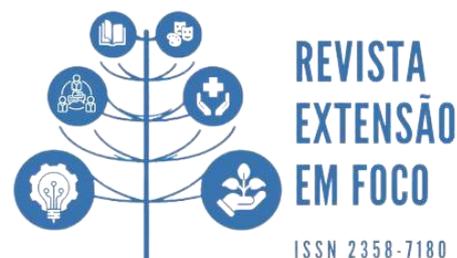


Extensão universitária: inventário de gases de efeito estufa da secretaria municipal do meio ambiente de Guaratuba, PR



University extension: greenhouse gas inventory of the municipal environment department of Guaratuba, PR

Leticia dos Santos¹, Fernando Augusto Silveira Armani², Virnei Silva Moreira³

RESUMO

O presente estudo apresenta o Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE) elaborado para a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) de Guaratuba, localizada no estado do Paraná, concernente ao exercício anual de 2021. O escopo abrangido pelo IGEE alinha-se às categorias preconizadas pelo Protocolo Brasileiro de Gases de Efeito Estufa (GHG Protocol), abrangendo: o escopo 1, que engloba a mensuração das emissões decorrentes da combustão móvel, através da consideração das informações pertinentes à frota de veículos utilizada para os propósitos da SMMA; o escopo 2, que quantifica as emissões ligadas ao consumo de energia elétrica; e o escopo 3, que compreende a avaliação das emissões resultantes das viagens dos colaboradores da SMMA de suas residências ao local de trabalho, bem como a emissão de resíduos sólidos por eles durante o expediente laboral. Os montantes de dióxido de carbono equivalente (T CO_{2e}) resultantes dessas avaliações para o ano em questão são os seguintes: 29,44 T CO_{2e} para o Escopo 1, 1,14 T CO_{2e} para o Escopo 2 e 12,99 T CO_{2e} para o Escopo 3, totalizando 43,572 T CO_{2e}. Para alcançar a neutralização das emissões de gases de efeito estufa referentes ao ano de 2021, torna-se necessário o plantio de 76 espécies de árvores de crescimento lento, 31 espécies de crescimento médio ou 9 espécies de crescimento rápido.

Palavras-chave: Litoral do Paraná. Emissões de carbono. Sustentabilidade.

ABSTRACT

This study presents the Greenhouse Gas Inventory (GHGI) prepared for the Guaratuba Municipal Environment Secretariat (GMES), located in the state of Paraná, for the 2021 financial year. The scope covered by the GHGI is in line with the categories recommended by the Brazilian Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol), covering: scope 1, which encompasses the measurement of emissions resulting from mobile combustion, through the consideration of information pertaining to the fleet of vehicles used for GMES purposes; scope 2, which quantifies emissions linked to electricity consumption; and scope 3, which includes the assessment of emissions resulting from GMES employees traveling from their homes to the workplace, as well as the emission of solid waste by them during working hours. The amounts of carbon dioxide equivalent (T CO_{2e}) resulting from these assessments for the year in question are as follows: 29.44 T CO_{2e} for Scope 1, 1.14 T CO_{2e} for Scope 2 and 12.99 T CO_{2e} for Scope 3, totaling 43.572 T CO_{2e}. In order to neutralize greenhouse gas emissions by 2021, it

¹ Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Pontal do Paraná, PR, Brasil. E-mail: leticia.santos.eas@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4114-6447>.

² Doutor em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Pontal do Paraná, PR, Brasil. E-mail: fernando.armani@ufpr.br. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9942-0555>

³ Doutor em Física. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Pontal do Paraná, PR, Brasil. E-mail: virneimoreira@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9786-0469>

is necessary to plant 76 species of slow-growing trees, 31 medium-growing species or 9 fast-growing species.

Keywords: Coast of Paraná. Carbon emissions. Sustainability.

INTRODUÇÃO

Diversas atividades humanas, tanto domésticas quanto industriais e urbanas, resultam na emissão de vários elementos para a atmosfera. Essas emissões podem provocar alterações na composição e no equilíbrio natural do meio ambiente, formando o fenômeno conhecido como poluição atmosférica. Quando a atmosfera está contaminada, contém substâncias em quantidades elevadas que são inadequadas, prejudiciais ou inconvenientes para a saúde humana, a vida animal e vegetal, bem como para o bem-estar público (BRANCO; MURGEL, 2010).

A poluição atmosférica pode ter origem tanto em fontes naturais, tal como por erupções vulcânicas ou em condições extremas de seca, quanto em atividades humanas. Entre as atividades antrópicas que contribuem para a poluição do ar, destacam-se: as atividades industriais, a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento, a desertificação, e a queima de biomassa e vegetação. Esses processos podem resultar em níveis elevados de acidez e na formação de agentes oxidantes na atmosfera, o que intensifica o aquecimento global e aumenta a presença de gases prejudiciais à camada de ozônio. Essa poluição afeta diretamente a qualidade de vida de todas as formas de vida no planeta (MANAHAN, 2013).

