



## Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas

Jessica Laine Mendes Bersan<sup>1</sup>, Gisele Aparecida Rodrigues Kelmer<sup>2</sup>, Júlia Righi de Almeida<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária e bolsista do Grupo de Educação Tutorial (GET-ESA/UFJF), Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil. (\*Autor correspondente: [jessica.laine@engenharia.ufjf.br](mailto:jessica.laine@engenharia.ufjf.br))

<sup>2</sup>Engenharia Ambiental e Sanitarista e mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

<sup>3</sup>Doutora em Geotecnia Ambiental, Professora do Departamento de Transportes e Geotecnia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil.

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 28/01/2022 – Revisado em: 04/04/2022 – Aceito em: 07/09/2022

### RESUMO

A compostagem apresenta-se como uma maneira ambientalmente adequada de tratamento dos resíduos orgânicos, uma vez que, por meio dos mecanismos naturais de degradação biológica, converte os resíduos em dois subprodutos que podem ser utilizados como fertilizante natural, na recuperação de áreas degradadas, contribuindo com a redução da emissão de gases de efeito estufa e ainda, como material alternativo para cobertura de aterros sanitários. Somado a isso, uma vez realizada a compostagem, há uma diminuição do volume de resíduos que chega aos aterros, aumentando a vida útil desses locais, consequentemente reduzindo a necessidade de busca por novas áreas, evitando assim, outros impactos, como a contaminação de solos e águas subterrâneas, emissão de gases de efeito estufa e ainda o alto custo de tratamento de seus efluentes. Isso posto, o presente trabalho objetivou analisar a qualidade do composto orgânico proveniente de duas composteiras caseiras, e comparou a viabilidade de sua comercialização com base na legislação brasileira vigente. Apesar de parte dos requisitos mínimos exigidos pela legislação não terem sido atendidos, tais como P, Mg e S, houveram alguns que apresentaram concentração satisfatória, como N (1,96%). Assim sendo, conclui-se que o material produzido possui boa qualidade para uso próprio, pois não apresenta micro-organismos patogênicos, e contém diversos macronutrientes em quantidade satisfatória.

**Palavras-Chaves:** Compostagem, Adubo orgânico, Legislação, Aplicabilidade.

## Evaluation of the nutritional quality of organic compost produced with waste from household compost bins

### ABSTRACT

Composting presents itself as an environmentally appropriate way of treating organic waste, since by means of natural biological degradation mechanisms, it converts waste into two by-products that can be used as natural fertilizer, in the recovery of degraded areas, contributing to the reduction of greenhouse gas emissions and also, as an alternative material for covering sanitary landfills. Added to this, once composting is carried out, there is a decrease in the volume of waste that reaches landfills, increasing the lifetime of these places, consequently reducing the need to search for new areas, thus avoiding other impacts, such as soil contamination and groundwater, emission of greenhouse gases and also the high cost of treating its effluents. That said, the present work aimed to analyze the quality of the organic compost from two homemade composters and compare the feasibility of its commercialization based on the current Brazilian legislation. Although part of the minimum requirements required by legislation were not met, such as P, Mg and S, there were some that showed satisfactory concentration, such as N (1.96%). Therefore, it is concluded that the material produced has good quality for its own use, as it does not present pathogenic microorganisms, and contains several macronutrients in satisfactory amounts.

**Keywords:** Composting, Organic Fertilizer, Legislation, Applicability.

Bersan, J. L. M., Kelmer, G. A. R., Righi, J. A. (2022). Avaliação da qualidade nutricional de composto orgânico produzido com resíduos provenientes de composteiras domésticas. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.10, n.2, p.240-258.



## 1. Introdução

Atualmente, a preocupação com a destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tem alcançado patamares cada vez maiores, devido aos crescentes impactos em todos os setores da sociedade (Barbosa et al., 2019). De acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (Abrelpe, 2020), 45,3% dos RSU produzidos no país são constituídos pela fração orgânica. Ainda segundo Abrelpe (2020), as formas de destinação mais comuns são os aterros sanitários (59,5%), seguido dos aterros controlados (23%) e lixões (17,5%). A parcela orgânica em degradação confinada nessas locais possui elevado potencial de contaminação, devido ao fato de liberar gases de efeito estufa e chorume, sendo este último caracterizado como líquido resultante da infiltração de águas pluviais no maciço, e da água que constitui os resíduos orgânicos durante sua decomposição (Siqueira & Abreu, 2016).

Uma alternativa viável de destinação adequada e redução do volume dos resíduos orgânicos gerados nos grandes centros urbanos tem sido a compostagem, que consiste em uma forma de reciclagem da fração orgânica do lixo por meio de processos biológicos de transformação desses resíduos em substâncias húmicas. Tal prática constitui uma solução interessante por permitir redução de custos com tratamentos por aterros, como também pelo fato de produzir um condicionador e fertilizante com valor na recuperação de solos com baixos teores de matéria orgânica e nutrientes (Sousa Júnior, 2011; Bakman, 2021).

O processo de compostagem pode, ainda, ser executado localmente, seja pelo método de leiras, recomendado para as propriedades ou estabelecimentos com grande geração de resíduos ou pelo método de caixas, empregado de forma doméstica em casas ou apartamentos (Bersan, Kelmer, Righi, 2020). A compostagem doméstica de matéria orgânica traz vários benefícios socioambientais, e quando realizada dentro da correta técnica aplicável, é considerada uma alternativa ambiental segura e definitiva, além de colaborar para a descentralização da responsabilidade sobre a gestão dos resíduos, em conformidade com o proposto pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010; Wangen & Freitas, 2010; Monteiro, 2016).

Assim, a utilização da compostagem mostra-se de extrema relevância em um cenário de busca à sustentabilidade, fazendo-se necessário a execução de pesquisas científicas no intuito de aperfeiçoar e expandir esta prática (Sousa Júnior, 2011). Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a qualidade nutricional do composto orgânico proveniente de duas composteiras domésticas, produzido no ano de 2021 no decorrer de 4 meses, a fim de realizar uma análise qualitativa dos seus parâmetros e comparar a viabilidade de seu uso com a legislação brasileira vigente. O estudo apresentará também uma discussão acerca da praticabilidade dessa forma de compostagem considerando a situação atual do Brasil, além das vantagens provenientes do uso do composto orgânico nas mais diversas aplicações.

## 2. Aplicações do composto orgânico

Existem inúmeros benefícios para o reaproveitamento de resíduos, uma vez que evita os efeitos negativos que os mesmos trazem quando são dispostos de maneira inadequada no meio ambiente (Marques et al., 2018). Nesse sentido, a aplicação de resíduos orgânicos em processos como a compostagem, minimiza problemas como a liberação de chorume e gases de efeito estufa, além de problemas de recalques e instabilidades em maciços de aterros decorrentes da grande fração de material orgânico presente no lixo.

Dentre os benefícios, os subprodutos provenientes da compostagem podem ser aplicados em diversas finalidades tais como na agricultura, a partir do fertilizante natural gerado, na recuperação de áreas degradadas, reduzindo a emissão de gases do efeito estufa e ainda, como material alternativo de cobertura de aterros (Silva, 2007; Righi, 2011; Costa et al., 2018).

