

## **AVALIAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO CEASA/ PE**

### **ASSESSMENT OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN CEASA/PE**

**Autor: Guilherme Bastos Soares**

#### **Resumo**

As emissões de gases de efeito estufa (GEE) sempre ocorreram naturalmente na Terra, mas a preocupação global com as emissões antropogênicas começou a partir do ano de 1979, com a realização da primeira conferência mundial do clima. Após isso, vários acordos foram construídos com o intuito de reduzir as emissões desses gases, como a Eco-92, o Protocolo de Kyoto e o acordo de Paris, que estabeleceram metas para a redução das emissões de GEE. A contabilização desses gases é uma forma de quantificar as emissões pelas atividades desenvolvidas em uma empresa ou organização, por isso, o estudo teve como objetivo mapear as atividades desenvolvidas no CEASA/PE, buscando métodos para quantificar as emissões geradas, como através da ferramenta de cálculo do GHG Protocol, que condensa os fatores de emissão calculados para cada processo de acordo com o ano em que as emissões serão contabilizadas já para os cálculos das emissões evitadas no processo de compostagem foi utilizada a ferramenta AMS-III.F, realizando uma comparação com as emissões advindas de processo de aterramento de resíduos. Com os cálculos realizados foi possível observar que a CEASA teve um total de 13.481,24 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq emitidas no ano de 2023, com o processo de compostagem no CEASA-PE evitando a emissão de 8.108 tCO<sub>2</sub>-eq, quando comparado ao aterramento dos mesmos resíduos. Além disso, observa-se que se caso todos os resíduos orgânicos fossem compostados pelo centro, as emissões evitadas poderiam chegar até 22.656,9 tCO<sub>2</sub>-eq, demonstrando o potencial da compostagem para redução de emissões de GEE. Ademais, o estudo observa que a compostagem é um importante contribuinte para a redução das emissões de GEE, sendo necessária a implementação de processos de compostagem mais amplos e controlados, recomendado-se que hajam mais estudos relacionados ao transporte dos resíduos para otimizar a eficácia na redução dos projetos de compostagem.

Palavras-chaves: mudanças climáticas; compostagem; emissões de GEE; emissões

evitadas; aterro sanitário.

### **Abstract**

*Greenhouse gas (GHG) emissions have always occurred naturally on Earth, but global concern about anthropogenic emissions began in 1979, with the holding of the first world climate conference. After that, several agreements were created with the aim of reducing emissions of these gases, such as Eco-92, the Kyoto Protocol and the Paris agreement, which established goals for reducing GHG emissions. Accounting for these gases is a way of quantifying emissions from activities carried out in a company or organization, therefore, the study aimed to map the activities carried out at CEASA/PE, seeking methods to quantify the emissions generated, such as through the calculation of the GHG Protocol, which condenses the emission factors calculated for each process according to the year in which the emissions will be recorded. For the calculations of emissions avoided in the composting process, the AMS-III.F tool was used, making a comparison with emissions arising from the waste landfilling process. With the calculations carried out, it was possible to observe that CEASA had a total of 13.481,24 tons of CO<sub>2</sub>-eq emitted in the year 2023, with the composting process at CEASA-PE avoiding the emission of 8,108 tCO<sub>2</sub>-eq, when compared to landfilling. of the same waste. Furthermore, it is observed that if all organic waste were composted by the center, the avoided emissions could reach up to 22,656.9 tCO<sub>2</sub>-eq, demonstrating the potential of composting to reduce GHG emissions. Furthermore, the study notes that composting is an important contributor to the reduction of GHG emissions, requiring the implementation of broader and more controlled composting processes. It is recommended that there be more studies related to the transport of waste to optimize the effectiveness in reducing composting projects.*

*Key-words:* climate changes; composting; GHG emissions; avoided emissions; landfill.

## 1. Introdução

As emissões de gases de efeito estufa sempre ocorreram no planeta Terra, sendo elas por conta das emissões vulcânicas ou pelas atividades antrópicas, chegando em diversas vezes a altos níveis de concentração e sendo uma das causas para o aquecimento do planeta em determinadas eras geológicas, contudo, o aumento exponencial dessas emissões por atividades antrópicas gerou a preocupação global com o controle e a redução das concentrações desses gases, tendo como um marco o ano de 1979, quando ocorreu a primeira conferência mundial do clima, realizada pela Organização Meteorológica Mundial (WMO), que foi um passo importante para a discussão das mudanças climáticas e o aquecimento global (MARCOVITCH, 2006).