Os principais gases de efeito estufa são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) (SILVA *et al.*, 2019) e os gases fluorados (como o hexafluoreto de enxofre) (HEBEDA, 2017). Suas fontes são variadas e incluem atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, desmatamento, agricultura intensiva, produção industrial e descarte inadequado de resíduos (MOYO *et al.*, 2023).

O aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tem sido apontado como o responsável por provocar mudanças no clima terrestre, e conseqüentemente tem gerado preocupações devido aos impactos ambientais que elas podem gerar (BELLOC; MOLINA, 2023). Os efeitos das mudanças climáticas incluem o derretimento das calotas polares, o aumento do nível do mar, eventos climáticos extremos (como tempestades mais intensas e secas prolongadas), alterações nos padrões

de precipitação e impactos negativos na biodiversidade e na saúde humana (ILARRI *et al.*, 2022; KATELARIS, 2021; PARIARTHA *et al.*, 2023; SHAHGEDANOVA, 2021; TILBURG; HUDSON, 2022). As mudanças climáticas têm impactos significativos na economia e na subsistência das pessoas, afetando setores como agricultura, pesca, turismo e energia, entre outros. Além disso, as mudanças no clima também têm afetado as práticas culturais e atividades recreativas em todo o mundo, como por exemplo, a prática de esportes de inverno em locais onde a neve é cada vez menos frequente (IPCC, 2022).

Para mitigar as mudanças climáticas, é crucial reduzir as emissões de gases de efeito estufa por meio da transição para fontes de energia renovável, adoção de práticas agrícolas sustentáveis, conservação florestal, eficiência energética e outros esforços de mitigação. Além disso, é importante promover a adaptação às mudanças climáticas, desenvolvendo estratégias para lidar com os impactos inevitáveis que já estão ocorrendo e se preparar para um futuro climático em transformação.

A fim de regular as emissões de GEE, foi desenvolvido um instrumento de gestão denominado Inventário de Gases de Efeito Estufa (IGEE), destinado tanto às organizações quanto aos países, estados e municípios. No contexto do IGEE, essas entidades realizam a quantificação e o registro das emissões de diferentes gases associados ao efeito estufa. O objetivo primordial é compreender a origem e o alcance das emissões numa região específica, setor ou entidade. Com este instrumento se estabelecem planos e metas para redução e gestão das emissões, a fim de contribuir com o esforço global de se equalizar as emissões antrópicas (FGVces, 2008).

Alguns municípios brasileiros, como São Paulo e Rio de Janeiro, há alguns anos já se destacam com o diagnóstico de emissões de GEE, contribuindo com os inventários estaduais e nacional (ALVES; MARINHO, 2015). No Estado do Paraná, desde 2012 há uma Política Estadual sobre a Mudança do Clima, a qual foi instituída na Lei Nº 17133 de 25/04/2012. Mais recentemente, foi publicada a Portaria Nº 42/2022 do Instituto Água e Terra (IAT), que estabeleceu a inclusão do Diagnóstico Climático em Estudos de Impacto Ambiental (EIA) no âmbito do licenciamento ambiental. O objetivo do Diagnóstico Climático é estabelecer critérios mensuráveis, verificáveis e passíveis de serem informados acerca dos potenciais impactos climáticos da atividade em licenciamento. Essa portaria definiu que o diagnóstico deve ser fundamentado no Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa e que a metodologia de cálculo do

inventário deve atender a norma ABNT NBR ISO.14.064-1, publicada no ano de 2007 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2007).

