



## **COMPOSTAGEM DE PODAS DE ÁRVORES EM CEMITÉRIOS COMO INSTRUMENTO DE SUSTENTABILIDADE: Estudo de caso em um empreendimento em na Grande Vitória**

Geraldo André Rosseto Barreto

Flavio Luiz Santos Soares <sup>2</sup>

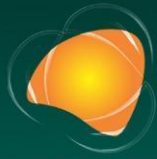
### **Resumo**

O estudo analisou a compostagem de resíduos de podas de árvores como uma solução sustentável em um cemitério na Região Metropolitana da Grande Vitória. A compostagem aeróbia foi utilizada, dividida em fases que envolvem a decomposição da matéria orgânica por microrganismos, gerando calor e permitindo a degradação de resíduos de forma eficiente. A metodologia seguiu um processo de revolvimento das leiras, com controle da umidade e da relação carbono/nitrogênio para garantir condições ideais de decomposição. O estudo monitorou as temperaturas das leiras, que atingiram fases mesófila e termófila, conforme esperado, permitindo uma compostagem eficiente. Os resultados mostraram que, após quatro meses de compostagem, o material final apresentou bons níveis de umidade, matéria orgânica e relação carbono/nitrogênio, estando dentro dos parâmetros ideais para uso como adubo. A implementação do processo no cemitério gerou benefícios ambientais e econômicos, reduzindo o envio de resíduos aos aterros sanitários e fornecendo composto de qualidade para a manutenção da área verde do empreendimento. O estudo também destacou a necessidade de ajustes no processo para aumentar o aporte de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, sugerindo a adição de resíduos ricos em tais elementos.

**Palavras-chave:** Resíduos Sólidos; Resíduos de podas de árvores; Compostagem.

<sup>1</sup> Profissional: Msc. em Engenharia Ambiental: Physis Engenharia Ambiental – Departamento de Projetos e Estudos Ambientais, [geraldo.barreto@physisambiental.com.br](mailto:geraldo.barreto@physisambiental.com.br).

<sup>2</sup> Profissional: Eng. Ambiental: Physis Engenharia Ambiental – Departamento de Projetos e Estudos Ambientais, [flavio.soares@physisambiental.com.br](mailto:flavio.soares@physisambiental.com.br).



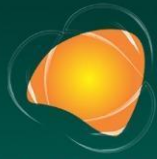
## INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é inerente a ocupação humana no planeta Terra. Segundo o Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), no ano de 2020 foram gerados no país um total de 82,5 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (ABRELPE, 2021). Ainda segundo a ABRELPE (2021), regionalmente, e nos mesmos moldes dos anos anteriores, a região Sudeste contribuiu com 50% do montante dos resíduos sólidos urbanos gerados no país.

A maior parte desses resíduos são destinados para aterros sanitários, sendo que no ano de 2020, foram destinados para essa forma de tratamento, 40 milhões de toneladas de resíduos (ABRELPE, 2021). Apesar de ser a alternativa mais barata e a mais utilizada, os aterros sanitários tem sido motivo de discussão em função de seu potencial de causar impactos ambientais, dessa forma, novas abordagens para o tratamento de resíduos têm sido exploradas. Nesse contexto, a compostagem apresenta-se como uma alternativa sustentável para o gerenciamento e reciclagem de resíduos sólidos orgânicos, com seu produto final sendo um composto de qualidade que pode ser aplicado benéficamente na terra (MARTÍNEZ-BLANCO et al., 2010). Esse processo é definido como a decomposição biológica e estabilização de substratos orgânicos, sob condições que permitem o desenvolvimento de temperaturas termofílicas como resultado do calor produzido biologicamente, resultando em um produto final estável, livre de patógenos e sementes de plantas que pode ser benéficamente aplicado na terra (HAUG, 1993).

Segundo o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (MONTEIRO et al., 2001), define-se compostagem como o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos e para que isso ocorra não é necessário a adição de qualquer componente físico ou químico à massa de resíduo. Podendo ser desenvolvida de forma aeróbia ou anaeróbia.