Já em 1987, no décimo congresso realizado pela WMO foi instituído o Painel Intergovernamental sobre mudanças do clima (IPCC), responsável por avaliar os impactos e a magnitude das mudanças climáticas nos aspectos ambientais, de saúde humana, segurança alimentar e outros fatores. Em 1990, o IPCC divulgou o seu primeiro relatório avaliando os impactos do aumento da temperatura global, indicando um aumento médio estimado entre 1,5°C e 4,5°C, ocorrendo entre os anos de 2025 a 2050 (IPCC, 1990).

Após a criação do IPCC, diversos outros acordos e convenções foram criadas com o objetivo de instituir acordos para redução de emissões e avaliar planos de mitigação de emissões e de adaptação climática, entre elas pode-se destacar a Eco-92, que ocorreu em 1992 no Brasil, que foi importante para a criação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC). Nesta conferência, em 1992, os países desenvolvidos que possuíam os maiores índices de emissões de gases de efeito estufa (GEE) assinaram um documento conhecido como protocolo de Kyoto, que visou a redução de 5,2% das emissões atmosféricas em relação ao ano base (1990), entre o período de 2008 a 2012 (ONU, 1997).

Quando analisados separadamente é possível observar que os fatores que influem nas alterações climáticas não são suficientes para explicar o aumento da temperatura nos níveis atuais, pois se considerado o ciclo de Milankovitch, é possível avaliar que este não causa aumento da temperatura média global, já que apesar de ocorrer uma

mudança da órbita da terra, o que ocasionaria mais radiação em determinadas latitudes, as mesmas seriam contrabalanceadas por uma diminuição de radiação em outras regiões, sendo neutra na média.

No caso das atividades solar e vulcânicas, essas não sofreram variações significativas nos últimos anos, não sendo suficientes para explicar o aumento na temperatura média global, e mesmo com as emissões de gases de efeito estufa pelos vulcões o número chega a ser 100 vezes menor do que as emissões ocasionadas pelo homem em 1 ano. Já quando avaliada a variabilidade interna do sistema e as emissões naturais de gases de efeito estufa também não é possível contabilizar as mesmas como causadoras do aumento da temperatura, já que são praticamente insignificantes quando comparadas com o total.

Observando esses fatores que podem influir sobre a temperatura média global, é possível notar que são insuficientes para determinar como o seu principal causador, já se observadas as análises realizadas nos estudos do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), é possível notar que existe uma relação direta entre os níveis de CO<sub>2</sub> presentes na atmosfera e o aumento abrupto da temperatura nos últimos anos, sendo os gases de efeito estufa (GEE) emitidos principalmente por ações humanas devido aos meios de transporte, atividades agrícolas como as mudanças de uso no solo e emissões industriais. Junto a isso, é possível observar que por mais que haja uma aceitação científica em relação a esse tipo de ação, o número de emissões desse tipo de gases ainda é uma crescente, e um problema a ser trabalhado entre as nações. (IPCC, 2018)

Quando avaliadas as ações antrópicas para variações da temperatura, é possível encontrar algumas atividades que causam impactos significativos nas emissões de gases de efeito estufa e na absorção do calor na atmosfera, entre as atividades destacam-se a queima de combustíveis fósseis para a geração de energia e transporte, as mudanças no uso do solo, o desmatamento, a agropecuária e o descarte inadequado dos resíduos sólidos, que perdem muitas vezes o seu potencial de reciclagem ou reaproveitamento energético. (WWF Brasil, 2021)

A partir do que pode ser metrificado pela ciência, são elaboradas previsões acerca do aumento ou queda na temperatura média global, e já é possível fazer previsões mais exatas devido a satélites e modelagens computacionais que analisam e captam as informações meteorológicas com mais exatidão, prevendo o que pode acontecer com a média de temperatura em caso de manutenção ou crescimento do perfil de emissões dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, tal análise mostra que a tendência é que haja um aumento da temperatura global a níveis de 2°C a 5°C, o que ocasionaria diversos problemas para os ecossistemas terrestres e marinhos. (DIAS, 2006)

