea e) do n.º 4 do artigo 23º. No entanto esta disposição não consta do NRGGR, em vigor.

No NRGGR, as medidas de gestão para os biorresíduos, estabelecidas no contexto da regulação da gestão de resíduos (título II), referem a compostagem doméstica ou comunitária, associada aos resíduos sólidos urbanos (RSU). Por sua vez, o n.º 5 do artigo 30.º estabelece que a instalação de equipamentos de compostagem doméstica e comunitária e outras soluções locais de reciclagem, de acordo com a Autoridade Nacional de Resíduos (ANR), não se encontra sujeita a licenciamento nos termos do artigo 59.º, mas tem que cumprir as regras gerais definidas, previstas no artigo 66.º, e é sujeita a registo junto da entidade responsável pelo sistema municipal de gestão resíduos urbanos.

Pode colocar-se a questão sobre a aplicabilidade desta disposição à compostagem de resíduos agrícolas e resultantes do processamento da azeitona – massa de azeitona moída após a extração de azeite – ou uvas – engaços e massas vínicas resultantes da produção de vinho. Se por um lado nos parecia que poderia ser aplicável, por outro, ao dispor sobre a necessidade de registo junto à entidade responsável pelo sistema municipal de gestão resíduos urbanos, não

¹ Os subprodutos animais, incluindo os produtos transformados abrangidos pelo Regulamento (CE) n.º 1069/2009, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de outubro de 2009, na sua redação atual, com exceção dos destinados à incineração, à deposição em aterros ou à utilização numa unidade de biogás ou de compostagem.

parece enquadrável, uma vez que estas entidades não têm responsabilidade sobre a gestão dos resíduos em causa e estarão sujeitas ao cumprimento de metas que implicam uma rigorosa contabilização dos biorresíduos recolhidos seletivamente e valorizados.

Deste modo, e se considerarmos que a compostagem de resíduos agrícolas, quando integre o bagaço de azeitona ou engaços e massas vínicas, não se encontra excluída do âmbito de aplicação do NRGGR, aplicar-se-á o disposto no capítulo VIII, relativo ao licenciamento das atividades de tratamento de resíduos, que de acordo com o n.º 2 do artigo 59.º se aplica às operações de remediação de solos e de valorização agrícola. Estabelece ainda o n.º 6 deste mesmo artigo que podem ser isentas de licenciamento as operações de valorização de resíduos desde que previstas por regras gerais aprovadas nos termos do artigo 66.º.

Por sua vez este artigo 66.º determina que podem ser estabelecidas regras gerais que enquadrem isenções de licenciamento, desde que definam, para a operação de tratamento de resíduos em causa, pelo menos os tipos e quantidades de resíduos abrangidos e o método de tratamento a utilizar, de modo a assegurar que os resíduos são valorizados e/ou eliminados em conformidade com os princípios constantes deste diploma. As referidas regras gerais são aprovadas pela ANR, após audição das Autoridade Regional de Resíduos (ARR), e publicitadas no sítio na Internet da ANR.

Caso seja também afastada esta possibilidade, então a entidade licenciadora será neste caso a ARR (CCDR), de acordo com a alínea b) do n.º 1 do artigo 60º. Como o procedimento de licenciamento simplificado, de acordo com o artigo 61.º só se aplica à valorização de resíduos que não seja a valorização orgânica, aplicar-se-á o regime de licenciamento geral.

Neste caso o pedido é apresentado pelo requerente através do módulo LUA, alojado no sistema integrado de licenciamento de ambiente – SILiAmb.

A compostagem estará neste caso sujeita a licença de exploração, que depende da prévia realização de vistoria. No entanto, mesmo o regime de licenciamento simplificado im-

plica a realização desta vistoria prévia. Assim sendo, caso estas unidades de compostagem não estejam excluídas do âmbito deste regime, ou sejam consideradas como isentas de licenciamento ao abrigo dos artigos 59º e 66º, parece ser de toda a conveniência não associar a operação de compostagem ao licenciamento do lagar ou adega, uma vez que a classificação das atividades industriais em tipo 1 (o mais exigente) depende, entre outras condições aqui não aplicáveis, da existência de operação de gestão de resíduos que careça de vistoria prévia² ao início da exploração, à luz do regime de prevenção, produção e gestão de resíduos.

