



**ÁREA TEMÁTICA: Ferramentas de Gestão Ambiental**

**ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GEE NO GERENCIAMENTO DOS RSO EM RESTAURANTES NO DISTRITO FEDERAL**

*Rebeca Borges*<sup>1</sup> ([rebecaborges@gmail.com](mailto:rebecaborges@gmail.com)), *Francisco Contreras*<sup>2</sup> ([pineda@unb.br](mailto:pineda@unb.br)), *Victor Silva*<sup>3</sup> ([v234181@dac.unicamp.br](mailto:v234181@dac.unicamp.br)), *Guilherme Gonçalves*<sup>4</sup> ([guilhermelimpgas@gmail.com](mailto:guilhermelimpgas@gmail.com))

1 Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Florianópolis, SC, Brasil

2 Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Brasília, DF, Brasil

3 Universidade Estadual de Campinas, Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais, Campinas, São Paulo, Brasil

4 GOPA Infra GmbH, Campinas, São Paulo, Brasil

**RESUMO**

Essa pesquisa analisou os efeitos de ações de destinação de Resíduo Sólido Orgânico (RSO) em restaurantes por meio da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), aferindo como as mudanças de destinação final e tratamento impactam na categoria Potencial de Aquecimento Global. Essa análise é baseada na “ótica de porta a porta”, que verifica os impactos de cada etapa, da porta do restaurante ao aterramento no aterro sanitário ou o tratamento na compostagem. Os serviços de alimentação que participaram da análise são associados, em sua maioria, ao Instituto Ecozinha, cujo objetivo é maximizar a coleta e recuperação de resíduos pós-consumo e otimizar a destinação correta para sua reciclagem na economia circular, coletados e tratados no Pátio de Compostagem Pura Vida. Foram analisados 2 cenários, i) cenário base - 1, em que os resíduos são coletados e aterrados no Aterro Sanitário de Brasília e ii) cenário 2, representando o tratamento dos resíduos alimentares num pátio de compostagem na cidade de Brasília. As emissões de GEE no cenário base foram de 696,6 kg CO<sub>2</sub>eq / t RSO, enquanto no cenário 2 foram estimados 150,5 kg CO<sub>2</sub>eq / t RSO, no qual a compostagem se apresenta como a melhor opção.

**Palavras-chave:** Avaliação do Ciclo de Vida; Resíduo Sólido Orgânico; Compostagem.

**ANALYSIS OF GHG EMISSIONS IN THE MANAGEMENT OF MSW IN RESTAURANTS IN THE FEDERAL DISTRICT**

**ABSTRACT**

This research will analyze the effects of Organic Solid Waste (OSW) disposal actions in restaurants through the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, measuring how changes in final disposal and treatment impact the Global Warming Potential category. This analysis is based on a “door-to-door” approach, which checks the impacts of each step, from the restaurant door to landfill or compost treatment. The food services that participated in the analysis are mostly associated with Instituto Ecozinha, whose objective is to maximize the collection and recovery of post-consumer waste and optimize the correct destination for recycling in the circular economy, collected and treated in the Pura Vida site Compost. Two scenarios were analyzed, i) base scenario - 1, in which waste is collected and landfilled in the Brasilia Landfill and ii) scenario 2, representing the treatment of food waste in a composting yard in the city of Brasília. GHG emissions in the base scenario were 696.6 kg CO<sub>2</sub>eq / t RSO, while in scenario 2, 150.5 kg CO<sub>2</sub>eq / t RSO were estimated, in which composting is the best option.

**Keywords:** Life Cycle Assessment; Organic Solid Waste; Global Warming Potential



## 1. INTRODUÇÃO

A visão do setor de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) no mundo se encontra em fase de mudança. Em alguns países como Alemanha e Japão, os RSU já são vistos como gerador de renda e energia há anos (TU BRAUNSCHWEIG, 2007). Entretanto, a gestão de RSU no Brasil ainda está mais relacionada às questões de saneamento básico, como saúde, bem-estar da população e ao impacto ambiental gerado pela disposição inadequada dos resíduos no solo e na água, por exemplo. Devido a isso, sabe-se que o enfoque dado à gestão de RSU ainda está concentrado nas etapas de coleta do resíduo e na disposição final (JARDIM; YOSHIDA; MACHADO FILHO, 2013).

