

INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DE MARINGÁ - PR

1ª EDIÇÃO - 2024

ANO-BASE 2021



INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO
DE MARINGÁ; INSTITUTO AMBIENTAL DE MARINGÁ,
Prefeitura de Maringá

Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa.
ed. - Maringá, PR: Ed. do Autor, 2024. 39p.
1 livro digital : il. color.

1. Gases de Efeito Estufa. 2. Inventário de
Emissões. 3. Mudanças Climáticas.

ID.: 2024.01.0005.01

O Primeiro Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa de Maringá se torna um importante instrumento de diagnóstico, além de desempenhar um papel fundamental na integração da dimensão ambiental da sustentabilidade na formulação de políticas públicas, especialmente àquelas voltadas ao ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima.

A construção de uma economia de baixo carbono nas cidades é de extrema importância, considerando que os desafios globais devem ser enfrentados localmente. Com esta publicação, o município consegue avaliar em quais setores deve concentrar esforços que diminuam a emissão de gases de efeito estufa, e possa contribuir no confronto às mudanças climáticas.

Ulisses de Jesus Maia Kotsifas

Prefeito Municipal
MARINGÁ, 2024

Os impactos causados pelas mudanças climáticas são uma pauta de extrema relevância e que estão sendo tratados pelo Município.

Desta forma, conhecer o cenário das emissões de gases do efeito estufa na nossa cidade é o primeiro passo para se estabelecer um plano de ação. Sendo assim, esse inventário é muito importante para nossa cidade.

A partir de agora, poderemos traçar estratégias mais eficazes para enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos, que já são percebidos em todo o país.

Bruna Barbosa Barroca

Diretora - Presidente IPPLAM
MARINGÁ, 2024

Foto: Secretaria de Comunicação PMM





Foto: Secretaria de Comunicação PMM



SUMÁRIO

1 **INTRODUÇÃO** **09**

METODOLOGIA

2	<i>GPC Protocol</i> 13
	Setores de Atividade 13
	Escopos 14
	Gases de Efeito Estufa 15
	Limite de Inventário 16
	Abordagem do Inventário 16
	Método de Cálculo 18
	Barreiras na Elaboração 18

RESULTADOS POR SETOR

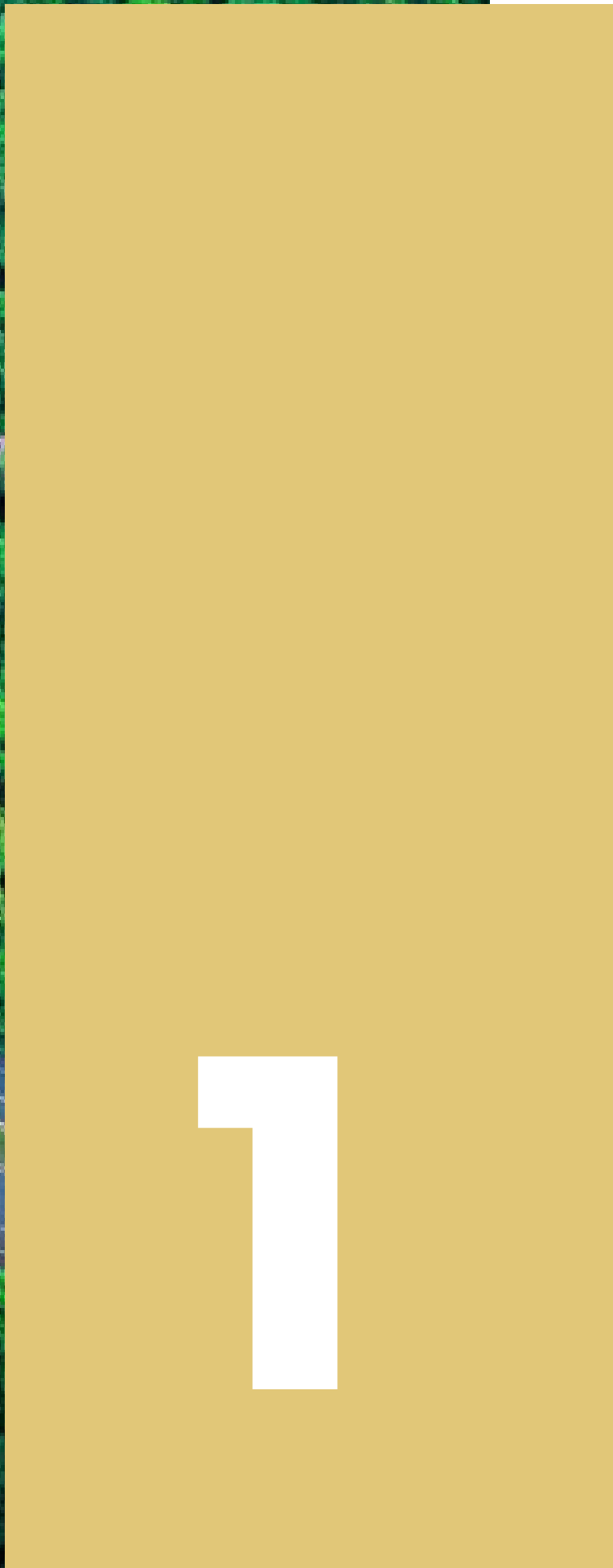
3	Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor de Fontes Estacionárias 21
	Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor de Transportes 23
	Emissões de Gases de Efeito Estufa do Setor de Resíduos 25

4 **RESULTADO GERAL** **29**

5 **CONCLUSÃO** **32**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 33

ANEXOS 34



INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são alterações de longo prazo nos padrões globais de temperatura e clima. Tais transformações ocorrem devido ao aquecimento global, causado, majoritariamente, pela emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), que recobrem a terra e retêm o calor do sol.

Essas mudanças também podem ser causadas por fenômenos naturais, como variações no ciclo solar, ou erupções vulcânicas. Entretanto, desde a revolução industrial, a atividade humana tem sido o principal fato gerador das mudanças climáticas. Atualmente, com as concentrações de Gases e Efeito Estufa na atmosfera em seus níveis mais altos em 2 milhões de anos, estima-se que Terra está cerca de 1,1°C mais quente do que no final do século XIX.

Dentre as atividades humanas que podem provocar as emissões de Gases de Efeito Estufa em larga escala, podemos citar: a geração de eletricidade e calor, especialmente pela queima de combustíveis fósseis; a manufatura e indústria responsável pela fabricação de produtos, especialmente cimento, ferro, aço, eletrônicos, plástico, roupas e outros; o desmatamento florestal, pois as árvores ao serem cortadas liberam o carbono que estavam armazenando, além de que, com a destruição das árvores, limita-se a capacidade natural da absorção de Gases de Efeito Estufa; o uso do transporte, especialmente os que utilizam combustível fóssil; o aumento na demanda energética; e, por fim, o estilo de vida com excesso de consumo, que gera cada vez mais resíduos que devem receber tratamento de destinação final.

Conforme a Organização das Nações Unidas (ONU), o aumento das temperaturas muda os padrões climáticos, perturba o equilíbrio da natureza e gera efeitos como:

Temperaturas mais altas: À medida que a concentração dos gases de efeito estufa aumenta, o mesmo acontece com a temperatura da superfície global. Desde a década de 1980, cada década tem sido mais quente que a anterior. Tal fenômeno pode acarretar o aumento desde a quantidade de incêndios registrados, bem como o número de doenças relacionadas ao calor.

Tempestades mais severas: Conforme o aumento da temperatura, mais umidade evapora, agravando os fenômenos de chuva. Consequentemente, ocorrências como inundações, são mais frequentes, bem como ciclones, furacões e tufões, os quais se fortalecem com a água quente na superfície do oceano, ocorrem com maior regularidade, gerando inúmeros prejuízos econômicos.

Aumento da seca: O aquecimento global agrava os períodos de seca em regiões onde a falta de água já é comum e leva a um risco maior de secas agrícolas, afetando plantações, e secas ecológicas, aumentando a vulnerabilidade dos ecossistemas. As áreas de deserto podem aumentar, reduzindo a área cultivável, bem como ameaçar populações a não terem acesso à água regularmente.

Um oceano cada vez mais quente e maior: O oceano absorve a maioria do calor gerado pelo aquecimento global. À medida que o oceano aquece, o volume dele aumenta, já que a água se expande quando aquecida. Além disso, o oceano absorve dióxido de carbono, evitando que ele se concentre na atmosfera. No entanto, mais dióxido de carbono deixa a água mais ácida, ameaçando a vida marinha e recifes de corais.

Perda de espécies: Agravado pelas mudanças climáticas, o mundo está perdendo espécies a uma taxa 1.000 vezes maior do que em qualquer outro momento na história da humanidade. Um milhão de espécies estão em risco de extinção nas próximas décadas.

Não há comida suficiente: As mudanças no clima e o aumento de eventos climáticos extremos estão entre as razões por trás do crescimento global da fome e da subnutrição. Diversas produções ficam ameaçadas por conta de eventos climáticos.

Mais riscos para a saúde: Poluição do ar, doenças, eventos climáticos extremos, deslocamento forçado, pressões sobre a saúde mental e aumento da fome e subnutrição em locais onde as pessoas não conseguem cultivar ou encontrar alimentos suficientes. A cada ano, fatores ambientais tiram a vida de cerca de 13 milhões de pessoas.

Pobreza e deslocamento: Na última década (2010–2019), eventos relacionados ao clima provocaram o deslocamento estimado de, em média, 23,1 milhões de pessoas por ano, deixando muitos mais vulneráveis à pobreza.

Nos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), acordou-se que o limite do aumento da temperatura global a não mais do que 1,5°C ajudaria a evitar piores impactos climáticos e manter a terra com um clima habitável. Três são as grandes categorias de ação no que se trata de limitar o aumento da temperatura global: redução das emissões, adaptação aos impactos climáticos e financiamento dos ajustes necessários.