Acresce que nas regras de articulação entre regimes, o NRGGR refere que o licenciamento do tratamento de resíduos realizado num estabelecimento industrial abrangido pelo Sistema da Indústria Responsável (SIR), quando a instalação de tratamento de resíduos seja extrínseca à atividade industrial, carece de licenciamento ao abrigo do RGGR. A entidade competente no caso da compostagem de resíduos agrícolas é a CCDR.

Por último, coloca-se a questão do fim do estatuto de resíduo. Quando se pretende colocar a matéria fertilizante (composto produzido) no mercado a questão está ultrapassada, uma vez que o Decreto-Lei n.º 103/2015, que estabelece as regras a que deve obedecer a colocação no mercado de matérias fertilizantes, assegurando a execução do Regulamento (CE) n.º 2003/2003, relativo aos adubos, determina que a produção de composto configura a aplicação do fim do estatuto de resíduo.

Resta assim clarificar a questão do fim do estatuto de resíduos, para o composto produzido para aplicação nas próprias explorações, isto é, sem serem alvo de colocação no mercado.

Se nos parece defensável a aplicação deste regime sempre que o composto produzido seja alvo de comercialização, o mesmo já não acontece nos casos em que a produção de composto visa a sua aplicação nas explorações agrícolas de origem destes materiais, sem qualquer contrapartida financeira, ou seja sem colocação no mercado.

²Inclui no tipo 2 as situações em que haja necessidade de obtenção de alvará para a OGR que dispense vistoria prévia.

Este aspeto conduz-nos à necessidade de clarificação sobre o enquadramento como resíduo do composto produzido, se a operação for alvo de isenção de licenciamento, mas também no caso em que a mesma tenha sido licenciada ao abrigo deste NRGGR. Assim, a questão que se coloca é a obrigatoriedade de aplicação do Decreto-Lei n.º 103/2015 ao composto produzido com estes materiais, mesmo quando visem a aplicação nas próprias explorações, sem qualquer circuito de comercialização.

Analisando ainda o enquadramento no artigo 91.º (Subprodutos), do capítulo IX (Desclassificação de resíduos) do NRGGR, se considerados estes materiais como subprodutos, parece concluir-se que os procedimentos exigidos, ao abrigo deste artigo, são de grande complexidade e dificilmente justificáveis nesta situação. Já o artigo 92.º (Fim do estatuto de resíduo), do mesmo capítulo IX, ao explicitar as condições necessárias ao fim do estatuto de resíduos, parece aplicar-se plenamente, uma vez que estamos perante uma substância:

- a. destinada a ser utilizada para fins específicos;
- b. para a qual existe procura;
- c. capaz de satisfazer os requisitos técnicos para os fins específicos e respeitar a legislação e as normas aplicáveis aos produtos; e cuja utilização não acarreta impactos globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana.

Sendo certo que o mesmo artigo estabelece que a definição de critérios será alvo de despacho do membro do governo responsável pela área do ambiente, com audição prévia da ANR e deve ser notificada à Comissão, julga-se que estas condicionantes poderiam ser asseguradas, facilitando as condições para a utilização do composto, quando não haja lugar a comercialização.

No entanto, destaca-se que da consulta do site da APA, na página referente ao “Fim do Estatuto de Resíduo”, sempre se conclui serem excessivos os requisitos aí apresentados para a situação em causa e potencial risco para o ambiente da mesma, que se considera de probabilidade muito baixa, magnitude não significativa e reversível.