Na compostagem anaeróbia, a decomposição é realizada por microrganismos que podem viver em ambientes sem a presença de oxigênio, esse processo ocorre em baixa temperatura, com exalação de fortes odores, necessitando de períodos maiores para a estabilização da matéria orgânica (MONTEIRO et al., 2001). Já na compostagem aeróbia decomposição é realizada por microrganismos



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

que vivem na presença de oxigênio, com a temperatura podendo chegar até 70°C. Os odores emanados nesse tipo de compostagem não são desagradáveis e a decomposição é mais veloz (MONTEIRO et al., 2001).

Uma outra definição de compostagem é proposta por Kiehl (1998), que a define como sendo um processo controlado de decomposição microbiana de oxidação e oxigenação de uma massa heterogênea de matéria orgânica no estado sólido e úmido, passando pelas seguintes fases: uma inicial e rápida de composto imaturo, seguida da fase de semicura ou bioestabilização, para atingir finalmente a terceira fase, a cura, sendo que, durante o processo ocorre produção de calor e desprendimento principalmente de gás carbônico e vapor d'água.

A compostagem é considerada um processo de tratamento de resíduos ambientalmente amigável, ou seja, a matéria orgânica é biologicamente degradada com reduzidos impactos ambientais (SÁNCHEZ et al., 2015). Ela tem sido utilizada como um método eficaz de gerenciamento de RSO, promovendo também, a redução do volume e a complexidade de resíduos que entram no aterro, a reciclagem de nutrientes e a possibilidade de gerar um incremento agrícola de qualidade minimizando, assim, o uso de fertilizantes químicos (BOLDRIN et al., 2010).

Durante a compostagem, ocorre uma variação nos parâmetros do processo ao longo do tempo. Segundo Inacio (2010) o processo de compostagem apresenta quatro fases distintas:

- Fase inicial: nessa fase ocorre a expansão das colônias de microrganismos mesófilos, a intensificação da ação de decomposição e a rápida elevação da temperatura;
- Fase Termófila: caracterizada por temperaturas acima de 45°C, predominando a faixa de 50 a 55°C, quando ocorre plena ação de microrganismos termófilos, com intensa decomposição do material, formação de água, e manutenção da geração de calor e vapor d'água;
- Fase Mesófila: ocorre a degradação das substâncias orgânicas mais resistentes devido aos microrganismos mesófilos. Essa fase apresenta uma significativa redução da atividade microbiana e conseqüente queda da temperatura e perda de umidade na composteira. Enquanto a fase termófila anterior é dominada por bactérias, a partir dessa fase, os fungos e actinomicetos são mais relevantes;
- Maturação: ocorre a maturação do composto com formação de substâncias húmicas, a atividade biológica é baixa e o composto perde a capacidade de auto aquecimento.



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

No gráfico da Figura 01 é possível visualizar as diferentes fases da compostagem e sua ocorrência ao longo do tempo.

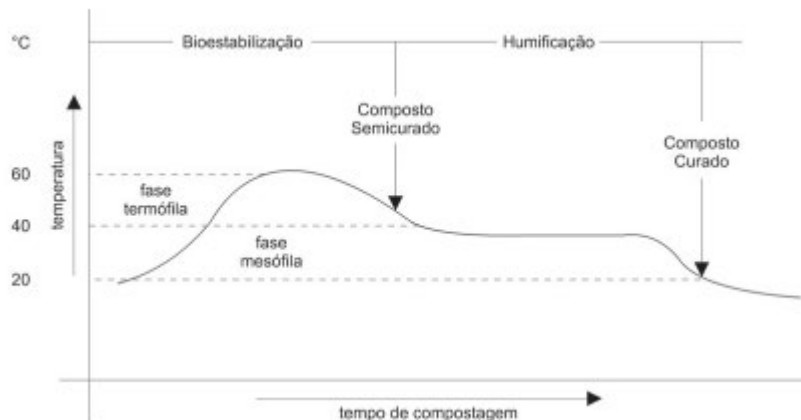


Figura 01: Fases da compostagem ao longo do tempo. Fonte: Kiehl (1998).