A ação das cidades é de extrema importância nos desafios impostos pelas mudanças climáticas, considerando que as cidades são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de Gases de Efeito Estufa. Desta forma, a quantificação para o monitoramento e gestão das emissões de Gases de Efeito Estufa é parte intrínseca à implementação da agenda climática ao nível local. A partir da definição e identificação das fontes e sumidouros de GEE, e da contabilização de suas respectivas emissões e/ou remoções, o inventário possibilita conhecer o perfil das emissões resultantes das atividades da cidade, em seus diferentes setores. Assim, o presente relatório apresenta o mapeamento das fontes de emissão do Município de Maringá, Estado do Paraná, para o ano-base de 2021.



2

METODOLOGIA

GPC PROTOCOL

Para a elaboração do presente Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa de Maringá foi adotada a metodologia proposta pelo GPC (*Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*), desenvolvida através de parceria do ICLEI (Governos Locais pela Sustentabilidade), WRI (*World Resources Institute*) e C40 (*Climate Leadership Group*). Este método auxilia as cidades a estimar suas emissões de GEE de maneira consistente, transparente e robusta, possibilitando, ainda, a análise comparativa entre cidades em nível mundial.

Para a elaboração de um inventário de qualidade, os princípios da metodologia são:

- 1 Relevância:** O inventário de GEE deve refletir apropriadamente as emissões de GEE do governo local e deve ser sistematizado de forma a refletir as áreas sob as quais o mesmo exerce controle e tem responsabilidade;
- 2 Completude:** Todos os GEE e as atividades que causam emissões dentro das fronteiras estabelecidas para o inventário devem ser contabilizadas. Qualquer exclusão deve ser justificada;
- 3 Consistência:** Metodologias consistentes devem ser usadas para identificar as fronteiras, coletar e analisar os dados e quantificar as emissões;
- 4 Transparência:** Todas as questões relevantes devem ser consideradas e documentadas de maneira objetiva e coerente para estabelecer o histórico e a abordagem para futuras revisões e replicações. Todas as fontes de dados e hipóteses assumidas devem ser disponibilizadas junto com descrições específicas de metodologias e fontes de dados usados;
- 5 Exatidão:** A quantificação das emissões de GEE não deve ser sistematicamente sub ou supervalorizada.

SETORES DE ATIVIDADE

De acordo com o método GPC, as emissões de GEE das atividades da cidade serão classificadas em seis principais setores, os quais são:



Unidades Estacionárias: As fontes de energia estacionária são um dos maiores contribuintes para a emissão de GEE de uma cidade. Essas emissões provêm da combustão de combustíveis, bem como de emissões fugitivas liberadas no processo de geração, transmissão e consumo de energia (elétrica ou calor).



Transportes: Veículos de transporte e equipamentos móveis produzem emissões de GEE através da combustão de combustível ou, indiretamente, consumindo eletricidade fornecida pela rede.



Resíduos: As cidades produzem resíduos sólidos e efluentes que podem ser descartados e tratados em instalações dentro ou fora da cidade. As emissões de GEE dos resíduos são provenientes do processo de decomposição aeróbica ou anaeróbica de bactérias, e/ou através dos processos de incineração dos resíduos.



Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU): Todas as emissões de GEE provenientes de processos industriais, do uso de produtos e do uso não energético de combustível fóssil devem ser reportadas dentro deste setor.



Agricultura, Florestas e Uso da Terra (AFOLU): O setor de Agricultura, Silvicultura e Outros Usos da Terra (AFOLU) produz emissões de GEE através de uma variedade de caminhos, incluindo mudanças do uso da terra que alteram a composição da vegetação e do solo, manejo de florestas e outras terras, metano produzido nos processos digestivos do gado e manejo de nutrientes para fins agrícolas.



Outras Emissões de Escopo 3: Neste setor, opcional na metodologia GPC, as cidades podem reportar outras fontes de Escopo 3, que inclui as emissões indiretas não contempladas nos demais setores, como as emissões de GEE provindas de bens e serviços que se originam em outros municípios, como as emissões de GEE incorporadas em combustíveis, água, comida e materiais de construção.

ESCOPOS

As atividades que ocorrem dentro uma cidade podem gerar emissões de GEE tanto dentro dos limites da cidade, quanto fora deles. Para se distinguir estas emissões, o GPC as agrupa em três categorias, com base no local onde ocorrem, sendo:

Escopo 1: Emissões de GEE por fontes localizadas dentro dos limites da cidade;

Escopo 2: Todas as emissões de GEE que ocorrem como consequência do uso de eletricidade, calor, vapor e/ou refrigeração fornecidos pela rede dentro dos limites da cidade;

Escopo 3: Todas as outras emissões de GEE que ocorrem fora dos limites da cidade, como resultado de atividades que ocorrem dentro dos limites da cidade.

A figura abaixo demonstra quais fontes de emissão ocorrem exclusivamente dentro do limite geográfico estabelecido para o inventário, o que ocorre fora do limite geográfico e o que pode ocorrer fora do limite geográfico:

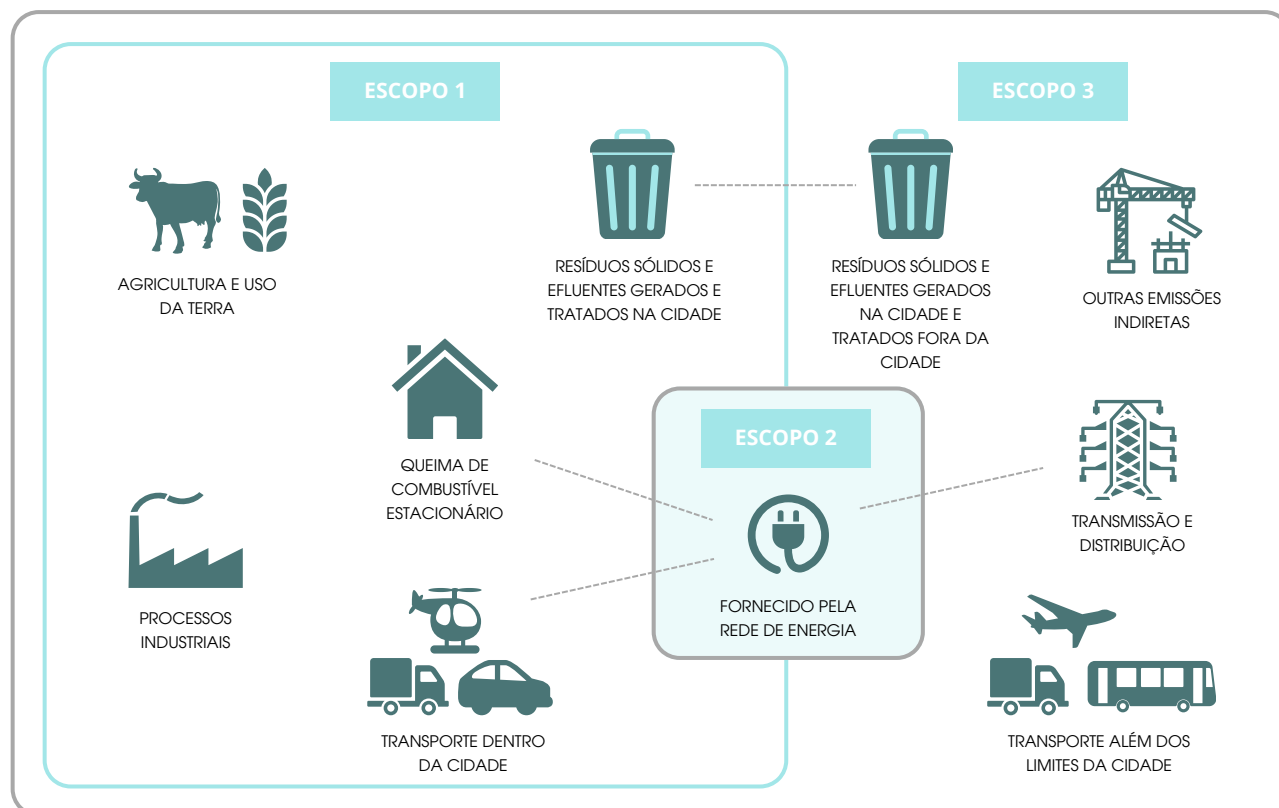


Figura 1. Fontes e limites das emissões de GEE da cidade

Fonte: Adaptado de GPC Protocol

GASES DE EFEITO ESTUFA

A metodologia GPC prevê que os inventários elaborados pelas cidades deverão contemplar os sete tipos de GEE que são atualmente exigidos para a maioria dos relatórios nacionais no âmbito do Protocolo de Kyoto, sendo: dióxido de carbono (CO₂); metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O); hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs), hexafluoreto de enxofre (SF₆) e trifluoreto de nitrogênio (NF₃).

Todas as emissões devem ser convertidas para que se chegue a um total de emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Para que seja feita esta conversão, deve-se ser utilizado o Potencial de Aquecimento Global (PAG) associado ao GEE. O PAG é um valor relativo que mostra qual o potencial de aquecimento global de cada gás se comparado ao dióxido de carbono, que, por padronização, tem PAG com valor igual a 1.

Para a elaboração do presente relatório, foram adotados os valores de PAG do Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (*Fifth Assessment Report* ou AR5), que, conforme nota técnica do programa brasileiro GHG Protocol, esses valores devem ser adotados para os inventários a partir do ano de 2021 (ciclo 2022). Os valores de PAG são apresentados na Tabela 1.

