

¹COMPOSTAGEM

Felipe Oliva de Godoy; Leonardo Pinto de Magalhães; Fabrício Rossi; Tamara M. Gomes

1. Introdução

A compostagem é um processo natural de transformação dos materiais orgânicos, de origem vegetal e animal. As técnicas utilizadas permitem reproduzir condições ideais, visando elevar a eficiência do processo de decomposição e proporcionar a obtenção de um material estável, rico em húmus, nutrientes minerais e microorganismos, desejáveis aos cultivos agrícolas. De acordo com (STENTIFORD; MARA, 2018), a compostagem é definida como um processo aeróbio controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos (fungos, bactérias, actinomicetes, insetos, etc), efetuada em fases distintas, diferenciada pela temperatura.

2. Objetivos da compostagem (BIAN et al., 2019):

Estabilização do material: importante para evitar aquecimento do material, consumo de oxigênio e formação de substâncias tóxicas.

Redução ou eliminação de organismos vivos: o processo de compostagem pode eliminar ou levar a níveis aceitáveis de contaminação por microrganismos, quando o processo da compostagem é gerenciado de maneira correta.

Redução ou eliminação de substâncias tóxicas: as substâncias tóxicas presentes na matéria-prima, podem ser reduzidas ou eliminadas através do processo de compostagem.

Disponibilização ou concentração de nutrientes: a compostagem transforma o material orgânico em húmus, concentrando de forma equilibrada nutrientes para as plantas, tantos os macros NPK, quanto os micros – boro, zinco, molibdênio, cobre, manganês, ferro et.

Melhoria na capacidade de condicionamento do solo: o produto resultante do processo de compostagem tem a finalidade de melhorar as características físicas, químicas e biológicas dos solos, o que o torna um condicionador do solo, melhorando a fertilidade.

3. Fatores que interferem na compostagem

Os principais fatores atuantes no processo de compostagem são:

- **Microrganismo:** A transformação da matéria orgânica bruta em matéria orgânica humificada é realizada pela ação biológica. Operam no processo fungos, actinomicetes, bactérias, insetos, anelídeos, etc. Durante a compostagem ocorre uma sucessão dos organismos envolvidos:
- **Aeração:** O sistema empregado ocorre em ambiente aeróbio administrado durante o processo, além de mais rápido, inibe odores de putrefação e organismos indesejados;

¹ Texto apresentado na disciplina de Reúso Agrícola (LEB5035/2S-2019).

- **Umidade:** A água é fundamental no processo, para que os agentes decompositores realizem o processo. Entretanto, o excesso prejudica o andamento da decomposição, podendo desacelerar a compostagem;
- **Temperatura:** O trabalho realizado pelos agentes decompositores (organismos) libera energia, então dizemos tratar-se de um processo exotérmico, que produz um rápido aquecimento no material. Cada grupo de organismos atua numa faixa de temperatura ideal. O controle da temperatura é fundamental para a otimização e andamento da compostagem;
- **Relação Carbono/nitrogênio (C/N):** A decomposição dos materiais envolvidos é calculada por meio da relação carbono/nitrogênio (C/N). Essa proporção (C/N) é calculada de acordo com o material empregado, de forma a premeditar a montagem das pilhas. O carbono fornece energia para as modificações do estado do nitrogênio e, assimilação desse elemento, no conjunto;
- **Materiais envolvidos:** A granulometria dos materiais influencia diretamente na aeração. Partículas maiores promovem maior aeração, entretanto, proporcionam menor exposição a decomposição, é necessário portanto, um equilíbrio no tamanho das partículas envolvidas. respeitando sempre a relação C/N, fundamental no andamento da compostagem. A importância da mistura ocorre por conta das diferentes características do material, por exemplo, se a fonte de carbono for decomposta isoladamente sem a fonte nitrogenada o processo ocorre de maneira lenta, além de dar origem ao material pobre em nitrogênio, o que ocasiona a retirada de nitrogênio do solo, ao invés, de deixá-lo disponível a planta, pela alta taxa de carbono do material. Se a fonte de nitrogênio for decomposta de maneira isolada terá como resultado alta perda de nitrogênio, emissão de odores e atração de vetores (moscas, insetos, etc.).
- **Dimensões e formas das leiras:** A dimensão e forma das leiras são variáveis em relação ao local de montagem. A altura da leira depende da largura da base. Leiras muito altas submetem as camadas inferiores aos efeitos da compactação. Leiras baixas perdem calor mais facilmente ou não atingem a temperatura desejada. Influenciando no controle de patógenos, dos quais são eliminados em temperaturas elevadas, e no tempo da compostagem. O formato ideal é o piramidal de base retangular, que permite trabalhar e conservar a energia do material no processo de forma proporcional, do topo a base da pirâmide. Além disso, esse formato de pirâmide possibilita um melhor escoamento da água da chuva. A eficiência da compostagem está ligada com a atividade microbiana aeróbia, visando proporcionar a condições ideais para a atividade microbiana, aeróbia além da mistura é necessário fornecer água e oxigênio. A composição da compostagem em leiras é interessante, porque é possível a realização de aeração e drenagem da compostagem, o que facilita a ação de microrganismos no material.