Para Monteiro et al. (2001), o processo de compostagem aeróbia pode ser dividido em duas fases. A primeira, chamada de "bioestabilização", caracterizada pela redução da temperatura da massa orgânica que, após ter atingido temperaturas de até 65°C, estabiliza-se na temperatura ambiente. Esta fase dura cerca de 45 dias em sistemas de compostagem acelerada e 60 dias nos sistemas de compostagem natural. A segunda fase, chamada de "maturação", dura aproximadamente 30 dias. Nesta fase ocorre a humificação e a mineralização da matéria orgânica.

Porém, apesar de algumas divergências, ambos autores concordam que ao iniciar o processo a temperatura se eleva e após esse aquecimento, devido a diminuição da atividade microbiana, a temperatura é reduzida iniciando a fase de maturação, onde ocorre a humificação do composto. Dessa forma, o produto resultante é rico em matéria orgânica e pode ser benéficamente aplicado no solo (BARRETO, 2019).

A descrição da compostagem como parte de um grupo de processos de decomposição biológica aeróbia de sólidos nos dá uma perspectiva muito prática do ponto de vista científico e da engenharia. Ou seja, a compostagem como forma de tratamento e aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos (INÁCIO; MILLER, 2009). A compostagem como técnica de tratamento de resíduos orgânicos constitui basicamente de práticas que favorecem a decomposição biológica em temperaturas termofílicas de grandes volumes de matéria orgânica.



Nesse contexto, a fim de contribuir para a política ambiental de um cemitério na Grande Vitória, no Espírito Santo, reduzir o volume de resíduos sólidos desviados para o aterro sanitário e contribuir para uma destinação ambientalmente adequada para os resíduos de podas de árvore, o presente relatório contém a descrição da implementação do processo de compostagem de podas de árvores, e os resultados obtidos com a implantação desse processo em um Cemitério localizado na Região Metropolitana da Grande Vitória.

## METODOLOGIA

A metodologia para a implementação do processo de compostagem no Jardim da Paz foi implementada de acordo com o fluxograma da Figura 2.

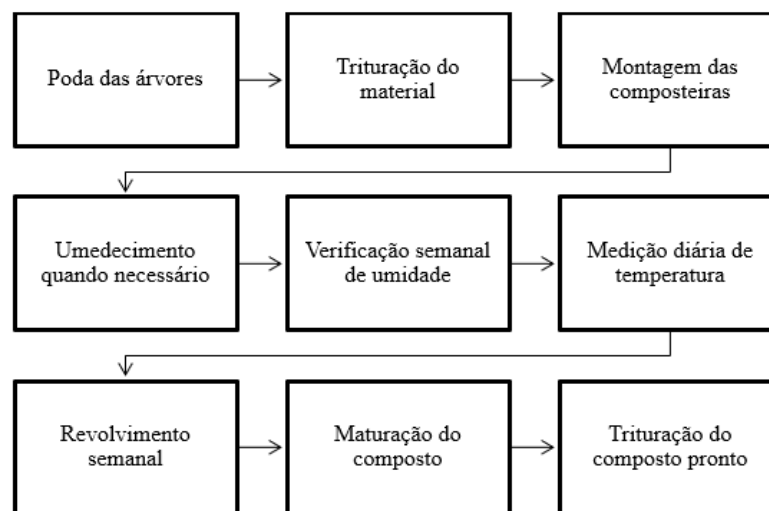


Figura 2: Fluxograma das etapas metodológicas. Fonte: Autores (2024).

As técnicas usualmente implementadas em processos de compostagem, são baseadas nas características físico-químicas dos materiais empregados e buscam garantir a aeração interna da leira, umidade favorável ao processo e equilíbrio na relação C/N (Carbono orgânico/Nitrogênio total). Essas condições ótimas levam a alta atividade microbológica que gera calor no interior das leiras de compostagem (INÁCIO; MILLER, 2009).