Gás	PAG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	28
Óxido nitroso (N ₂ O)	265
Hidrofluorcarbonetos (HFCs)	4 - 12.400
Perfluorcarbonetos (PFCs)	6.630 - 17.400
Hexafluoreto de enxofre (SF ₆)	23.500
Trifluoreto de nitrogênio (NF ₃)	16.100

Tabela 1. Potencial de Aquecimento Global dos Gases de Efeito Estufa

Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol - FGV 2022

LIMITE DE INVENTÁRIO

Para utilização da metodologia GPC, primeiramente, as cidades devem definir um limite de inventário, que se refere tanto a definição da área geográfica, quanto o intervalo de tempo a ser analisado.

Assim, para a elaboração deste inventário, foi estabelecido o limite da área do Município de Maringá (PR), que corresponde a 487,012 km². Muito embora o Município de Maringá seja integrante de uma Região Metropolitana e tenha municípios conurbados, optou-se pelo uso da fronteira geográfica municipal, haja vista a maneira como são ofertados os dados públicos, bem como o controle do município sobre outros dados.

Com relação ao ano base de 2021, este foi adotado uma vez que, no início da coleta de dados, era o ano que possuía dados públicos consolidados mais recentes. Ademais, outras fontes de informação foram consultadas tendo este ano como referência para possibilitar o cálculo das emissões do inventário.

ABORDAGEM DO INVENTÁRIO

A metodologia GPC define duas possibilidades de relatos de emissão:

A Abordagem de Escopos que permite que as cidades reportem de forma abrangente todas as emissões de GEE, classificando as fontes de emissão em Escopo 1, 2 e 3;

A Abordagem orientada pela Cidade que contabiliza as emissões de GEE, abrangendo as fontes selecionadas de emissão dos Escopos 1, 2 e 3. Essa abordagem fornece dois níveis de relatório demonstrando diferentes níveis de completude: o BASIC e o BASIC+.

Para a elaboração do Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa da Cidade de Maringá, optou-se pela utilização do reporte em nível BASIC, que contempla as fontes de emissão que normalmente ocorrem em cidades e que possuem métodos de cálculo estabelecidos. Este nível de reporte não contempla as emissões dos setores de atividades de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), Agricultura, Floresta e Uso da Terra (AFOLU) e outras Emissões do Escopo 3. Os reportes incluídos constam na tabela abaixo:

Setores e Sub-setores	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3
Unidades Estacionárias			
Residencial	✓	✓	
Comercial e institucional	✓	✓	
Indústrias de manufatura e construção	✓	✓	
Indústrias de energia	✓	✓	
Atividades agrícolas, florestais e pesqueiras	✓	✓	
Fontes não especificadas	✓	✓	
Emissões fugitivas da mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão	✓		
Emissões fugitivas de sistemas de petróleo e gás natural	✓		
Transporte			
Terrestre	✓	✓	
Ferroviário	✓	✓	
Hidroviário	✓	✓	
Aviação	✓	✓	
<i>off-road transportation</i>	✓	✓	
Resíduos			
Descarte de resíduos sólidos gerados na cidade	✓		✓
Tratamento biológico de resíduos gerados na cidade	✓		✓
Incineração e queima a céu aberto de resíduos gerados na cidade	✓		✓
Efluentes gerados na cidade	✓		✓

Tabela 2. Setores e Sub-setores - Abordagem BASIC

Fonte: Adaptado de *GPC Protocol*

MÉTODO DE CÁLCULO

Basicamente, o cálculo das emissões foi realizado segundo a estrutura apresentada abaixo:

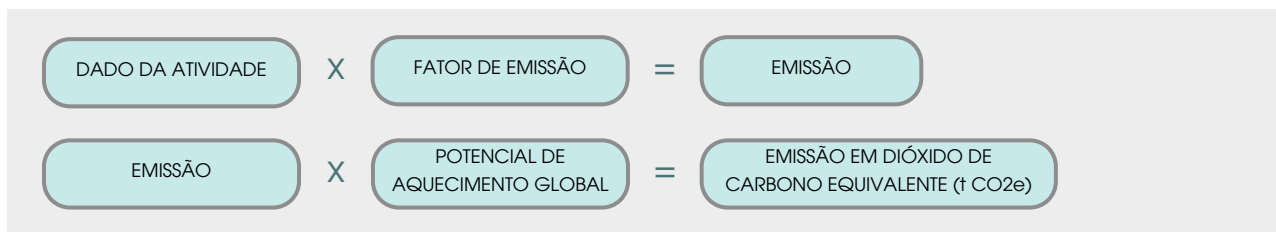


Figura 2. Base de para o cálculo de GEE

Fonte: Adaptado de GPC Protocol

Os dados das atividades, para cada um dos setores e sub-setores, foram obtidos, preferencialmente, de fontes públicas, sendo estas especificadas na apresentação dos resultados. Para aqueles dados que não puderam ser obtidos desta maneira, foi realizada consulta via ofício às companhias/empresas responsáveis pelas atividades.

Os fatores de emissão utilizados para cada tipo de fonte foram coletados em bases nacionais, como o Programa Brasileiro GHG Protocol, bem como fatores de emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil, disponibilizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

BARREIRAS NA ELABORAÇÃO

Considerando que nem todos os dados que devem subsidiar a elaboração de um inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa estão disponíveis em fontes de consulta pública, houve a necessidade de envio de ofícios a algumas empresas/companhias que prestam serviços no município e pudessem ter informações para subsidiar os cálculos em todos os setores. Assim, até a data de finalização deste inventário, alguns ofícios não obtiveram resposta. Desta forma, considerando a dificuldade de acesso aos dados de geração e tratamento de resíduos sólidos industriais, efluentes líquidos gerados na cidade, tratamento biológico de resíduos gerados na cidade, bem como outras emissões do Escopo 3 referente aos resíduos de modo geral, essas fontes não estão incluídas nas análises do presente inventário.

Outro aspecto a ser pontuado é que algumas informações não possuem o grau de desagregação desejado, assim alguns subsetores ficaram sem informações específicas, pois estavam alocados em outros setores. Como exemplo, o consumo energético do setor de transportes, que não pode ser estratificado e, conseqüentemente, ficou agrupado às informações do Escopo 2 do setor de unidades estacionárias. Outro exemplo, é que, do modo como as informações sobre o consumo de combustível são ofertadas, não é possível estratificar o quanto deste combustível foi utilizado na cidade (Escopo 1) e quanto deste foi utilizado para o desempenho de atividades fora da cidade (Escopo 3), ou, ainda, o quanto de combustível foi adquirido fora da cidade de Maringá e utilizado dentro dela.

Ainda no que tange às informações referentes aos combustíveis, ressalta-se que essas foram obtidas de forma não segregadas por setor, conforme diretrizes do *GPC Protocol*, então para que as informações pudessem ser alocadas nos diferentes setores e sub-setores, adotou-se a estratificação de consumo por setor, conforme Balanço Energético Nacional de 2022 - vide anexo.



3

RESULTADOS POR SETOR

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE UNIDADES ESTACIONÁRIAS

As emissões do setor de Unidades Estacionárias provêm da queima de combustíveis utilizados para produção de vapor ou energia elétrica (Escopo 1) e do consumo de energia elétrica (Escopo 2). As emissões totais de GEE em Maringá (PR) para o ano de 2021 deste setor totalizaram 232.679,04 tCO₂e.

O setor de Unidades Estacionárias é composto pelos sub-setores: Residencial; Comercial e institucional; Indústrias de manufatura e construção; Indústrias de energia; Atividades agrícolas, florestais e pesqueiras; Fontes não especificadas; Emissões fugitivas da mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão; Emissões fugitivas de sistemas de petróleo e gás natural. O sub-setor de Indústrias de energia não foi considerado nos cálculos, uma vez que a cidade não possui nenhuma indústria específica com a finalidade exclusiva de produção de energia, e os combustíveis utilizados para esta finalidade nas indústrias diversas estão incluídos no sub-setor de indústrias. Os sub-setores de emissões fugitivas também não foram incluídos, considerando que não são atividades de relevância na cidade. Desta maneira, temos a estratificação dos sub-setores, conforme figura, pela qual podemos observar que o sub-setor Residencial se sobressai aos demais sub-setores:

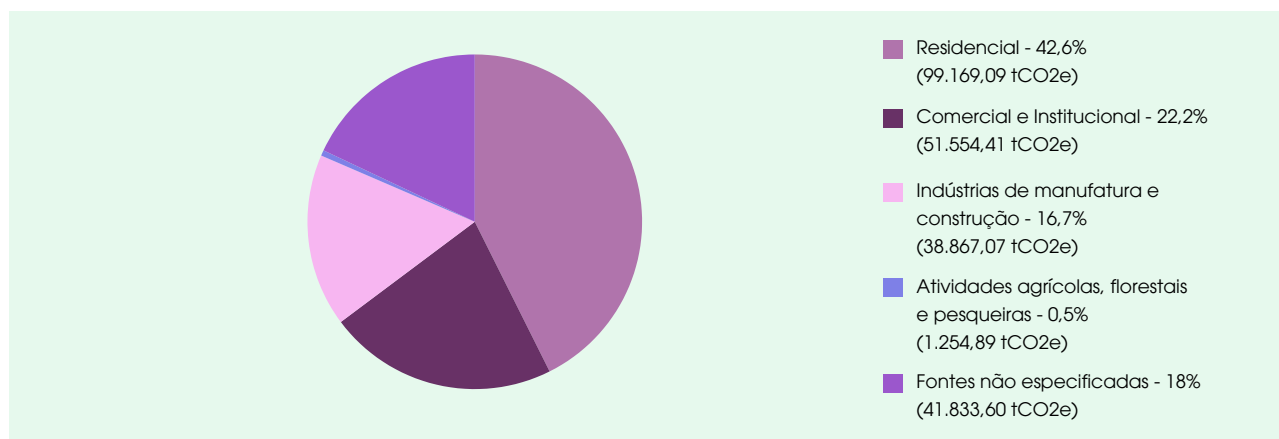


Figura 3. Estratificação da participação dos sub-setores no setor de Unidades Estacionárias