Considerando que as emissões são fator primordial para o enfrentamento às mudanças climáticas, é primordial que seja realizado o cálculo das emissões gerais dos governos, instituições e indústrias, que possuem grande interferência nesse processo, visto isso, a contabilização através da construção de inventários de gases de efeito estufa é o primeiro passo para o estabelecimento de leis e normas de controle, além do estabelecimento de metas de redução. Uma das formas para reduzir as emissões de GEE é através da destinação e tratamento correto de resíduos orgânicos compostáveis, permitindo que os gases formados pelo processo de digestão aeróbia sejam reduzidos em comparação a destinação realizada por meio do aterramento desses resíduos orgânicos. Como resultado desse processo, uma quantidade considerável de metano deixa de ser emitida na atmosfera. (SARDÁ, 2010)

Um importante gerador de resíduos orgânicos são as centrais de abastecimento nos centros urbanos. O CEASA-PE é considerado a maior central de abastecimento do Norte/Nordeste em volume de vendas, comercializando em torno de 90.000 t/mês de produtos hortifrutigranjeiros, cereais e estivas, peixes, além de flores ornamentais e produtos orgânicos, gerando mensalmente uma média de 1000 t de resíduos sólidos, dos quais 90% são resíduos orgânicos. No processo de gerenciamento de seus resíduos, é uma empresa que organiza, de forma sustentável, as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final, encaminhando parte dos resíduos orgânicos para uma empresa especializada, que trata este resíduo pelo processo de compostagem, onde é produzido fertilizante composto, distribuídos aos pequenos agricultores e instituições através do Programa Adubo Sustentável.

O objetivo deste trabalho é realizar a análise das emissões de gases de efeito estufa de atividades desenvolvidas no CEASA/PE, dos processos geradores destes gases e calcular as emissões evitadas nessas atividades, incluindo a implementação de processo de compostagem, adotado para o tratamento de parte dos resíduos orgânicos gerados pelo CEASA/PE, realizando o cálculo do potencial de geração de créditos de carbono, além de levantar recomendações para a realização do inventário de emissões para as atividades desenvolvidas.

## **2. Metodologia**

O estudo foi realizado no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco – CEASA/PE, que é considerado a maior central de abastecimento do Norte/Nordeste em volume de vendas, gerando mensalmente uma média de 1000 ton de resíduos sólidos, dos quais, 90% sendo resíduos orgânicos, parte, tratados por meio do processo de compostagem decisivo na mitigação dos gases de efeito estufa. Tendo também como emissões os gases liberados durante o processo de transporte e logística dos resíduos gerados, assim como as emissões liberadas pelos efluentes destinados através dos usuários do centro, consumo energético e as emissões fugitivas. Os cálculos foram realizados utilizando os dados disponibilizados pelo CEASA para as atividades desenvolvidas pelo centro durante o ano de 2023, dentro da quantificação foi identificada uma atividade com potencial para geração de créditos de carbono através das emissões evitadas, sendo contabilizada as emissões dos resíduos orgânicos coletados pelo CEASA/PE, no período de 2018 a 2023.

Para a realização da análise das emissões de gases de efeito estufa pelas atividades desenvolvidas no CEASA/PE serão levantadas as fontes geradoras e os sumidouros de CO<sub>2</sub> de acordo com o programa GHG Protocol, onde também será possível obter informações para o levantamento dos processos geradores destes gases, de acordo com a classificação disponibilizada pelo programa. Para o levantamento das emissões geradas no CEASA/PE serão considerados os escopos 1 e 2, que tratam das emissões diretas que são geradas pelas atividades e pelo consumo de energia, sendo também inseridas as emissões indiretas (escopo 3) do processo de resíduos, não obrigatórias para inventários de emissões certificados, que considera fatores como as emissões causadas pelo transporte dos funcionários, a cadeia de fornecedores e etc.