A qualidade da engenharia do processo repousa sobre alguns aspectos específicos:



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

- Evitar a proliferação de pragas e vetores;
- Evitar a ocorrência de odores fortes e desagradáveis;
- Evitar excessiva produção de chorume (percolado das leiras);
- Gerar um produto final sem riscos de contaminação do solo e água e adequado para o manuseio;
- Adequado para o uso na agricultura e recuperação de solos.

Os métodos de compostagem podem ser separados em grupos conforme o tipo de aeração, grau de revolvimento das leiras, ou se é realizado em leiras ou de forma confinada. No cemitério o método utilizado foi o de compostagem com revolvimento.

A compostagem com revolvimento de leiras é o método mais difundido no Brasil. O baixo custo de implementação e a simplicidade do método contribuíram para sua difusão. Atualmente, esse método tem sido utilizado por centros de pesquisas, empresas e companhias públicas na compostagem de resíduos (INÁCIO; MILLER, 2009).

As leiras de resíduos no método com revolvimento de leiras podem ter dimensões variadas. No empreendimento elas possuem 2 metros de largura por 6 metros de comprimento. Essas dimensões foram escolhidas de modo a facilitar a operação manual e o despejo de resíduos. Na Figuras 3 e 4 é possível visualizar o procedimento de montagem das leiras e na Tabela 1 é possível visualizar a massa de matéria orgânica (MO) utilizada. Cabe ressaltar que o esterco foi utilizado como ativador do processo biológico, ou seja, teve como objetivo fornecer microrganismos para iniciar o processo de compostagem. A quantidade de esterco utilizada foi aproximadamente cerca de 15,0% da matéria orgânica utilizada na leira.



Figura 3: Montagem das leiras. Fonte: Autores (2024).



Figura 4: Disposição das leiras. Fonte: Autores (2024).



Tabela 01 - Matéria orgânica utilizada na montagem das leiras

Leira	Matéria Orgânica (Kg)	Esterco (Kg)	Total de MO (Kg)
A	754	125	879
B	879	125	1004
C	981	125	1106

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### TEMPERATURA

Durante todo o processo de compostagem a temperatura nos reatores foi monitorada, para que, com isso, a variação desse parâmetro no tempo fosse conhecida e as devidas interpretações efetuadas. A importância da temperatura na compostagem se deve ao fato do processo ser biológico, ou seja, a temperatura influencia diretamente a atividade microbiana dentro dos reatores.

Segundo Kiehl (1998), o primeiro sintoma que se nota com o início da compostagem é a elevação da temperatura do composto, isso ocorre, pois, os microrganismos possuem metabolismo exotérmico, isto é, realizam a decomposição da matéria orgânica gerando calor. Dessa forma, nos dias subsequentes ao início do processo, a decomposição da matéria orgânica começa a gerar calor e a temperatura subir, sendo que nessa ascensão tem-se inicialmente a fase mesófila, com temperaturas ótimas que variam de 25°C à 40°C, seguida de outra fase com temperaturas mais elevadas, essa fase é denominada de termófila com temperaturas ótimas entre 50°C e 55°C, podendo chegar a 85°C em grandes sistemas de compostagem.

Após o monitoramento da temperatura durante o processo, gráficos foram elaborados para embasar a discussão sobre a taxa de variação da temperatura. Dessa forma as Figuras 5 a 7 ilustram a variação desse parâmetro no tempo.