Fonte: Autor

No que se refere aos Escopos, o setor de Unidades Estacionárias, conforme abordagem BASIC da metodologia *GPC Protocol*, pode ser subdividido nos Escopos 1 e 2. Observa-se que as emissões de GEE relativas ao Escopo 2 representam a maior parcela das emissões dentro deste setor, que pode ser observado na imagem abaixo:

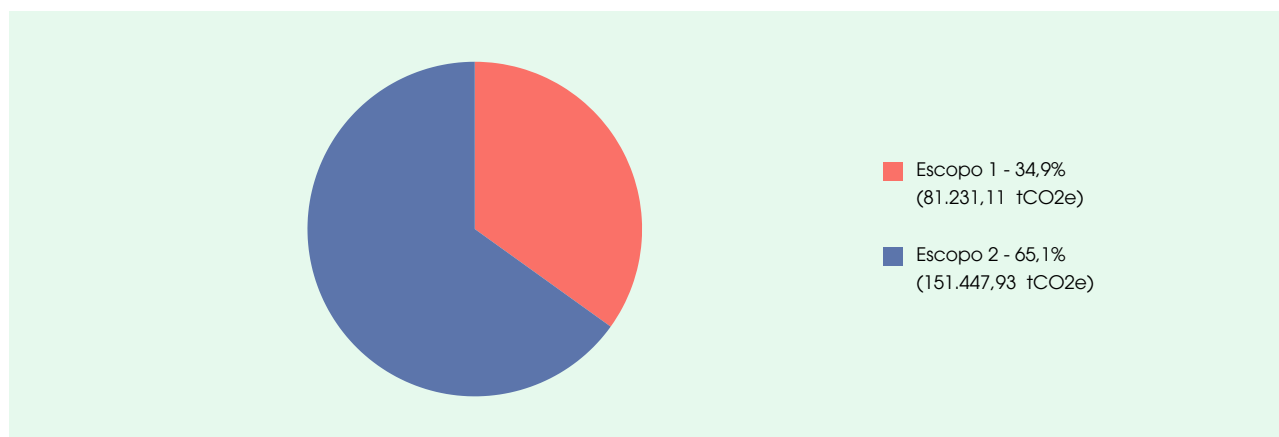


Figura 4. Estratificação da participação dos Escopos no setor de Unidades Estacionárias

Fonte: Autor

Considerando apenas as emissões do Escopo 1, dentro do setor de Unidades Estacionárias, as quais são representadas pela queima de combustíveis, observamos que o sub-setor Residencial representa a maior parcela das emissões de GEE, conforme estratificação para os sub-setores demonstrada abaixo:

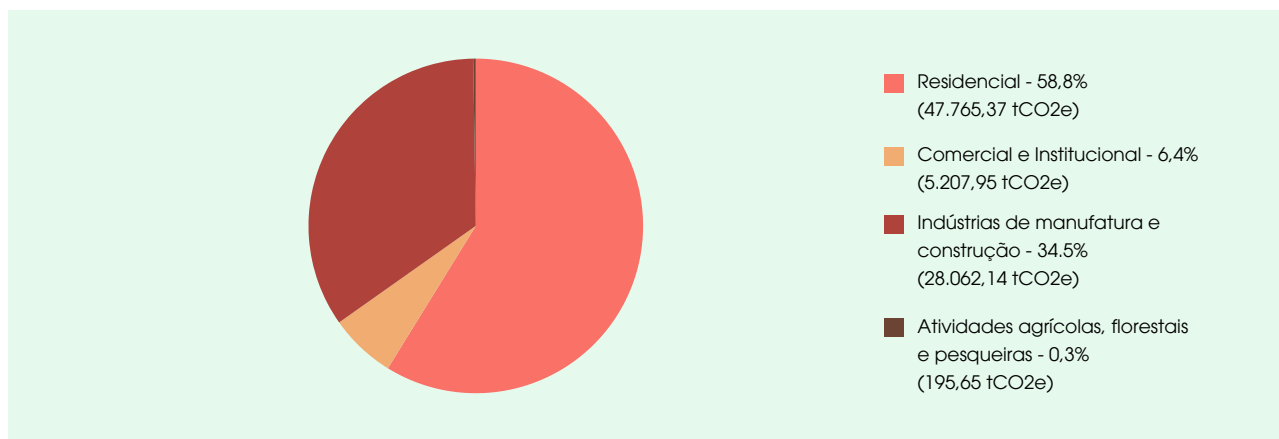


Figura 5. Estratificação da participação dos sub-setores das Unidades Estacionárias no Escopo 1

Fonte: Autor

Os combustíveis analisados para o setor de Unidades Estacionárias, dentro do Escopo 1 foram: Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Óleo Diesel, Óleo Combustível e Asfalto. Com exceção ao asfalto, que foi alocado integralmente no sub-setor comercial e institucional, considerando o seu uso, os demais combustíveis foram alocados conforme as proporções que puderam ser observadas no Balanço Energético Nacional (2022). Desta forma, pode-se observar a estratificação das emissões de GEE pelo uso dos combustíveis nos sub-setores conforme figura a seguir:

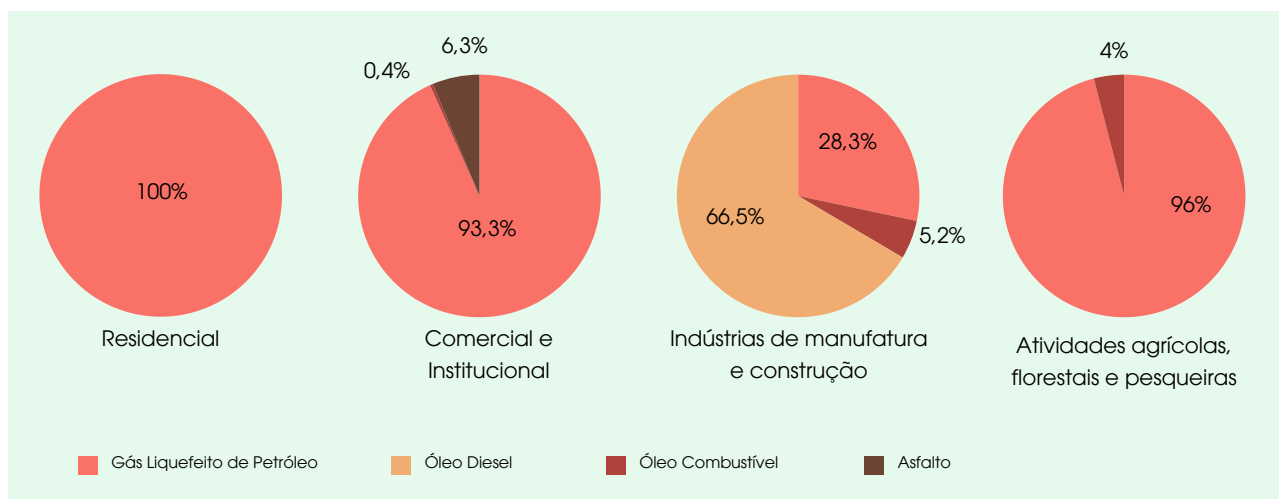


Figura 6. Estratificação da participação dos combustíveis nos sub-setores das Unidades Estacionárias no Escopo 1

Fonte: Autor

Considerando as emissões do Escopo 2, as quais são representadas pelo consumo da energia elétrica, vale salientar que, do modo como os dados foram obtidos, algumas variáveis foram agrupadas em um mesmo sub-setor, deste modo temos a seguinte estratificação para a emissão de GEE dos sub-setores no Escopo 2:

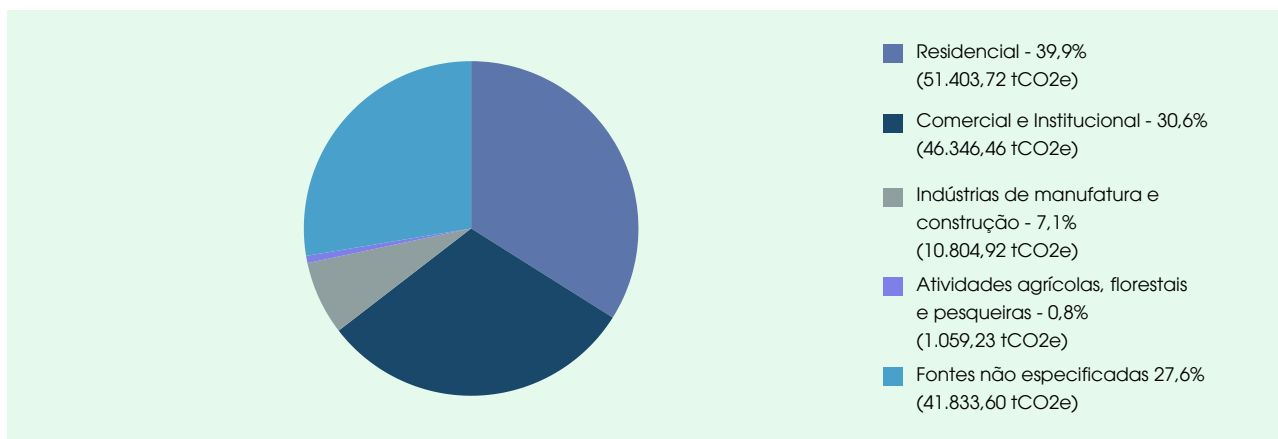


Figura 7. Estratificação da participação dos sub-setores das Unidades Estacionárias no Escopo 2
 Fonte: Autor

EMISSIONES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE TRANSPORTES

As emissões do setor de Transportes provêm da queima de combustíveis em veículos e equipamentos móveis (Escopo 1), bem como o uso da energia para os transportes (Escopo 2). As emissões totais de GEE em Maringá (PR) para o ano de 2021 deste setor totalizaram 891.383,42 tCO₂e.