## 2.1 Fertilizante natural e recuperação de áreas degradadas

A partir do processo de compostagem é obtido o composto orgânico, substrato rico em nutrientes e de baixo custo que, dentre outras vantagens, fornece à planta sustentação, macro e micronutrientes, aumento na capacidade de troca catiônica e uniformidade de estabelecimento de plântulas (Kiehl, 2012).

O composto, também conhecido como adubo sólido, é considerado um fertilizante orgânico com inúmeras vantagens, dentre as quais, ressalta-se: a capacidade de melhorar os atributos físicos (densidade aparente), químicos (capacidade de troca catiônica) e biológicos (abundância e diversidade de organismos) do solo (Oliveira et al., 2005) com potencial de aumentar sua produtividade (Sousa et al., 2016).

Respeitando-se determinados parâmetros, o composto orgânico pode ser registrado como fertilizante orgânico classe C (adubo produzido com matéria-prima oriunda de lixo domiciliar com utilização segura na agricultura), conforme estabelecido pela Instrução Normativa nº 25, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Baptista, 2013).

Santos et al. (2014) afirma que hortaliças cultivadas com substrato produzido em compostagem escolar apresentam alto padrão de qualidade. Mattos et al. (2015) apresenta resultados positivos na utilização das sementes descartadas espontaneamente de seus frutos, na produção de plântulas tendo como substrato o húmus resultante do processo de compostagem. Garcia & Fenz (2020), por meio de uma oficina teórica e prática para a produção de adubo a partir da compostagem aos agricultores de Camurituba-Beira (PA), obteve um adubo que quando utilizado em diversos cultivos, apresentou melhora nos aspectos físicos mantendo a produtividade em tempo hábil para a comercialização.

Segundo Ruellan (1995), além do composto orgânico poder ser utilizado como fertilizante, condicionador de solo ou substrato para produção de mudas, também pode ser aplicado na recuperação de áreas desmatadas e de solos exauridos, causados por erosão ou por uso irracional feito pelo homem.

É interessante notar a crescente dualidade existente atualmente: se de um lado há grande acúmulo e desperdício nas áreas urbanas, por outro percebe-se o esgotamento da fertilidade nas áreas rurais (Siqueira et al., 2016). A maior parte dos resíduos alimentares não são aproveitados já que a destinação massiva é para aterros sanitários e controlados, tornando os centros urbanos verdadeiros “ralos” por onde se esvaem os nutrientes (Barbosa, 2007).

A erodibilidade do solo, caracterizada como sua suscetibilidade ao processo erosivo, está diretamente relacionada às suas características, merecendo especial destaque o teor de matéria orgânica (Miranda & Santiago, 2018). Para Lopes (2007), o conhecimento da fertilidade do composto orgânico é relevante para recompor com eficiência os nutrientes que estão desbalanceados no solo, sendo fundamental para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais e melhoria física e química dos solos.

Lopez & Seiffert (2006), utilizaram o composto orgânico produzido no ambiente urbano em uma área onde ocorre a mineração de areia, para a recuperação de áreas degradadas. O material apresentou grande potencial para a melhoria da qualidade do solo, por meio da incorporação de resíduos orgânicos em áreas extremamente deficientes em matéria orgânica, inibindo a necessidade de serem dispostos em locais de possíveis impactos, como lixões ou aterros sanitários.

Faria et al. (2020) avaliaram a compostagem da casca de café carbonizada como método para produzir mudas de ingá em áreas degradadas. Os substratos provenientes do processo apresentaram resultados superiores para as características morfológicas de crescimento das mudas, resultando em maiores médias absolutas para a maioria das características das mesmas.

## 2.2 Redução na emissão de gases de efeito estufa e cobertura dos resíduos nos aterros sanitários

Segundo o Snis (2018), apenas aterros sanitários são unidades de disposição final adequadas, pois contam com sistemas de proteção ambiental e de segurança do trabalho, tanto em sua operação

(impermeabilização de base, drenagem, tratamento de lixiviados e gases, cobertura periódica com solo) quanto em seu monitoramento geotécnico e das águas subterrâneas e superficiais.

No Brasil, a maior parte dos RSU coletados são dispostos em aterros sanitários, tendo registrado um aumento de 10 milhões em uma década, passando de 33 milhões para 43 milhões de toneladas por ano (Abrelpe, 2020). Para Jardim et al. (2012): “Confinado nesses locais, a parcela orgânica em degradação possui elevado potencial de contaminação ao liberar gases de efeito estufa e chorume”.

Sistemas de captura e aproveitamento do biogás em aterros sanitários ainda não são uma realidade em todas as unidades do Brasil (Abrelpe, 2020). Sendo assim, a adoção de práticas de compostagem dos resíduos orgânicos nessas obras de engenharia se mostra como uma solução interessante para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa. Ainda segundo Abrelpe (2020), o processo de compostagem evita emissões em uma proporção de 3 kg CH<sub>4</sub>/ton de resíduos, sendo que de acordo com Audibert e Fernandes (2012), um aterro sanitário gera 270 Nm<sup>3</sup> biogás.ton<sup>-1</sup> resíduo aterrado. Segundo McDougall et al. (2001), os sistemas de tratamento de resíduos que utilizam tecnologias de compostagem e aterro sanitário juntamente diminuem, em média, cerca de 50% de volume de gases do que aqueles que não são operados com pátio de compostagem por exemplo, em virtude da biodegradação aeróbia da matéria orgânica, que produz menos gases, diminuindo assim a geração destes no aterro.

Outra importante aplicação do composto orgânico é sua utilização como material de cobertura de aterros sanitários, que deve ser feita de maneira adequada, haja vista que a dificuldade no controle da entrada de água pluvial em seu interior é um dos fatores mais preocupantes durante sua vida útil e após seu fechamento, gerando instabilidade geomecânica e gastos no tratamento e monitoramento (RIGHI, 2011).

Segundo Costa et al. (2018), as camadas de cobertura de aterros podem ser do tipo convencional, podendo ser formadas por solos argilosos compactados, ou do tipo alternativa, feita utilizando-se solos e outros materiais tais como produtos de compostagem. Um exemplo de camada alternativa é a camada oxidativa, que utiliza a mistura de solo com materiais ricos em matéria orgânica com o intuito de aumentar a retenção da água, reduzir os efeitos da erosão e aumentar o potencial de oxidação do metano (CH<sub>4</sub>), tendo como consequência uma redução das emissões de gases de efeito estufa (Costa et al., 2018).

O produto da compostagem pode também ser utilizado em barreiras capilares, que são definidas como camadas alternativas para cobertura de aterros, formadas pela disposição de uma porção de solo fino sobre outra camada de solo grosso, podendo ser constituídas pelo próprio RSU submetido ao processo de compostagem (Righi, 2011). Ainda segundo Righi (2011), essa barreira tem como função não impedir o processo contínuo de degradação dos resíduos, podendo reduzir o tempo de operação e expandir a vida útil do aterro sanitário, diminuir a utilização de solo de áreas de empréstimo e controlar a geração de lixiviado.

O trabalho de Costa et al. (2018), comparou por meio de ensaios de coluna a eficiência da camada de cobertura de aterro sanitário do tipo oxidativa em relação à camada convencional. Os resultados apontam que a oxidativa se mostrou mais eficiente tanto na redução de emissões como na capacidade de retenção de água, sugerindo que estas podem se tornar uma alternativa tecnológica para regiões onde exista escassez de solos argilosos.

