

# **ESTUDO SOBRE AS VANTAGENS AMBIENTAIS DA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS DE UMA UNIDADE DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO PELO MÉTODO WUPPERTAL**

*STUDY ON THE ENVIRONMENTAL ADVANTAGES OF REUSING ORGANIC SOLID WASTE FROM A FOOD AND NUTRITION UNIT BY THE WUPPERTAL METHOD*

*ESTUDIO SOBRE LAS VENTAJAS AMBIENTALES DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE UNA UNIDAD DE ALIMENTACIÓN Y NUTRICIÓN POR EL MÉTODO WUPPERTAL*

Iana Racowski<sup>1</sup>  
Leonardo Martins Garcia<sup>2</sup>

## **Resumo**

O problema relacionado aos resíduos orgânicos não está apenas na questão de espaço de destinação, mas também no fato de que, quando sofrem decomposição em aterros sanitários ou lixões, liberam resíduos líquidos poluentes e gases de efeito estufa, além de contribuírem para a proliferação de animais transmissores de doenças e ao mau cheiro do local. Pensando nestes problemas, este trabalho mostra, através do método de Wuppertal, a vantagem de se utilizar a compostagem para reutilização dos resíduos orgânicos provenientes de uma Unidade de Alimentação e Nutrição situada em uma faculdade de São Bernardo do Campo. Pelos resultados obtidos, a instituição consegue — com o processo de compostagem — deixar de contaminar água e ar com aproximadamente 133.676,65 kg/ano e 758,65 kg/ano de resíduos respectivamente e o meio ambiente com 8.557,01 kg/ano. Desta forma, pode-se chegar à conclusão de que há vantagem ambiental na realização de um processo simples, como o de compostagem, e que pequenas ações podem ajudar a reduzir os problemas ambientais atuais.

**Palavras-chave:** resíduo orgânico; método Wuppertal; compostagem.

## **Abstract**

The problem related to organic waste is not only the issue of space for disposal, but also regarding decomposition in landfills or dump, when polluting liquid waste and greenhouse gases are released, and contribute to the proliferation of disease-carrying animals and the stench of the place. About these issues, the following paper show, through the Wuppertal method, the advantage of using composting for organic waste reuse from a Food and Nutrition Unit located in a college in São Bernardo do Campo, Brazil. By the results obtained, thorough composting process the institution can stop contaminating water and air, respectively, with approximately 133,676.65 kg/year, and 758.65 kg/year waste, and the environment with 8,557.01 kg/year of waste. Thus, one can reach the conclusion that there is an environmental advantage in carrying out a simple process such as composting and that small actions can help reduce current environmental problems.

**Keywords:** organic waste; Wuppertal method; composting.

## **Resumen**

El problema relacionado con los residuos orgánicos no reside solo en la cuestión del espacio de disposición final, sino también en el hecho de que, cuando sufren descomposición en rellenos sanitarios o basureros, liberan residuos líquidos contaminantes y gases de efecto invernadero, además de contribuir para la proliferación de animales transmissores de enfermedades y mal olor en el local. Pensando en esos problemas, este trabajo muestra, por medio del método Wuppertal, la ventaja de utilizarse el compostaje para reutilización de los residuos orgánicos provenientes de una Unidad de Alimentación y Nutrición ubicada en una facultad de São Bernardo do Campo. Por los resultados obtenidos, la institución logra — con el proceso de compostaje — dejar de contaminar el agua y el

---

<sup>1</sup> E-mail: ilmb80@gmail.com

<sup>2</sup> E-mail: leonardogarcia@hotmail.com

aire con cerca de 133.676,65 kg/año y 758,65 kg/año de residuos respectivamente y el medio ambiente con 8.557,01 kg/año. De esa manera, se puede llegar a la conclusión de que hay ventaja ambiental en la realización de un proceso sencillo, como el compostaje, y que pequeñas acciones pueden ayudar a reducir los problemas ambientales actuales.

**Palabras-clave:** residuo orgánico; método Wuppertal; compostaje.

## 1 Introdução

A geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no Brasil vem aumentando a cada ano. De acordo com o Panorama da ABRELPE (2018/2019), o valor total gerado em 2018 chegou a 79 milhões de toneladas, apresentando aumento de pouco mais de 1% com relação ao ano anterior. Os resíduos orgânicos, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, correspondem à metade dos RSU gerados no país<sup>3</sup>.

O problema em relação à grande produção destes resíduos orgânicos não está apenas na questão do espaço de sua destinação, mas também no fato de que, quando sofrem decomposição em aterros sanitários ou lixões, liberam resíduo líquido poluente e gases de efeito estufa, além de contribuírem para a proliferação de animais transmissores de doenças e mau cheiro do local<sup>4</sup>.

De acordo com a Associação Nacional dos Serviços Municipais de Saneamento<sup>5</sup> (ASSEMAE), apesar de esses resíduos orgânicos terem potencial econômico para virar adubo (fabricado por compostagem), gás combustível e até mesmo energia, apenas 1% do que é descartado é reaproveitado (ASSEMAE, 2019).