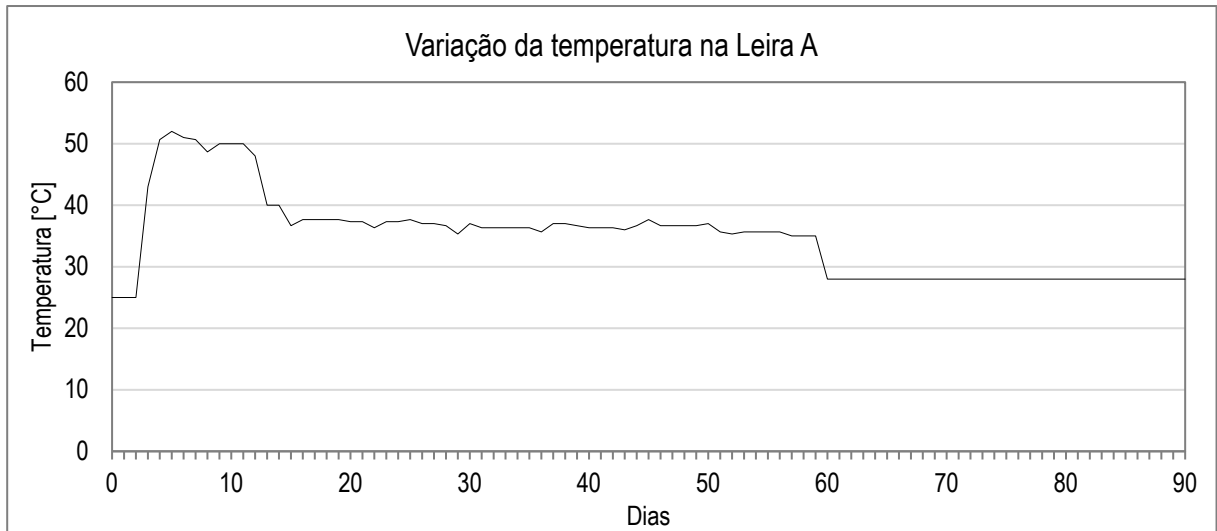


Figura 5: Variação da temperatura na Leira A. Fonte: Autores (2024).

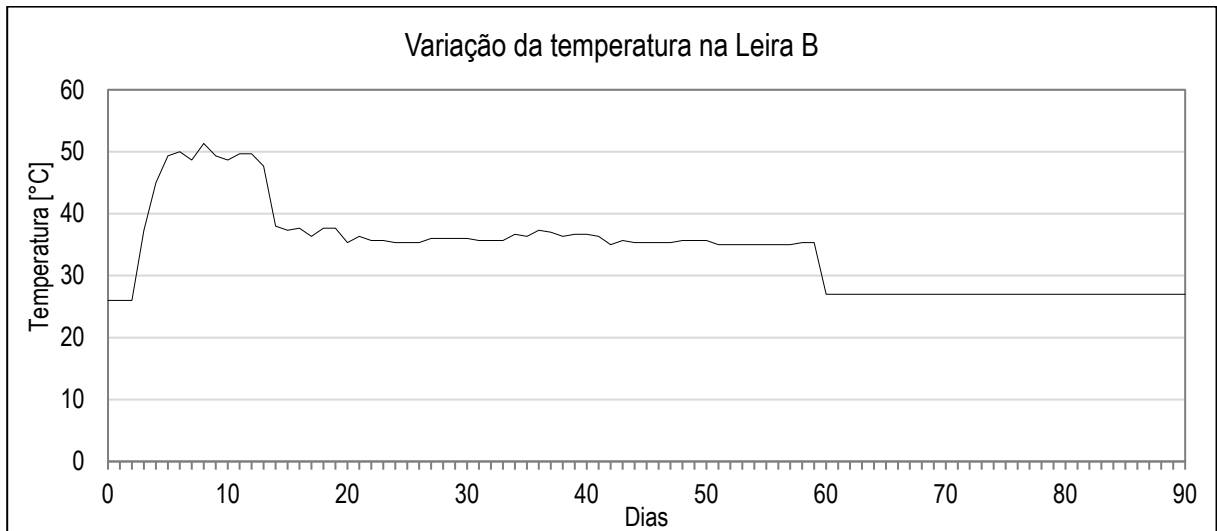


Figura 6: Variação da temperatura na Leira B. Fonte: Autores (2024).