Comparações entre diferentes coberturas também foram realizadas no trabalho de Lopes (2011), o qual contou com estudos em uma célula experimental do aterro controlado da Muribeca (PE). Dentre as configurações de cobertura estudadas foram contempladas a camada convencional e a metanotrófica, constituída da mistura de solo e composto. A camada metanotrófica apresentou emissões de CH<sub>4</sub> seis vezes inferior à camada convencional, além de uma eficiência de oxidação de CH<sub>4</sub> três vezes superior.

O uso do composto apresenta-se como uma alternativa promissora para a cobertura final de aterros, principalmente para aqueles onde não é viável a instalação de sistemas de extração de biogás e também em aterros antigos, evitando assim emissões de CH<sub>4</sub> após o fechamento (Lopes, 2011).

### 2.3 Fonte de renda

A compostagem se mostra como um processo vantajoso, pois além de permitir a diminuição da disposição de resíduos em aterros e lixões, forma dois subprodutos ricos em nutrientes: o adubo sólido, também chamado de composto orgânico, e o adubo líquido, conhecido como biofertilizante (Bersan; Kelmer; Righi, 2020). Isto, além de contribuir para minimizar os problemas ambientais, pode ser uma alternativa de geração de trabalho e renda feita através da comercialização direta dos subprodutos obtidos, ou também por meio do reaproveitamento dos mesmos para a produção de novos produtos de maior valor agregado (Júnior, 2011).

A produção de adubo proveniente da compostagem é uma maneira eficiente de estimular o ciclo produtivo devido a transformação de determinados resíduos, que normalmente estariam dispostos em aterros, em novos produtos, podendo ser comercializados e utilizados como forma de geração de renda (Garcia; Fenzl, 2020).

Ambos os subprodutos originados do processo de compostagem podem ser utilizados como fonte de renda por meio de sua comercialização, os quais devem obedecer às especificações contidas no Decreto nº 4954 (2004), que dispõe sobre a fiscalização e a comercialização de biofertilizantes destinados à agricultura e à Resolução nº 481 (2017), que estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências.

Segundo Corrêa et al. (2016), a ineficiência de todo o sistema de gerenciamento dos resíduos, como serviços de transporte, transbordo e aterramentos, leva ao desperdício de materiais que muitas vezes podem ser transformados em produtos com valor agregado. Junior (2011) afirma que o composto sólido proveniente da compostagem dos resíduos urbanos feito em Mossoró (RN), utilizando pilhas, mostrou-se além de ser um bom condicionante do solo, com potencial para melhorar as propriedades físicas de qualquer solo e o pH de solos ácidos, também como uma ferramenta para a geração de renda.

É possível encontrar anúncios de diversos estabelecimentos e pequenos empresários, tanto na internet quanto em lojas físicas que comercializam tais subprodutos. A Tabela 1 apresenta uma síntese de alguns anúncios, sendo estes referentes ao ano de 2021, a fim de se ilustrar o valor de cada item.

**Tabela 1** - Pesquisa de preço de adubo orgânico e biofertilizante

Subproduto	Marca	Preço
Adubo orgânico	Sumisan	R\$ 19,00 kg
	Bokashi	R\$ 11,90 kg
Biofertilizante	Ekó	R\$ 30,00 L
	Alquifish	R\$ 50,00 L

Fonte: Acervo dos autores

### 3. Compostagem como ferramenta de gestão dos resíduos

Para os gestores públicos, a adoção da compostagem em larga escala pode ser um empecilho devido à dificuldade em separar resíduos orgânicos dos recicláveis e rejeitos; além disso, a baixa aceitação da prática também pode ser atribuída a um processo histórico de usinas mal planejadas, da falta de conhecimento e domínio sobre a tecnologia envolvida e da ausência ou ineficiência de programas de coleta seletiva (Siqueira & Abreu, 2016).

Segundo Siqueira (2014), sistemas centralizados são mais falíveis que descentralizados por serem onerosos e produzirem um composto que frequentemente mais se aparenta com um resíduo do que com um produto. No levantamento feito pelo mesmo autor, 82% das experiências centralizadas identificadas foram encerradas, ao passo que a taxa de extinção das atividades descentralizadas foi de apenas 27%.

Nesse sentido, atividades descentralizadas podem ser eficientes na tarefa de diversificar a gestão de resíduos nos municípios e desviá-los da disposição final. A compostagem descentralizada tem como princípio tratar a fração orgânica o mais próximo possível do local onde eles foram gerados, como por exemplo, no próprio domicílio, em áreas institucionais de um bairro, de uma indústria e de uma escola (Massukado; Schalch, 2010).

A descentralização da compostagem pode, ainda, trazer benefícios na redução de custos com transporte e aterramento, no aumento na taxa de compostagem e da consciência ambiental das comunidades, além do fomento do uso de tecnologias de baixo custo, baseadas, principalmente, na mão de obra, que criam empregos locais (Massukado, 2008; Siqueira, 2014).

A relevância da compostagem descentralizada pode ser comprovada pela Revolução dos Baldinhos, um movimento baseado em envolvimento comunitário utilizado como ferramenta para promover saneamento, saúde pública, agricultura urbana e capital social em ambientes vulneráveis (Abreu, 2015). A “Revolução dos Baldinhos” é um projeto de compostagem comunitária assessorado pela ONG Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo (CEPAGRO), na Comunidade Chico Mendes em Florianópolis – SC, no qual famílias e instituições separam seus resíduos orgânicos em baldes, levados até pontos de entrega voluntária (PEV’s), distribuídos pela comunidade, e em troca recebem o composto produzido para fertilização de hortas em espaços disponíveis

#### 4. Qualidade nutricional do composto

A qualidade do composto final está diretamente relacionada com a da matéria-prima, que deve ser livre de impurezas, e para isso, os resíduos orgânicos precisam ser descartados separadamente no local de origem (Siqueira; Abreu, 2016). Tal fato é facilitado a partir de práticas de compostagem descentralizadas, em especial na doméstica, onde o gerador pode ter maior controle da segregação de resíduos na fonte.

Devido ao fato de a compostagem ser um processo de decomposição aeróbia, o monitoramento e controle dos fatores físicos, físico-químicos e biológicos se fazem necessários para a obtenção de um composto que apresente a qualidade requerida para atuar como condicionador do solo ou até como fertilizante orgânico (Massukado; Schalch, 2010). Esses fatores são controlados na compostagem doméstica por meio de métodos empíricos, como a dosagem de material verde e material castanho, o revolvimento do composto em produção, dentre outros fatores.

Para a garantia da produção de um composto orgânico de qualidade nutricional satisfatória, a legislação brasileira traz limites máximos e mínimos a serem respeitados para alguns parâmetros, como pH, relação carbono/nitrogênio (C/N), umidade, metais pesados, micro e macronutrientes, carbono orgânico e capacidade de troca de cátions. A Tabela 2 mostra as principais leis e instruções normativas, no âmbito federal, referentes ao composto orgânico.