O setor de Transportes é composto pelos sub-setores: Terrestre; Ferroviário; Hidroviário; Aviação; *Off-road transportation*. Na cidade de Maringá não há a presença do modo de transporte hidroviário, por isso este sub-setor não foi analisado. Quanto ao sub-setor ferroviário, considerando a dificuldade de desagregar os dados referentes ao consumo de combustível dos valores do sub-setor terrestre, os dados foram computados conjuntamente. O uso da energia elétrica no setor de Transportes (Escopo 2) também não foi possível ser desagregado do uso da energia elétrica do setor de Unidades Estacionárias, por isso não aparece a análise deste Escopo dentro do setor de Transportes. Deste modo, temos a seguinte estratificação do setor pelos sub-setores, conforme as emissões de GEE, pela qual se pode observar que o sub-setor Terrestre representa a maior parcela de emissões de GEE neste setor:

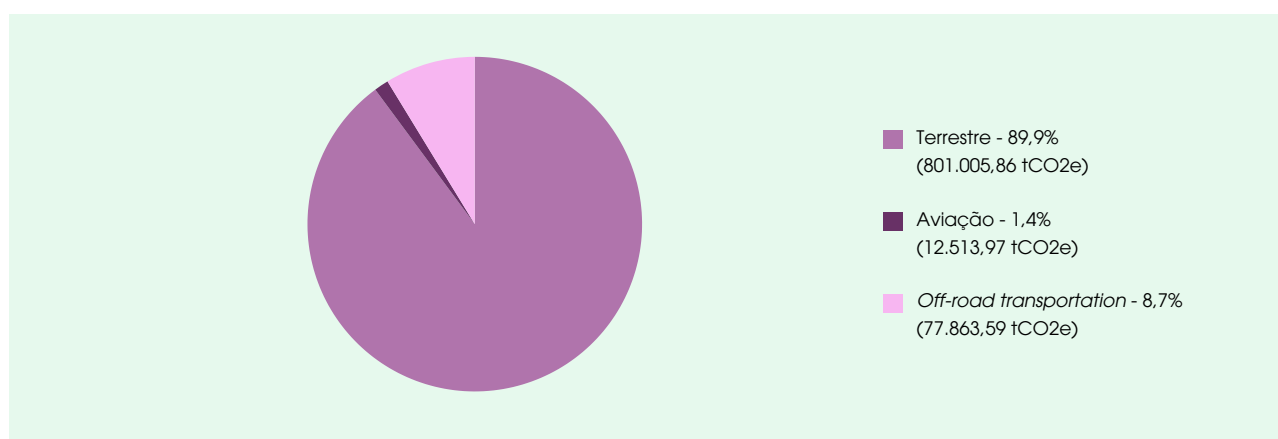


Figura 8. Estratificação da participação dos sub-setores no setor de Transportes
 Fonte: Autor

Os combustíveis analisados para o sub-setor de Transportes Terrestres, dentro do Escopo 1 foram: Etanol Hidratado, Gasolina Comum, Óleo Combustível e Óleo Diesel. Estes combustíveis foram alocados dentro deste sub-setor conforme as proporções que puderam ser observadas no Balanço Energético Nacional (2022). Desta forma, temos a seguinte estratificação para os sub-

-setores, pela qual podemos observar que o consumo de Óleo Diesel é o responsável pela maior quantidade de emissões de GEE neste sub-setor:

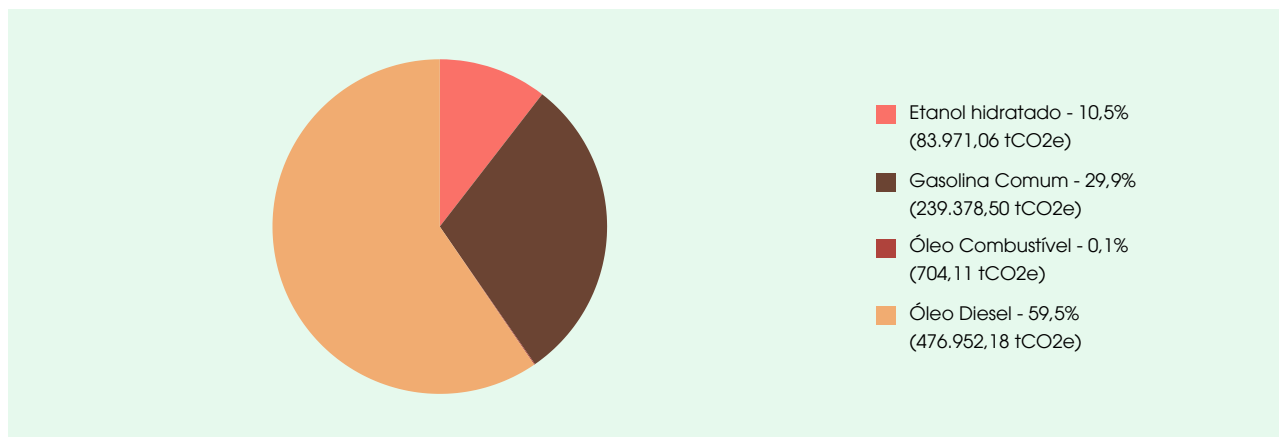


Figura 9. Estratificação da participação dos combustíveis no sub-setor Terrestre no Escopo 1

Fonte: Autor

Para o sub-setor de Aviação, dentro do Escopo 1, foram analisadas as emissões de GEE referente ao consumo de Gasolina de Aviação e de Querosene de Aviação, emissões estas que podem ser vistas na estratificação abaixo, pela qual se observa que as maiores emissões de GEE são oriundas do consumo de Querosene de Aviação:

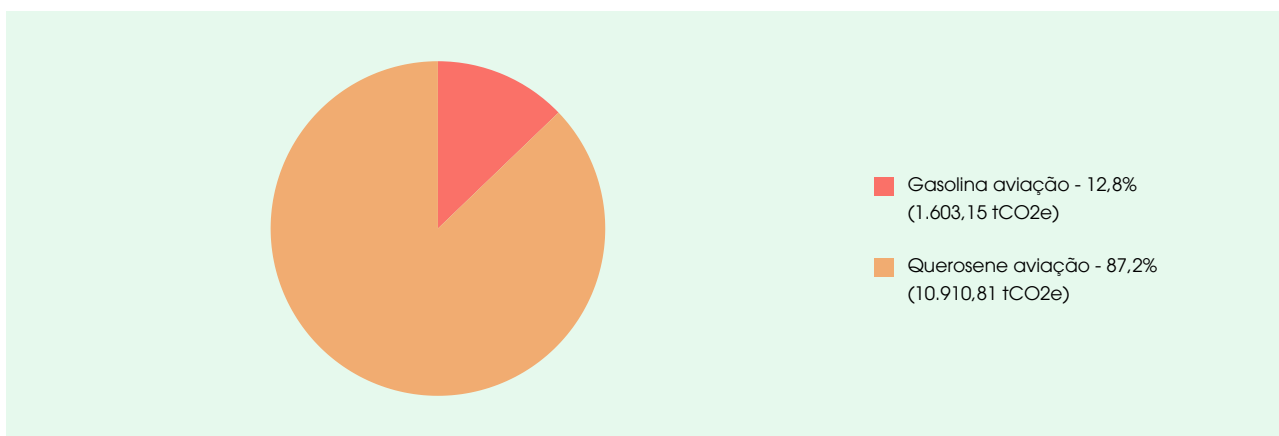


Figura 10. Estratificação da participação dos combustíveis no sub-setor de Aviação no Escopo 1

Fonte: Autor

Para o sub-setor de *Off-road transportation*, dentro do Escopo 1, foram analisadas as emissões de GEE referente ao consumo de Etanol e Óleo Diesel, emissões estas que podem ser vistas na estratificação abaixo:

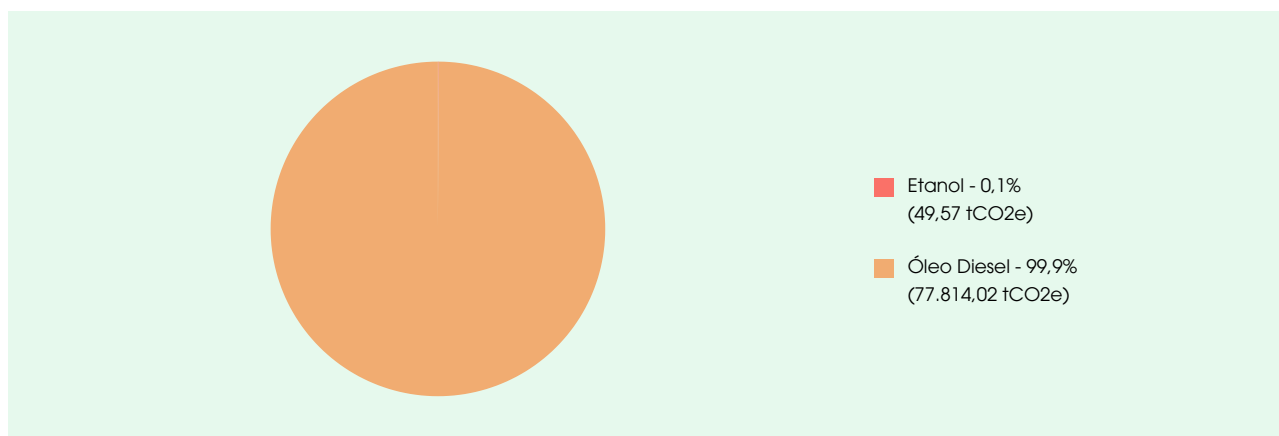


Figura 11. Estratificação da participação dos combustíveis no sub-setor de Off-road transportation no Escopo 1

Fonte: Autor

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SETOR DE RESÍDUOS

As cidades produzem resíduos e efluentes, que podem ser descartados e/ou tratados em instalações dentro da cidade, ou transportados para tratamento em outras cidades. Os tratamentos destes resíduos emitem GEE através de decomposição de bactérias aeróbias, anaeróbicas ou através da queima dos resíduos em processos de coprocessamento, ou incineração.