4. O processo de compostagem

Temperatura

O processo de compostagem pode ser dividido em 3 fases:

- **Fase de aquecimento:** ocorre de 2 até 30 dias, as temperaturas podem chegar a 70°C, o processo é essencial para eliminar ou diminuir a contaminação biológica do composto.
- **Fase de estabilização:** ocorre de 30 até 90 dias a temperatura se reduz até atingir a temperatura ambiente, onde o composto se encontra estabilizado.
- **Fase de humificação:** ocorre com mais de 90 dias nesta etapa existe o composto humificado pronto para uso agrícola.

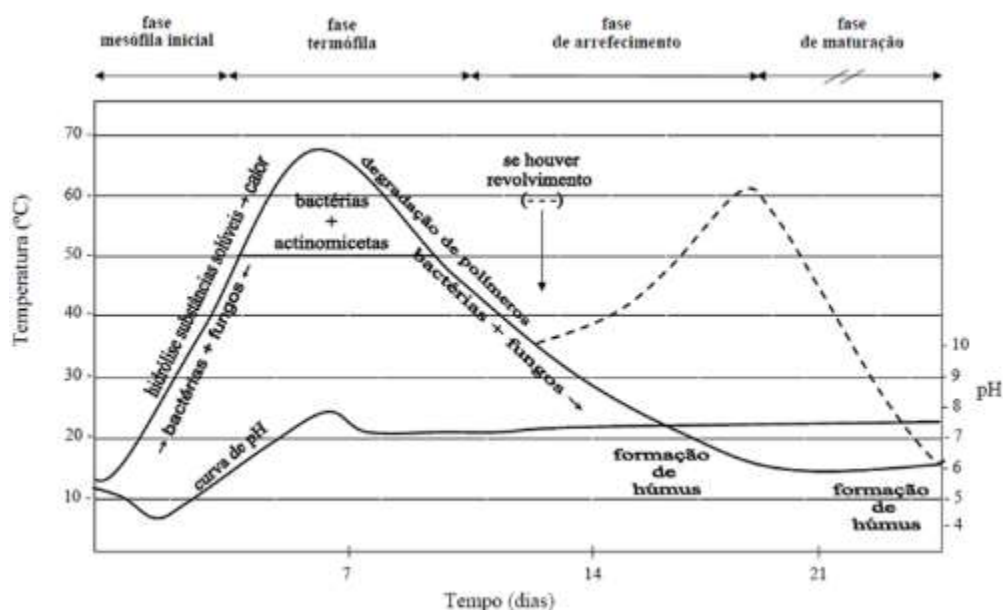


Figura 1. Evolução da temperatura e do pH durante o processo de compostagem (López-Real, 1995)

No início do processo de compostagem ocorre a decomposição das substâncias de fácil degradação (açúcares, aminoácidos, etc.), resultando em um acúmulo de calor e elevação da temperatura da leira, podendo chegar a 70°C. No momento que as substâncias de fácil degradação se esgotam, restam apenas substâncias de degradação mais lenta (celulose, hemicelulose, etc.), a atividade microbiana se reduz, resultando na queda gradual de temperatura até alcançar a temperatura ambiente, se houver revolvimentos a temperatura da leira pode subir, quando a temperatura atingir a temperatura ambiente, pode-se dizer que o material está estabilizado.