**Tabela 2** - Relação das leis brasileiras relacionadas à qualidade do composto orgânico

<b>Lei, Decreto ou Instrução Normativa</b>	<b>Descrição</b>
Lei nº 6.894, de 16/12/1980	Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes (Redação dada pela Lei nº 12890, de 2013)
Decreto nº 4.954, de janeiro de 2004	Aprova o Regulamento da Lei 6.894/80, que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes

---

Instrução Normativa nº 24, de agosto de 2007	Reconhece os métodos analíticos
Instrução Normativa nº 28, de agosto de 2007	Aprova métodos analíticos para fertilizantes
Instrução Normativa nº 53, de outubro de 2013	Dispõe sobre as definições, a classificação, o registro e fiscalização do comércio de fertilizantes (Com as alterações da IN nº 3 de 15/01/2020)
Resolução nº 481 de outubro de 2017	Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos
Instrução Normativa nº 39, de agosto de 2018	Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, registro de produto, autorizações, embalagem, rotulagem, documentos fiscais, propaganda e tolerâncias dos fertilizantes minerais destinados à agricultura (Com as alterações da IN nº 61, de 08/07/2020)

---

**Fonte:** Acervo dos autores

## 5. Metodologia

Neste trabalho, utilizou-se de duas composteiras domésticas, sendo uma de 5 e outra de 3 andares, identificadas como composteiras 1 e 2 respectivamente, para a disposição dos resíduos orgânicos, conforme mostra a Figura 1 (A e B). As composteiras foram feitas baseadas na necessidade de disposição de alimentos orgânicos produzidos em suas respectivas casas, ou seja, quanto mais resíduo orgânico é gerado na residência, maior será a quantidade de andares necessários na composteira.

**Figura 1 (A e B)** – Composteiras 1 e 2



**Fonte:** Acervo dos autores

Os resíduos orgânicos foram pesados diariamente no decorrer de 4 meses, utilizando-se uma balança de precisão e dispostos em um recipiente de armazenamento temporário, sendo direcionados à composteira

quando este estivesse completamente cheio. Além dos resíduos, adicionou-se serragem de madeira, uma potencial fonte de carbono, necessária para o sucesso do processo de compostagem.

Quando os resíduos eram dispostos nas composteiras, a quantidade de serragem e demais materiais castanhos tais como restos de folhas secas também eram pesados, a fim de garantir a correta aeração e contribuir com a eficiência do processo. Em seguida, ocorria o revolvimento feito com o auxílio de uma pá e cobria-se a composteira, conforme pode-se ver na Figura 2 (A e B). A temperatura do composto sólido também foi medida diariamente utilizando-se um termômetro digital, conforme ilustra a Figura 2 (C).

**Figura 2 (A, B e C) –** Processo de revolvimento, aeração e medição da temperatura nas composteiras



Fonte: Acervo dos autores

Os dados de evolução da temperatura e tipo de resíduo depositado foram compilados utilizando uma planilha no programa *Excel*. Ao final de 4 meses de coleta de dados, retiraram-se duas amostras representativas de 500g de composto, do balde que recebeu resíduos até o dia 13/12/2020 em cada uma das composteiras. A escolha do balde foi devido ao fato de que ambos tinham o mesmo tempo de degradação do composto. As amostras foram enviadas para análise no dia 12/04/2021, totalizando 120 dias de estabilização do material orgânico. Para a amostragem (Figura 3), utilizou-se a metodologia de quarteamento proposto pela NBR 10.007 (ABNT, 2004), com adaptações, como segue:

- 1) Pré-homogeneização dos resíduos na composteira com o auxílio de uma pá de jardinagem descontaminada;
- 2) Disposição dos resíduos sob uma manta plástica e revolvimento da pilha de resíduos com o auxílio da pá;
- 3) Divisão em quatro partes iguais da amostra, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes;
- 4) Mistura das partes não descartadas e repetição do processo de quarteamento até que a obtenção do volume de 500g;
- 5) Armazenamento da amostra em uma sacola plástica descontaminada.



**Figura 3 – Amostragem do composto sólido**

Fonte: Acervo dos autores

As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos Viçosa, localizado em Viçosa - MG, onde analisaram-se os parâmetros nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B), pH em H<sub>2</sub>O, carbono orgânico (C org), relação carbono/nitrogênio (C/N) e umidade.

Faz-se importante ressaltar que as análises de contaminantes, como, por exemplo, metais pesados e *E. coli*, não foram feitas em virtude do método de separação dos resíduos orgânicos, realizado diretamente da fonte produtora e com uma separação rigorosa dos orgânicos depositados, impedindo assim, qualquer tipo de contaminação.

## 6. Resultados e discussões

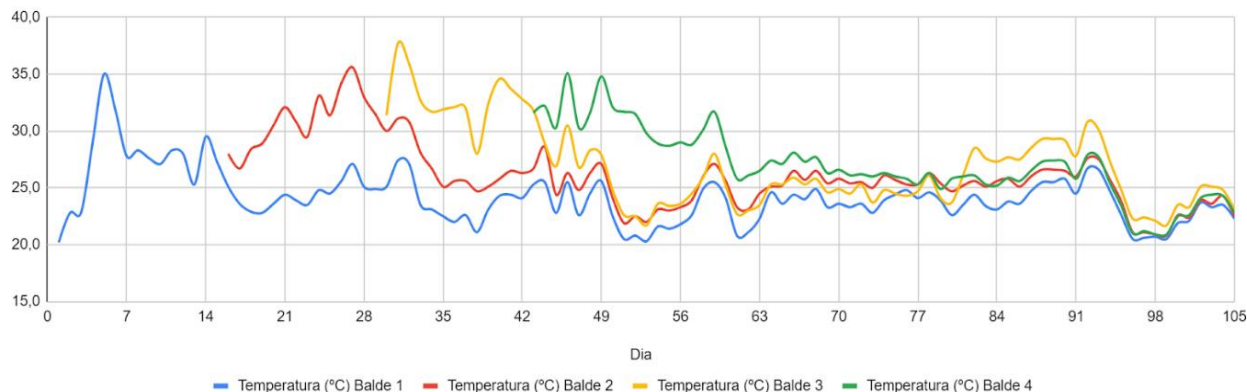
Os resultados obtidos no presente trabalho foram agrupados em três itens, a saber: (i) temperatura das composteiras, (ii) resíduos depositados e (iii) qualidade nutricional do composto. Os dados coletados são apresentados e discutidos nas seções a seguir.

### 6.1 Temperatura das composteiras

As figuras 4 e 5 mostram as temperaturas observadas nas composteiras 1 e 2, respectivamente. A análise da variação diária de temperatura das composteiras possibilitou a percepção de que nos dias em que se realiza a disposição dos resíduos ocorre um súbito aumento da temperatura, o que evidencia a atuação dos micro-organismos na degradação do material depositado.