Deste modo, as emissões de GEE do setor de Resíduos podem ser categorizadas no Escopo 1 e/ou Escopo 3. Entretanto, até a data de finalização deste inventário, algumas informações referentes aos resíduos ainda não tinham sido recebidas. Desta forma, considerando o recebimento apenas das informações referentes aos resíduos sólidos urbanos enviados ao aterro localizado na Cidade de Maringá, as informações aqui prestadas referem-se somente ao sub-setor de Descarte de resíduos sólidos gerados na cidade, dentro do Escopo 1

A emissão de GEE calculada para o Município de Maringá (PR) para o ano de 2021 totalizaram 172.933,87 tCO₂e. Como a atual empresa responsável pelas operações no aterro da Cidade de Maringá iniciou as suas atividades no ano de 2021, não foi possível a obtenção de dados sobre resíduos referentes aos anos anteriores do ano-base do inventário, os quais poderiam subsidiar o cálculo das emissões através do método de Primeira Ordem de Decaimento (FOD). Desta forma foi adotado o método do Compromisso de Metano (MC) para cálculo das emissões de metano provenientes do descarte de resíduos.

A equação de estimativa de Compromisso de Metano (MC) pode ser visualizada a seguir:

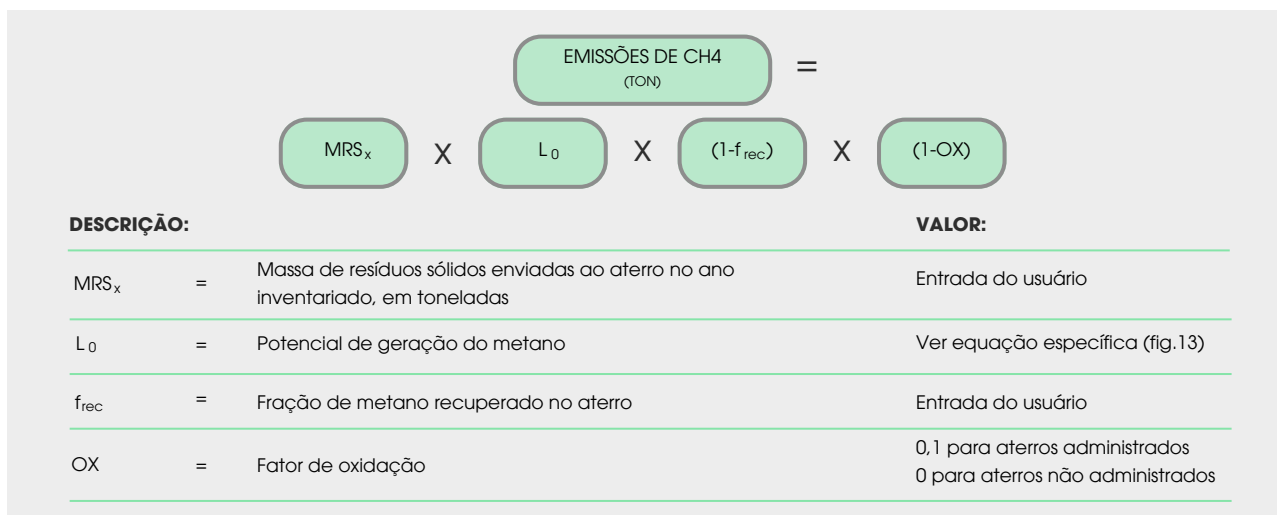


Figura 12. Equação de estimativa de Compromisso de Metano (MC) para resíduos sólidos enviados para aterro

Fonte: Adaptado de GPC Protocol

Primeiramente, foi levantada a quantidade de resíduo sólido enviado ao aterro, que totalizou 119.972,99 toneladas no ano de 2021. Vale salientar que não houve a recuperação do metano emitido no aterro neste ano de 2021. Metano recuperado é aquele que não é emitido, ou seja, é queimado em um queimador ("flare") ou utilizado para geração de energia (eletricidade, calor, etc). Desta forma, a fração de metano recuperado utilizada na fórmula foi igual a 0. Como o aterro da Cidade de Maringá é do tipo Aterro Sanitário, o fator de oxidação utilizado foi igual a 0,1. Dando sequência, é necessária a determinação do potencial de geração do metano, a qual é determinada pela equação a seguir:

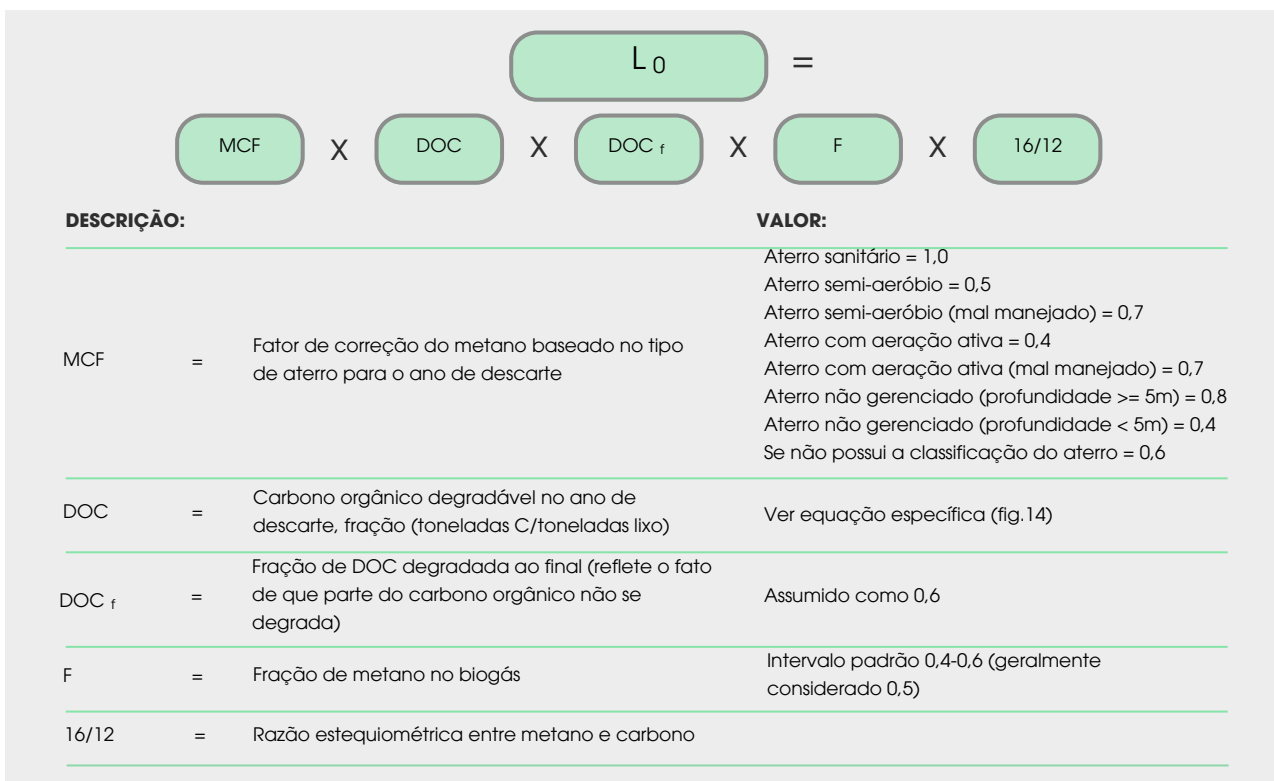


Figura 13. Equação de potencial de geração do metano

Fonte: Adaptado de GPC Protocol

Considerando que o aterro de Maringá é do tipo sanitário, no MCF é utilizado o valor igual a 1. Para o valor da fração de metano no biogás foi adotado o valor de 0,5, que o valor padrão do IPCC, para quando não há o levantamento específico da quantidade de metano no biogás. Seguindo, há a necessidade da definição do Carbono Orgânico Degradável (DOC), determinado pela equação a seguir:

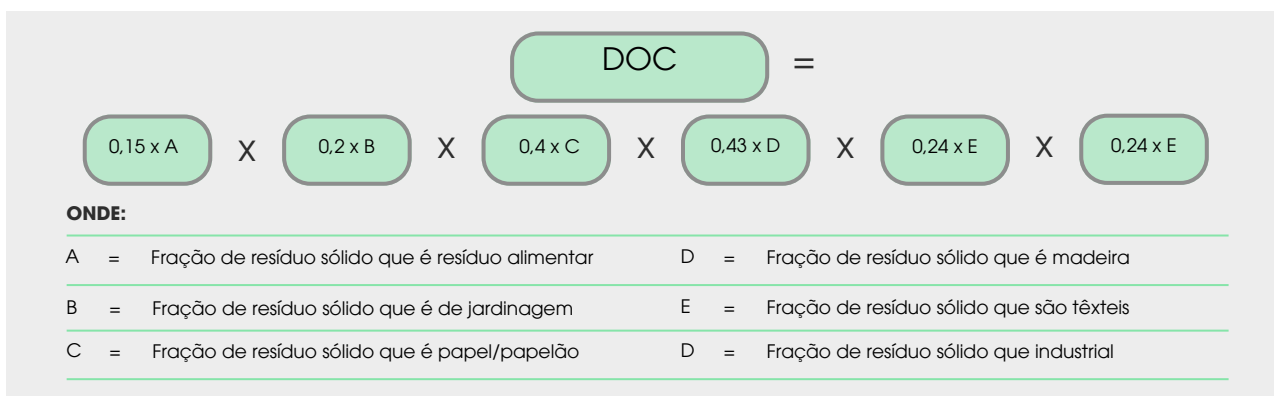
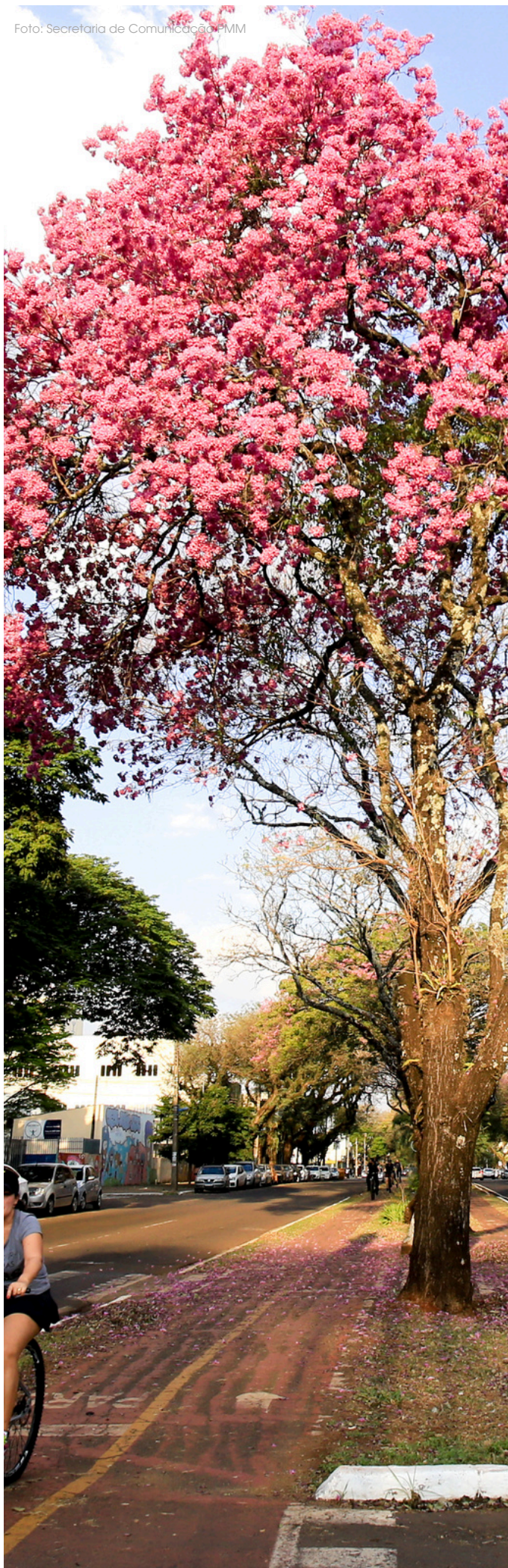


Figura 14. Equação de carbono orgânico degradável (DOC)

Fonte: Adaptado de GPC Protocol

Para a determinação do DOC, é necessário o levantamento da porcentagem correspondente a cada tipo de resíduo, em relação ao resíduo total. Desta forma, para o ano de 2021, foram levantadas as seguintes proporções: Alimentos - 48,5%; Jardinagem - 3,5%; Papel/papelão - 11,4%; Madeira - 1,03%; Têxteis - 5,6%. Até a data de finalização deste inventário, não havia sido recebido dados quanto aos resíduos industriais.

A determinação das emissões de GEE através da estimativa de Compromisso de Metano não considera quando as emissões realmente ocorrem, assumindo que todo o carbono orgânico degradável irá decair e produzir metano imediatamente no mesmo ano de decaimento. Entretanto, considerando os dados recebidos, este método se mostrou o mais apropriado para que este Setor pudesse estar abrangido neste inventário.



4

RESULTADO GERAL

Conforme a abordagem BASIC da metodologia *GPC Protocol*, excluindo-se os sub-setores para os quais não foi possível a obtenção dos dados, consolidando os resultados parciais apresentados no capítulo anterior, as emissões totais de GEE em Maringá (PR) para o ano de 2021 totalizaram 1.296.996,33 tCO₂e.

O setor de Transportes foi o responsável pela maior parcela destas emissões de GEE, totalizando 891.383,42 tCO₂e, o equivalente a 68,7% do montante total. Na sequência, temos o setor de Unidades Estacionárias, o responsável pela emissão de 232.679,04 tCO₂e, o equivalente a 17,9% do montante total. E, por fim, o setor de resíduos, com a emissão de 172.933,87 tCO₂e, o equivalente a 13,3%. A estratificação da emissão total de GEE por setor é possível ser observada na figura a seguir:

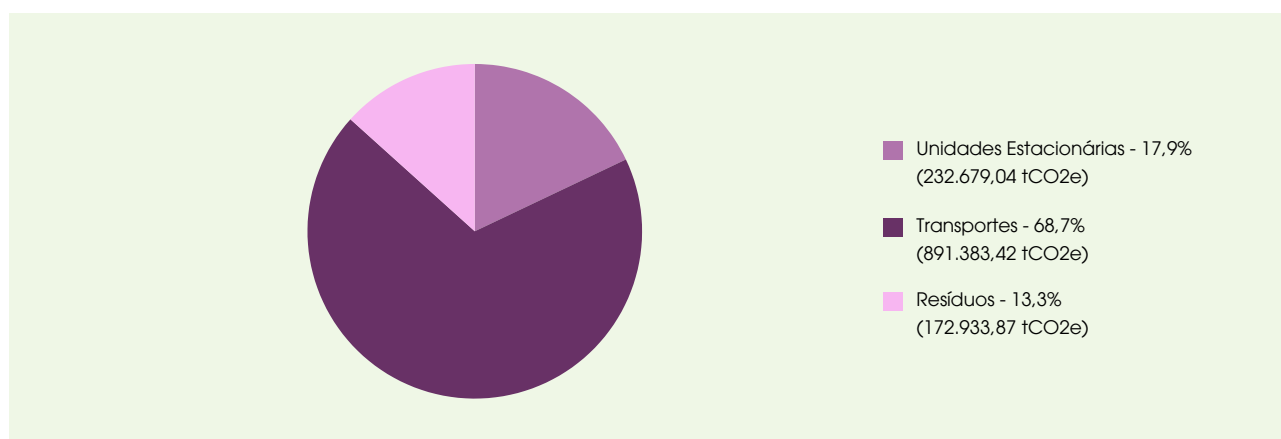


Figura 15. Estratificação da participação dos Setores na emissão total de GEE

Fonte: Autor

Quanto aos Escopos abrangidos na abordagem BASIC, não foi possível a obtenção dos dados referentes ao Escopo 3, portanto estão aqui incluídos os Escopos 1 e 2, sendo que as emissões de GEE do Escopo 1 totalizaram 1.145.548,40 tCO₂e, o equivalente a 88,3% do montante total. Já as emissões do Escopo 2 totalizaram 151.447,93 tCO₂e, o equivalente a 11,7% do total. Esta estratificação pode ser observada na figura a seguir:

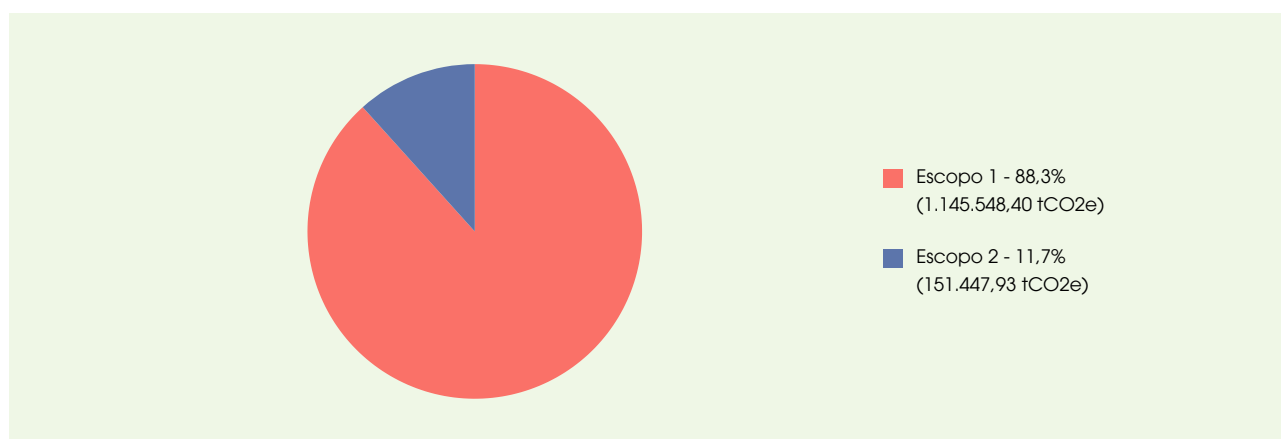


Figura 16. Estratificação da participação dos Escopos na emissão total de GEE

Fonte: Autor

Nas emissões aqui contabilizadas e apresentadas foram incluídas, também, as emissões de origem renovável referentes ao Escopo 1. As emissões renováveis do setor de Energia Estacionária são provenientes do biodiesel presente no diesel comercializado no País. No setor de Transportes, as emissões renováveis são provenientes do etanol anidro misturado na gasolina, do etanol hidratado e do biodiesel na composição do diesel.