A etapa de humificação e maturação, ocorre somente após a redução da temperatura das leiras, porque os microrganismos responsáveis por este processo não sobrevivem em temperaturas muito elevadas (Figura 1).

Reações do pH

O pH possui 3 reações no processo de compostagem:

1- Carboidratos -> ácidos orgânicos + O₂ -> CO₂ redução do pH

A primeira reação que modifica o pH na composteira ocorre no início do processo, que é mais intenso em misturas ricas em carboidratos de fácil degradação, a falta de O₂ resulta em um acúmulo de ácidos orgânicos, resultando na redução do pH, devido a geração dos ácidos.

2- Aminoácidos (NH₂) -> NH₃ -> NH₄⁺ aumento do pH
NH₂+H₂O->NH₃+OH⁻ aumento do pH
NH₃ +H₂O<->NH₄⁺⁺+OH⁻ aumento do pH

Ocorre no início do processo, a degradação de fontes ricas em proteínas e aminoácidos, liberando hidroxila na mistura.

3- NH₄⁺+ 2O₂-> NO₃⁻+H₂O+2H⁺ redução do pH até a estabilização

Ocorre após a estabilização (temperaturas próximas ao ambiente), o pH tende a alcançar a neutralidade após a volatilização do NH₃.

Aeração

A aeração é uma das principais etapas da compostagem, deve ocorrer em diferentes momentos, no início do processo deve ocorrer até 5 dias após a formação da pilha, pois nesse intervalo de tempo haverá aquecimento do material e, assim, será necessário homogeneizá-lo. Posteriormente, o revolvimento pode ser feito em intervalos de tempo maiores, 15 em 15 dias, por exemplo, ou quando houver um grande aumento de temperatura. Também pode ser realizada na ocorrência de algum dos fatores abaixo:

- Excesso de umidade;
- Temperaturas elevadas por muito tempo;
- Mau cheiro proveniente da pilha;
- Compactação do composto;
- Para diminuir o tamanho de agregados que se formaram no composto;
- Quando a temperatura não estiver subindo nas fases intermediárias.

Relação C/N

A matéria-prima utilizada na compostagem, pode ser tanto de origem vegetal quanto animal. Analisar a origem desse material, quantidade e sua composição são etapas importantes para o planejamento da compostagem.

Como exemplos de material de origem vegetal podem ser citados os restos de podas de árvores e limpeza de jardins, restos de culturas (palha, pedaços do caule), cascas de frutas ou restos de comida (salada, arroz, etc). O material vegetal é mais rico em carbono, diferentemente do material de origem animal que é mais rico em nitrogênio.

Assim, também exemplificando o material de origem animal podem ser citados: restos de carcaças, esterco dos diferentes tipos, cama utilizada em confinamentos ou aviários, entre outros. O Quadro 1 apresenta as características de algumas matérias-primas utilizadas na compostagem.

Quadro 1. Matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo, potássio e carbono/nitrogênio (C/N) de materiais empregados em compostagem.

Material	MO (%)	N (%)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio (K ₂ O)	C/N
Esterco Equino	46	1,44	0,53	1,75	18/1
Esterco Bovino	57,1	1,67	0,86	1,37	32/1
Esterco Ovino	65,22	1,44	1,04	2,07	32/1
Esterco Suíno	53,1	1,86	0,72	0,45	16/1
Esterco de galinha	29,00	1,50	1,30	0,80	10/1
Borra de Café	90,46	2,30	0,42	1,26	32/1
Bagaço de Cana	71,44	1,07	0,25	0,94	37/1
Bagaço de Laranja	22,58	0,71	0,18	0,41	18/1
Raspas de Mandioca	96,07	0,50	0,26	1,27	107/1
Resíduo de Cervejaria	95,80	4,42	0,57	0,10	12/1
Sangue seco	84,96	11,80	1,20	0,70	4/1
Tomate: Semente	94,31	5,34	2,05	2,37	10/1
Torta de Soja	78,40	6,56	0,54	1,54	7/1
Torta de Cana	78,78	2,19	2,32	1,23	20/1
Feijão de porco	88,54	2,55	0,50	2,41	19/1
Feijão Guandu (palha)	95,90	1,81	0,59	1,14	29/1
Arroz (casca)	54,55	0,78	0,58	0,49	39/1
Casca de árvore	95,60	0,30	0,03	0,14	176/1