**Figura 4 –** Temperaturas observadas na composteira 1

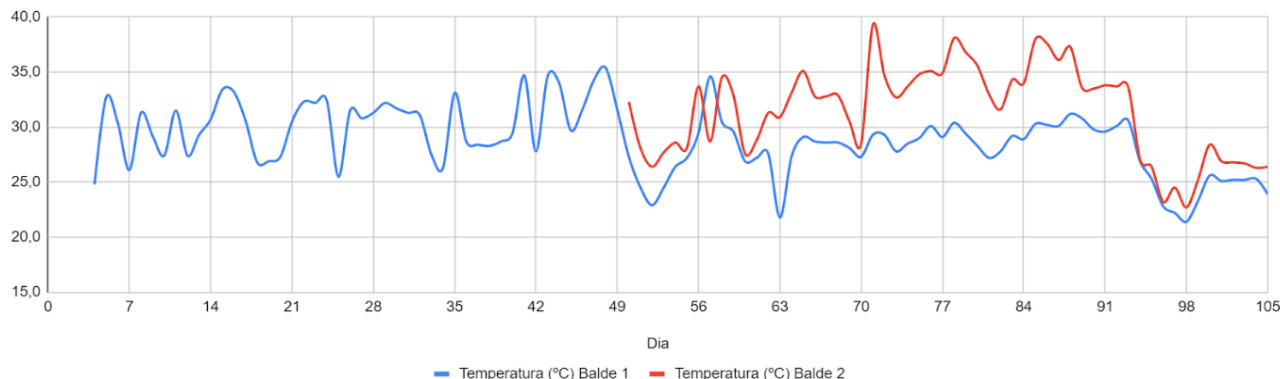
Temperatura (°C) ao longo do tempo (dias) - Composteira 1



Fonte: Acervo dos autores

**Figura 5 –** Temperaturas observadas na composteira 2

Temperatura (°C) ao longo do tempo (dias) - Composteira 2



Fonte: Acervo dos autores

O processo geral de compostagem pode ser dividido em três fases segundo sua variação de temperatura: mesofílica, termofílica e de maturação. Inicialmente, a decomposição da matéria orgânica é conduzida por micro-organismos mesófilos de metabolismo exotérmico, e quando a temperatura se eleva, a atividade microbiológica mesofílica é suprimida pela implantação de uma comunidade microbiana termofílica (Freitas; Wieser; Stefanutti, 2017).

A fase termofílica da compostagem proporciona a redução de populações bacterianas oriundas de resíduos orgânicos domésticos, contribuindo para a estabilização do composto. Os valores máximos de temperatura do presente trabalho foram em torno de 38°C, confrontando valores da literatura, que assumem que o processo pode chegar a 70°C (Heck et al., 2013).

Dessa forma, o período termofílico mínimo necessário para redução de agentes patogênicos estipulado pela Resolução CONAMA 481 de 2017 (> 60°C por 3 dias) não foi atingido. Todavia, em função do método de operação das composteiras, no qual utilizou-se a segregação dos resíduos diretamente na fonte com garantia da qualidade da matéria-prima alimentada, pode-se inferir que este tipo de manejo não permite que haja concentração de micro-organismos patogênicos.

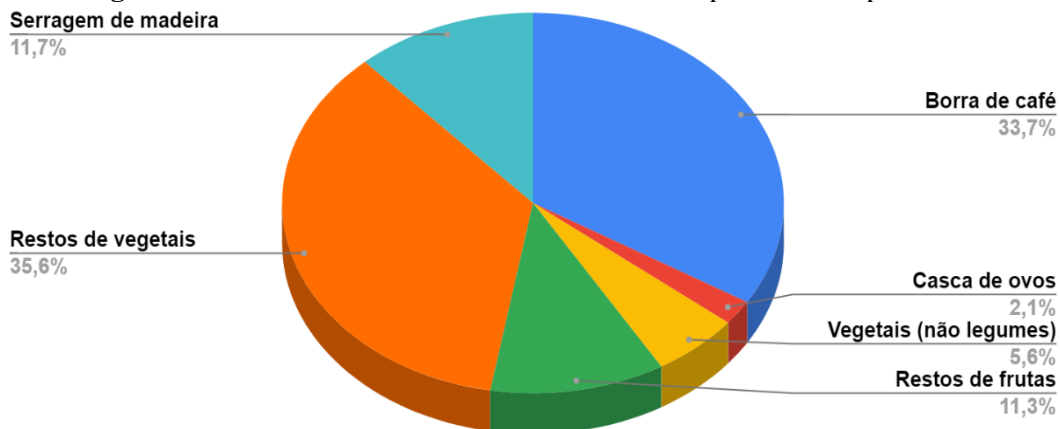
## 6.2 Resíduos depositados

Para um melhor conhecimento do material depositado nas composteiras e, conseqüentemente, do composto gerado, os resíduos orgânicos que alimentaram as composteiras foram separados em seis grupos, a saber: resto de frutas, restos de vegetais (não legumes), restos de vegetais, serragem de madeira, borra de café e casca de ovos. Essa separação foi feita visando a agrupar os resíduos que possuem maior familiaridade em suas características. Foi utilizado a relação C/N dos grupos para subdividi-los nas seis classes anteriormente citadas, sendo estas expressas com seus respectivos autores de referência: i) Restos de frutas: C/N= 35:1 (Diaz et al., 1996); ii) Restos vegetais (não legumes): C/N= 11-12:1 (Diaz et al., 1996); iii) Restos de vegetais: C/N= 11-13:1 (Wagner, 2017); iv) Serragem de madeira: C/N= 865:1 (SENAR, 2006); v) Borra de café: C/N= 25:1 (SENAR, 2006); vi) Casca de ovos: C/N= 14-82:1 (Gaspodini et al., 2018).

Ao final do processo de coleta de dados, a composteira 1 produziu um total de 27,92 kg de adubo orgânico, enquanto que a composteira 2, 13,78 kg. A diferença de massa pode ser explicada pelos diferentes hábitos alimentares de cada uma das residências onde as composteiras foram instaladas, como, por exemplo, o hábito de cozinhar mais vezes em casa.

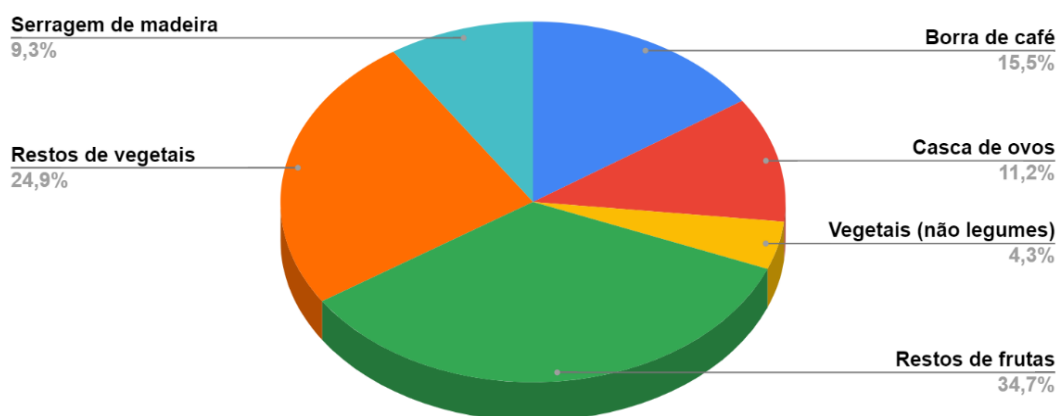
A constituição dos resíduos depositados nos baldes dos quais foram retiradas as amostras de composto para análise, das composteiras 1 e 2, são mostradas nas Figuras 6 e 7.

**Figura 6** – Resíduos constituintes da amostra de composto da composteira 1



Fonte: Acervo dos autores

**Figura 7** – Resíduos constituintes da amostra de composto da composteira 2



Fonte: Acervo dos autores

### 6.3 Qualidade nutricional do composto gerado

Os resultados obtidos para os macronutrientes primários N, P, K, e para os macronutrientes secundários Ca, Mg, S, além dos parâmetros CO e Na, e a comparação com os valores existentes nas legislações vigentes expressas na Tabela 2, podem ser consultados na Tabela 3.

