

**PROJETO PARANÁ CLIMA/2020**

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA  
DO ESTADO DO ESTADO DO PARANÁ**



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SUBSETOR  
RESÍDUOS SÓLIDOS (4.A) DO SETOR DE RESÍDUOS**

Versão de março de 2023

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ  
SUBSETOR RESÍDUOS SÓLIDOS (4.A) DO SETOR DE RESÍDUOS**

**Carlos Massa Ratinho Junior**

Governador do Estado do Paraná

**Valdemar Bernardo Jorge**

Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável

**Louise da Costa e Silva Garnica**

Diretora Geral da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável

**Eduardo Alvim Leite**

Diretor-Presidente do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

**Everton Luiz da Costa Souza**

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra

**Christiano Pires de Campos**

Coordenador do Segundo Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Estado do Paraná (SIMEPAR)

Equipe Técnica SIMEPAR:

**Eng Christiano Pires de Campos (Pesquisador, D.Sc.)**

**Eng Nayana Machado (Pesquisadora, M.Sc.)**

## **Aviso**

Com base nas diretrizes metodológicas de 2006 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas este documento apresenta os cálculos aplicados para atualizar as estimativas de emissões estaduais que serviram de subsídios para elaboração do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa, atendendo o artigo 13 da Política Estadual de Mudança do Clima estabelecida na lei 17.133/2012. Neste trabalho, foram consideradas, na medida do possível, informações oficiais públicas para o período de 2005 a 2019.

Todas as indicações, dados e resultados desse estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). A Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo (SEDEST), o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR) ou o(s) autor(es) não podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

Os resultados, as interpretações, as recomendações, as estimativas e as conclusões expressas neste estudo são de responsabilidade dos autores, não refletindo a opinião da Secretaria de Desenvolvimento Sustentável e Turismo, nem de outros órgãos do governo participantes e consultados para elaboração deste estudo.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2. Metodologia</b>	<b>1</b>
2.1. Cálculo das emissões	2
2.2. Dados de atividade	3
2.3. Fatores de emissão e constantes	5
<b>3. Resultados</b>	<b>8</b>
3.1. Comparação com outras estimativas	9
3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	10
<b>4. Referências</b>	<b>12</b>

## 1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa do subsetor **4.A Resíduos Sólidos** para o Segundo Inventário Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná para o período de 2005 e 2019.

Neste documento são descritas as fórmulas, dados de atividades, fatores de emissão e apresentação dos resultados. Bem como, uma breve comparação do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2INVPR) com os valores obtidos em outros documentos que também estimam as emissões estaduais no Paraná: 1º Inventário de Emissões de GEE do Paraná (2005-2012) (1INVPR, 2012), (SEMA, 2014), estimativas estaduais apresentadas no Relatório de Referência do Setor AFOLU da 4ª Comunicação Nacional (2005-2016) (MCTI, 2020) e das estimativas estaduais apresentadas na Nota Metodológica do Setor Resíduos (versão 8) do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2005-2019) (SEEG, 2021).

## 2. Metodologia

As emissões estimadas foram baseadas nas diretrizes propostas nos Guias para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa, do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (IPCC, 2006). A metodologia do IPCC foi seguida para estimar as emissões decorrentes da destinação final de resíduos sólidos em aterros e vazadouros (lixões). A disposição final de resíduos sólidos resultam em emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano (CH<sub>4</sub>), mas conforme metodologia do IPCC (2006) apenas as emissões de CH<sub>4</sub> são contabilizadas devido às emissões de CO<sub>2</sub> serem consideradas nulas uma vez que são de origem biogênica.

O setor de Resíduos não é um dos setores mais emissores de GEE no contexto estadual (cerca de 3%) conforme apontado no Primeiro Inventário Estadual de Gases de Efeito Estufa, nas estimativas estaduais da Quarta Comunicação Nacional do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (SIRENE, 2022) e no Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021) do Observatório do Clima.

De acordo com o IPCC, a complexidade metodológica dos cálculos de emissões pode ser fornecida em três níveis. Tier 1, o método genérico, Tier 2 intermediário e Tier 3 o mais detalhado e específico para as condições nacionais. A **Tabela 01** traz um detalhamento da classificação do Tier e do tipo de gás para o subsetor de resíduos sólidos 5.A, conforme classificação do IPCC (2006).

**Tabela 01.** Lista dos gases de efeito estufa e Tier utilizados para calcular as emissões do subsetor 5.A Resíduos Sólidos no Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e tier inventariado		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
4.A	Disposição de Resíduos Sólidos			
4.A.1	Locais Manejados	N.A.	2	N.A.
4.A.2	Locais Não Manejados	N.A.	N.A.	N.A.
4.A.3	Locais Não Categorizados	N.A.	2	N.A.

N.A. - Não Aplicável; N.O. - Não Ocorre.