O Sistema Nacional de Informações de Resíduos Sólidos (SNIS-RS) estimou que em 2019 foi coletado cerca de 64,1 milhões de toneladas de RSU, das quais 75,1% foram dispostas em aterros sanitários e 24,9% despejado em locais inadequados. Uma considerável parte dos RSU é constituída pelo Resíduos Sólidos Orgânicos (RSO) caracterizada por restos de animais ou restos de alimentos, jardinagem e podas.

Os RSO constituíam em 2012 cerca de 51% do total dos RSU no Brasil, segundo o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012). Esse tipo de resíduo é disposto, em sua maioria, em aterros sanitários ou lixões, cuja gestão é normalmente realizada pelos próprios municípios, por meio de autoridades locais (ZAMBON, 2018).

É importante destacar que a emissão de metano pela decomposição de RSO em aterros sanitários é o principal responsável pelas emissões do setor. Por isso, revela-se importante o fomento a ações voltadas ao desvio do envio de orgânicos para os aterros e a divulgação e sistematização dos dados dessas iniciativas, a fim de contabilizar as emissões evitadas. Existem no Brasil algumas iniciativas de compostagem descentralizadas, no entanto estas representam apenas 0,4% dos resíduos domésticos e públicos coletados, um percentual insignificante para o volume de RSU (BRASIL, 2017). Ademais, mesmo que existam informações sobre o percentual de resíduos sólidos recebidos em unidades de processamento (unidades de triagem e compostagem), estes dados ainda são frágeis e dispersos, dificultando análises mais precisas.

A fim de aumentar o desvio dos resíduos do aterramento, alguns estados e municípios começam a promover leis específicas voltadas a grandes geradores, com a finalidade de atender as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Por exemplo, o Distrito Federal estabeleceu por meio da Lei dos Grandes Geradores nº 5.610/16 (SLU, 2018), que estabelecimentos que geram acima de 120 litros de RSU por dia têm a responsabilidade pela destinação adequada de seus resíduos. Foi estabelecido que os resíduos desses empreendimentos só poderiam ser coletados e aterrados no Aterro Sanitário de Brasília (ASB) mediante pagamento ao Serviço de Limpeza Urbana (SLU), de acordo com preços públicos definidos.

Segundo a recente pesquisa de Keng, Z. X. et al., (2020), baseado em um estudo de caso na Malásia em que se analisou uma tecnologia de compostagem em escala comunitária com o objetivo de desviar os resíduos alimentares dos aterros sanitários foi possível demonstrar a viabilidade dessa tecnologia de baixo custo, além do potencial de reduzir as emissões de GEE no processo de degradação das matérias orgânicas.

Nesse contexto, o presente artigo visa ampliar a análise dos efeitos de ações de tratamento e disposição final de RSO de restaurantes por meio da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) focado nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Essa análise será feita pela “ótica de porta a porta”, que verifica os impactos de cada etapa, da porta do restaurante ao aterro sanitário ou ao tratamento na compostagem.