**Tabela 3** – Resultado das amostras de composto orgânico

Macronutrientes	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	IN ° 23/2005	IN ° 61/2020 (Fertilizantes orgânicos simples sólidos)
N	1,96	1,37	min 1%	min 1%
P	0,31	0,34	-	min 1%
K	1,44	1,12	-	min 1%
Ca	5,87	26,59	-	min 1%
Mg	0,28	0,41	-	min 1%
S	0,22	0,21	-	min 1%
CO	21,52	15,28	min 15%	min 8%
Na	0,029	0,096	-	-

**Fonte:** Acervo dos autores

Para a consulta na IN n° 61/2020, o composto foi admitido como Fertilizante Orgânico Simples Sólido - Classe “A” pois utiliza, em sua produção, matéria-prima incluindo aquelas de origem mineral, vegetal e animal, como, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

É possível perceber que, comparando-se os resultados obtidos com o apresentado pela legislação, os macronutrientes N, K, Ca e CO atingiram os teores mínimos exigidos para comercialização nas duas amostras analisadas. Entretanto, P, Mg e S apresentaram valores inferiores aos estipulados pela legislação. Não foram encontrados valores de referência para o parâmetro sódio (Na) na legislação.

Junior et al. (2006) discorre a respeito da diversidade de alimentos que compõem o composto orgânico e sobre a diferença do tempo de degradação de cada um, permitindo assim, que se tenha um fluxo contínuo de nutrientes quando dispostos no solo. De acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), a mineralização de alguns resíduos orgânicos pode demorar mais de 1 ano para ocorrer completamente. A exemplo disso, a conversão do fósforo da forma orgânica para a mineral ocorre 50% no primeiro ano, 20% no segundo ano e 20% após o segundo ano; a do nitrogênio, 50% no primeiro ano, 20% no segundo ano e 30% após o segundo ano e a do potássio, 100% no primeiro ano. Portanto, isto pode ser uma explicação para os valores abaixo da norma para o P e para os valores limiares de N e K.

A respeito dos demais parâmetros, Mg e S também apresentaram valores inferiores ao da legislação vigente. Junior et al. (2006), em seu estudo sobre adubação do solo com composto orgânico, mostrou como justificativa, para os baixos teores de magnésio, a possibilidade do cálcio ou mesmo o potássio terem deslocado o Mg do complexo de troca, favorecendo a lixiviação desse nutriente. Acerca do S, Martins (2018) apresentou a justificativa para valores de Ca e S mais elevados na ausência de adubação com composto orgânico, o efeito de diluição e pouca mobilidade que ambos os nutrientes apresentam. Assim sendo, o revolvimento ineficiente na amostragem do composto pode ser uma justificativa para os baixos teores de enxofre.

Alvarez et al. (2007) apresenta a justificativa de que em solos com pH elevados, ou seja, com valores maiores que 7, ocorre a precipitação de P e S em decorrência da reação com o Ca, causando efeitos negativos

para a nutrição das plantas. Referente ao parâmetro Ca, é interessante notar que a Amostra 2 obteve um valor muito acima do estipulado pela norma, e também em comparação a Amostra 1. Tal fato pode ser explicado pela disposição de cerca de 11,2% de cascas de ovos na composteira 2, enquanto que na 1 houve apenas 2,1%. Segundo Natale et al. (2005), esse nutriente é interessante para a melhoria da qualidade do fruto, que contribui para a maior firmeza da casca e reduz as perdas após a colheita.

Faz-se importante citar também a diferença entre os valores de Carbono Orgânico (Corg) obtidos nas duas amostras, sendo que a Amostra 1 obteve um valor 40,1% superior a Amostra 2. Tal fato pode ser explicado pela disposição de resíduos com maior relação carbono/nitrogênio na composteira 1, como serragem, borra de café e restos de vegetais.

Em relação aos macronutrientes que apresentaram valores inferiores ao da legislação vigente, uma possível explicação pode ser devido aos valores de pH do composto (7,50 para a Amostra 1 e 8,45 para a Amostra 2) podem ser consultados na Tabela 4, que apresenta os resultados para os micronutrientes Zn, Fe, Mn, Cu, B, além dos parâmetros pH e relação C/N. Os teores mínimos legalmente exigidos para os micronutrientes visando a garantia da qualidade dos fertilizantes, com modo de aplicação via solo, são dados pela Instrução Normativa nº 39/2018.

**Tabela 4 – Resultado das amostras de composto orgânico**

Micronutrientes	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Teor min (%) IN nº 39/2018
Zn	0,00248	0,00256	0,3
Fe	0,07464	0,09928	0,2
Mn	0,00600	0,00928	0,2
Cu	0,00120	0,00064	0,2
B	0,00275	0,00256	0,2
pH	7,50	8,45	-
C/N	10,97	11,15	-

Fonte: Os autores

A fim de comparação, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), adota-se a faixa de 5,5 - 6,5 para solos, sendo esta responsável por disponibilizar mais nutrientes para as plantas. Ainda segundo esta, a classificação química da Amostra 1 consiste em alcalinidade fraca e da Amostra 2, alcalinidade elevada. Nessa condição de pH alcalino, ocorrem severas mudanças no equilíbrio químico dos nutrientes na solução do solo (Hashemimajd; Farani; Somarin, 2012), culminado na diminuição da solubilidade e também disponibilidade de alguns nutrientes catiônicos para as plantas. Ainda, segundo o mesmo, uma maneira de atenuar essa situação é por meio da adição de materiais acidificantes como a matéria orgânica, por exemplo, que diminuem o pH e melhoram a disponibilidade de nutrientes.

Ainda segundo o Manual de Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação (1999), a disponibilidade dos macronutrientes K e P variam de acordo com a dinâmica das fontes destes nutrientes quando adicionados ao solo. Tal fato pode ser explicado pela baixa concentração de resíduos com estes tipos de minerais em ambas as amostras. De acordo com dados da Tabela Brasileira de Constituição de Alimentos (2011), são exemplos de alimentos ricos em potássio: abacate, peixes e frutas secas e em fósforo: carnes, leites e oleaginosas. Tais tipos de alimentos, de acordo com a Circular Técnica nº 59 da EMPRAPA (2010), não são indicados para serem dispostos na composteira doméstica devido ao elevado tempo de decomposição e a possibilidade de atração de animais ou micro-organismos indesejáveis, como moscas, baratas e fungos, dentre outros motivos. Acerca dos valores estabelecidos pela legislação IN ° 23/2005, os teores de Nitrogênio (%) e Carbono Orgânico (%) apresentaram-se dentro dos valores estipulados.

Ao comparar os resultados obtidos com o disposto pela legislação, observa-se que nenhum dos micronutrientes analisados atingiram os teores mínimos exigidos para comercialização nas duas amostras analisadas. Considerando que deficiências de Zinco (Zn) e Boro (B) são comuns em solos alcalinos (Souza; Frandse; Filho, 2008), pode-se inferir que o mesmo ocorre para compostos orgânicos sólidos, justificando, assim, os valores baixos para estes parâmetros.

A Instrução Normativa nº 61/2020 traz as orientações sobre o parâmetro pH, todavia não estabelece uma faixa de atendimento para os compostos orgânicos provenientes de compostagem, exigindo apenas que esse valor seja declarado no rótulo e na nota fiscal para comercialização. Como já citado, ambas as amostras apresentaram teor alcalino. Sendo assim, apesar dos baixos teores de micronutrientes, pode ser interessante sua aplicação como um mecanismo tampão para solos ácidos (Oliveira; Lima; Cajazeira, 2004).