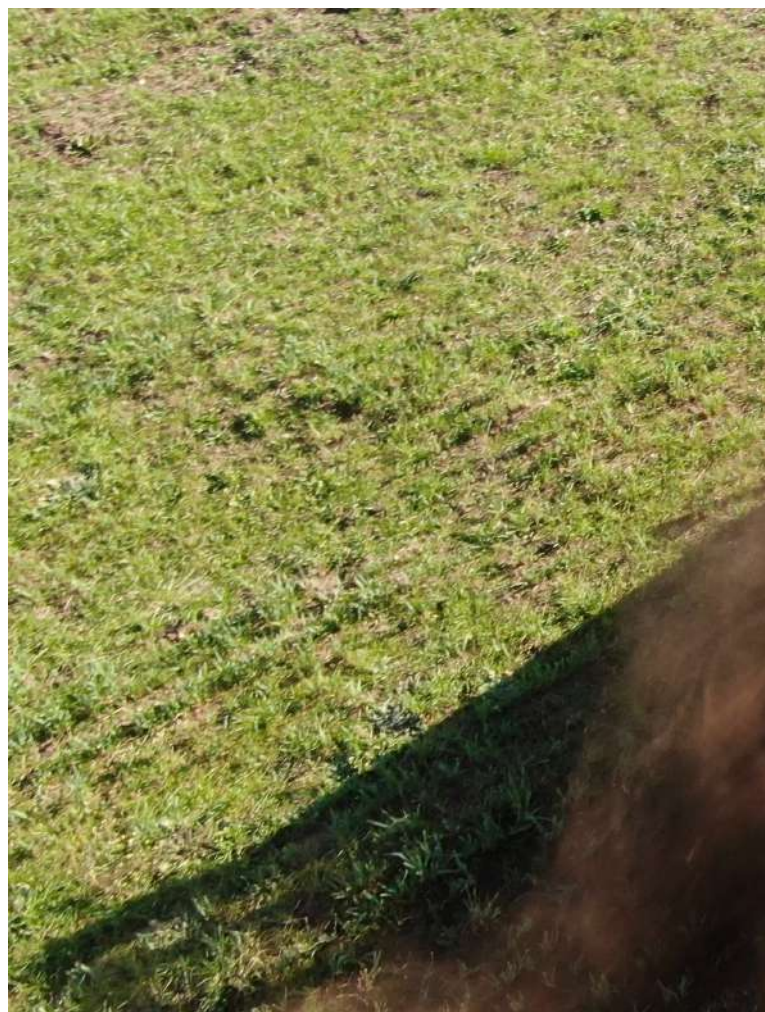
O REGIME DA RESERVA AGRÍCOLA NACIONAL

Na generalidade das situações, face à proximidade desejável das unidades de compostagem às explorações agrícolas, vamos encontrar os locais mais favoráveis para instalação destas unidades integrados na reserva agrícola nacional (RAN).

Nestes casos, a viabilização da utilização não agrícola nas áreas da RAN segue o disposto na Portaria n.º 162/2011, de 18 de abril, que estabelece os limites e condições para o efeito.

O pedido de viabilização é formalizado através de requerimento dirigido ao presidente da entidade regional da RAN (ERAN), com o modelo indicado no Anexo I, acompanhado com os documentos exigidos.

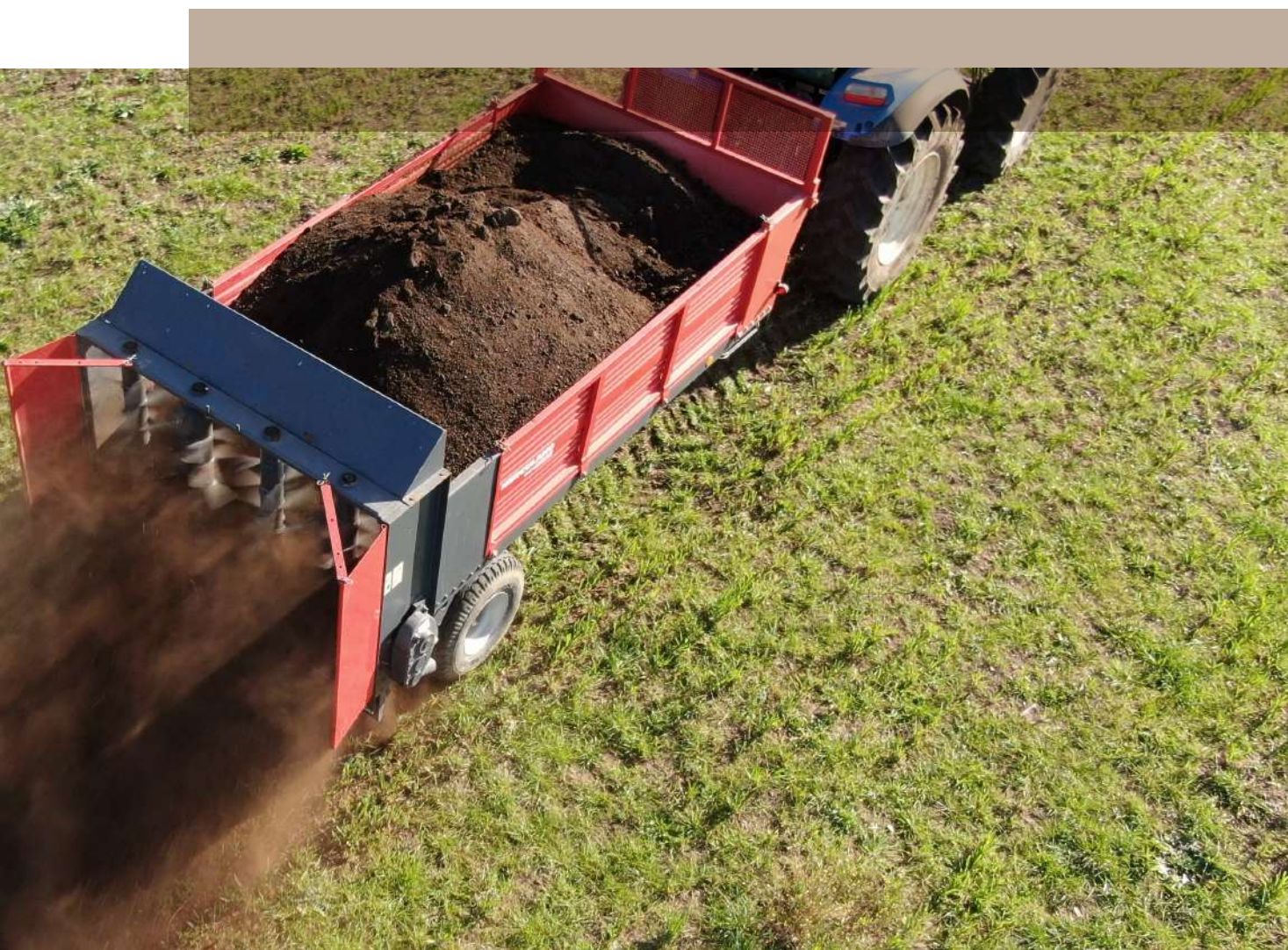
Estas utilizações só podem verificar-se quando cumulativamente não causem graves prejuízos para os objetivos da RAN e não exista alternativa viável fora da RAN, no que