Fonte: Adaptado de Kiehl, 1985

A relação C/N inicial da compostagem é obtida de acordo com a origem do material utilizado, assim conhecer a matéria-prima utilizada indica quais as misturas devem ser

realizadas para atingir o valor desejado da relação C/N. Para o início da compostagem o valor ideal é de 30/1, devido a necessidade de utilização de C pelos organismos decompositores no processo de fermentação do material orgânico.

Como exemplo do cálculo de uma mistura de diferentes materiais, para se obter a relação de 30/1, usaremos os valores do esterco de galinha e da borra de café. O esterco possui uma relação C/N de 10, enquanto a borra de 32/1. A soma dos carbonos então deve ser 30, e dos nitrogênios igual a 1. Usando x para os valores referentes ao esterco e y para o café teremos:

$$10x + 32y = 30$$

$$x + y = 1$$

Pelo sistema, segunda equação, observa-se que $y = 1 - x$

$$\text{Assim, } 10x + 32(1-x) = 30$$

$$\text{Então, } 10x + 32 - 32x = 30$$

$$-22x = -2$$

$$x = 0,09$$

Nota-se, que 9% da composição então deve ser de esterco de galinha, e:

$$0,09 + y = 1$$

$$y = 0,91, 91\% \text{ de borra de café.}$$

Estabilização do composto

Após cerca de 90 a 120 dias o composto estará estabilizado, pronto para uso. Algumas características sinalizam que a compostagem atingiu o objetivo final:

- Cheiro agradável de terra úmida;
- Cor escura;
- Material homogêneo. Degradação física dos componentes não sendo possível identificar os materiais que deram origem ao composto;
- Aspecto de terra;
- Redução de 1/3 da biomassa inicial;
- Presença de pequenos insetos e outros organismos;
- Temperatura ambiente.

Uma análise química do composto pronto deve fornecer um resultado no qual a relação C/N fique próxima de 10 a 12/1, com um pH acima de 6,0. Uma análise dos macros e micronutrientes também deve ser realizada para caracterização do material pronto.

Quanto à comercialização, o produto deve ter algumas características mínimas.

- pH mínimo de 6,0;
- Relação C/N menor ou igual a 20/1 (CONAMA 481/2017);
- Mínimo de 40%, de matéria orgânica;
- Teor de nitrogênio acima de 1% no produto curado e seco.

5. Conclusão

A compostagem visa acelerar e direcionar o processo de decomposição de materiais orgânicos que ocorre espontaneamente na natureza.

É uma alternativa sustentável para os resíduos de origem orgânica, que de outra forma, podem causar degradação ao solo e aos recursos hídricos.

O resultado é um material com potencial de fornecer nutrientes às plantas e também um condicionador de solo, as propriedades coloidais do húmus atuam na formação de macros e microporos, melhorando a aeração, a drenagem e a retenção da água, conferindo estabilidade estrutural ao solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BIAN, B. et al. Bioresource Technology Pilot-scale composting of typical multiple agricultural wastes : Parameter optimization and mechanisms. **Bioresource Technology**, v. 287, n. March, p. 121482, 2019.
- COOPER, M.; ZANON, A. R.; REIA, M. Y.; MORATO, R. W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba. DIBD/ESALQ/USP (Série Produtor Rural – Edição Especial), 2010, 35 p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 481**, Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2017.
- KIEHL, E. J. **Fertilizantes Orgânicos**. Piracicaba. Agronômica Ceres, 1985, 482 p.
- STENTIFORD, E. I.; MARA, D. D. Low cost controlled composting of refuse and sewage sludge. v. 19, n. October, p. 839–845, 2018.