(GHG Protocol Brasil, 2009)

Já a metodologia para a contabilização de emissões de gases de efeito estufa evitadas a partir do processo de tratamento de resíduos orgânicos pela compostagem será através da Ferramenta AMS-III.F (Avoidance of methane emissions through controlled biological treatment of biomass), que determina as emissões evitadas de metano e outros gases através de projetos de pequena escala em relação às emissões de CH<sub>4</sub>. (UNFCCC, 2006) para a adoção do método é utilizada a seguinte fórmula para determinar as emissões causadas pelo processo de compostagem:

$$PECH4y = Qy * EFCH4y * GWPCH4 \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

PECH4y = Emissão de metano pelo projeto de compostagem no ano “y” (t CO<sub>2</sub>-eq/ano)

Qy = Quantidade de resíduos compostados (t/ano);

EFCH4y = Fator de emissão de metano por tonelada de resíduo compostado no ano (tCO<sub>2</sub>-eq/ano);

GWPC<sub>H4</sub> = Potencial de aquecimento global do metano.

Seguindo os valores AMS-III.F, foi possível determinar um valor para realização do cálculo de emissões de CH<sub>4</sub> em processo de compostagem, sendo utilizada uma outra ferramenta para calcular as emissões de CH<sub>4</sub> geradas em aterros sanitários, a CDM Tool AM04 Methodological tool: Emissions From Solid Waste Disposal Sites – Version 08.0. A Equação abaixo apresenta a equação para cálculo das emissões de CH<sub>4</sub> em aterros sanitários:

$$BE_{CH4,SWDS,y} = \varphi \cdot (1 - f) \cdot GWP_{CH4} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-kj(y-x)} \cdot (1 - e^{-kj}) \quad \text{equação (2)}$$

Com esses dados em posse, foi possível realizar o cálculo de emissões evitadas, realizando a comparação entre a destinação realizada por meio da disposição em

aterros sanitários, com o reaproveitamento energético desses resíduos pelo processo da compostagem realizado pelo CEASA/PE.

É importante compreender que para calcular os valores de emissão de gases de efeito estufa é necessário que seja realizada a conversão dos valores de acordo com o GWP (Global Warming Potential), que se refere ao potencial de um determinado gás de causar impactos relacionados ao efeito estufa. Essa correção é importante para definir a unidade em que serão contabilizadas as emissões dos gases de efeito estufa, sendo essas convertidas para CO<sub>2</sub>eq, os dados desse potencial de emissão para os principais gases gerados pode ser encontrado na Tabela 01

**Tabela 01** – Tabela com GWP dos principais gases de efeito estufa.

<b>Gás</b>	<b>Sigla</b>	<b>GWP (CO<sub>2</sub>eq)</b>
Dióxido de Carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	28
Óxido Nitroso	N <sub>2</sub> O	265
Trifluoreto de Nitrogênio	NF <sub>3</sub>	16.100
Hidrofluorcarbonetos	HFCs	4 – 12.400
Clorofluorcarbonetos	PFCs	4.660 – 13.900

Com os dados de emissões calculados para a atividade de compostagem é possível fazer uma comparação das emissões evitadas com relação ao processo de aterramento de resíduos orgânicos. Além disso, as recomendações para a elaboração do inventário de emissões no CEASA, será utilizado como base o levantamento realizado para os processos e as indicações feitas pelo programa GHG Protocol para análise dos processos.

### **3. Análise e contabilização do perfil de emissões**

Para a realização de um processo de inventário e contabilização das emissões de gases de efeito estufa (GEE), é necessário compreender o perfil de emissões e quais são as fontes emissoras e sumidouros de carbono presentes no centro, por isso, foi



realizado inicialmente um levantamento das atividades que são desenvolvidas no CEASA/PE, com o objetivo de mapear quais dessas possuem emissões em sua cadeia logística e para realizar a quantificação em toneladas de CO<sub>2</sub>eq, o cálculo foi elaborado por meio da ferramenta de cálculo disponibilizada pelo programa GHG Protocol Brasil, que realiza anualmente a atualização dos fatores de emissão para cada atividade. (GHG Protocol Brasil, 2024)