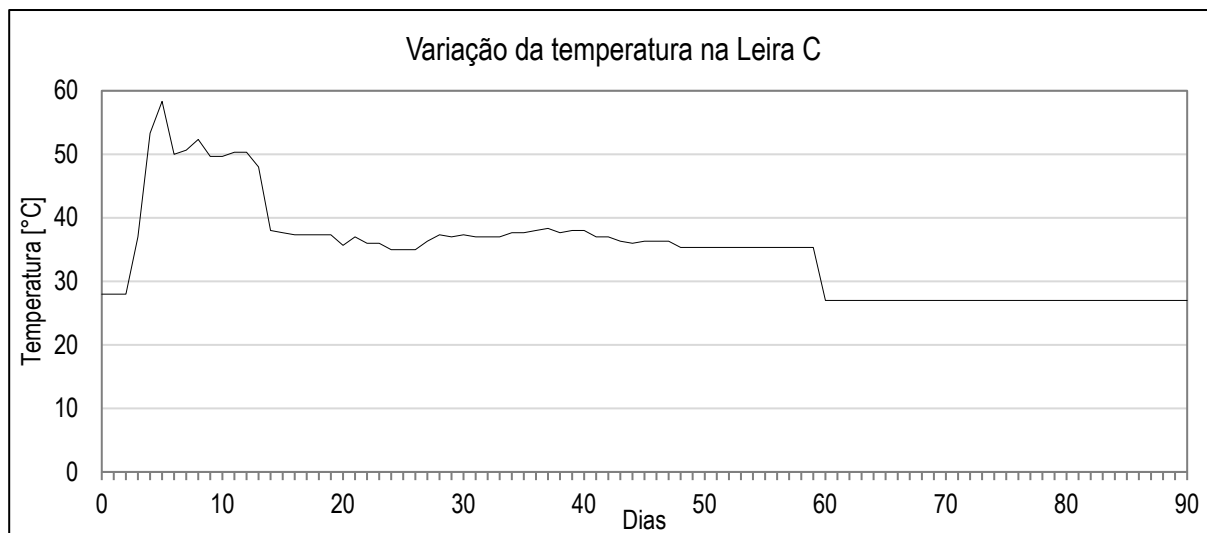


Figura 7: Variação da temperatura na Leira C. Fonte: Autores (2024).

Ao interpretar os gráficos de variação de temperatura, e comparar os resultados obtidos com a curva típica de um sistema de compostagem – curva que foi elaborada a partir de informações encontradas em Kiehl (1998) – nota-se que a variação da temperatura do processo para ambas composteiras obedeceram ao padrão típico de variação.

Esse padrão, proposto por Kieh (1998), foi muito difundido em trabalhos sobre compostagem. Sendo este considerado como ideal, pois é o que mais se aproxima do processo natural de degradação da matéria orgânica.

## TOTAL DE COMPOSTO PRODUZIDO

Após a degradação da matéria orgânica, a massa final do composto é menor do que a massa inicial. Em função disso, o composto final foi pesado e as perdas devido a degradação calculada. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2 - Total de composto produzido e perda por leira

Leira	Matéria Orgânica (Kg)	Perda (Kg)	Perda (%)
A	879	106	12,0
B	1004	125	12,5
C	1106	140	12,7



## EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

Após a maturação do composto, este foi enviado para laboratório para aferição de sua qualidade no que se refere a aplicabilidade no solo. As Tabelas 3, 4 e 5, contém os resultados obtidos na análise dos compostos das Leira A, B e C.

Tabela 3: Valores dos parâmetros analisados para o composto produzido na Leira A.