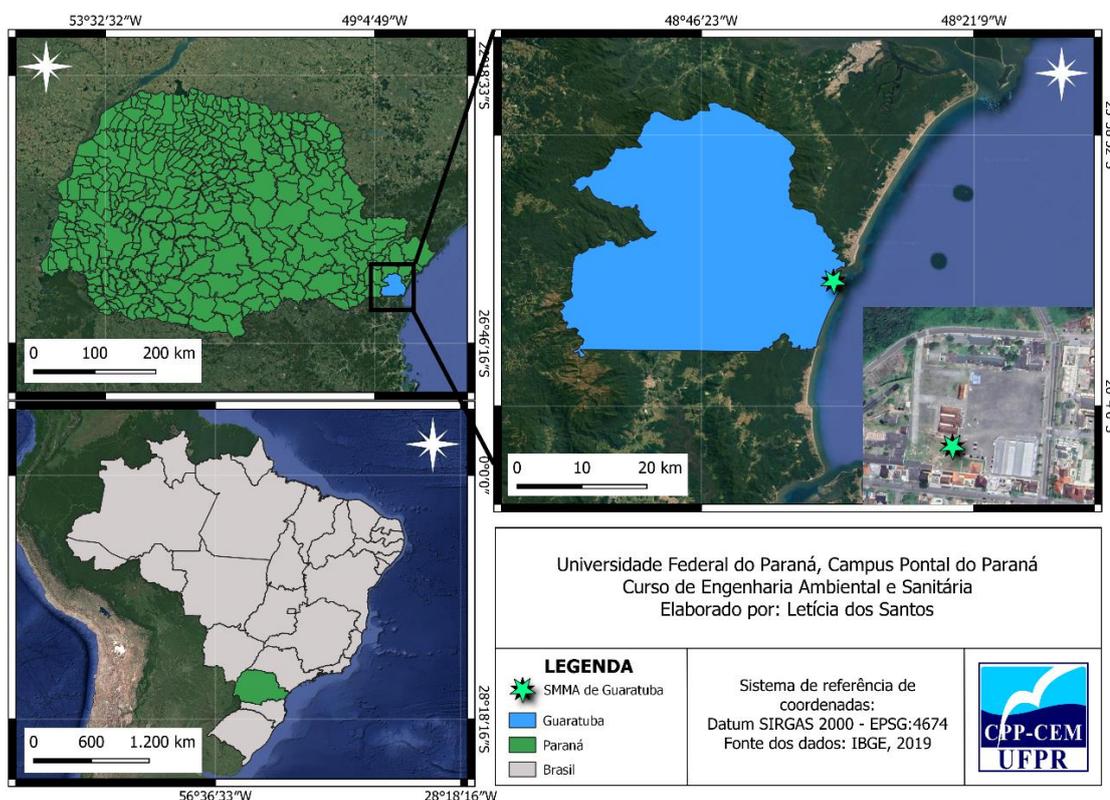
Nota-se que há um esforço internacional e nacional no combate às emissões de GEE que ultrapassam décadas. A fim de contribuir com essas ações, este trabalho apresenta o Inventário de Gases de Efeito Estufa da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Guaratuba/PR. O presente trabalho se soma às publicações da revista *Extensão em Foco*, que se dedica às atividades de extensão da Universidade Federal do Paraná, como apresentado por Tiepolo *et al.* (2017), Wanzinack e Signorelli (2015) e outras publicações.

METODOLOGIA

Área de Estudo

O inventário foi gerado para a Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) de Guaratuba/PR, a qual está localizada na Rua Antônio Rocha, 595, no Centro do município de Guaratuba (FIGURA 1).

Figura 1 – Mapa da localização do edifício da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Guaratuba



FONTE: Os autores (2022).

O espaço em que se encontra a SMMA abriga outras duas secretarias, as secretarias da Cultura e Turismo e da Pesca e Agricultura. O prédio da SMMA conta com uma recepção, cinco salas, um espaço para o café, dois banheiros e a cozinha. A construção tem aproximadamente 20 anos, porém, os equipamentos eletrônicos são relativamente modernos, em geral obtidos a partir do ano de 2019. Na SMMA há 18 funcionários, com estações de trabalho no local para suas atividades diárias. Entre as atividades há os trabalhos em campo, com uso dos veículos automotores da secretaria, que são dois carros e uma kombi, abastecidos com gasolina comum, e três caminhões abastecidos com óleo diesel.

Escopos

O Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP) (FGVces, 2008) apresenta os setores industriais e seus respectivos escopos a serem inventariados. O PBGHGP foi utilizado como base para a elaboração do inventário da SMMA, considerando que a mesma está inserida em atividades realizadas em escritórios. As fontes de emissão do escopo 1 para esse tipo de setor são: combustão estacionária (produção de energia, calor ou vapor); combustão móvel (transporte de matérias-primas ou resíduos) e emissões fugitivas (principalmente emissões de HFC durante o uso de equipamentos de refrigeração e ar condicionado). Para o escopo 2, a fonte de emissão é proveniente da combustão estacionária (consumo de energia, calor ou vapor adquiridos), e para o escopo 3 há as seguintes fontes de emissão: combustão estacionária (produção de materiais adquiridos), emissões de processo (produção de materiais adquiridos) e combustão móvel (transporte de matérias-primas, produtos e resíduos, viagens de negócios, viagens pendulares dos empregados).

Para o escopo 1, o presente inventário contabiliza as fontes de emissão pela combustão móvel, devido à utilização de veículos para o desenvolvimento das atividades na SMMA. Não serão apresentadas as emissões fugitivas, que na SMMA podem estar associadas ao ar condicionado. A estimativa de perda desses gases pode ser feita durante a manutenção do ar condicionado, com o registro da quantidade de gás necessária para o reabastecimento. Como os ares condicionados não passaram por manutenção no ano de 2021, não foi possível ter acesso a esta informação para se contabilizá-la neste escopo.

Também não serão apresentadas emissões de combustão estacionária, pois na SMMA não há equipamentos que emitem GEE por esse tipo de fonte.