respeita às componentes técnica, económica, ambiental e cultural, devendo localizar-se, preferencialmente, nas terras e solos classificados como de menor aptidão.

Assim, quando estejam em causa:

- alínea a) Obras com finalidade agrícola, quando integradas na gestão das explorações ligadas à atividade agrícola, nomeadamente obras de edificação, obras hidráulicas, vias de acesso, aterros e escavações e edificações para armazenamento ou comercialização.
1. O requerente tem de comprovar a inexistência de alternativas de localização viáveis ou, no caso de ampliações, a inviabilidade de deslocalização da exploração agrícola em áreas não integradas na RAN, mediante a apresentação de extrato da carta militar 1:25 000 com a localização dos prédios próprios que compõem a exploração e certidão das finanças com a identificação de todos os prédios de que o requerente seja proprietário.
 2. Às obras de construção de apoios agrícolas e instalações para a produção agrícola, transformação de produtos, armazenamento, comercialização ou de carácter artesanal, diretamente afetos à exploração agrícola, nomeadamente armazéns para alfaias, máquinas agrícolas e produtos agrícolas, estufas não amovíveis, cubas, silos, secadores, câmaras de refrigeração, instalações de proteção ambiental, queijarias e lagares de azeite, pode ser concedido parecer favorável, desde que cumpram, cumulativamente, requisitos exigidos.
 3. No que diz respeito aos aterros e escavações pode ser concedido parecer favorável à pretensão desde que a mesma seja justificada, pelo requerente, por razões de necessidades decorrentes da atividade agrícola ou florestal desenvolvida.



OUTROS REGIMES E SERVIÇOS DE UTILIDADE PÚBLICA

Neste capítulo começamos por referir o Regime Jurídico das Obras de Aproveitamento Hidroagrícola (Decreto-Lei n.º 269/82, de 10 de julho, na sua redação atual) uma vez que algumas destas unidades de compostagem podem estar integradas em áreas beneficiadas por perímetros públicos de rega. Neste caso, importa consultar o Regulamento do perímetro de rega em causa de modo a confirmar se a ocupação em causa está enquadrada nas atividades ou utilizações admitidas como complementares da atividade agrícola, alvo de parecer prévio vinculativo da Autoridade Nacional do Regadio (ANR), a DGADR.

Quanto às restrições de utilidade pública, entendidas como quaisquer limitações legais sobre o uso do solo, ocupação e transformação do solo, que condicionam o proprietário no seu direito de propriedade, temos a considerar as estabelecidas no âmbito dos recursos hídricos, recursos ecológicos (Reserva Ecológica Nacional; Rede Nacional de Áreas Protegidas e Rede Natura 2000) e também aspetos relacionados com regimes de proteção de espécies florestais, como sejam os regimes de proteção ao sobreiro e azinheira.

