

## 393 ANÁLISE DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA EVITADAS NO CEASA/PE

### **Guilherme Bastos Soares** <sup>(1)</sup>

Estudante de Engenharia Ambiental pela Universidade Rural de Pernambuco (UFRPE), com formação em técnico industrial pelo Instituto Federal de Pernambuco.

### **Maria de Fátima Gonçalves de Oliveira** <sup>(2)</sup>

Mestre em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

### **Dr<sup>a</sup> Rossana Barbosa Pragana** <sup>(3)</sup>

Mestre em Agronomia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e doutora em Ciência do solo também pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Sebastião M Corrêa, 223 – Quatro Cantos – Ilha de Itamaracá - Pernambuco - CEP: 53900-000 - País - Tel: +55 (81) 98720-9624 - e-mail: [guilhermebasoares1702@gmail.com](mailto:guilhermebasoares1702@gmail.com).

### **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 organização da primeira conferência mundial do clima, realizada pela Organização Meteorológica Mundial (WMO). Em 1987, foi criado o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que avaliou os impactos das mudanças climáticas, prevendo um aumento de temperatura entre 1,5°C e 4,5°C até 2050. Após isso, vários acordos foram construídos com o intuito de reduzir as emissões desses gases de efeito estufa, como a Eco-92, o Protocolo de Kyoto e o acordo de Paris, que estabeleceram metas para a redução das emissões de GEE. Uma das formas de reduzir as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera é através do reaproveitamento de resíduos orgânicos, como por exemplo a partir do processo da compostagem. Esse estudo objetiva mensurar a redução potencial de GEE e a quantidade de metano evitada pelo CEASA-PE, onde 90% dos resíduos sólidos são orgânicos, através da compostagem dos resíduos. A metodologia de contabilização das emissões evitadas foi baseada na ferramenta AMS-III.F, que visa calcular as emissões de metano evitadas pelo processo da compostagem, realizando uma comparação com as emissões advindas de processo de aterramento de resíduos, com a taxa de emissão por tonelada calculada em estudos semelhantes. Com os cálculos realizados através dessas metodologias foi possível observar que o processo de compostagem realizado no CEASA-PE evitou a emissão de 8.108 toneladas de CO<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 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, demonstrando o grande potencial da compostagem como sistema eficaz na redução de emissões de GEE. No entanto, é necessário considerar a emissão de outros poluentes, como NH<sub>3</sub>, além dos custos de implantação e transporte desses resíduos para os locais de destinação. Ademais, o estudo observa que a compostagem no CEASA-PE é um importante contribuinte para a redução das emissões de GEE, sendo necessária a implementação de processos de compostagem mais amplos e controlados, sendo recomendados mais estudos sobre as emissões indiretas relacionadas ao transporte dos resíduos para otimizar a eficácia dos projetos de compostagem.

**PALAVRAS-CHAVE:** mudanças climáticas; compostagem; emissões de GEE; emissões evitadas; aterro sanitário.



## INTRODUÇÃO

As emissões de gases de efeito estufa sempre ocorreram no planeta Terra, chegando a altos níveis de concentração e sendo uma das causas para o aquecimento do planeta em determinadas eras geológicas, contudo, a preocupação global advinda das emissões antropogênicas desses gases se deu a partir do 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 as mesmas não sofreram variação significativa nos últimos anos, não sendo suficientes para explicar as variações, 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 naturais também não é possível contabilizar as mesmas como causadoras do aumento da temperatura, já que são praticamente insignificantes quando comparadas com o total.

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 dos resíduos sólidos. (WWF Brasil, 2021)

Uma das diversas formas de reduzir as emissões de gases de efeito estufa no planeta 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.

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.



## OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo mensurar o potencial de redução dos gases do efeito estufa - GEE e realizar o levantamento da quantidade de metano evitada pelo CEASA-PE através do processo de reutilização de forma sustentável dos resíduos orgânicos gerados dentro do centro, com a destinação destes resíduos para o tratamento por meio da compostagem.

## METODOLOGIA UTILIZADA

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. Os cálculos foram realizados utilizando os dados da quantidade de resíduos orgânicos coletados e tratados no CEASA/PE, no período de 2018 a 2023.

A metodologia utilizada para a contabilização de emissões de gases de efeito estufa a partir do processo de destinação de resíduos orgânicos para a compostagem 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 evitadas:

$$PECH_{4y} = Q_y * EFCH_{4y} * GWPCH_4 \quad \text{equação (1)}$$

Onde:

- PECH<sub>4y</sub> = Emissão de metano pelo projeto de compostagem no ano “y” (t CO<sub>2</sub>-eq/ano)
- Q<sub>y</sub> = Quantidade de resíduos compostados (t/ano);
- EFCH<sub>4y</sub> = Fator de emissão de metano por tonelada de resíduo compostado no ano (tCO<sub>2</sub>-eq/ano);
- GWPCH<sub>4</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:

$$BE_{CH_4,SWDS,y} = \varphi \cdot (1 - f) \cdot GWP_{CH_4} \cdot (1 - OX) \cdot \frac{16}{12} \cdot F \cdot DOC_f \cdot MCF \cdot \sum_{x=1}^y \sum_j W_{j,x} \cdot DOC_j \cdot e^{-kj(y-x)} \cdot (1 - e^{-kj}) \quad \text{equação (2)}$$

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.

## RESULTADOS OBTIDOS

Na comparação entre o total de emissões realizadas no CEASA/PE para a destinação dos resíduos orgânicos, foi possível observar que as emissões ocorridas no aterro foram mais representativas que as emissões por processo de compostagem, conforme visto na tabela 01. 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 (KOBAYAMA, 2022).

**Tabela 01 - Total de emissões por tipo de destinação.**

destinação	resíduos destinados (t)	emissões por tonelada (tCO <sub>2</sub> eq)	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 02 - 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 03 - Potencial de emissões evitadas por tipo de destinação.**

destinação	resíduos destinados (t)	emissões por tonelada (t CO <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



## 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.

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 NH<sub>3</sub> 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 NH<sub>3</sub>, e eliminar tais fatores. (NORDAHL, 2020)

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

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 CO<sub>2</sub>-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. 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.
3. KOBIYAMA, 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.
4. MARCOVITCH, Jacques. *Para mudar o futuro: Mudanças climáticas, políticas públicas e estratégias empresariais*. Editora Saraiva. São Paulo, 2006.
5. NORDAHL, S.L et al. *Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions and Human Health Trade-Offs of Organic Waste Management Strategies*. 2020.
6. ONU- Organização das Nações Unidas. *Acordo de Paris*. Paris, 2015
7. ONU- Organização das Nações Unidas. *Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima*. Rio de Janeiro, 1992.
8. ONU- Organização das Nações Unidas. *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Onu, 2015.
9. ONU- Organização das Nações Unidas. *Objetivos do Milênio*. Onu, 2000.
10. ONU- Organização das Nações Unidas . *Protocolo de Kyoto*. Kyoto, 1997.
11. 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)
12. 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.
13. 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)
14. 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.
15. WWF - World Wide Fund for Nature. *Aquecimento global: desastres piores podem ser evitados*. 2021