Pensando na pequena quantidade de resíduos orgânicos que é reaproveitada, o objetivo deste trabalho foi mostrar de forma prática como é a fabricação de adubo a partir de resíduo orgânico proveniente de uma Unidade de Alimentação e Nutrição (UAN), situada em São Bernardo do Campo, bem como os benefícios ambientais, em termos quantitativos, que este processo pode trazer para o ecossistema, por meio do uso da metodologia de Wuppertal.

## 2 Referencial teórico

Entre os problemas de degradação do ambiente estão os relacionados com resíduos. A causa principal se deve aos atuais padrões de produção e consumo não sustentáveis, que levam ao aumento, em um ritmo sem precedentes, da quantidade e da variedade de resíduos persistentes no ambiente. Essa tendência pode quadruplicar ou quintuplicar a quantidade de

---

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html>. Acesso em: 22 abr. 2020.

<sup>4</sup>Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/sites/Sustentabilidade/Acontece/Noticias/Caso-de-sucesso---VG-Residuos>. Acesso em: 27 abr. 2020.

<sup>5</sup>Disponível em: <https://assem.org.br/>. Acesso em: 23 abr. 2020.

resíduo quando atrelamos o assunto ao aumento da população mundial, o que requer de uma abordagem preventiva, centrada na transformação do estilo de vida e dos padrões de produção e consumo<sup>6</sup>.

Buscando amenizar este quadro, a reutilização desses resíduos precisa ser planejada para garantir a sobrevivência das gerações futuras, contribuindo com a sua qualidade de vida (NAGLE *et al.*, 2004).

Sobre esta questão, após vinte anos de discussão, em 2010 foi sancionada a Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); o gerenciamento destes resíduos é um dos principais assuntos abordados.

## 2.1 Resíduo sólido

De acordo com a Norma Brasileira Registrada (ABNT NBR N°10.004), são considerados resíduos sólidos aqueles “[...] nos estados sólidos e semissólidos que resultam das atividades da comunidade de origem industrial, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição” (ABNT, 2004, p. 1).

Ainda em relação com estes tipos de resíduos, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), eles podem ser classificados quanto à sua composição química (resíduos orgânicos e inorgânicos), quanto ao tipo (recicláveis e não recicláveis), quanto à origem (domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos da construção civil, resíduos agrossilvopastoris, resíduos de serviços de transportes, resíduos de mineração) (BRASIL, 2010).

Em relação ao destino final destes resíduos sólidos, ele acontece em lixões, aterros controlados ou aterros sanitários. Lixões são terrenos desocupados, onde o lixo é despejado, a céu aberto, sem nenhum tratamento inicial causando alta contaminação e disseminação de doenças. Os aterros controlados são espaços cercados com a finalidade de impedir a entrada e fluxo de pessoas e animais. Já os aterros sanitários são locais onde os resíduos coletados em vias urbanas são levados e decompostos de forma correta (RAMOS *et al.*, 2017).

### 2.1.1 Resíduo sólido orgânico

São definidos como resíduos sólidos orgânicos aqueles que têm em sua composição materiais de origem animal ou vegetal, podendo gerar poluentes orgânicos persistentes

---

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.ilix.org.br/>. Acesso em: 10 mar. 2020.

(regularizados internacionalmente pela Convenção de Estocolmo, são eles: hidrocarbonetos de elevado peso molecular, clorados e automáticos e alguns pesticidas) ou não persistentes (óleos e óleos usados, solventes de baixo peso molecular, alguns pesticidas biodegradáveis e a maioria dos detergentes) (BRASIL, 2010).

Quanto às características físicas, os resíduos sólidos orgânicos normalmente têm composição constituída por restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados etc.

São materiais que se degradam espontaneamente quando entram em contato com o ambiente; a sua decomposição inicia por ação dos microrganismos, cujo trabalho metabólico tem como resultante a água, gás carbônico e energia (calor) (ALBUQUERQUE NETO *et al.*, 2007).

São vários os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos orgânicos: geração de gases e de maus odores, geração de líquidos percolados, atração de animais vetores, corrosão de equipamentos e componentes da infraestrutura (ALBUQUERQUE NETO *et al.*, 2007).

Segundo Neto (1999) boa parte destes problemas poderiam ser resolvidos com a implementação de um sistema 3R, onde o resíduo poderia ser reutilizado (reaproveitamento de tudo o que está em bom estado), reaproveitado (para geração de novos produtos), ou reciclado (ser transformado em adubo), que já são contemplados na PNRS. Em relação à reciclagem, ainda, a PNRS, em seu art. 3º, incisos XIV e XV, conclui que processos que promovem a transformação de resíduos orgânicos em adubos e fertilizantes (como a compostagem) também podem ser entendidos como reciclagem (BRASIL, 2010).

## 2.2 Compostagem

A compostagem parece ser uma das alternativas mais promissoras para um país essencialmente agrícola, como é o caso do Brasil (GUIDONI *et al.*, 2013).

Ela permite a reciclagem das moléculas orgânicas que têm função nutricional e podem diminuir o potencial poluidor e contaminante dos resíduos (DOMÍNGUEZ; GÓMEZ-BRANDÓN, 2010).