Assim, deve ser verificada a sua compatibilidade com as disposições do Plano Diretor Municipal (PDM) respetivo. Em

particular, deve atender-se à qualificação do solo na área do projeto, designadamente se estamos perante “solos rústicos” (por oposição aos solos urbanos) preferencialmente integrados na categoria “espaços agrícolas ou florestais.

A instalação das unidades de compostagem deve sempre salvaguardar as áreas afetas ao leito e margem das linhas de água.

Quando a área integre a Reserva Ecológica Nacional (REN), não deve haver qualquer alteração da topografia do solo, estando a abertura de caminhos sujeita a comunicação prévia à CCDR quando estejamos perante intervenções em áreas estratégicas de infiltração e de proteção e recarga de aquíferos, áreas de elevado risco de erosão do solo e zonas ameaçadas pelas cheias e pelo mar.

Por último importa referir o regime jurídico de proteção ao sobreiro e azinheira que estabelece que o corte ou o arranque de exemplares destas espécies, em povoamento ou isolados, carece de autorização formal, prevendo medidas compensatórias no caso de cortes autorizados e inibição por 25 anos da afetação do solo a outros fins, em caso de povoamentos afetados em desconformidade com o estabelecido legalmente.

LEGISLAÇÃO EUROPEIA

Atualmente ainda não há regulamentação específica relativa a resíduos biológicos da União Europeia (UE), mas o quadro legal é definido na Diretiva-Quadro de Resíduos (Diretiva (EU) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho Europeu, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2008/98/EC relativa aos resíduos) sobre a recolha seletiva obrigatória para reciclagem de alta qualidade.

Os requisitos de processo de toda a União Europeia para compostagem e digestão anaeróbica são estabelecidos no Regulamento (UE) 2019/1009 do Parlamento Europeu e do

Conselho, de 5 de junho de 2019, que estabelece regras sobre a disponibilização no mercado de produtos fertilizantes da UE e altera os Regulamentos (CE) n.º 1069/2009 e (CE) n.º 1107/2009 e que revoga o Regulamento (CE) n.º 2003/2003, (Anexo II, Composto CMC 3, Digerido CMC 5), que se refere também ao Regulamento de Subprodutos Animais da UE (isso inclui requisitos em toda a UE para o tratamento de produtos de origem animal (CAT 2 (estru-me) e CAT 3 (resíduos de cozinha)). São também abordadas e desenvolvidas as temáticas da compostagem e as suas vantagens na iniciativa europeia SOS Soil “Save Organics in Soil”.





PONTOS C

An aerial photograph of a vast agricultural landscape. The foreground and middle ground are dominated by numerous parallel rows of crops, likely corn, stretching towards the horizon. The fields are interspersed with clusters of trees and some small structures. In the far distance, a city skyline is visible under a hazy sky. A white rectangular box is superimposed on the left side of the image, containing the word "CRÍTICOS" in white, uppercase, sans-serif font.

CRÍTICOS



PONTOS CRÍTICOS

Apesar da técnica da compostagem ser comumente aceite na Europa como uma abordagem de valorização orgânica amiga do ambiente e com repercussões favoráveis na atividade agrícola, em Portugal existem limitações à implementação desta técnica em toda a sua plenitude.

A compostagem materializa uma abordagem que permite aos principais atores das áreas rurais enfrentar proactivamente as ameaças que o território agrícola nacional enfrenta, nomeadamente a erosão, a desertificação, a perda de solo, a redução da fertilidade, a diminuição da rentabilidade, o uso inadequado de adubos, a ineficiência da utilização da água e dos nutrientes, a poluição difusa, a degradação da qualida-



de da água nas albufeiras e a exportação de materiais orgânicos. Para todas estas ameaças são poucas as soluções apresentadas que não afetem o potencial produtivo das atividades.

Não faz sentido que existam planos, estratégias e roteiros que não tenham adesão à realidade atual e que se continue a tropeçar em obstáculos legais colocados há décadas, no contexto de outra realidade agrícola, industrial e ambiental, mas também de outro enquadramento em termos de necessidade de ação perante as mudanças que se avolumam diariamente.