O presente inventário contabiliza para o escopo 2, o consumo de energia elétrica referente ao ano de 2021. Já para o escopo 3, são apresentadas a emissão de gases de efeito estufa gerados pelo transporte dos funcionários de suas casas para o trabalho, e a geração de resíduos sólidos no local de trabalho. Todas as emissões obtidas para cada escopo foram encontradas utilizando a Ferramenta de Cálculo de Emissões de GEE, fornecida no site da Fundação Getúlio Vargas (FGVces, 2023).

Escopo 1

Para o escopo 1 que trata sobre a combustão móvel dos veículos utilizados pela SMMA, em que os caminhões utilizam diesel e os demais veículos utilizam gasolina. A quantidade de combustível consumida pela frota de veículos da SMMA no ano de 2021 é demonstrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Consumo de combustível pelos veículos da SMMA em 2021

Veículos	Consumo de Combustível (L)
Caminhão de Recicláveis (Placa inicial: BEJ)	8.329,6
Caminhão de Recicláveis (Placa inicial: BBC)	1.397,6
Caminhão do Mel	358,1
Kombi do Horto	884,7
Ônix Administração	1.310,7
Ônix Fiscalização	1.262,5

Fonte: Os autores (2022).

Escopo 2

Para a determinação das emissões de GEE na compra de energia elétrica foi empregada a abordagem de localização, que utiliza como fator de emissão a média das emissões para geração de energia elétrica em um determinado sistema elétrico, considerando seu limite geográfico e um período de tempo (FGVces, 2019). A Secretaria de Finanças e Planejamento forneceu as informações sobre o consumo de energia elétrica do prédio da SMMA em 2021, sendo que a quantidade de eletricidade comprada foi de 8,94 MWh.

Escopo 3

Para determinar as emissões de GEE para o deslocamento dos funcionários até a SMMA, utilizou-se a ferramenta de cálculo de emissões por transporte de funcionários para deslocamento casa-trabalho realizadas em veículos particulares, com base no tipo de combustível e consumo médio no ano de 2021 (FGVces, 2023). O Quadro 2 demonstra a quantidade de combustível fóssil por tipo de combustível consumido no ano de 2021.

Quadro 2 – Consumo de combustível no ano de 2021 dos funcionários da SMMA em seus veículos particulares.

Tipo de combustível	Consumo anual (L)
Gasolina Comum	5171
Óleo Diesel	948
Etanol	237

Fonte: Os autores (2022).

Por verificação mensal in loco através da pesagem dos resíduos, estimou-se que na SMMA de Guaratuba são gerados, em média, 50 kg de resíduos por semana, sendo 70% resíduos de papel e 30% rejeitos alimentares. Desconsiderando o período de recesso, feriados e férias dos funcionários, os funcionários produziram resíduos durante 10 meses de trabalho. Portanto, a quantidade de resíduos sólidos gerados pela SMMA no ano de 2021 foi de 2 toneladas, que foi convertida em GEE com a ferramenta de cálculo do PBGHGP.

Fatores de emissão

Os fatores de emissão para a contabilização das emissões do presente inventário estão descritos no Quadro 3, e foram obtidos da ferramenta de cálculo do PBGHGP.

Quadro 3 – Fatores de emissão

Fatores de Emissão dos combustíveis fósseis			
Combustível		Kg CO₂ / litro	
Gasolina		2,21	
Diesel		2,60	
Fatores de Emissão do biocombustível			
Combustível	kg CO₂ / litro	kg CH₄ / litro	kg N₂O / litro
Gasolina	1,53	-	-
Diesel	2,43	-	-
Etanol	1,46	0,0004	0,00001
Fator de Emissão da Energia Elétrica (T CO₂/MWh)			
0,6			
Cálculo das Emissões dos resíduos sólidos			
Multiplica-se a emissão de CH ₄ [em T CH ₄ /ano] pelo Potencial de Aquecimento Global (GWP) do CH ₄ que é 28			

FONTE: FGVces (2023).

Para indicar as emissões de GEEs utiliza-se o termo "dióxido de carbono equivalente" (CO_{2e}), que é utilizado para descrever diferentes gases em uma unidade comum. Para qualquer quantidade e tipo de gás de efeito estufa, CO_{2e} significa a quantidade de CO₂ que teria o mesmo impacto de aquecimento global equivalente. A equação (1) pode ser utilizada para efetuar tais conversões:

$$CO_{2e} = M_{gás} \times GWP_{gás} \quad (1)$$

onde $M_{gás}$ é a massa do gás produzido e $GWP_{gás}$ o potencial de aquecimento global do gás (ECOMETRICA, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Escopo 1

A Tabela 1 exibe a emissão de CO₂ relacionada ao Escopo 1. No total, contabilizou-se 29,44 toneladas de dióxido de carbono equivalente (T CO₂e).