Trata-se de um processo que pode ser aeróbio ou anaeróbio, onde ocorre a transformação biológica e/ou enzimática de diferentes tipos de resíduos orgânicos, transformando-os em fertilizantes utilizáveis na agricultura. Quando adicionados ao solo, melhoram as suas características físicas, físico-químicas e biológicas (LIMA, 2004). A estes resíduos orgânicos pode ser adicionada palha ou serragem, que trazem efeitos benéficos por

absorver umidade e fornecer porosidade adequada, ajudando a regular o teor de umidade da massa dos resíduos em degradação (BHAMIDIMARRI; PANDEY, 1996).

De forma geral, pode-se dizer que o composto gerado (após a compostagem) serve para enriquecer solos pobres, melhorando a sua estrutura e permitindo uma boa fertilidade; também aumenta a capacidade das plantas na absorção de nutrientes (macro e micro), fornecendo substâncias que estimulam o seu crescimento (PARÁ, 2003; PHILIPPI JR; ROMÉRO; BRUNA, 2004).

### **3 Metodologia da pesquisa**

Para a verificação do objetivo proposto no presente trabalho, realizou-se uma pesquisa exploratória de natureza qualitativa e quantitativa por meio do método de estudo de caso único.

O propósito de um estudo de caso é reunir informações detalhadas e sistemáticas sobre um fenômeno (PATTON, 2002; YIN, 2001). É uma metodologia que ajuda o entendimento do contexto, sem esquecer da representatividade (LLEWELLYN; NORTHCOTT, 2007), centrando-se na compreensão da dinâmica do contexto real (EISENHARDT, 1989) de modo que se permita amplo e detalhado conhecimento sobre o assunto estudado (MARTINS, 2008; GIL, 2007). Nesta mesma linha, entre os principais benefícios na condução de um estudo de caso, destacam-se: (a) o aumento da compreensão e do entendimento sobre os eventos reais contemporâneos (MIGUEL, 2007), além de permitir uma descrição (EISENHARDT, 1989; ROESCH, 1999); (b) o teste de uma teoria existente (EISENHARDT, 1989; GUMMESSON, 2007; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002); e (c) o desenvolvimento de uma nova teoria (ALCÁZAR; FERNÁNDEZ; GARDEY, 2008; GUMMESSON, 2007; MIGUEL, 2007; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Desta forma, utilizando os benefícios trazidos por um estudo de caso, esta pesquisa foi realizada em uma Unidade de Alimentação e Nutrição de uma faculdade situada em São Bernardo do Campo durante os meses de fevereiro de 2019 a fevereiro de 2020.

Durante 12 meses foram coletados informações e documentos da UAN (Unidade de Alimentação e Nutrição), como: planilhas contendo dados da quantidade — em quilos — de desperdícios por mês, de resíduos orgânicos que seriam posteriormente utilizados na compostagem. Essa UAN fornece diariamente cerca de 6000 refeições destinadas a seus funcionários, alunos do ensino superior, colégio e educação infantil.

Do processo de compostagem foram coletados os pesos em quilos processados de resíduos orgânicos para gerar o adubo por mês. Também, durante este período, foram

necessárias algumas visitas ao setor agroindustrial e à UAN para que se pudesse compreender a compostagem em detalhes: de que forma os resíduos orgânicos eram coletados e armazenados para posteriormente serem processados.

A apresentação dos dados qualitativos traz a caracterização da empresa, a forma de aquisição dos resíduos sólidos orgânicos e os procedimentos da compostagem.

Já a parte quantitativa traz as vantagens ambientais da compostagem através da utilização do método Wuppertal (2014).

Este é um método de análise das vantagens ambientais desenvolvido pelo Instituto Wuppertal, que avalia as mudanças ambientais relacionadas à extração de recursos de seu ecossistema natural com base no ciclo de vida de um produto (RITTHOFF; ROHN; LIEDTKE, c2002).

Este método usa o cálculo da entrada de material por unidade de serviço (Material Input Per Service Unit — MIPS), ou seja, estima o impacto ambiental causado pela produção de produtos ou serviços através da quantidade de recursos utilizados para a sua produção. Desta forma, trabalha com o conceito de que toda entrada de material se torna uma saída, seja ela em resíduos ou emissões. Isto significa que, com a medição da entrada, pode-se chegar a uma estimativa do potencial impacto ambiental (RITTHOFF; ROHN; LIEDTKE, c2002).

Para que fosse determinada a Intensidade de Material no método, o fluxo de entrada de massa (mensurada em quilos) é multiplicado pelo fator MIF (*mass intensity factors*) que corresponde à quantidade de matéria necessária para produzir uma unidade de fluxo de entrada. Os valores de MIF usados no presente trabalho estão na Tabela 1 (tanto dos resíduos orgânicos como do adubo). Foram utilizados como produtos existentes nos resíduos orgânicos os que comumente são servidos nas refeições mensais da UAN e suas proporções foram estipuladas através do seu peso separado nos sacos de lixo, feito pelo menos uma vez por mês até completar todos os tipos de comida.