## 2. OBJETIVO

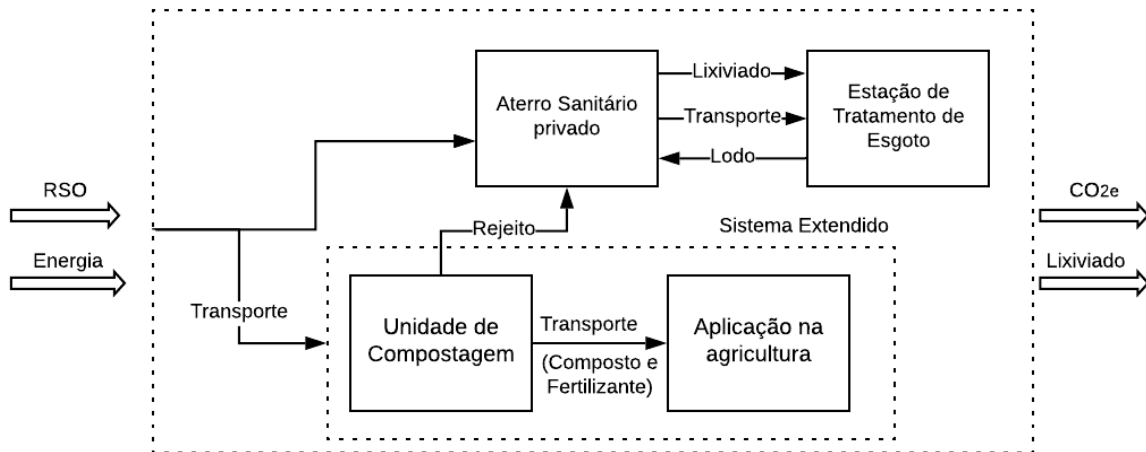
O objetivo desse estudo é analisar as emissões de GEE nos dois cenários descritos, a fim de maximizar a coleta e recuperação de resíduos pós-consumo e aperfeiçoar a destinação correta para sua reciclagem na economia circular, coletados e tratados no Pátio de Compostagem Pura Vida.



### 3. METODOLOGIA

Nesse estudo foram considerados os impactos na rota de transporte dependendo da destinação final, os impactos nas instalações de compostagem e aterro sanitário e na Estação de Tratamento de Esgoto, mostrados na Figura 1. Os estabelecimentos que estão contabilizados são associados ao Instituto Ecozinha, instituição sem fins lucrativos, cujo objetivo é maximizar a coleta e valorização de resíduos pós-consumo, otimizar a reciclagem e o tratamento no Pátio de Compostagem Pura Vida.

**Figura 1** – Definição do escopo do objeto de estudo.



Fonte: OLIVEIRA, R. B (2019)

A metodologia utilizada é a Avaliação do Ciclo de Vida que é baseada na avaliação das entradas, saídas e dos impactos potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida, ou seja, desde o momento da extração de matéria-prima ao seu descarte final. De acordo com Mogensen et al., (2007), a ACV é uma abordagem que avalia todos os estágios da vida de um produto, motivo pela qual foi escolhida para analisar este estudo de caso. Durante essa avaliação, os impactos ambientais de cada etapa são considerados a partir dos produtos de matérias-primas, processamento, distribuição, uso e descarte. Essa metodologia considera os resultados e impactos ambientais e não apenas o fluxo de materiais.

Para se definir o objetivo e o escopo de um ACV, deve-se primeiramente levar em conta quatro aspectos fundamentais, (i) o propósito do estudo; (ii) em que unidade funcional será feito o estudo para permitir a comparabilidade de resultados; (iii) os limites do sistema; (iv) o Inventário do Ciclo de Vida (ABNT, 2009a).

#### 3.1 Unidade funcional

A unidade funcional utilizada foi de 1 tonelada de RSO/ano, cuja composição analisada foi referente aos resíduos residenciais.

#### 3.2 Limites dos sistemas

- Cenário 1 - Base

Baseado nas características do cenário padrão de gerenciamento de RSO foi considerado o aterramento no Aterro Sanitário de Brasília. A caracterização do cenário envolve as emissões relativas ao processo de recobrimento dos resíduos (consumo de diesel e solo), o consumo energético necessário na instalação e as emissões de metano resultante na degradação da matéria orgânica. Além disso, foram contabilizadas as emissões no tratamento do lixiviado na Estação de Tratamento de Esgoto.

- Cenário 2 - Ecozinha

Nesse cenário foi considerado a valorização dos orgânicos por meio da compostagem, considerando o consumo energético (consumo de diesel e energia) no gerenciamento do RSO.



Partindo da premissa que a variabilidade dos resíduos alimentares influencia consideravelmente nas emissões de GEE, visto que os valores de emissão de GEE variam mesmo com a utilização de uma única tecnologia de compostagem no processo (CERDA et al., 2018).

Na construção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), foi quantificado as emissões de GEE do biogás gerado no aterro sanitário pelo modelo de decaimento de primeira ordem, as emissões de GEE no processo de compostagem e as emissões de GEE no consumo de combustíveis fósseis na coleta dos RSO, no consumo de energia nas instalações e no tratamento do lixiviado.