É assim fundamental uma adequação do enquadramento legal nacional, que possa reduzir a complexidade dos processos administrativos, designadamente através da exclusão do âmbito de aplicação do NRGGR, de operações de

valorização de resíduos agrícolas, os quais, na realidade, deveriam ser encarados como subprodutos a valorizar, sendo isentas de licenciamento as operações de valorização de resíduos, desde que previstas por regras gerais aprovadas nos termos do artigo 66.º.

Não é possível advogar uma abordagem baseada na sustentabilidade e simultaneamente permitir que as vias menos sustentáveis sejam as mais fáceis, levando a que muitos as sigam, e assim não se opere a verdadeira mudança de paradigma, da linearidade para a circularidade, que exige o envolvimento de todos.

Para se chegar a outro sítio... não se pode escolher o mesmo caminho.

11. BIBLIOGRAFIA E LINKS

- Alvarez de la Puente, J., 2014. Manual de compostaje para agricultura ecológica. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía. Segunda edición, 47 p. https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/COMPOSTAJE_2014_OK_BAJA.pdf
- Baldwin, K. R. and Greenfield, J. T., 2009. Composting on organic Farms. North Carolina State University. USA. <http://content.ces.ncsu.edu/composting-on-organic-farms.pdf>.
- Chowdhury, A.K., Akratos, C.S., Vayenas, D. e Pavlou, S., 2013. Olive mill waste composting: a review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 85 p. 108-119. https://www.academia.edu/34130927/Olive_mill_waste_composting_A_review
- Decreto-Lei 103/2015. DR n.º 114, 1ª Série, de 15 de junho de 2015. Ministério da economia. <https://data.dre.pt/eli/dec-lei/103/2015/06/15/p/dre/pt/html>
- Despacho n.º 1230/2018 - Código de Boas Práticas Agrícolas para a proteção da água contra a poluição com nitratos de origem agrícola. DR n.º 25, 2ª Série, de 05/02/2018. Ministérios do Ambiente e Agricultura. <https://dre.pt/application/file/a/114627134>
- DePeters, E.J., Swanson, K.L., Bill, H.M., Asmus, J. e Heguy, J.M, 2020 – Nutritional of almond hulls. *Applied animal Science* 36:761-770. <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02035>
- Díaz, M.J., 1999. Processos de co-compostaje de vinaza y três residuos agroindustriales. Tesis doctoral Universidade de Sevilla
- Martinez, G., Giraldez, J.V. y Ordonez, R., 2004. Evolución temporal del madurado de alperujo procedente de almazara. E.T.S.I.M.A.. Universidade de Córdoba.
- Molina Pérez, N. y Soliva Torrentó, M., 1996. Riegos y Drenajes XXI, p. 29-33.
- Navarro P. J. et al., 1995. Resíduos orgânicos y agricultura. Secretariado de publicaciones, Universidade de Alicante. 108 p.
- Romero, A.S., 2001 - Diagnóstico y estudio de los diferentes sistemas de gestión de alpechines, orujos y alprujos en las almazaras: características de los residuos. Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal XXXVIII . CSIC. <http://hdl.handle.net/10261/97921>
- Santos, J. Quelhas (2015). Fertilização – Fundamentos agroambientais da utilização de adubos e corretivos. Publindústria, Porto.
- Lourenço, N. M. Guerreiro (2014). Manual de vermicompostagem e vermicultura para a agricultura orgânica. Publindústria, Porto.
- Brito, L. M. (2017). Compostagem, fertilização do solo e substratos. Agrobook, Porto.
- Anschutz, J. (2005). Recolha de água e retenção da humidade do solo. Fundação Agromisa, Wageningen.
- Stell, E. P. (2006). Segredos para um solo fértil. Euroagro Publicações Europa-América.
- Campbell, S. (2005). Deixe apodrecer – Manual de compostagem. Euroagro Publicações Europa-América.
- Santos, A. A. (2017) Princípios de rega agrícola. Publindústria, Porto.
- Pleasant, B. & Martin, D. L. (2010). Guia completo de compostagem em hortas e jardins. Euroagro Publicações Europa-América.