**Tabela 1:** fatores de intensidade de material tanto da composição do resíduo orgânico quanto da madeira e energia adicionadas na compostagem

FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL EM RESÍDUOS DO RESTAURANTE				
FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL (KG/KG)				
TIPO DE COMIDA	MATERIAL ABIÓTICO	MATERIAL BIÓTICO	ÁGUA	AR
Pão	1,10	1,40	21,00	0,15
Manteiga	3,42	56,87	105,75	0,79
Leite	0,15	2,46	4,42	0,04
Feijão	0,67	1,07	9,09	0,13
Arroz	0,03	0,31	0,27	0,01
Queijo	11,00	29,00	1,10	3,00
Carne vermelha	6,53	27,05	269,95	1,68

Carne de porco	2,57	6,89	62,33	1,01
Frango	8,99	6,67	344,03	2,30
Peixe	1,30	5,00	19,28	3,08
Ovo	1,15	1,98	28,56	0,25
Óleo vegetal	6,47	6,09	104,53	1,38
Batata	0,10	1,06	0,39	0,01
Tomate	8,00	1,00	793,00	4,00
Frutas e vegetais	1,00	1,00	7,00	0,01
<b>FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL UTILIZADO NA COMPOSTAGEM</b>				
<b>FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL (KG/KG)</b>				
<b>TIPO DE INSUMO</b>	<b>MATERIAL ABIÓTICO</b>	<b>MATERIAL BIÓTICO</b>	<b>ÁGUA</b>	<b>AR</b>
MADEIRA	0,63	4,37	9,24	0,17
ENERGIA (KG/KWH)	2,67	0,0	37,92	0,640

Fonte: Wuppertal (2014).

É importante informar que os estudos de intensidade de material desenvolvidos no Instituto Wuppertal têm base na matriz energética da Alemanha e Europa, porém isso não impossibilita a implementação dessa ferramenta metodológica no Brasil.

#### 4 Estudo de caso – análise e discussão dos resultados

##### 4.1 Análise da quantidade de resíduo orgânico gerado

A empresa localizada em São Bernardo do Campo, relativa a este estudo, oferece cerca de 93.037 refeições por mês (Tabela 2). Fornece desjejum, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde e jantar. Os resíduos orgânicos são coletados somente no almoço e jantar, sendo que, por mês, a instituição gera em torno de 726 kg de resíduos orgânicos (Tabela 1), com possibilidade de serem encaminhados a um aterro, o que aumentaria a poluição.

**Tabela 2:** quantidade de refeições servidas, resíduo orgânico (kg) e adubo (kg) gerados por mês

MESES	NÚMERO DE REFEIÇÕES (UNIDADES)	QUANTIDADE DE RESÍDUO GERADO (KG)	QUANTIDADE DE ADUBO FINAL (KG)	RESTOS PER CAPITA (G)
Fev/19	128.450,0	1119,1	1.659,5	8,7
Mar/19	114.824,0	986,1	2.671,5	8,6
Abr/19	128.417,0	1.025,9	6.533,5	8,0
Mai/19	127.479,0	1.166,6	9.064,0	9,2
Jun/19	76.686,0	716,4	3.571,0	9,3
Jul/19	10.117,0	94,8	1.941,5	9,4
Ago/19	113.524,0	815,7	7.173,5	7,2
Set/19	121.278,0	981,5	8.094,0	8,1
Out/19	139.624,0	1.010,0	8.087,0	7,2

Estudo sobre as vantagens ambientais da reutilização de resíduos sólidos orgânicos de uma unidade de alimentação e nutrição pelo método Wuppertal

Nov/19	95.761,0	715,8	6.313,0	7,5
Dez/19	12.708,0	267,0	2.806,5	21,0
Jan/20	36.152,0	255,0	2.101,5	7,1
Fev/20	104.458,0	278,0	1.927,0	2,7
<b>Média</b>	<b>93.036,7</b>	<b>725,5</b>	<b>4.764,9</b>	<b>7,8</b>

Fonte: próprio autor.

O resultado médio de restos calculados por pessoa foi de 7,8 gramas. Em estudo realizado por Viana e Ferreira (2017), em uma UAN de MG, foi encontrada uma média de resto de 7,9 gramas por pessoa, valor este superior ao deste trabalho, porém menos discrepante do valor encontrado por Canonico, Pagamunici e Ruiz (2014), que avaliaram o valor do per capita de resto em um restaurante popular de Maringá como de 50 g por pessoa.

De acordo com Vaz (2006), o valor encontrado neste trabalho é aceitável, caso que não pode ser dito em relação aos outros dois, pois para este autor são considerados aceitáveis valores entre 15 e 45 gramas de resto por pessoa.

De acordo com Abreu, Spinelli e Pinto (2011) e Sales (2009), existem alguns fatores que podem levar à UAN a ter grandes quantidades de desperdício, como é o caso: falta de integração com o comensal, planejamento ineficaz do número de refeições a serem produzidas diariamente. A variação do número de clientes ou usuários do estabelecimento e suas preferências alimentares, a produção e a falta de treinamento dos funcionários acabam por aumentar a quantidade de sobras.