### 3.3 Emissões de Poluentes Atmosféricos

O modelo de decaimento de primeira ordem é utilizado para calcular as emissões de biogás no aterro sanitário, para isso utiliza-se a fórmula do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2006), o cálculo dessas emissões, em t CO<sub>2</sub>/ano, está na Equação 1:

$$Emissões\ CO_{2eq} = \varphi \times (1 - f) \times GWPC_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times COD_f \times FCM \sum_{x=1}^y \sum_j W_{xj} \times COD_j \times e^{-k(y-x)} \times (1 - e^{-kj})$$

**Equação 1.** Modelo de decaimento de primeira ordem IPCC (2006)

Onde (i) “ $\varphi$ ” corresponde ao fator de correção para contabilizar as incertezas do modelo (0,9), (ii) “f” a fração de CH<sub>4</sub> capturada e queimada (f = 0), “GWP” ao potencial de aquecimento climático do CH<sub>4</sub> (28), (iii) “OX” refere-se ao fator de oxidação (0), (iv) “F” equivale a fração em volume de CH<sub>4</sub> no biogás (50 %), enquanto (v) “FCM” representa o potencial de produção de CH<sub>4</sub> (1). A variável “COD<sub>f</sub>” indica a fração de carbono que é disponível para a decomposição bioquímica de 0,5, essa foi estimada assumindo uma temperatura padrão de 35°C na região anaeróbia do aterro sanitário e “COD<sub>j</sub>” corresponde a fração biodegradável de carbono por categoria dos resíduos sólidos (j) - kg C em kg de RSO, como foi considerado apenas restos de alimentos de alimentos, utilizou-se o fator de 0,15.

A categoria de impacto estudada, potencial de aquecimento global (GWP), usualmente é analisada para o período de 100 anos. Por isso, os fatores potenciais de aquecimento global dos GEE são baseados nessa escala de tempo, a fim de comparar o CO<sub>2</sub> com os outros gases responsáveis pelo efeito estufa, criando estimativas de emissões de diferentes gases. O metano varia entre o seu potencial de aquecimento de 28 a 36, o óxido de nitrogênio varia de 265 a 298 (EPA, 2019).

### 3.4 Emissão no Processo de Compostagem

As emissões do processo de compostagem podem variar pelo tipo de insumos que estão sendo avaliados, além disso, o método empregado influencia diretamente na variação das emissões dos gases do efeito estufa.

O processo de compostagem avaliado foi o de leira estática de aeração passiva e os insumos utilizados foram restos de alimentos de restaurantes e restos de podas, provenientes de condomínios de Brasília.

Existem alguns fatores que foram levados em consideração, tais como a umidade do material utilizado, a porcentagem de carbono e nitrogênio na mistura.

**Tabela 1** – Dados utilizados de umidade e porcentagem de carbono e nitrogênio dos materiais selecionados.

Componente	Porcentagem de massa (baseado na massa seca)		Umidade (%)
	Carbono	Nitrogênio	
Resíduos de alimentos	48	2,6	81,5
Restos de poda	49,5	0,2	50

*Fonte: Tchobanoglous, Theisen e Vigil (1993) e Vasconcelos (2019).*



Devido à falta de disponibilidade de dados referentes aos materiais utilizados na compostagem como os resíduos sólidos orgânicos e os resíduos de poda, principalmente em relação às porcentagens de carbono, nitrogênio e umidade contidas em cada material, a relação encontrada com os dados da Tabela 1 não se comprova na prática nos pátios de compostagem visitados em Brasília. Por isso, foi adotado a relação de que para cada 1 kg de RSO, são misturados homogeneamente 3 kg de resíduos de poda.

Na Tabela 2, são mostrados intervalos de fatores padrões que podem utilizados em inventários de ciclo de vida para compostagem.

**Tabela 2** – Fatores padrões de emissão de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O para tratamento biológico de resíduos.