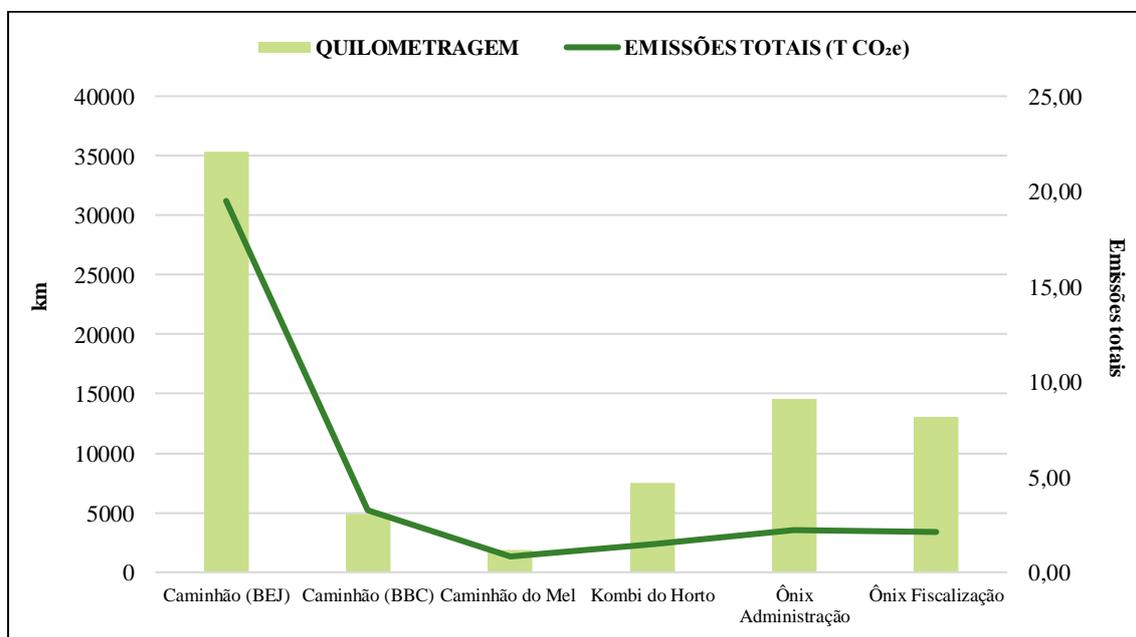
Tabela 1 – Total de Emissões de GEE referentes ao escopo 1

Veículos	Emissões totais (T CO ₂ e)
Caminhão de Recicláveis (Placa inicial: BEJ)	19,50
Caminhão de Recicláveis (Placa inicial: BBC)	3,27
Caminhão do Mel	0,83
Kombi do Horto	1,49
Ônix Administração	2,21
Ônix Fiscalização	2,13
Total	29,44

FONTE: Os autores (2022).

O Gráfico 1 apresenta a quilometragem e as emissões totais de cada veículo no ano de 2021.

Gráfico 1 – Quilometragem e emissões totais dos veículos da secretaria.



FONTE: Os autores (2022).

O caminhão da coleta seletiva, Caminhão (BEJ), foi o que apresentou maior quilometragem rodada. Uma vez que é abastecido com diesel, foi o veículo que mais emitiu CO₂e para atmosfera.

Os carros e a Kombi percorreram uma distância maior do que o segundo e o terceiro caminhão. No entanto, o segundo caminhão emitiu mais poluentes do que os outros veículos devido ao fato de os caminhões funcionarem com óleo diesel, enquanto os demais veículos utilizam gasolina comum. Isso ressalta o impacto potencial do aquecimento global associado a esse tipo de combustível. Esse cenário é bem conhecido, como evidenciado em 2011, quando foi divulgado o primeiro Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários (MMA, 2011). O objetivo desse inventário era apresentar as emissões entre 1980 e 2009, juntamente com projeções até 2020, referentes aos poluentes regulamentados pelos programas PROCONVE e PROMOT (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores e Motocicletas). No que tange às emissões totais de CO₂, que é o principal gás de efeito estufa emitido pelo ser humano (CETESB, 2021), no setor de transporte rodoviário em 2009, mais da metade provinha da queima de óleo diesel de origem fóssil, enquanto pouco mais de um quarto tinha origem na utilização de veículos movidos a gasolina.

Escopo 2

A emissão total em CO₂ equivalente em toneladas métricas para o escopo 2 está demonstrada na Tabela 2.

Tabela 2 – Emissão de dióxido de carbono equivalente no escopo 2

Eletricidade total comprada (MWh) em 2021	Emissões de CO₂e (T)
8,94	1,14

FONTE: Os autores (2022).

Escopo 3

As emissões referentes ao deslocamento dos funcionários de suas casas para o trabalho e as emissões totais de resíduos sólidos no ano de 2021 estão demonstradas na Tabela 3, bem como as emissões totais do Escopo 3.