Vale apontar que vários dos problemas aqui descritos já foram contornados pela UAN em estudo, o que a levou a ter um desperdício menor. Este é o caso da campanha de conscientização sobre a redução da quantidade de resíduos orgânicos produzidos mensalmente, o posicionamento estratégico de placas de informação no balcão de distribuição dos alimentos, paredes do refeitório e mesas, informando que o comensal pode repetir a comida quantas vezes achar necessário, não sendo necessário encher a bandeja de uma só vez.

Sobre a quantidade per capita de restos, na Tabela 1 ainda é possível perceber que, no mês de dezembro de 2019, o valor calculado foi quase 3 vezes acima da média de 7,8. Mesmo sendo discrepante entre os demais meses, ainda é menor do que o encontrado por Lechner e Giovanoni (2012), de 23,8 g. de resto por comensal. Uma possível explicação para isto é o fato de que em dezembro há uma grande quantidade de eventos realizados pela UAN, como os almoços comemorativos de final de ano. Outro ponto a ser levantado é que, nessa época, a quantidade de tipos de pratos servidos também aumenta (aumentando a quantidade de alimento pegado na bandeja pelo comensal por ter dificuldade na escolha), além disso, nesta época são



servidas frutas com caroço, como pêssigo, caso raro dentro da UAN, que acaba por aumentar o peso do resíduo orgânico.

Sob o ponto de vista da produção do alimento, de acordo com Abreu, Spinelli e Zanardi (2003), há três fatores que geram desperdício: a remoção de partes não comestíveis dos alimentos, os alimentos produzidos e não distribuídos e os alimentos distribuídos e não consumidos.

Na UANs de referência deste trabalho, ainda podemos adicionar o fato de as bandejas serem muito grandes e com muitas divisões. Isso faz com que o comensal coloque mais alimento do que realmente irá consumir, fato também observado como relevante por Giacon (2017). Este autor aponta que o desperdício acaba sendo maior quando os comensais têm a possibilidade de se servirem sozinhos, coisa que acontece na unidade deste estudo.

#### 4.2 Processo de compostagem do resíduo orgânico gerado

Contornando parte dos problemas ambientais causados pela disposição, em aterros, dos resíduos orgânicos gerados — também denominados de sobras limpas de acordo com Rabelo e Alves (2016) — a instituição decidiu utilizá-los como matéria-prima em um processo de compostagem.

Desta forma, esse resíduo seria reprocessado e reutilizado, gerando adubo que adicionará valor à terra onde são plantados alguns vegetais que servirão de alimento para os comensais do próprio restaurante da UAN. Desta forma, a partir de cerca de 726 kg de resíduos orgânicos mensais descartados na UAN, é possível se produzir aproximadamente 4765 kg de adubo.

O sistema inicia ao final do almoço, quando os resíduos orgânicos são deixados na área agroindustrial e sofrerão o processo de compostagem. Vale ressaltar que estes resíduos são deslocados para a área onde serão processados duas vezes ao dia e a permanência deles no refeitório se dá somente durante os períodos das refeições. Isto acontece porque a área agroindustrial fica situada na própria instituição, não sendo necessários grandes deslocamentos. No jantar, estes resíduos são deixados em câmara frigorífica até o período da manhã, quando são deslocados para a área agroindustrial, onde, assim que chegam, são processados.

O processo de compostagem tem início com a pesagem dos resíduos orgânicos; em nenhum momento os resíduos são separados, como chegam, são processados. Desta forma, neles encontram-se restos de alimentos que ficaram nas bandejas dos comensais — como cascas de frutas, caroços e ossos —, os alimentos que não foram consumidos e restos de alimentos.

Depois de pesados, os resíduos (geralmente 30 kg) são misturados com cal virgem (4 kg), pó de serragem (6 kg) e a tufa preta (2 kg) (Figura 1) por 30 minutos em misturadeira a 107 °C. Logo, a mistura é retirada do equipamento e colocada em caçambas (Figura 2) que, com o auxílio de transporte adequado, são levadas a um terreno a céu aberto, para que as decomposições aconteçam (Figura 3), formando o adubo.



**Figura 1:** mistura dos resíduos orgânicos com os demais elementos para fazer a compostagem



**Figura 2:** caçambas com o material pronto para o processo a céu aberto de compostagem



**Figura 3:** material pronto que irá sofrer o processo de compostagem a céu aberto

Esta mistura permanecerá neste local por 30 dias, sendo que 1 vez por semana, durante 15 dias, esta mistura deverá ser revirada a fim de não comprometer a ação microbiana pela alta temperatura de fermentação, procedimento também realizado por Aquino, Oliveira e Loureiro (2005).

De acordo com Melo e Duarte (2018), a compostagem é basicamente dividida em três fases: mesofílica, termofílica e maturação. É na fase mesofílica que os fungos e bactérias proliferam na matéria orgânica que está na composteira, degradando as matérias mais simples; sua duração é de aproximadamente 15 dias. A segunda fase, a termofílica, é a considerada mais longa da compostagem, pois pode atingir dois meses. É nessa fase que se produz a degradação da matéria mais complexa. A última, denominada de maturação, pode durar até dois meses; nela ocorre a diminuição da atividade microbiana chegando-se à estabilização do material produzido.