	Resíduo seco	Resíduo úmido	Resíduo seco	Resíduo úmido
Unidade	g CH <sub>4</sub> / kg resíduo tratado		g kg N <sub>2</sub> O / kg resíduo tratado	
	10	4	0,6	0,3
<b>Compostagem</b>	(0,08 – 20)	(0,03 – 8)	(0,2 – 1,6)	(0,06 – 0,6)

*Fonte: (IPCC, 2006)*

Com o intuito de quantificar as emissões foi realizada uma revisão bibliográfica referente aos fatores de emissão dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa que estão presentes no processo de compostagem, são os gases metano (CH<sub>4</sub>), gás carbônico fóssil (CO<sub>2</sub>) e o Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), utilizado os valores das Tabela 2.

$$\text{Emissões de } CH_4 = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3}$$

**Equação 2.** Emissões de metano por massa de RSO. Adaptado IPCC (2006).

Emissões de CH<sub>4</sub> = emissões totais de CH<sub>4</sub> no ano do inventário, g CH<sub>4</sub>

M<sub>i</sub> = massa de resíduos orgânicos tratados por tratamento biológico tipo i, kg RSO

EF = fator de emissão para o tratamento i, g CH<sub>4</sub>/ kg de resíduos tratados

i = compostagem ou digestão anaeróbica

A Tabela 2 mostra valores referentes a valores padrões de compostagem sem a distinção do método utilizado, esses fatores de emissão podem ser utilizados no inventário, quando não se tem outros valores de referência. Baseado em Boldrin et al., (2009), em que foram estudadas as tecnologias de compostagem aberta (pilha estática, trincheira), fechada (pilha aerada), reator (garagem) e compostagem doméstica, para resíduos alimentares e resíduos de poda.

### 3.5 Consumo de Combustíveis Fósseis – Diesel

Na construção do ICV foram realizadas estimativas de consumo de combustíveis fósseis em todas as etapas do gerenciamento, desde o transporte do RSO coletado até a disposição final ou unidade de compostagem ou garagem da empresa responsável pela coleta.

Para as estimativas de consumo de combustível no transporte do RSO dos grandes geradores do DF, considerou-se que o transporte é dividido em quatro etapas: (1) o transporte da garagem da empresa responsável pela coleta ou do pátio de compostagem até o último restaurante; (2) o transporte desde do último restaurante ao Aterro Sanitário de Brasília ou pátio de compostagem



(Figura 1); (3) o transporte de poda da garagem do fornecedor a unidade de compostagem; (4) transporte de ida e volta do lixiviado para a Estação de Tratamento de Esgoto. Devido especificidade de cada etapa são considerados 4 tipos de veículos: caminhonete, caminhão compactador, caminhão pipa e caminhão toco.

O consumo de combustível do Trecho 4 não está sendo considerado devido ao fator utilizado não ser possível inferir essa variável, dependendo apenas das distâncias percorridas (km) e massa (t), como mostra a Tabela 3.

### 3.6 Consumo de energia nas instalações

O consumo de eletricidade e foi contabilizado no pátio de compostagem, aterro sanitário e ETE, através da Equação 3.

$$C_{eletricidade} = \sum_{unidade} f_{ce} * P_t$$

**Equação 3.** Consumo de energia nas instalações. Fonte: (SILVA, 2018)

$C_{eletricidade}$  é o consumo total de energia elétrica em cada cenário de gerenciamento kWh/ano);  
 $f_{ce}$  é o consumo específico de eletricidade em cada unidade avaliada (kWh/t) ou no caso da ETE (kWh/m<sup>3</sup>);

$P_t$  é o quantitativo de resíduos gerenciados na unidade (t/ano) ou (m<sup>3</sup>/ano) no caso da ETE.

### 3.7 Emissão no tratamento do lixiviado

O lixiviado gerado no aterro sanitário tem altas taxas de DBO, por isso pode contaminar aquíferos e cursos d'água próximo a instalação. Devido a isso, pode ser tratado na Estação de Tratamento de Esgoto em conjunto com o esgoto domiciliar. Fatores de emissão estão na Tabela 3.

O volume de lixiviado estimado para 1 tonelada de RSO geraria em um ano, foi baseado no dado de Silva (2018), que em seu estudo coletou a informação do SLU de Brasília. Devido a naturalidade da informação foi necessário adaptá-lo para RSO, multiplicado o valor que está na Tabela 3 pelo valor do IPCC para a fração correspondente de carbono nos resíduos de comida de 15,2% IPCC (2006).