A relação C/N, a qual segundo a Resolução CONAMA 481/2017 deve ser menor ou igual a 20:1, foi respeitada nas duas amostras. Logo, os métodos empíricos de dosagem entre material seco (serragem) e material úmido (restos alimentares) foram efetivos na garantia da qualidade desse parâmetro.

Com relação aos teores de umidade, a Amostra 1 obteve valor de 45,60 ao ar e 74,77 na estufa (75° C), enquanto a Amostra 2 obteve 50,90 ao Ar e 70,03 na estufa. A Instrução Normativa nº 61/2020 estabelece que os fertilizantes orgânico misto e orgânico composto sólido devem possuir umidade máxima de 50%, o que foi atingido pela amostra 1. A amostra 2, no entanto, ultrapassou este limite em 0,99%. Este é um fator que pode ser facilmente corrigido com a adição de mais material seco no processo de compostagem, e como o valor da relação C/N está consideravelmente abaixo do valor máximo permitido, não implicaria em prejuízos a este outro parâmetro. Por outro lado, o teor de umidade em estufa à 75°C da amostra 2 apresentou valor mais baixo do que a amostra 1, o que indica que, ao forçar a evaporação com o aumento da temperatura, a amostra 2 apresentou maior massa seca.

## 7. Conclusão

A compostagem apresenta diversos benefícios em diferentes aplicações, como na recuperação de áreas degradadas, em cobertura final de aterros sanitários, e como fertilizante natural, o qual é seu uso mais difundido. Nesse contexto, a comercialização do composto orgânico como fertilizante está condicionada ao cumprimento de requisitos mínimos trazidos nas legislações brasileiras.

O processo de compostagem doméstica apresenta-se como uma ferramenta poderosa frente à descentralização da gestão de resíduos, devido à maior facilidade de segregação de resíduos na fonte, por ser um processo menos oneroso e ainda por contribuir na diminuição da disposição final de resíduos que ainda apresentem potencial de reaproveitamento.

Com a avaliação da qualidade nutricional do composto orgânico proveniente das duas composteiras domésticas estudadas no presente trabalho, observa-se que grande parte dos requisitos mínimos exigidos por lei não são atendidos, sendo necessário, pois, maiores estudos para a difusão dessa modalidade de compostagem visando a comercialização. Todavia, o material produzido possui boa qualidade para uso próprio, pois não apresenta micro-organismos patogênicos, e contém diversos macronutrientes em quantidade satisfatória.

Recomenda-se que em trabalhos futuros seja aprofundado o entendimento dos fatores que equilibrem o pH do composto gerado, pois entende-se que este parâmetro possui forte influência sobre os demais. Além disso, que sejam realizados estudos estatísticos que correlacionem os materiais adicionados nas composteiras com os teores nutricionais apresentados no composto gerado pelas mesmas.

## Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004). **NBR 10.007**: Resíduos sólidos: Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro. 25 p.

Abrelpe - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (2020). **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

Abreu, M. J. (2013). **Gestão comunitária de resíduos orgânicos: o caso do projeto Revolução dos Baldinhos (PRB), capital social e agricultura urbana**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

Alvarez V. V. H. Roscoe, R. Kurihara, C. H., & Pereira, N. de F. Enxofre. *In*: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. (2007). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 596-644.

Audibert, J. L., & Fernandes, F. (2012). Avaliação qualitativa da emissão de biogás em aterro controlado de médio porte. **Revista DAE**, 190, 56-73.

Bakman, T. (2021). **A Importância da Compostagem no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos Frente às Mudanças Climáticas: Estudo de Caso da Cidade do Rio de Janeiro**. Projeto de Graduação, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Barbosa, A. P. F. Souza, R. C. Dias, J. F. M. Almeida, J. F. T. Borges, F. J., & Freitas, I. C. (2019). Reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos oriundo da merenda escolar por meio da compostagem. **Brazilian Applied Science Review**, 3(2), 1161–1168.

Barbosa, R. N. C. (2007). **A economia solidária como política pública: uma tendência de geração de renda e ressignificação do trabalho no Brasil**. Tese de doutorado, Programa de Estudos Pós-Graduados em Serviço Social da PUC-SP, São Paulo, SP, Brasil.

Baptista, V. F. (2013). Liberdade pelo trabalho ou trabalho pela liberdade? - O caso dos catadores de materiais recicláveis. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, 3, 119-135.

Bersan, J. L. M. Kelmer, G. A. R. & Righi, J. A. (2020). Diagnóstico dos resíduos destinados às unidades de compostagem no estado de Minas Gerais utilizando a base do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento **Anais do 9º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade**, Três Rios, RJ, Brasil.

Bom Cultivo (2021). **Preço referente a comercialização de Adubo Orgânico Sumisan**. Disponível em: <<https://www.bomcultivo.com/fertilizante-organico-sumisan-1kg>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Bom Cultivo (2021). **Preço referente a comercialização de Adubo Orgânico Bio-Bokashi**. Disponível em: <<https://www.bomcultivo.com/bio-bokashi-farelado-500gr>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Bom Cultivo (2021). **Preço referente a comercialização de Biofertilizante Alquifish**. Disponível em: <<https://www.bomcultivo.com/fertilizante-organico-alquifish-1-litro>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Brasil. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 3 de ago. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 22 mai. 2022.

CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999). **Manual de Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação**. Viçosa. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5330754/mod\\_resource/content/1/5%C2%AA%20%20Aproxima%C3%A7%C3%A3o%20%20Recomenda%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20uso%20de%20corretivos%20e%20fertilizantes%20em%20Minas%20Gerais.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5330754/mod_resource/content/1/5%C2%AA%20%20Aproxima%C3%A7%C3%A3o%20%20Recomenda%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20uso%20de%20corretivos%20e%20fertilizantes%20em%20Minas%20Gerais.pdf)>. Acesso em: 26. mai. 2021.

Corrêa, E. K., & Corrêa, L.B. (Org.). (2016). **Gestão de Resíduos Sólidos III** (1a ed.) Pelotas: Editora da Universidade Federal de Pelotas. 1, 132p.

Costa, M. D. Mariano, M. O. H. Araújo, L. B., & Jucá, J. F. T. (2018). Estudos laboratoriais para avaliação do desempenho de camadas de cobertura de aterros sanitários em relação à redução de emissões de gases e infiltrações. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23(1), 77–90.

Diaz, L. F. Savage, G. M., & Eggerth, L. L. (1996). **Solid waste management for economically developing countries**. Copenhagen, Denmark: ISWA.

Ekojardim (2021). **Preço referente a comercialização de Biofertilizante**. Disponível em: <<https://www.bomcultivo.com/fertilizante-organico-sumisan-1kg>>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2010). Circular Técnica n° 59. **Compostagem de Resíduos para Produção de Adubo Orgânico na Pequena Propriedade**. Disponível em: <[http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/ct\\_59.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf)>. Acesso em: 25. mai. 2021.

Faria, J. C. T. Pinto, V. M. O. Gonçalves, D. M. S. C. Souza, D. M. S. C. Fernandes, S. B., & Brondani, G. E. (2020). A compostagem da casca de café carbonizada favorece a produção de mudas de ingá. 2020. Pesquisas Agrárias e Ambientais. **Nativa**, Sinop, 8(2), 224-230.