Para Aquino, Oliveira e Loureiro (2005), se houver umidade, condições de aeração e microrganismos (como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas e larvas, insetos etc.), não há motivo para que os resíduos orgânicos não sofram transformação metabólica. Essa transformação resultará em digestão da matéria orgânica e nutrientes como N, P, K, Ca e Mg serão liberados e convertidos em nutrientes minerais, que podem ser utilizados para enriquecer o solo e/ou corrigir algumas deficiências.

Passado este tempo, o adubo poderá ser agregado à terra onde será realizada a plantação dos vegetais, frutas, plantas etc., como mencionado anteriormente (Figura 4). Desta forma, pode-se dizer que, além de devolver os nutrientes ao ciclo natural da matéria e ser uma maneira

de reduzir a quantidade de lixo produzida pela UAN, possibilita a sua biodegradação, caso que não ocorreria se ele fosse descartado em um aterro sanitário<sup>7</sup>.



**Figura 4:** adição da terra compostada à terra virgem para realizar a plantação

#### 4.3 Vantagem ambiental calculada pelo método Wuppertal

A respeito das vantagens ambientais adquiridas com o processo de compostagem, os cálculos referentes ao método de Wuppertal (2014) estão dispostos na Tabela 3 e 4.

Para que a Intensidade de Material fosse determinada, o fluxo de entrada de massa (expresso em quilos) foi multiplicado pelo fator MIF (Mass Intensity Factors) e corresponde à quantidade de matéria necessária para produzir uma unidade de fluxo de entrada.

Os valores de MIF utilizados para calcular-se as vantagens ambientais para os respectivos resíduos de comida e compostagem estão expostos na Tabela 1.

**Tabela 3:** MM x MIF para os resíduos de comida do restaurante total mensal

MESES	FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL			
	MATERIAL ABIÓTICO (KG)	MATERIAL BIÓTICO (KG)	ÁGUA (KG)	AR (KG)
Fevereiro	1.268,1	1.613,9	24.208,5	172,9
Março	76,8	97,8	1.467,2	10,5
Abril	461,1	586,8	8.803,1	62,8
Maió	691,7	880,3	13.204,6	94,3
Junho	1.037,5	1.320,5	19.806,9	141,5

<sup>7</sup> Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-org%C3%A2nicos.html>. Acesso em: 22 abr. 2020.

Julho	153,7	195,6	2.934,3	20,9
Agosto	960,7	1.222,6	18.339,8	131,0
Setembro	499,5	635,8	9.536,7	68,1
Outubro	1.536,3	1.955,4	29.330,5	209,5
Novembro	576,4	733,6	11.003,9	78,6
Dezembro	230,6	293,4	4.401,5	31,4
Janeiro	76,8	97,8	1.467,2	10,5
Fevereiro	345,8	440,2	6.602,3	47,2
<b>Total</b>	<b>7.915,1</b>	<b>10.073,8</b>	<b>15.1106,8</b>	<b>1.079,3</b>

Fonte: elaboração própria.

Para o caso da compostagem, os valores de energia não foram computados na fabricação do adubo (material a ser compostado), pois o equipamento trabalha em procedimento limpo, sem produção de resíduos líquidos poluentes, sem emissão de CO<sub>2</sub> e livre de odores, como é relatado no manual do fabricante.

Assim como no caso dos resíduos orgânicos, na Tabela 4 estão dispostos os cálculos referentes à adição de serragem ao processo de compostagem.

Tabela 4: MM x MIF para a madeira total mensal

<b>FATORES DE INTENSIDADE DE MATERIAL</b>				
<b>MESES</b>	<b>MATERIAL ABIÓTICO (KG)</b>	<b>MATERIAL BIÓTICO (KG)</b>	<b>ÁGUA (KG)</b>	<b>AR (KG)</b>
Fevereiro	141,0	978,1	2.068,1	38,1
Março	124,2	861,8	1.822,3	33,5
Abril	129,3	896,6	1.895,8	34,8
Maiο	146,9	1.019,6	2.155,8	39,6
Junho	90,3	626,1	1.323,9	24,3
Julho	11,9	82,8	175,2	3,2
Agosto	102,7	712,9	1507,4	27,7
Setembro	123,6	857,8	1.813,8	33,4
Outubro	127,2	882,7	1.866,5	34,3
Novembro	90,2	625,6	1.322,8	24,3
Dezembro	33,6	233,4	493,4	9,1
Janeiro	32,1	222,8	471,2	8,7
Fevereiro	35,0	242,9	513,7	9,4
<b>Total</b>	<b>1.188,4</b>	<b>8.243,5</b>	<b>1.7430,2</b>	<b>320,7</b>

Fonte: elaboração própria.

Os compartimentos de material abiótico e biótico indicam o quanto de resíduos deixou-se de gerar no meio ambiente, enquanto os compartimentos de água e ar representam o quanto

foi deixado de poluir, considerando as emissões que se produziriam ao se dispor este resíduo em um aterro sanitário (OLIVEIRA NETO *et al.*, 2017).