Na Tabela 3 foi apresentado o Inventário do Ciclo de Vida baseado na categoria de impacto de mudanças climáticas. Nessa tabela foram compilados os fatores de emissão para contabilizar as emissões de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.

**Tabela 3** – Compilação dos fatores de emissão utilizados na realização do ACV – Inventário do Ciclo de Vida.

	Unidade	Valor
<b>Transporte</b>		
Consumo de diesel – caminhão compactador	L/t.km	0,15
Consumo de diesel – caminhão compactador	L/km	3,4
Consumo de diesel – caminhão toco	L/km	5,6
Consumo de diesel – caminhonete	L/km	6
Emissão diesel – caminhão pipa	kg CO <sub>2</sub> e/ (t.km)	0,17
<b>Compostagem</b>		
Consumo de eletricidade	kWh/t	16,31
Consumo de diesel	L/t	0,4
Produção de lixiviado	m <sup>3</sup> /t	0
Composto	t/ t RSO	0,1
Emissão de CH <sub>4</sub>	g CH <sub>4</sub> /kg resíduo tratado	1,5
Emissão de N <sub>2</sub> O	g N <sub>2</sub> O /kg resíduo tratado	0,3
<b>Aterro Sanitário</b>		
Consumo de eletricidade	kWh/t	0,618

Produção de lixiviado	m <sup>3</sup> /ano	228,99
DBO <sub>5</sub> do lixiviado	kg/m <sup>3</sup>	12,6
<i>Cobertura de RSU</i>		
	<b>Unidade</b>	<b>Valor</b>
Consumo de diesel	kg/RSO	1,5E-04
Solo	m <sup>3</sup> /RSO	8,2E-05
<b>ETE</b>		
Consumo de eletricidade	kWh/m <sup>3</sup>	15
Emissões de CH <sub>4</sub> para a atmosfera	g CH <sub>4</sub> /kg DBO 5	4,022
<b>Energia</b>		
<i>Eletricidade</i>		
Emissões de CO <sub>2</sub> na geração de eletricidade	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,57
<i>Queima de diesel</i>		
Emissões de CO <sub>2</sub>	kg CO <sub>2</sub> / L	2,603
Emissões de CH <sub>4</sub>	g N <sub>2</sub> O / km	0,02
Emissões de N <sub>2</sub> O	g CH <sub>4</sub> / km	0,005
<b>Fatores de equivalência (mudanças climáticas)</b>		
CO <sub>2</sub> para CO <sub>2</sub> -eq	kg/kg	1
CH <sub>4</sub> para CO <sub>2</sub> -eq	kg/kg	28
N <sub>2</sub> O para CO <sub>2</sub> -eq	kg/kg	265

Fonte: OLIVEIRA, R. B (2019)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O inventário do ciclo de vida, constituindo as entradas e saídas dos cenários analisados, cuja unidade funcional foi de 1 t de RSO/ano, é apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** – Balanço de emissões e energia, considerando as entradas e saídas no tratamento de 1 tonelada de RSO por dia em cada cenário.