Com os dados relativos ao Produto Interno Bruto (PIB) e a população estimada da cidade de Maringá para o mesmo ano-base utilizado para fins de cálculo das emissões de GEE, é possível a criação de indicadores de intensidade, com os quais é possível estabelecer análises comparativas com outras cidades que se assemelhem em porte ou em economia. Desta forma, os indicadores são apresentados na tabela abaixo:

Ano-base 2021			
Emissão de GEE (t CO2e) = 1.296.996,33		Emissões de GEE pelo PIB (t CO2e/ R\$1000)	Emissões de GEE per capita (t CO2e/ hab)
PIB (R\$ - IBGE)	22.656.732.000,553	0,057	-
População estimada (hab - IBGE)	436.472	-	2,97

Tabela 03. Indicadores de intensidade do Município de Maringá (2021)

Fonte: Autor



5

CONCLUSÃO

A elaboração deste, que é o 1º Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa do Município de Maringá-PR, permitiu que a equipe técnica entrasse ainda mais em contato com a temática das mudanças climáticas, tema este tão importante e presente nos debates mundiais, o qual conta com um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS - ONU) voltado exclusivamente a ele: ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima.

Para a cidade de Maringá, nota-se através dos resultados gerais que o setor de transportes, especialmente o sub-setor dos transportes terrestres, tem a maior participação nas emissões de GEE da cidade. Ou seja, faz-se necessário a expansão de opções de transporte e mobilidade ativas e com menos intensidade de emissões, projetando um cenário no qual as opções de mobilidade serão as mais diversas, sendo que as opções menos poluentes deverão ser as mais incentivadas. Neste contexto, percebe-se que Maringá caminha para a melhoria deste cenário. Em 2022 foi publicado o Plano de Mobilidade Urbana (PlanMob) e um dos produtos desenvolvidos junto ao plano foi o Caderno de Políticas para Bicicletas em Maringá, o qual vem reforçar outras ações que o município vem realizando em prol do modo de transporte por bicicletas, tal como o aumento da infraestrutura cicloviária, a manutenção constante do existente, bem como modernizações e integrações da malha cicloviária.

Dentro do cenário das emissões de GEE no setor de Unidades Estacionárias, nota-se que as maiores emissões provêm do Escopo 2, ou seja, pelo uso da energia elétrica. Neste contexto, a cidade de Maringá possui o incentivo do IPTU Verde, no qual concede desconto aos proprietários que possuem soluções sustentáveis em suas edificações, tal como o uso de energia solar, reuso de água pluvial, dentre outros. Outra iniciativa municipal, visando o reconhecimento de práticas de sustentabilidade, é o Selo Ipê, o qual, até a presente data, possui o subtipo Empresarial e Edificações, os quais reconhecem boas-práticas ambientais e sociais nas empresas e nas edificações, respectivamente.

No que se refere à contabilização referente à emissão de GEE do setor de resíduos, há um trabalho ainda a ser feito, na busca das informações necessárias para complementação dos cálculos, especialmente visando que as próximas revisões do inventário fiquem cada vez mais completas, considerando a metodologia *GPC Protocol*. Há uma preocupação da cidade com as questões afetas à sustentabilidade do setor de resíduos. Diversas são as ações executadas a fim de diminuir a quantidade de resíduos enviados ao aterro, como, por exemplo, coleta seletiva em todo o território urbano municipal, mutirões para descarte de grandes volumes, ações de conscientização, dentre outras.

São inúmeros os desafios relacionados às emissões de GEE e às mudanças climáticas, entretanto muitas são as soluções já conhecidas que podem ser empregadas. Não agir e ter que enfrentar os eventos climáticos extremos, se tornará mais caro do que a ação climática, decisiva e imediata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E FONTES DE CONSULTA

- Organização das Nações Unidas - ONU. Causas e efeitos das Mudanças Climáticas. Disponível em: <<https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>>
- Organização das Nações Unidas - ONU. O que são as mudanças climáticas. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas?_gl=1*1j52smj*_ga*MjA1OTkxMTU0My4xNzEwNzYzMDgw*_ga_TK9BQL5X7Z*MTcxNzQ0MzY1OC4zLjEuMTcxNzQ0MzY3My4wLjAuMA..>>
- WRI, C40, ICLEI. *GPC Protocol Version 1.1 (Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories)*. Disponível em: <<https://ghgprotocol.org/ghg-protocol-cities>>
- FGV, WRI, CEBDS e WBSCD. Programa brasileiro *GHG Protocol v2022.1.1*. Disponível em: <<https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/programa-brasileiro-ghg-protocol>>
- *The Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/>>
- *The Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC. Quinto Relatório de Avaliação do IPCC (*Fifth Assessment Report ou AR5*). Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar5/>>
- FGV. Nota técnica: valores de referência para o potencial de aquecimento global (GWP) dos gases de efeito estufa: versão 2.0. Disponível em: <<https://repositorio.fgv.br/items/12733537-2672-4002-930f-29b6768e765c>>
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTI. Fatores de emissão médios de CO2 para energia elétrica. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>>
- Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Balanço Energético Nacional 2022 - ano base 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>>
- Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Vendas de derivados de petróleo e biocombustíveis. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-abertos/vendas-de-derivados-de-petroleo-e-biocombustiveis>>
- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES. Disponível em: <<https://www.ipardes.pr.gov.br/>>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>
- Versa Engenharia Ambiental - consulta através de Ofício.

ANEXOS - TABELAS

Precursor	FE CO ₂ (kg GEE/un)	FE CH ₄ (kg GEE/un)	FE N ₂ O (kg GEE/un)
Sub-setor - Residencial e Comercial e Institucional			
Gás Liquefeito de Petróleo	2930,9	0,23237	0,004647
Asfalto	3,389	0,42013	0,025208
Óleo Combustível	3,1	0,0004	0,000024
Sub-setor - Indústrias de manufatura e construção			
Gás Liquefeito de Petróleo	2930,9	0,04647	0,004647
Óleo Combustível	3,1	0,00012	0,000024
Óleo Diesel	2,6	0,00011	0,000021
Subsetor - Atividades agrícolas, florestais e pesqueiras			
Gás Liquefeito de Petróleo	2930,9	0,23237	0,004647
Óleo Combustível	3,1	0,004	0,000024

Tabela 04. Fatores de Emissão Adotados - combustíveis para as Unidades Estacionárias

Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol v2022.1.1

Precursor	FE CO ₂ (kg GEE/un)	FE CH ₄ (kg GEE/un)	FE N ₂ O (kg GEE/un)
Sub-setor - Terrestre e off-road transportation			
Etanol	1,457	0,0004	0,00001
Gasolina Comum	2,212	0,0008	0,00026
Óleo Combustível	3,106	0,0004	0,00002
Óleo Diesel	2,603	0,0001	0,00014
Sub-setor - Aviação			
Gasolina Aviação	2,251	0	0,00006
Querosene Aviação	2,517	0	0,00007

Tabela 05. Fatores de Emissão Adotados - combustíveis para os Transportes

Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol v2022.1.1

Unidade Estacionária	Fator médio anual (t CO ₂ / MWh)
Residencial	0,1264
Comercial e institucional	0,1264
Indústrias de manufatura e construção	0,1264
Atividades agrícolas, florestais e pesqueiras	0,1264
Fontes não especificadas	0,1264

Tabela 06. Fatores de Emissão Energia Elétrica para o ano de 2021

Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação - MCTIC

Combustível	Energético (%)	Residencial (%)	Comercial (%)	Público (%)	Agropecuário (%)	Transporte (%)	Industrial (%)
Etanol Hidratado					0,059	99,941	
Gasolina Aviação						100	
Gasolina Comum						100	
Gás Liquefeito de Petróleo		78,601	4,867	3,130	0,309		13,093
Óleo Combustível	5,462		0,620	0,349	0,349	32,158	61,062
Óleo Diesel	0,984		0,074	0,011	13,564	83,054	2,313
Querosene Aviação						100	

Tabela 07. Estratificação do consumo de precursor por setor

Fonte: Adaptado do Balanço Energético Nacional de 2022 - ano-base de 2021

Legenda para a tabela a seguir (tabela 08):

- Emissões incluídas em outras fontes (*Included elsewhere*): IE;
- Emissões não estimadas (*Not estimated*): NE;
- Emissões que não ocorrem (*Not occurring*): NO.

2021 (t CO2e)	Escopo 1	Escopo 2	Escopo 3	Total BASIC
Unidades Estacionárias				
Residencial	47.765,37	51.403,72		99.169,09
Comercial e institucional	5.207,95	46.346,46		51.554,41
Indústrias de manufatura e construção	28.062,14	10.804,92		38.867,07
Indústrias de energia	NO	NO		
Atividades agrícolas, florestais e pesqueiras	195,65	1.059,23		1.254,89
Fontes não especificadas	NO	41.833,60		41.833,60
Emissões fugitivas da mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão	NO			
Emissões fugitivas de sistemas de petróleo e gás natural	NO			
Subtotal	81.231,11	151.447,93		232.679,04
Transporte				
Terrestre	801.005,86	IE		801.005,86
Ferroviário	IE	IE		
Hidroviário	NO	IE		
Aviação	12.513,97	IE		12.513,97
<i>off-road transportation</i>	77.863,59	IE		77.863,59
Subtotal	891.383,42			891.383,42
Resíduos				
Descarte de resíduos sólidos gerados na cidade	172.933,87		NE	172.933,87
Tratamento biológico de resíduos gerados na cidade	NE		NE	
Incineração e queima a céu aberto de resíduos gerados na cidade	NE		NE	
Efluentes gerados na cidade	NE		NE	
Subtotal	172.933,87			172.933,87
TOTAL GERAL	1.145.548,40	151.447,93		1.296.996,33

Tabela 08. Emissões de GEE do Município de Maringá em 2021, por escopo e setor
Fonte: Autor

EQUIPE DO PROJETO

IPPLAM - Instituto de Pesquisa e
Planejamento Urbano de Maringá

IAM - Instituto Ambiental de Maringá