Na análise realizada em visita ao CEASA Pernambuco foi possível observar que a maioria das atividades são administrativas, tendo suas emissões em sua maioria associadas aos escopos 2 e 3, já as emissões diretas podem ser concentradas em algumas atividades específicas, tais como: emissões por transporte e destinação de resíduos; emissões no gerador de vapor do programa sopa amiga, que utiliza como combustível o GNV (Figura 1); emissões por uso de energia elétrica e efluentes líquidos gerados. A partir das atividades levantadas e dos dados disponibilizados pela equipe responsável no CEASA/PE, foi possível calcular os dados de emissões através da ferramenta de cálculo com os fatores de emissão de cada atividade para o ano de 2023 disponibilizada pelo Programa GHG Protocol Brasil. A tabela 02 apresenta o resumo com o total de emissões geradas para cada escopo em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Figura 01** – Gerador de vapor utilizado no programa sopa amiga.



**Tabela 02** – Levantamento das atividades e emissões por escopo.

<b>Atividade desenvolvida</b>	<b>Escopo de emissão</b>	<b>Emissões geradas (tCO<sub>2</sub>eq)</b>
Emissões fugitivas - extintores	Escopo 1	0,104
Emissões pelo gerador – comb. estacionária	Escopo 1	43,05
Efluentes líquidos	Escopo 1	*
Uso de energia elétrica	Escopo 2	563,42
Geração de resíduos - aterro	Escopo 3	12.006,86
Geração de resíduos - compostagem	Escopo 3	867,81
Combustão móvel - frota	Escopo 3	-
	Escopo 1	43,154
<b>TOTAL</b>	Escopo 2	563,42
	Escopo 3	12.874,67

\* É necessária a avaliação da carga orgânica e Nitrogênio presente no efluente tratado no centro.

Com o cálculo de 13.481,24 toneladas de CO<sub>2</sub>eq nas emissões totais, foi observado um potencial para a geração de créditos de carbono através da redução de emissões no processo de destinação de resíduos orgânicos do CEASA, trazendo a comparação entre o total de emissões realizadas no CEASA/PE para a destinação dos resíduos orgânicos. Com essa análise, foi possível observar que as emissões ocorridas no aterro foram mais representativas que as emissões por processo de compostagem, conforme visto na Tabela 02. Podendo optar pela implementação de processo de destinação adequada para os resíduos orgânicos através da compostagem (Figura 02), sendo uma das alternativas para reduzir as emissões nesse processo. Por isso, foi levantado todo o período em que o projeto foi iniciado e os dados disponíveis pelo CEASA, afim de identificar quantas toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente foram evitadas através da implantação do projeto e o potencial de redução de emissões para o caso de extensão desse processo para todos os resíduos orgânicos gerados.

**Figura 02** – Imagens da compostagem realizada no CEASA/PE.



### **3.1 Cálculo de emissões evitadas para processo de compostagem**

Para o cálculo de emissões por processo de compostagem foi utilizada a equação 1, onde o fator de emissão (tCO<sub>2</sub>-eq/ano) foi considerado de 0,002, que é o valor sugerido pelo UNFCCC (2017) para o processo de compostagem, e o potencial de aquecimento global adotado foi de 28, valor dado pelo IPCC (2013). Já no cálculo de emissões por tonelada para a destinação em aterro foi considerado o número obtido em um estudo semelhante para cálculo de emissões, conforme apresentado na equação 02 (KOBİYAMA, 2022).

**Tabela 03** - Total de emissões por tipo de destinação.

destinação	resíduos destinados (t)	emissões (tCO <sub>2</sub> eq)	por tonelada	emissões totais (tCO <sub>2</sub> -eq)
aterro	45.465,4	0,376		17.095,0
compostagem	25.337,4	0,056		1.418,9

Após o cálculo do total de emissões para cada tipo de destinação dos resíduos orgânicos, foi realizado o cálculo de emissões evitadas pelo processo de compostagem, para isso, foi necessária a comparação entre as emissões realizadas no processo de compostagem, considerando as emissões por tonelada de resíduos

em processo de aterramento, para que assim fosse possível realizar o comparativo para o caso do processo de compostagem não fosse realizado para o tratamento dos resíduos orgânicos do CEASA. As emissões evitadas pelo processo da compostagem podem ser vistas na tabela 02:

**Tabela 04** - Total de emissões evitadas por tipo de destinação.

destinação	resíduos destinados (t)	emissões por tonelada (tCO <sub>2</sub> -eq)	emissões totais (tCO <sub>2</sub> -eq)
aterro	25.337,4	0,376	9.526,9
compostagem		0,056	1.418,9
Emissões evitadas (tCO <sub>2</sub> -eq)			8.108,0

Por fim, foi realizado o cálculo do potencial de emissões evitadas para o caso de o processo de compostagem ser implementado em 100% dos resíduos orgânicos que podem ser compostados, esse cálculo é importante para identificar quanto de emissões poderiam ter sido evitadas em caso de expansão do projeto, havendo a possibilidade da geração de créditos de carbono a partir da comprovação da redução dessas emissões. Os dados podem ser encontrados na tabela 03 abaixo:

**Tabela 05** - Potencial de emissões evitadas por tipo de destinação.

destinação	resíduos destinados (t)	emissões por tonelada (tCO <sub>2</sub> -eq)	emissões totais (tCO <sub>2</sub> -eq)
aterro	70.802,8	0,376	26.621,9
compostagem		0,056	3.965,0
Potencial de emissões evitadas (tCO <sub>2</sub> -eq)			22.656,9

### **3.2 Recomendações para construção do inventário completo de emissões**

Com base nos dados concretos do inventários de GEE e seguindo as diretrizes estabelecidas por organizações internacionais de padrões ambientais, como o Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) e a ISO 14064, foram identificadas algumas oportunidades para metrificar de forma mais adequada e obter maior qualidade nos dados de emissões de GEE em todas as esferas de sua operação. Da gestão eficiente da frota de veículos à análise da eficiência energética em suas instalações, passando pelo engajamento dos funcionários e pela adoção de práticas de transporte sustentável.

Neste contexto, são apresentadas a seguir uma série de recomendações de ação destinadas a guiar o CEASA no controle dos dados e o auxílio para a redução das emissões de GEE e a possível geração de créditos de carbono com o desenvolvimento de projetos que reduzam as emissões. Estas recomendações foram elaboradas com base nos dados disponibilizados pela empresa e foram separados em 3 escopos, onde cada um deles traz formas de melhorar como esses dados são metrificados, auxiliando na realização dos cálculos pela ferramenta do GHG Protocol e também evidenciando como foram realizados os cálculos de emissões.

#### **3.2.1 Recomendações para Escopo 1 (Emissões diretas)**

##### **3.2.1.1 Emissões em fontes fixas**

Para a contabilização das emissões em fontes fixas foi possível observar que essas se concentram apenas em um gerador de vapor presente nas instalações do programa sopa amiga, que trabalha com o objetivo de reaproveitar os legumes e raízes que sobram nas instalações do CEASA. Para essa, recomenda-se que seja realizada uma medição por meio do teste de isocinética, que permite quantificar as emissões da caldeira de forma mais precisa, sendo realizado o teste de forma anual. Para mapear os registros dos dados é recomendado que seja feita uma planilha de acompanhamento do consumo de gás natural pelo gerador em cada mês.

### **3.2.1.2 Emissões Fugitivas**

O controle das emissões fugitivas provenientes da contabilização através das manutenções realizadas nos extintores e ar-condicionados mostrou alguns pontos que podem ser aperfeiçoados, como por exemplo a melhor metrificação das emissões nas atividades de manutenção dos gases refrigerantes presentes nos ar-condicionados do centro. Além disso, foi observado que os dados de reposição dos extintores não foram tão precisos, necessitando da análise de quanto foi recarregado em cada extintor, de acordo com a sua capacidade. Para a evidência das reposições sugere-se um documento formal das empresas que realizam a manutenção dos extintores e ar-condicionados para comprovar o quanto foi feito de recarga ou quais extintores foram substituídos no processo.