Tabela 3 – Emissões de GEE do escopo 3

Serviços	Emissões totais em CO₂e (T)
Deslocamento casa-trabalho	10,92

Resíduos Sólidos	2,072
TOTAL	12,992

FONTE: Os autores (2022).

Resumo do resultado de cada escopo

Para o ano de 2021 foram contabilizadas 29,44 T CO₂e (toneladas de dióxido de carbono equivalente) para o Escopo 1; 1,14 T CO₂e para o Escopo 2 e 13 T CO₂e para o Escopo 3, totalizando 43,6 T CO₂e. Ao longo do ano de 2021 foram quantificadas em 43,6 T CO₂e, distribuídas entre os três diferentes escopos, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2 – IGEE por escopo



FONTE: Os autores (2023).

É evidente que as emissões mais substanciais estão associadas ao escopo 1, englobando as fontes resultantes da combustão móvel, decorrente da utilização de veículos para as operações da SMMA. Subsequentemente, as emissões provenientes da queima de combustível nos veículos dos funcionários e colaboradores impulsionaram o escopo 3 a registrar a segunda maior quantidade de emissões gasosas. Nesse contexto,

uma estratégia para diminuir a emissão de carbono na atmosfera é reduzir a utilização de veículos e adotar uma substituição das frotas por opções de veículos menos poluentes.

NEUTRALIZAÇÃO DE CARBONO

A neutralização de carbono é um processo que visa equilibrar as emissões de GEE por meio da remoção ou redução dessas emissões em outras fontes. Há diversas formas de se reduzir a emissão de carbono, tais como investir em energias renováveis, promover a eficiência energética, reduzir a produção de resíduos, etc.. No entanto, a neutralização do carbono emitido no passado, tal como neste estudo, pode ser efetivamente alcançada por meio da captura por reflorestamento. Essa estratégia envolve o plantio de árvores, que têm a capacidade de absorver o carbono da atmosfera através da fotossíntese, pois durante a fotossíntese as árvores crescem e acumulam biomassa, absorvem CO₂ e liberam oxigênio (O₂) na atmosfera. O carbono (C) é fixado nos troncos, galhos, folhas e raízes das árvores. Esse carbono permanece armazenado até a morte natural da árvore ou até que seja cortada e queimada (AZEVEDO; QUINTINO, 2010).

A definição da quantidade de árvores a serem plantadas com o objetivo de compensar a totalidade das emissões de GEE da Secretaria Municipal do Meio Ambiente depende das espécies escolhidas e do processo de crescimento das mesmas, conforme apresenta HIGUCHI *et al.* (2009, p. 67):

Em uma análise realizada nos anos 80 sobre o crescimento de algumas espécies nativas plantadas em plena abertura, as espécies foram estratificadas em três categorias: espécies de crescimento lento com um incremento anual de 0,43 cm em diâmetro por ano; de crescimento médio com incremento de 0,70 cm por ano e de crescimento rápido com um incremento médio de 1,37 cm por ano. Em termos de sequestro de carbono, no primeiro ano de plantio, as espécies de crescimento lento, médio e rápido sequestram, respectivamente, 0,579 kg CO₂, 1,445 kg CO₂ e 5,098 kg CO₂.

É possível escolher um plantio que englobe variedades com distintos ritmos de crescimento, mas ao focar em espécies semelhantes, seriam necessárias as quantidades de árvores listadas abaixo para neutralizar as emissões da SMMA referente ao ano de 2021.

a) para árvores de crescimento lento:

$$\frac{43,572 \text{ TCO}_2\text{e}}{0,579 \text{ kg CO}_2} = 76 \text{ mudas}$$

b) para árvores de crescimento médio:

$$\frac{43,572 \text{ TCO}_2\text{e}}{1,445 \text{ kg CO}_2} = 31 \text{ mudas}$$

c) para árvores de crescimento rápido:

$$\frac{43,572 \text{ TCO}_2\text{e}}{5,098 \text{ kg CO}_2} = 9 \text{ mudas}$$

A quantidade de mudas resultante desses cálculos revela a adoção do plantio como uma alternativa viável de mitigação das emissões de GEE, porém para escolher o tipo de árvore a ser plantada, deve-se levar em conta que, uma árvore adulta possui aproximadamente 50% de biomassa, e a outra metade é água, e isso influencia na densidade da madeira de cada espécie. As árvores que possuem crescimento rápido, possuem baixa densidade, portanto, capturam menos carbono que os indivíduos de crescimento lento, que capturam maiores quantidades de carbono da atmosfera (AZEVEDO; QUINTINO, 2010).