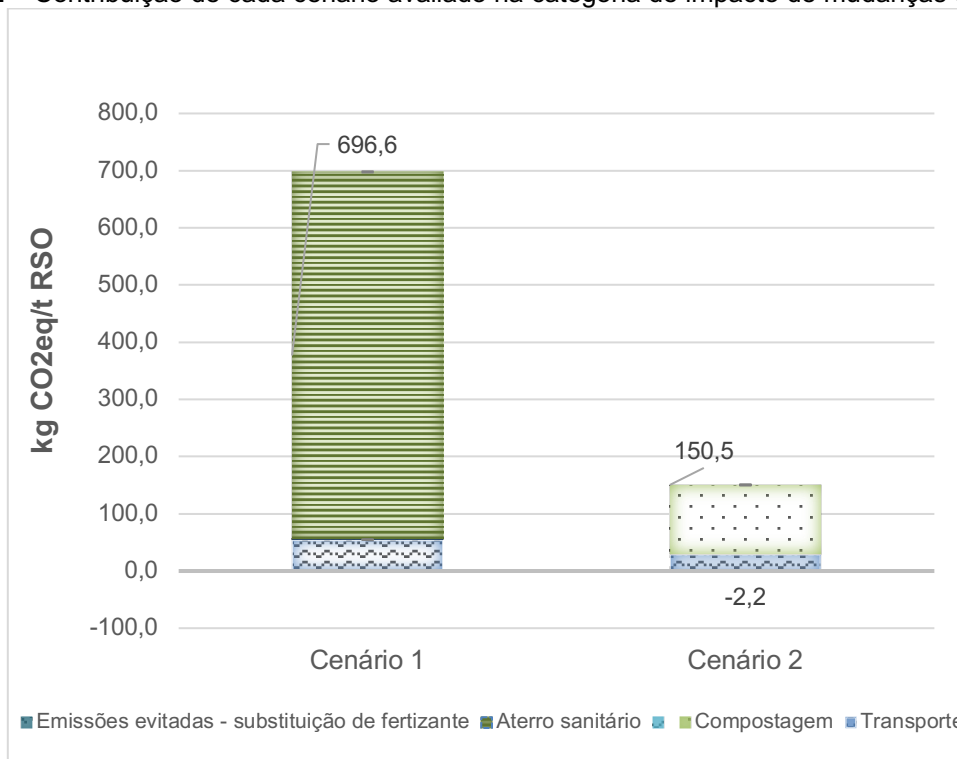
	Cenário 1	Cenário 2
<b>Entradas</b>		
Eletricidade (kWh)	1,33	0,38
Diesel (L)	21,08	12,41
<b>Saídas</b>		
<i>Emissões atmosféricas</i>		
Dióxido de Carbono - CO <sub>2</sub> (kg)	54,86	33,24
Metano - CH <sub>4</sub> (kg)	22,81	1,50
Óxido Nitroso - N <sub>2</sub> O (g)	2,38	304,31
<i>Materiais recuperados</i>		
Composto orgânico (kg)	0	0,10
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas – substituição de fertilizante orgânicos (kg CO <sub>2</sub> eq/ t RSO)	0	-2,24

Verifica-se, na Tabela 4, em que estão representados o balanço de emissões e energia em cada cenário, que o cenário 1 é o responsável pelo maior consumo de energia, isso ocorre por estar contabilizado nesse valor a energia necessária para tratar 1 tonelada de lixiviado na ETE e para aterrar no aterro sanitário. Visto que no cenário 2 não ocorre o tratamento do lixiviado, apenas a recirculação desse líquido, não há esse consumo relacionado a ETE. No entanto, a maneira como é feita, mecanizado ou manual, estará incluído no consumo de energia do estabelecimento.



O consumo de eletricidade varia de acordo com a matriz energética do país. A matriz brasileira pode ser considerada limpa, contribuindo com 0,57 kg CO<sub>2</sub>eq /kWh, enquanto na Europa Central a contribuição para as mudanças climáticas é de 0.9 kg CO<sub>2</sub>eq /kWh (BOLDRIN et al., 2009). Analisando-se a contribuição total de cada cenário para as emissões de GEE, estimou-se que o cenário 1 emite 696,6 kgCO<sub>2</sub>eq/t e o cenário 2 150,5 kgCO<sub>2</sub>eq/t RSO, como pode ser visto na Figura 2. Comparando o cenário 1 com o 2, é perceptível que o cenário 2 apresenta um melhor desempenho ambiental e climático. O que mais influenciou na diferença dos resultados foi o tratamento de compostagem, pois as emissões correspondentes aos transportes dos resíduos nos dois cenários são similares. Avaliando quantitativamente, o cenário 1 está emitindo 4,6 vezes mais que o cenário 2. Esse resultado é um reflexo do potencial de emissão de GEE da degradação dos RSO no aterro sanitário.