### **3.2.2 Recomendações para Escopo 2 e 3 (Emissões indiretas)**

Já para a contabilização do escopo 3 da empresa é preciso que sejam mapeadas quais emissões serão efetivamente contabilizadas e em qual nível será realizada essa análise, como envolve dados de fora e não somente relacionados aos processos do centro é preciso que verifique quais serão contabilizados e como será realizada a coleta desses dados, já que o centro possui uma grande quantidade de empresas, funcionários e clientes que participam nas suas atividades. Para os cálculos de resíduos e efluentes destinados pelo CEASA foi utilizada como fonte de dados os MTR's, disponibilizados na plataforma do SINIR, e que é responsável por compilar os dados de destinação em aterros e centros de tratamento. Nesse tópico, recomenda-se que a empresa realize futuramente essa análise de forma mais detalhada, com o objetivo de futuramente zerar todas as emissões em sua cadeia produtiva.

#### **3.2.2.1 Emissões Combustão móvel**

Para a gestão da frota sugere-se que haja um maior acompanhamento do setor responsável aos seguintes fatores de análise: ano da frota; quantidade de veículos em operação; tipo do veículo; combustível utilizado; quilometragem percorrida ou consumo de combustível. Com esses dados em mãos será possível realizar os cálculos de emissão de cada veículo no ano, podendo esse controle ser realizado através de planilha da empresa contratada ou mesmo do setor responsável pelo controle no CEASA Pernambuco.

### **3.2.2.2 Emissões por resíduos e efluentes**

Com base nos dados disponibilizados pelo CEASA para o setor de resíduos e efluentes foi possível observar que ambos são em sua maioria tratados por empresa terceirizada, sendo contabilizadas as emissões como emissões indiretas, contudo, parte do efluente gerado nos galpões do CEASA são tratados no próprio centro por meio de sistema de fossa séptica, que não possui um controle da quantidade despejada no meio ambiente e da carga orgânica do efluente, por isso, é recomendado que sejam realizadas as medições de Nitrogênio e carga orgânica do efluente para que seja utilizada na contabilização das emissões na ferramenta de cálculo do GHG Protocol.

## **4. Análise e Discussão dos Resultados**

Quando observados os dados de emissões de gases de efeito estufa pelo processo de compostagem, é possível notar que a quantidade de kg de CO<sub>2</sub>eq é maior que a quantidade emitida através dos processos de destinação em aterros sanitários, chegando esse número a 10 vezes menor quando comparadas as emissões brutas por meio da conversão do CH<sub>4</sub> para emissões em CO<sub>2</sub>eq. Esse dado é de importante análise, pois demonstra que as emissões de CO<sub>2</sub> podem ser reduzidas por meio de processos de tratamento alternativos, que visam também o reaproveitamento dos subprodutos gerados pela degradação dos resíduos, como o composto que pode ser utilizado para outros processos na agricultura e os biofertilizantes gerados.

No âmbito do CEASA/PE, é possível notar que as emissões de gases de efeito estufa evitadas provenientes da utilização do processo de compostagem representou uma redução nos valores totais de emissões que poderiam ser liberadas na atmosfera, representando um número de cerca de 8 mil toneladas de CO<sub>2</sub>-eq que deixaram de ser liberadas pela implantação do projeto. Quando observados os valores totais de emissões que poderiam ter sido evitadas caso a totalidade dos resíduos fosse destinada em processos de compostagem é possível calcular que existem cerca de 22 mil de tCO<sub>2</sub>-eq que poderiam ter suas emissões evitadas, o que pode representar a geração de créditos de carbono, ainda que a geração de créditos para a compostagem ainda seja um ponto pouco explorado pelas empresas e instituições privadas que adquirem esses créditos.

Contudo, é necessária uma atenção em relação a uma problemática proveniente da compostagem de resíduos orgânicos, já que alguns resultados sugerem que as emissões de  $\text{NH}_3$  resultantes da compostagem de resíduos ricos em nitrogênio podem vir a superar qualquer outro poluente atmosférico ou custos sociais relacionados aos GEE, necessitando de mais estudos relacionados ao seu impacto na localidade e na meteorologia da região, sendo como um ponto de fundamental análise o comportamento e o controle do processo de compostagem, através da avaliação de fatores como aumentar a demanda por nitrogênio por meio de melhor monitoramento e controle do pH, temperatura e nível de aeração durante o processo de compostagem, o que pode reduzir as emissões de  $\text{NH}_3$ , e eliminar tais fatores. (NORDAHL, 2020)