Como na compostagem a serragem (madeira) é adicionada aos resíduos orgânicos e é adquirida em fornecedor externo à UAN, os valores de Intensidade de Material em cada compartimento (material biótico, material abiótico, água e ar) (Tabela 4) devem ser subtraídos dos valores de Intensidade de Material dos resíduos orgânicos (Tabela 3) para contabilizar o ganho ambiental. Isto porque ele não é produzido e nem reutilizado na própria UAN, e ela não pode absorver o ganho ambiental deste material.

Desta forma, pode-se dizer que, na questão ambiental, a instituição está deixando de poluir o meio ambiente com 8.557,0 kilos/ano de resíduos, que acabariam contribuindo para o aquecimento global, o desgaste da camada de ozônio, a pressão atmosférica etc. Em outras palavras, deixou-se de gerar anualmente 6.726,7 kg de material abiótico, ou seja, que não é transformado no meio ambiente ao longo do tempo, e 1.830,3 kg de material biótico (que pode ser transformado no meio ambiente). Também se deixa de poluir a água com 133.676,6 kg de resíduo/ano e o ar com 758,6 kg de resíduo/ano.

Trabalhos que utilizam o método de Wuppertal e abordam de forma quantitativa o ganho ambiental da compostagem são escassos. Desta forma para a análise dos resultados e efeito comparativo, optou-se por utilizar o trabalho realizado por Correa, Marques e Braga Júnior (2016), que estuda o ganho ambiental da reutilização dos resíduos gerados (ossada óleo/gordura) em dois açougues diferentes (2.643,1 kg de resíduos total/mês).

O estudo se fez por quatro meses e como média apresentou a redução de poluição de 785,9 kg de resíduos/mês no ambiente, 77,3 kg de resíduos/mês para o ar e 7.049,9 kg de resíduos/mês para a água. No caso do estudo em questão, comparando os valores obtidos, podemos dizer que, para uma quantidade mensal média de quase 726,0 kg de resíduos orgânicos, o seu reaproveitamento gera uma “economia” de impactos ambientais da ordem de 658,0 kg resíduos para o ambiente/mês, 10.282, 8 kg de resíduos /mês para a água e 58,3 kg de resíduos para o ar.

Em relação aos impactos, o ganho ambiental nos dois casos é maior na redução de poluição da água. Comparados os dois projetos, pode-se dizer que a compostagem é 5 vezes mais rentável ambientalmente do que a reutilização dos resíduos gerados em um açougue e de mais fácil reaproveitamento do resíduo.

## 5 Conclusão

A possibilidade de realizar a compostagem traz vantagens ambientais grandes; a quantificação destes processos é importante para mensurar quão vantajosos são. Este trabalho, por meio da metodologia de Wuppertal, conseguiu estimar o ganho conseguido em um programa de compostagem no caso da questão ambiental. Foi possível verificar quanto material poluente não teria sido depositado, por ano, tanto na água como no ar (água = 133.676,6 quilos/ano e ar = 758,6 quilos/ano) e no meio ambiente (8.557,0 quilos/ano de resíduos), pelo fato de estar acontecendo um procedimento de reciclagem de material orgânico por 30 dias.

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018-2019**. São Paulo: Abrelpe, 2019. Disponível em: [https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272\\_PanoramaAbrelpe\\_2018\\_2019.pdf](https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbrelpe_2018_2019.pdf). Acesso em: 25 abr. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma Brasileira Registrada (NBR) n.º 10.004:2004**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2020.
- ABREU, E. S.; SPINELLI, M, G. N.; PINTO, A. M. S. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer**. 4. ed. São Paulo: Metha, 2011. 416 p.
- ABREU, E. S.; SPINELLI, M. G. N.; ZANARDI, A. M. P. **Gestão de Unidades de Alimentação e Nutrição: um modo de fazer**. São Paulo: Metha, 2003. 140 p.
- ALBUQUERQUE NETO, H. C.; MARQUES, C. C.; ARAÚJO, P. G. C.; GONÇALVES, W. P.; MAIA, R.; BARBOSA, E. A. Caracterização de resíduos sólidos orgânicos produzidos no restaurante universitário de uma instituição pública (estudo de caso). *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007. Tema: A energia que move a produção: um diálogo sobre integração projeto e sustentabilidade.
- ALCÁZAR, F. M.; FERNÁNDEZ, P. M. R.; GARDEY, G. S. Human resource management as a field of research. **British Journal of Management**, London, v. 19, p. 103-119, 2008.
- AQUINO, A. M. de; OLIVEIRA, A. M. G.; LOUREIRO, D. C. Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos. **Embrapa 50**, 2005. Folheto.
- BHAMIDIMARRI, S. M. R.; PANDEY, S. P. Aerobic thermophilic composting of piggery solid wastes. **Water Science and Technology**, London, v. 33, n. 8, p. 89-94, 1996.
- BRASIL. Lei n.º 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário**

**Oficial da União:** seção 1, n. 147, p. 3 Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em: 25 abr. 2020.

CANONICO, S. F.; PAGAMUNICI, M. L.; RUIZ, P. S. Avaliação de sobras e resto-ingesta de um restaurante popular no município de Maringá-PR. **Revista UNINGÁ Review**, Maringá, v. 19, n. 2, p. 5-8, 2014.