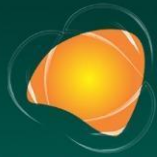
Parâmetro	Valor obtido	Valor desejável
Relação C/N	32/1	Entre 25/1 e 35/1
Carbono Orgânico	21,38%	Mínimo de 15%
Umidade	29,47%	25,0 a 35,0%
pH	6,7	6,0 a 7,5
Matéria Orgânica Total	49,64%	Mínimo de 40%
Nitrogênio	0,67%	Mínimo de 0,5%
Fósforo	0,24%	Entre 0,5 a 1,5
Potássio	0,34%	Entre 0,5 a 1,5
Ferro	0,72%	Maior que 0,2%

Tabela 4: Valores dos parâmetros analisados para o composto produzido na Leira B

Parâmetro	Valor	Valor desejável
Relação C/N	31/1	Entre 25/1 e 35/1
Carbono Orgânico	25,13%	Mínimo de 15%
Umidade	31,02%	25,0 a 35,0%
pH	6,7	6,0 a 7,5
Matéria Orgânica Total	54,97%	Mínimo de 40%
Nitrogênio	0,81%	Mínimo de 0,5%
Fósforo	0,28%	Entre 0,5 a 1,5
Potássio	0,42%	Entre 0,5 a 1,5
Ferro	0,56%	Maior que 0,2%

Tabela 5: Valores dos parâmetros analisados para o composto produzido na Leira C

Parâmetro	Valor	Valor desejável
Relação C/N	31/1	Entre 25/1 e 35/1
Carbono Orgânico	20,25%	Mínimo de 15%
Umidade	31,04%	25,0 a 35,0%
pH	6,8	6,0 a 7,5
Matéria Orgânica Total	46,06%	Mínimo de 40%
Nitrogênio	0,65%	Mínimo de 0,5%
Fósforo	0,34%	Entre 0,5 a 1,5
Potássio	0,50%	Entre 0,5 a 1,5
Ferro	0,60%	Maior que 0,2%



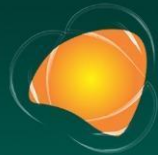
## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tratamento de resíduos de podas de árvores realizado no local da geração, reduz a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários, aumentando assim, sua vida útil, garante economia para a empresa que o realiza, contribuí para o meio ambiente e incentiva a pratica da compostagem para os envolvidos no projeto como forma de educação ambiental destes.

Para a realização do projeto foram montadas e operadas leiras de compostagem, com geometrias em escalas similares, de modo a verificar a viabilidade de seu uso pela equipe de jardinagem do cemitério Jardim da Paz, bem como pela facilidade de operação, para que o tratamento de resíduos de podas de todo o complexo ocorra no local de geração. Isso acarreta em ganhos ambientais e redução de custos com aquisição de adubos orgânicos para adubação da gramínea do empreendimento.

O composto levou cerca de dois meses para entrar na fase de maturação e mais dois meses para maturar e obter o composto pronto para ser utilizado no empreendimento. O composto final apresentou bons níveis de umidade, perda de material satisfatório e a maior parte dos parâmetros de acordo com o estabelecido pela literatura, principalmente no que tange os parâmetros relação carbono e nitrogênio, umidade e matéria orgânica no composto.

Como recomendação final, para o aumento do aporte de nitrogênio, fosforo e potássio, recomenda-se a utilização de resíduos com esses nutrientes, como gramas verdes e flores, por exemplo. Recomenda-se também que parte do processo de maturação final seja feita em um mês na área de produção das leiras e um mês após a trituração do composto, uma vez que após ser triturado, ele ainda atinge temperaturas termófilas.



## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2022. 60 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa SDA n.25**, de 23 de julho de 2009. Aprova as normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples, mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Publicado no D.O.U. de 24 julho de 2009.

BARRETO, Geraldo A.R. et al. **Avaliação de sustentabilidade aplicada a iniciativas de compostagem e vermicompostagem de resíduos orgânicos: estudo de caso em instituições de ensino superior**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 29. 2017, São Paulo. Anais eletrônicos...São Paulo: CBESA, 2017.

HAUG, R.T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Florida: Lewis Publishers, 1993. 400 p

INACIO, C. DE T. **Dinamica de gases e emissões de metano em leiras de compostagem**. 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola Politécnica & Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 3. ed. Piracicaba, 171 p. 1998

MONTEIRO J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: Ibam, 2001. 200 p

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo**. UFV: Viçosa, 2007. 81 p.