**Figura 2** – Contribuição de cada cenário avaliado na categoria de impacto de mudanças climáticas.



Segundo ISWA (2010), a maior contribuição para as emissões de GEE no setor de gerenciamento resíduos é a degradação da fração orgânica dos RSO em aterros sanitários, o que também foi verificado neste trabalho, conforme a Figura 2. No presente estudo de caso mais de 90% das emissões no cenário 1 é proveniente do aterro sanitário e menos de 10% do transporte, enquanto no cenário 2, quase 80% das emissões foram resultantes da compostagem e aproximadamente 20% do transporte.

## 5. CONCLUSÃO

Observando-se os resultados pode-se concluir que a compostagem deve ser incentivada em mais iniciativas que trabalhem com o tratamento e valorização de RSO, podendo também ser iniciativas associadas à responsabilidade social e ambiental do setor privado, como, por exemplo, o Instituto Ecozinha, visto que são muito importantes para gerar co-benefícios para a sociedade.

Analisando a logística de transporte, o impacto de GEE é relativamente pequeno se comparado à disposição final, contribuindo com menos de 10% das emissões do cenário. Porém, não foram avaliados nesse trabalho os impactos relacionados a poluentes locais emitidos pelos caminhões,



que geram impactos negativos na saúde pública. Importante notar que a logística de coleta e transporte apesar de menos relevante em relação as emissões de GEE, costuma ser muito importante na composição dos custos relacionados ao gerenciamento.

Considera-se também que apesar de o aterro sanitário ser considerado uma forma de disposição final ambientalmente adequada, ele possui características que contribuem para elevadas taxas de geração de metano e, por isso, do ponto de vista climático não deve ser considerado uma solução adequada. Os RSO que são responsáveis pela geração de metano no aterro sanitário devem ser objeto de estratégias alternativas de valorização sendo a compostagem o processo de tratamento de RSO mais adequado para a realidade brasileira.

## REFERÊNCIAS

- BOLDRIN, A. et al. Composting and compost utilization: Accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management and Research*, 2009.
- BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico. Brasília, 2017
- CERDA, A. et al. Composting of food wastes: Status and challenges. *Bioresource Technology*, v. 248, p. 57–67, 2018.
- EPA. Understanding Global Warming Potentials. Disponível em: <<https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>>. Acesso em: 31 jan. 2021.
- IPCC. Chapter 4 - Biological Treatment of Solid. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [2006]. p. 4.4.1-4.4.8.
- JARDIM, A.; YOSHIDA, C.; MACHADO FILHO, J. V. Política nacional, gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, 2013. Disponível em: <<http://unb.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788520433799>>
- Keng, Z. X., Chong, S., Ng, C. G., Ridzuan, N. I., Hanson, S., Pan, G.-T, Lam, H. L. (2020). Community-scale composting for food waste: A life-cycle assessment-supported case study. *Journal of Cleaner Production*, 121220. doi:10.1016/j.jclepro.2020.121220
- MOGENSEN, L. et al. Life Cycle Assessment across the Food Supply Chain. In: Sustainability in the food industry. [2007]. p. 115–144.
- OLIVEIRA, R. B. Análise Do Gerenciamento De Resíduos Sólidos Orgânicos Pela Metodologia Avaliação Do Ciclo De Vida: Estudo De Caso Sobre Restaurantes No Distrito Federal. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, NÚMERO DE PÁGINAS p.107, 2019.
- SILVA, V. A. O. (2018). Análise de alternativas para minimização de impactos no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos – estudo de caso no Distrito Federal. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 91 p.
- SLU. Grandes Geradores. Disponível em: <<http://www.slu.df.gov.br/grandes-geradores/>> [2018].
- TCHOBANOGLIOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. Integrated solid waste management: engineering principles and management issues. Singapore: McGraw-Hill, 1993.
- TU BRAUNSCHWEIG. Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil, 2007.
- VASCONCELOS, C. V. Caracterização e Tratamento do Composto Orgânico de Resíduos Urbanos de Belo Horizonte-MG para a Utilização em Ações de Agricultura Urbana. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO INSTITUTO DE AGRONOMIA, 2019.
- ZAMBON, M. Resíduos Orgânicos Urbanos: Um Olhar Sobre Florianópolis ISSN: 2359-1048. n. December, 2018.