## **5. Considerações finais**

A mudança climática trouxe diferenças significativas na forma com que vivemos, passando a ser uma problemática global, e que obteve a atenção de diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A busca por soluções que resolvessem ou reduzissem os problemas relacionados as emissões de GEE nunca foi tão grande, sendo implementadas diversas alternativas para a contabilização de carbono e para a compensação, contudo, a falta de projetos realmente aplicáveis e a dificuldade em relação a regulação climática torna o problema de difícil resolução.

Os resultados desse estudo demonstram que a implantação do projeto de compostagem realizada pelo CEASA/PE representou a redução no valor total de emissões liberadas na atmosfera, o que favorece as metas para o controle de emissões atmosféricas, fato esse que favorece a problemática relacionada às mudanças climáticas. Essa redução no valor de emissões causadas pela destinação de resíduos orgânicos foi de cerca de 8 mil toneladas de  $\text{CO}_2\text{-eq}$ , número esse que poderia ser de 22 mil toneladas evitadas caso o processo fosse implementado para todos os resíduos orgânicos gerados.

Embora o número de emissões evitadas seja animador, outros fatores devem ser considerados quando se trata da implantação de um processo de compostagem, entre eles a liberação de alguns gases e partículas tóxicas na região e os custos para a



implantação desses projetos, além disso, é preciso realizar também a contabilização das emissões relacionadas ao transporte desses resíduos, já que esses valores contribuem para o total de gases de efeito estufa que são liberados no processo de destinação. Recomenda-se que em outros estudos sejam calculados esses valores de emissões móveis considerando o deslocamento do resíduo até o centro de destinação ou área de compostagem.

## Referências Bibliográficas

1. DE JESUS, Beatriz Bento. Responsabilidade sócio-ambiental dos créditos de carbono.
2. DIAS, M. A. F. S. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. REVISTA USP, São Paulo, n.71, p. 44-51, setembro/novembro 2006.
3. GHG Protocol Brasil. Guia para a elaboração de inventários corporativos de emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE). São Paulo: FGV, 2009.
4. IPCC - Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas. Avaliação Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho para o Primeiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Cambridge University. 1990.
5. IPCC - Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas. Aquecimento Global de 1,5°C. Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas, 2018.
6. KOBAYAMA, S.E. *Avaliação das Emissões de Gases de Efeito Estufa no Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos: Análise das Emissões Diretas e Evitadas de Dióxido de Carbono Equivalent*. Florianópolis, 2022.
7. MARCOVITCH, Jacques. *Para mudar o futuro: Mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais*. Editora Saraiva. São Paulo, 2006.
8. NORDAHL, S.L et al. *Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions and Human Health Trade-Offs of Organic Waste Management Strategies*. 2020.
9. ONU- Organização das Nações Unidas. *Acordo de Paris*. Paris, 2015
10. ONU- Organização das Nações Unidas. *Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Rio de Janeiro, 1992.
11. ONU- Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Onu, 2015.
12. ONU- Organização das Nações Unidas. *Objetivos do Milênio*. Onu, 2000.
13. ONU- Organização das Nações Unidas . *Protocolo de Kyoto*. Kyoto, 1997.
14. SARDÁ, L.G et al. Redução da emissão de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e H<sub>2</sub>S através da compostagem de dejetos suínos. *Gestão e Controle Ambiental*. Revista brasileira de Eng. agríc. Ambiental, 2010.
15. United Nation. PARIS AGREEMENT. 2015. Disponível em [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)
16. UNFCCC. Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories. III.F./Version 07 Sectoral Scope: 13 EB 47. UNFCCC, 2006.

17. United Nation. PARIS AGREEMENT. 2015. Disponível em [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)
18. UNFCCC. Indicative simplified baseline and monitoring methodologies for selected small-scale CDM project activity categories. III.F./Version 07 Sectoral Scope: 13 EB 47. UNFCCC, 2006.
19. WWF - World Wide Fund for Nature. *Aquecimento global: desastres piores podem ser evitados*. 2021