Links

Página da URSA no site da EDIA:

<https://www.edia.pt/ursa/index.html>

Links para vídeos do projeto URSA:

Filme 2018 <https://youtu.be/z3rTCgWfODI>

Filme 2019 <https://youtu.be/uSzwHPTUt5k>

Filme EDIA URSA <https://youtu.be/-70n5sIOG4w>

Documento elaborado por:

EDIA

David Catita

Paula Sarmento

Ana lhéu

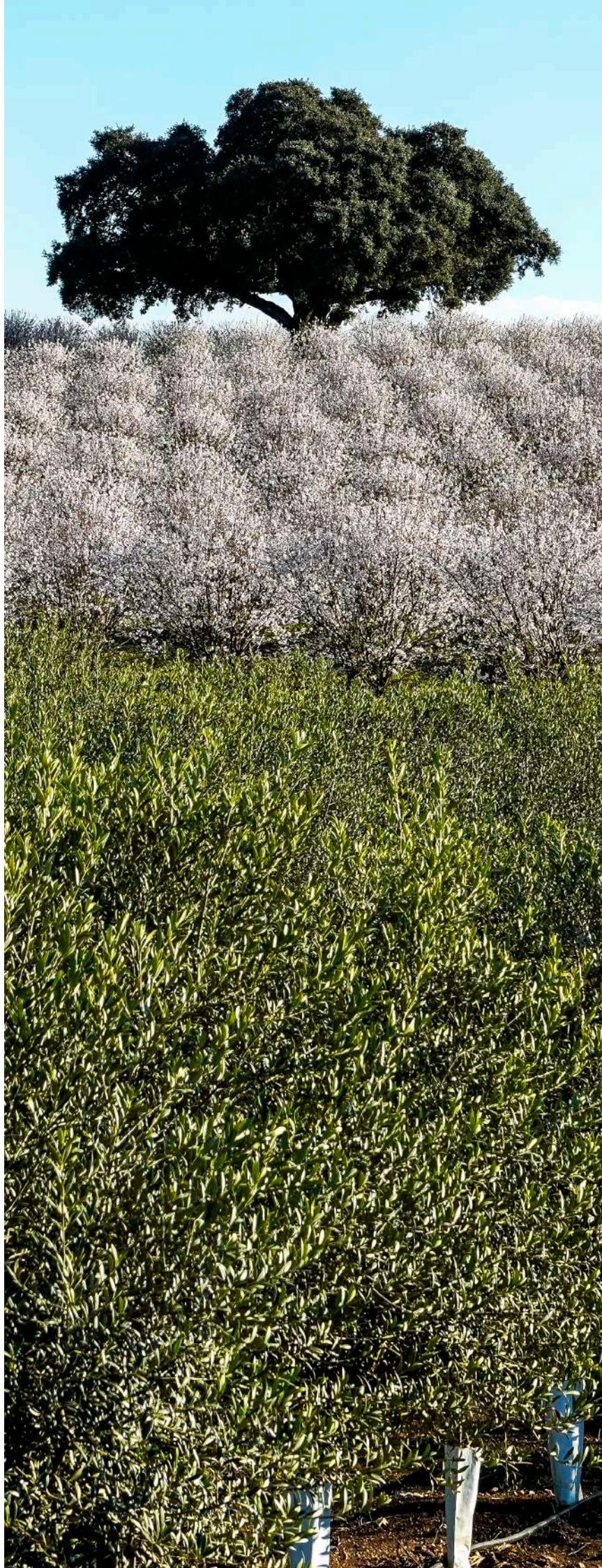
INIAV

Cristina Sempiterno

Rui Fernandes

FOTOGRAFIA CAPA:

André Paxiuta



Índice de figuras

Figura 1 - Kg anuais de bioresíduos tratados por habitante (www.compostnetwork.info)	7	Figura 18 - Trituração de oliveiras no campo, numa parcela em reconversão (Beja, 2021)	58
Figura 2 - Linhas estratégicas nacionais e europeias associadas à compostagem	12	Figura 19 - Rama de amendoeira triturada no campo (Reguengos, 2021)	60
Figura 3 – Mapas com matéria orgânica no solo e de suscetibilidade à desertificação	13	Figura 20— Armazenamento de bagaço em “plateau”	60
Figura 4 - Aspeto microscópico de ligações orgânicas entre partículas do solo	18	Figura 21 - Armazenamento de bagaço em concavidades profundas tipo “charca”	61
Figura 5 - Modelos económicos existentes	25	Figura 22 - Poros de evaporação na superfície do bagaço de azeitona (Serpa, 2019)	62
Figura 6 - Agricultura linear	27	Figura 23 - Fendas no bagaço de azeitona associadas ao processo de secagem (Jaen, 2020)	62
Figura 7 - Agricultura circular	29	Figura 24 - Perfil de bagaço húmido sobre composto seco (Serpa, 2020)	63
Figura 8 - Rega e revolvimento das pilhas na unidade URSA (Serpa, 2019)	31	Figura 25 - Curva térmica esquemática do processo de compostagem	64
Figura 9 - Etapas do processo de compostagem	37	Figura 26 - Rega e revolvimento das pilhas na unidade URSA (Serpa, 2019)	65
Figura 10 - Pilha de compostagem em fase de revolvimento e rega (Serpa, 2018)	41	Figura 27 - Revolvimento da pilha após a inclusão de bagaço de azeitona (Mourão, 2020)	66
Figura 11 - Interações de retroalimentação no processo de compostagem	43	Figura 28 - Revolvimento da pilha de compostagem (Mourão, 2020)	66
Figura 12 - Dimensões da pilha de compostagem (Mourão, 2020)	51	Figura 29 - Revolvimento e formação da pilha com seção triangular (Mourão, 2020)	66
Figura 13 - Revolvimento integral da pilha de compostagem (Mourão, 2020)	52	Figura 30 - Sistema de crivagem cilíndrico giratório (Trommel)	67
Figura 14 - Tipologia de alinhamento das pilhas de compostagem	53	Figura 31 – Capota de amêndoa e folhas de oliveira, com alguma rama fina (Alentejo, 2020)	72
Figura 15 - Pilha de compostagem aberta durante um evento de precipitação (Serpa, 2019)	54	Figura 32 – Folhas de oliveira, armazenadas para compostagem (Beja, 2021)	72
Figura 16 – Pilha, a ser revolvida, sem retirar a cobertura (www.globalrepair.ca – Canada)	55	Figura 33 - Engaços e massas vínicas após processo vinícola (Reguengos, 2020)	72
Figura 17 - Pilhas de compostagem cobertas (www.midwestbiosystems.com - Illinois EUA)	57		

Figura 34 - Algas provenientes da limpeza de canais e reservatórios de água (Serpa, 2020)	73
Figura 35 – Bagaço de azeitona após “repasso” de 3 fases (Jaen, 2020)	73
Figura 36 - Palha de alho (Beja, 2019)	73
Figura 37 – Esquema da constituição de uma pilha de compostagem em camadas	74
Figura 38 - Incorporação de materiais secos numa pilha em camadas (Monforte, 2021)	75
Figura 39 - Colocação de materiais húmidos numa pilha de compostagem (Monforte, 2021)	75
Figura 40 - Pilha em camadas, com algas e folhas, antes do revolvimento (Serpa, 2021)	75
Figura 41 - Aspeto final de uma pilha em camadas (Monforte, 2021)	75
Figura 42 - Colocação de bagaço de azeitona na pilha de compostagem (Mourão, 2020)	77
Figura 43 - Fases do processo de compostagem	77
Figura 44 - Revolvimento da pilha de compostagem (Mourão, 2020)	78
Figura 45 - Medição da temperatura da pilha de compostagem (Monforte, 2021)	79
Figura 46 - Rega manual da pilha de compostagem (Monforte, 2021)	80
Figura 47 - Minhocas dentro da pilha de composto (vermicompostagem) (Serpa, 2020)	81
Figura 48 - Corte da pilha de compostagem ilustrando a zona mais quente	83
Figura 49 – Exemplo de materiais coberto com tela plástica (Beja, 2020)	91
Figura 50 - Aplicação de composto em cordão no olival (Monforte, 2020)	96

Figura 51 - Aplicação de composto na linha do olival (Monforte, 2020)	98
Figura 52 - Mobilização superficial para incorporação do composto aplicado (Serpa, 2020)	99
Figura 53 – Aspeto da linha após mobilização de incorporação (Serpa, 2020)	99

Índice de tabelas

Tabela 1 – Variação da capacidade de retenção de um solo médio, em comparação com a capacidade do mesmo solo com acréscimos do teor de matéria orgânica	20
Tabela 2 – Proporções de materiais numa mistura tipo	42
Tabela 3 – Matérias-primas - % de C e N em relação à matéria seca (MS)	69
Tabela 4 - Exemplo da utilização da folha de cálculo da Universidade de Cornell	71
Tabela 5 - Limites térmicos letais para alguns agentes patogénicos e parasitas comuns	52



EDIA Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva, S.A.



REPÚBLICA PORTUGUESA

AGRICULTURA



Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.