Freitas, L. M. C. Wieser, C. J., & Stefanutti, R. (2017). Variação da Temperatura e Redução da Massa na Compostagem Doméstica. **Anais do 9º Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**. Belo Horizonte, n.p.

Garcia, W. C., & Fenzl, N. (2020). Compostagem da casca da mandioca: estudo de caso em uma comunidade no município de Abaetetuba-PA. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 3(3), 2599-2609.

Gaspodini, R. S. Prietto, P. D. M. Colla, L. M., & Margarites, A. C. F. (2018). Compostagem de Resíduos de Casca de Ovo, Esterco Bovino e Lodo de Estação de Tratamento de Efluente de Graxaria: Uma Abordagem Experimental em Pequena Escala. **Revista CIATEC-UPF**, 10(1), 1-16.

Hashemimajd, K. Farani, T. M., & Somarin, S. J. (2012). Effect of elemental sulphur and compost on pH, electrical conductivity and phosphorus availability of one clay soil. **African Journal of Biotechnology**, 11(6), 1425-1432.

Heck, K. Marco, E. G. Hahn, A. B. B. Kluge, M.; Spilki, F. R., & Van Der Sand, S. T. (2013). Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 17(1), 54–59.

Jardim, A. Yoshida, C., & Machado-Filho, J. F. (2012). **Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. 1. ed. Barueri, SP: Manole.



Junior, E. R. D. Bôas, R. L. V. Leonel, S., & Fernandes, D. M. (2006). Alterações em propriedades de solo adubado com doses de composto orgânico sob cultivo de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP**, v. 28, n. 3, p. 546-549.

Kiehl, E. J. (2012). **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 6ª ed. Agronômica Ceres Ltda., Piracicaba, 171p.

Lopes, R. L. (2011). **Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos**. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Lopes, A. S., & Guilherme, L. R. G. (2007). **Fertilidade do solo e produtividade agrícola**. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N.F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. Fertilidade do Solo. 1 ed. Viçosa: SBCS, p.1-64.

Lopez, D. B., & Seiffert, M. E. B. (2006). **Avaliação do potencial da compostagem por aterramento para a recuperação de áreas degradadas pelo processo de mineralização da areia**. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, 10º, 2006, São José dos Campos. São José dos Campos, Universidade do Vale do Paraíba, n.p.

Marques, C. S. Guimarães, P. V. P. Smiderle, O. J., & Sousa, R. C. P. (2018). Morfometria e crescimento inicial de *Copaifera pubiflora* exposta à terra vegetal produzida em compostagem. **Acta Brasiliensis** v. 2, n.1, p 1-5.

Martins, B. N. M. (2018). **Enxofre em cobertura e aplicação de composto orgânico no plantio, na produção, qualidade e acúmulo de macronutrientes em sementes de alface**. Dissertação (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP Campus de Botucatu, 2018.

Martins, N. F. Morais, W. A., & Rocha, N. R. A. F. (2014). **Processamento de resíduos sólidos para fins de recuperação de áreas degradadas**. Universidade de Rio Verde, Rio Verde - GO. Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/PROCESSAMENTO%20DE%20RESIDUOS%20SOLIDOS%20PARA%20FINS%20DE%20RECUPERACAO%20DE%20AREAS%20DEGRADADAS.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

Massukado, L. M., & Schalch, V. (2010). Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. **Revista DAE**, v. 58, p. 9-15.

Massukado, L. M. (2008). **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 182 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

Mattos, T. M. Muller, N. T. G., & Freitas, N.; Pachila, L. (2015). Viabilização do Processo de Compostagem na URI/Santo Ângelo-RS, Para a Produção de Plântulas na Educação Ambiental da ONG Eco Global Missões. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, p. 120-125.

Mcdougall, F. R. White, P. Franke, M, & Hindle, P. (2001). **Integrated solid waste management**. A Life Cycle Inventory. UK: Blackie Academic & Professional. 532 p.

Miranda, L. C., & Santiago, M. A. (2018). **Técnicas e métodos de proteção e estabilização para controle de erosão em talude de corte**. *Semana Acadêmica*, v.1, n.148, n.p. Disponível em: <[https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tecnicas\\_e\\_metodos\\_de\\_protacao\\_e\\_estabilizacao\\_para\\_0.pdf](https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/tecnicas_e_metodos_de_protacao_e_estabilizacao_para_0.pdf)>. Acesso em: 27 abr. 2021.

Monteiro, J. A. V. (2016). Benefícios da compostagem doméstica de resíduos orgânicos. **Revista Educação Ambiental em Ação**, n. 56.

Natale W. Prado R. M., & Moro F. V. (2005). Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.12, p.1239-1242.

Oliveira, F. N. S. Lima, H. J. M., & Cajazeira, J. P. (2004). **Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos**. Embrapa Agroindústria Tropical.

Righi, J. A. (2011). **Estudo do comportamento de barreira capilar em aterros sanitários**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Ruellan, A. (1995). **Olhares convergentes para o solo**. Cadernos de desenvolvimento e meio ambiente, Curitiba: UFPR-GRID, n. 2, p. 109-118.

Santos, A. M. L. Martins, R. M. L. Souza, R. D. Mota, R. M. F., & Fernandes, C. T. (2014). Incentivo ao uso da compostagem de resíduos sólidos em uma horta escolar do município de Jaciara-MT. **UNOPAR Cient., Ciênc. Human. Educ.**, Londrina, v. 15, n.esp, p. 321-329.

Senar - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de São Paulo. (2006). **Olericultura Orgânica: Compostagem**. São Paulo. Disponível em: <<http://codeagro.agricultura.sp.gov.br/uploads/capacitacao/cartilha-compostagem-SENAR.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

Silva, E. T. (2007). Tratamento de lixo domiciliar e sua aplicação na recuperação de áreas degradadas. **Revista Acadêmica Ciência Animal, Curitiba**, v. 5, n. 2, p. 197-209.

Siqueira, T. M. O. (2014). **Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, Araras.

Siqueira, T. M. O., & Abreu, M. J. (2016). Fechando o ciclo dos resíduos orgânicos: compostagem inserida na vida urbana. **Ciência e Cultura**, v. 68, n. 4, p. 38–43.

Snis - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. (2019). **Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasil. Disponível em: <<http://snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019>>. Acesso em: 26 abr. 2021.

Júnior, F. S. S. (2011). **Desenvolvendo e gerenciando compostagem de resíduos sólidos urbanos: para geração de renda e repasse de tecnologia à acrevi**. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Sousa, W. L. Teófilo, E. M. D. Freitas, J. B. S. Oliveira, A. L. T. Sousa, P. Z., & Sales, R. O. (2016). Aplicação do composto orgânico produzido a partir de resíduos de pescados e vegetais no cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, vol. 10, no. 2, pp. 252-270.

Souza, F. De F. Frandsen, J. E., & Holanda Filho, Z. F. (2008). Correção do solo e adubação. In: SOUZA, F. de F. (Ed.). **Cultivo da melancia em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, p.25-33.

Tbca - **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. (2011). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas. Disponível em: <[https://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada.pdf](https://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf)>. Acesso em: 25 mai. 2021.

Wagner, B. (2017). **Utilização de um Sistema de Baixo Custo para o Monitoramento dos Parâmetros Temperatura e Umidade em Composteiras**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná.

Wangen, D.R.B., & Freitas, I.C.V. (2010). Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 81-88.