Alguns exemplos de árvores nativas da Mata Atlântica que ocorrem no litoral: caroba (*Jacaranda puberula*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), ipê-amarelo (*Tabebuia alba*), caixeta (*Tabebuia cassinoides*), ipê-da-serra (*Tabebuia catarinenses*), ipê-da-várzea (*Tabebuia umbellata*), cupiúba (*Tapirira guianensis*), pindaíba (*Xylopia brasiliensis*), pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), aleluia (*Senna multijuga*), guanandi (*Calophyllum brasiliense*), bacupari (*Garcinia gardneriana*), tapiá (*Alchornea triplinervia*), angelin (*Andira anthelminthica*), angelin (*Andira fraxinifolia*), olho-de-cabra (*Ormosia arborea*), sangueiro (*Pterocarpus violaceus*), guassatunga-preta (*Casearia obliqua*), guassatunga-da-serra (*Casearia paranaensis*), quaresmeira (*Tibouchina sellowiana*), cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), ingá-ferro (*Inga sellowiana*), ingá-macaco (*Inga sessilis*), ingá (*Inga striata - médio*), cambucá (*Plinia eduli*), grumixama (*Eugenia brasiliensis*), camboim-cereja (*Eugenia cereja*), cerejeira (*Eugenia*

involucrata), pitangueira (*Eugenia uniflora*), araçá (*Psidium cattleianum*) (PREFEITURA MUNICIPAL DE PARANAGUÁ, 2023).

Exemplos de árvores de crescimento lento: ipê-da-várzea, ipê-amarelo, guanandi, pindaíba, bacupari, cambucá e cerejeira (CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2006; CARVALHO, 2014; FLORESBELLA, 2023; FLORES E FOLHAGENS, 2018; PORTAL VIDA LIVRE, 2021). Crescimento médio: jervá, pata-de-vaca e sangueiro (CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2006; CARVALHO, 2008).

E as árvores de crescimento rápido podem ser: caroba, cupiúba, aleluia, tapiá, quaresmeira e ingá-macaco (ALMEIDA *et al.*, 2005; CARVALHO, 2003; CARVALHO, 2006; CARVALHO, 2010).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração da Prefeitura Municipal de Guaratuba, especialmente a Secretaria do Meio Ambiente, a Secretaria de Infraestrutura e Obras e a Secretaria de Finanças e Planejamento pela disponibilização dos dados possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Este trabalho foi elaborado na carga horária de extensão da disciplina de Poluição do Ar do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Campus Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração de um inventário de emissões emerge como uma ferramenta estratégica na gestão ambiental, capaz de estimar as emissões provenientes de fontes específicas de poluição em uma determinada área geográfica e período. Nesse contexto, o inventário desenvolvido para a secretaria de meio ambiente, apresentado neste estudo, desempenha um papel fundamental ao apoiar a formulação de políticas e a implementação de medidas direcionadas para a mitigação e compensação das emissões de gases de efeito estufa (GEEs). Por meio do inventário das emissões de GEEs da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Guaratuba, foi possível identificar uma estratégia de equilíbrio entre as emissões resultantes de suas atividades e a absorção de gases por meio do plantio de

mudas de árvores. Os resultados indicaram que seriam necessárias 76 mudas de árvores de crescimento lento, 31 de crescimento médio e 9 de crescimento rápido para neutralizar as emissões provenientes das atividades da SMMA do ano de 2021.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. S. *et al.* CRESCIMENTO DE MUDAS DE *Jacaranda puberula* Cham. EM VIVEIRO SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE LUMINOSIDADE. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 323-329, 2005. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/12087>. Acesso em: 18 ago. 2023.

ALVES, G.; MARINHO, M. M. O. INVENTÁRIOS URBANOS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL: UMA ANÁLISE PRELIMINAR. 2015. **Encontro Empresarial de Gestão e Meio Ambiente - Engema**. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/307.pdf>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14064:1**: Gases de efeito estufa: Especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Rio de Janeiro, 2007.

AZEVEDO, M. F. C.; QUINTINO, I. **Manual Técnico**: Um programa de compensação ambiental que neutraliza emissões de carbono através de projetos socioambientais de plantio de mudas nativas. Rio de Janeiro: Ambiental Company, 2010. 17 p.

BELLOC, I.; MOLINA, J. A. Are greenhouse gas emissions converging in Latin America? Implications for environmental policies. *Economic Analysis and Policy*, v. 77, p. 337-356, mar. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0313592622002065>. Acesso em: 10 dez. 2022.

BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do Ar**. São Paulo: Moderna, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 1, p. 485-866, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 2, p. 189-455, 2006.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, v. 3, p. 455-462, 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 4, p. 473-480, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, v. 5, p. 123-131, 2014.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Quantificação e Relatório de Emissões de Gases de Efeito Estufa. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/acordo-ambiental-sao-paulo/>. Acesso em: 18 ago. 2023.

ECOMETRICA. Greenhouse Gases, CO₂, CO₂e, and Carbon: What Do All These Terms Mean?. 2023. Disponível em: <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

FGVces. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2^a ed. 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10438/15413>. Acesso em: 10 ago. 2022.