CORREA, C. M.; MARQUES, M. D.; BRAGA JUNIOR, S. S. Gestão de resíduos: um estudo comparativo das práticas de logística reversa realizada por açougues da Alta Paulista. **InterfaceHS**, São Paulo, v. 11, n. 1, 2016.

OLIVEIRA NETO, G. C. *et al.* Implementing cleaner production in an automotive company: an application of material input per unit of service tool to measure environmental and economic advantages. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 449-459, 2017.

DOMÍNGUEZ, J.; GÓMEZ-BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Xalapa, n. 2, p. 309-320, 2010.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, New York, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

GIACON, J. V. **Análise quantitativa de resíduos orgânicos: estudo de caso em um restaurante universitário**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.

GIL, A. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GUIDONI, L. L. C. *et al.* Compostagem domiciliar: implantação e avaliação do processo. **Tecno-lógica**, Santa Cruz do Sul, v. 17, n. 1, p. 44-51, 2013.

GUMMESSON, E. Case study research and network theory: birds of a feather. **Qualitative Research in Organizations and Management. An International Journal**, United Kingdom, v. 2, n. 3, p. 226-248, 2007.

LECHNER, A.; GIOVANONI, A. Avaliação do resto-ingesta em uma unidade de alimentação no Vale do Taquari-RS. **Revista Destaques Acadêmicos**, Lajeado, v. 4, n. 3, 2012.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. São Paulo: Editora Hemus, 2004. 265 p.

LLEWELLYN, S.; NORTHCOTT, D. The “singular view” in management case studies. **Qualitative Research in Organizations and Management. An International Journal**, United Kingdom, v. 2, n. 3, p. 194-207, 2007.

MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. **Revista de Contabilidade e Organizações**, Ribeirão Preto, v. 2, n. 2, p. 9-18, jan./abr. 2008.



- MEIRA, A. M.; CAZZONATTO, A. C.; SOARES, C. A. **Manual básico de compostagem: Conhecendo os resíduos**. Piracicaba: USP, 2003.
- MELO, C. X. de; DUARTE, S. T. Análise da compostagem como técnica sustentável no gerenciamento dos resíduos sólidos. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, João Pessoa, v. 5, n. 10, p. 691-710, 2018.
- MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na administração: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, jan./abr. 2007.
- NAGLE, E. C. *et al.* Região Metropolitana de Campinas: gestão de resíduo sólido para o desenvolvimento regional sustentável. *In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL*, 5., 2004, Campinas. **Anais [...]**. Campinas: NIPE/UNICAMP, 2004.
- NETO, P. J. T. Gerenciamento de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 10, n. 18, p. 41-52, jan./jun. 1999.
- PARÁ. Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Programa Paraense de Tecnologias Apropriadas. **Compostagem: produção de adubo a partir de resíduos orgânicos**. Belém: SECTAM, 2003.
- PATTON, M. **Qualitative research and evaluation methods**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage, 2002.
- PHILIPPI JÚNIOR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri: Manole, 2004.
- PIMENTA, A. F.; MARQUES V. C.; TAIATELE JÚNIOR, I.; BOSCO, T. C. D.; BERTOZZI, J.; MICICHELS, R. N. Temperatura e redução de massa e volume em processo de compostagem de resíduos orgânicos domiciliares e poda de árvores. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL*, 14., 2016, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: Universidade de Brasília, 2016. v. 3, n. 2.
- RABELO, N. de M. L.; ALVES, T. C. U. Avaliação do percentual de resto-ingestão e sobra alimentar em uma unidade de alimentação e nutrição institucional. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 2039-2052, 2016.
- RAMOS, N. F. *et al.* Desenvolvimento de ferramenta para diagnóstico ambiental de lixões de resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1233-1241, 2017.
- RITTHOFF, M.; ROHN, H.; LIEDTKE, C. Calculating MIPS: Resource productivity of products and services. **Wuppertal Spezial**, Westphalia, Germany, n. 27e, c2002.
- ROESCH, S. M. A. **Projetos de estágio e de pesquisa em administração**. São Paulo: Atlas, 1999.
- SALES, Gizene L. P. de. **Diagnóstico da geração de resíduos sólidos em restaurantes públicos populares do Município do Rio de Janeiro: contribuição para minimização de**

desperdícios. 2009. 185 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

VAZ, C. S. **Restaurantes**: controlando custos e aumentando lucros. Brasília: Metha, 2006.

VIANA, M. R.; FERREIRA, C. L. Avaliação do desperdício de alimentos em Unidade de Alimentação e Nutrição cidade de Januária, MG. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 31, n. 266/267, 2017.

VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, United Kingdom, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

WUPPERTAL. Material intensity of materials, fuels, transport services, food. **Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy**, Wuppertal, Germany, 2014. Disponível em: [http://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/MIT\\_2014.pdf](http://wupperinst.org/fa/redaktion/downloads/publications/MIT_2014.pdf). Acesso em: 11 abr. 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2001. 212 p.