FGVces. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Nota técnica: diretrizes para a contabilização de emissões de Escopo 2 em inventários organizacionais de gases de efeito estufa no âmbito do Programa Brasileiro GHG Protocol: versão 4.0**. 2019. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10438/30248>. Acesso em: 15 ago. 2023.

FGVces. Fundação Getúlio Vargas. Centro de Estudos em Sustentabilidade. **Programa Brasileiro GHG Protocol: Ferramenta de Cálculo de Emissões de GEE**.

2023. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>. Acesso em: 15 ago. 2022.

FLORES E FOLHAGENS. Tipos de Ipê Amarelo – Tabebuia. 2018. Disponível em: <https://www.floresefolhagens.com.br/tipos-de-ipe-amarelo/>. Acesso em: 18 ago. 2023.

FLORESBELLA. Matéria: Árvore Cambucazeiro – Plinia Edulis. 2023. Disponível em: <https://floresbella.com.br/materia.php?id=768&n=%C3%81rvore+Cambucazeiro+%E2%80%93+Plinia+Edulis>. Acesso em: 18 ago. 2023.

HEBEDA, O. **Emissões de gases fluorados causadores de efeito estufa: desenvolvimento e análise de cenários para o Brasil até 2050**. 2017. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ), 2017.

HIGUCHI, N. *et al.* **Governos locais amazônicos e as questões climáticas globais**. Manaus: Edição dos autores, 2009.

ILARRI, M. *et al.* Influence of climate change and extreme weather events on an estuarine fish community. **Science of The Total Environment**, v. 827, jun. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722012827>. Acesso em: 20 mai. 2023.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. 84 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

KATELARIS, C. H. Climate Change and Extreme Weather Events in Australia: Impact on Allergic Diseases. **Immunology and Allergy Clinics of North America**, v. 41, issue 1, p. 53-62, feb. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S088985612030062X>. Acesso em: 20 mai. 2023.

MANAHAN, S. E. **Química Ambiental**, 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários: RELATÓRIO FINAL**. 2011. Disponível em: <https://energiaeambiente.org.br/produto/1o-inventario-nacional-de-emissoes-atmosfericas-por-veiculos-automotores-rodoviarios>. Acesso em: 18 ago. 2023.

MOYO, E. *et al.* Health effects of climate change in Africa: A call for an improved implementation of prevention measures. **Eco-Environment & Health**, v. 2, may. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772985023000200>. Acesso em: 20 mai. 2023.

PARANÁ. Instituto Água e Terra. **Portaria n. 42**, de 23 de fevereiro de 2022. Estabelece a inclusão do Diagnóstico Climático em Estudos de Impacto Ambiental-EIA. Curitiba, Paraná, ed. 11126, p. 62-62. 25 fev. 2022.

PARIARTHA, I. P. G. S. *et al.* Compounding effects of urbanization, climate change and sea-level rise on monetary projections of flood damage. **Journal of Hydrology**, v. 620, part B, may. 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169423004778>. Acesso em: 20 mai. 2023.

PORTAL VIDA LIVRE. Eugenia involucrata: cuidados com a cereja, características e mais!. 2021. Disponível em: <https://portalvidalivre.com/articles/181>. Acesso em: 18 ago. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PARANAGUÁ. Algumas árvores nativas da Mata Atlântica que ocorrem no litoral. 2023. Disponível em: https://www.paranagua.pr.gov.br/imgbank2/file/meio_ambiente/material-didatico/Algumas%20%C3%A1rvores%20nativas%20da%20Mata%20Atl%C3%A2ntica.pdf. Acesso em: 18 ago. 2023.

SHAHGEDANOVA, M. Chapter 3 - Climate change and melting glaciers. **The Impacts of Climate Change**, p. 53-84, may. 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128223734000070>. Acesso em: 20 mai. 2023.

SILVA, C. M. *et al.* Main Greenhouse Gases levels in the largest secondary urban forest in the world. **Atmospheric Pollution Research**, v. 10, issue 2, p. 564-570, mar.

2019. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1309104218303647>. Acesso em: 20
mai. 2023.

TIEPOLO, L. M. *et al.* Conexão de Saberes: a experiência interdisciplinar do Programa de Educação Tutorial Comunidades do Campo da UFPR. **Revista Extensão em Foco**, Curitiba, v. 1, n. 13, p. 78-91, jan./jul. 2017.

TILBURG, A. J.; HUDSON, P. F. Extreme weather events and farmer adaptation in Zeeland, the Netherlands: A European climate change case study from the Rhine delta. **Science of The Total Environment**, v. 884, oct. 2022. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722043108>. Acesso em: 20
mai. 2023.

WANZINACK, C.; SIGNORELLI, M. C. Projeto interdisciplinar de extensão para inclusão digital de idosos em Matinhos, Paraná. **Revista Extensão em Foco**, Matinhos, v. 11, n. 11, p. 01-22, jan./dez. 2015.

Recebido em: 17 de junho de 2023

Aceito em: 05 de setembro de 2023