## 2.1. Cálculo das emissões

Para calcular as emissões do subsetor Resíduos Sólidos foram seguidos os passos abaixo. Inicialmente calculou-se a massa de carbono orgânico degradável decomponível (DDOCmd<sub>T</sub>) segundo a Equação 1:

$DDOCmd_T = W \times DOC(t) \times 0,5 \times MCF$	Eq. (01)	Equação 3.9, Cap.3, Volume 5. (IPCC, 2006)
--	----------	--

Onde:

DDOCmd<sub>T</sub> = massa de carbono orgânico degradável decomponível no ano T (Gg);

W = massa de resíduo depositado (Gg);

DOC(t) = carbono orgânico total degradável no ano de deposição, fração (Gg C Gg resíduo<sup>-1</sup>);

MCF = fator de correção de CH<sub>4</sub> para decomposição aeróbia no ano da deposição (fração).

Uma vez estabelecida o DDOCmd<sub>T</sub>, foram estimados os valores anuais de matéria orgânica acumulada (DDOCma<sub>T</sub>) e decomposta (DDOCm decomp<sub>T</sub>) a partir do modelo de decaimento de primeira ordem apresentados nas equações 2 e 3:

$DDOCma_T = DDOCmd_T + (DDOCma_{T-1} \times e^{-k})$	Eq. (02)	Equação 3.4, Cap.3, Volume 5. (IPCC, 2006)
$DDOCm\ decomp_T = DDOCma_{T-1} \times (1-e^{-k})$	Eq. (03)	Equação 3.5, Cap.3, Volume 5. (IPCC, 2006)

Onde:

$DDOCm_a_T$  = DDOCm acumulado ao final do ano T (Gg);

$DDOCm_d_T$  = equação 1;

$DDOCm_a_{T-1}$  = DDOCm acumulado ao final do ano T -1 (Gg);

k = constante de reação;

$DDOCm_{decomp_T}$  = DDOCm<sub>T</sub> decomposto no ano T (Gg);

A geração de CH<sub>4</sub> anualmente (CH<sub>4</sub> gerado) foi calculada de acordo com a Equação 4 (IPCC, 2006, v. 5, ch. 3, eq. 3.6, p. 3.10):

$CH_4 \text{ gerado}_T = DDOCm_{decomp_T} \times 0,5 \times 16/12$	Eq. (4)	Equação 3.6, Cap.3, Volume 5. (IPCC, 2006)
--	---------	---

Onde:

$CH_4 \text{ gerado}_T$  = CH<sub>4</sub> gerado no local de disposição final no ano T (Gg CH<sub>4</sub>);

$DDOCm_{decomp_T}$  = equação 3.

Finalmente calculou-se as emissões de metano conforme a equação abaixo:

$Emissões \ de \ CH_4 = [CH_4 \text{ gerado}_T - R_T] \times (1-OX_T)$	Eq. (5)	Equação 3.1, Cap.3, Volume 5. (IPCC, 2006)
--	---------	---

Onde:

$CH_4 \text{ gerado}_T$  = equação 4;

$R_T$  = CH<sub>4</sub> recuperado no ano T (Gg);

$OX_T$  = fator de oxidação no ano T.

## 2.2. Dados de atividade

Para o cálculo das produção anual de lixo utilizou-se dados populacionais municipais e estimativas de geração média per capita desde 1995 até o ano de 2019. Os dados das séries históricas populacionais foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES). Para os anos de 1996, 2007 e 2010 as populações foram interpoladas linearmente. O Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná de 2018 (PERS, 2018) e o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Curitiba de 2017 (PMC, 2017) foram utilizados para obter parâmetros de geração de lixo, composição gravimétrica e destino final dos resíduos.

Os dados de estimativa de geração média per capita foram retirados do Plano Estadual de Resíduos Sólidos no Paraná (PERS, 2018) como é apresentado na **Tabela 02**, com variações na geração média per capita de acordo com a faixa populacional.

**Tabela 02.** Estimativa de Geração de lixo per capita.

Faixa populacional (habitantes)	Geração média per capita (Kg/hab.dia)
Até 15.000	0,63
De 15.000 a 100.000	0,73
De 100.001 a 200.000	0,80
De 200.001 a 500.000	1,01
Acima de 500.001	1,15

Fonte: PERS (2018).

A composição gravimétrica considerada neste inventário foi retirada do PERS (2018) e adaptada conforme necessidade da metodologia do IPCC conforme as seguintes tabelas:

**Tabela 03.** Composição de RSU (%).

Faixa populacional (habitantes)	Material Reciclável (%)	Matéria Orgânica (%)	Rejeitos (%)
Até 50.000	27	60	13
De 50.001 a 200.000	34	49	17
Acima de 200.001	37	40	23

Fonte: PERS (2018).

**Tabela 04.** Composição Gravimétrica média no PR em %.

Papel	Têxteis	Restos Alimentares	Madeira	Restos de poda	Fralda descartável	Borracha e Couro	Plásticos	Outros
18,2	1,8	43,1	1	1,2	0,8	0,8	10,1	23,2

Fonte: 4º Inventário Nacional (2020).

A partir das **Tabelas 03** e **04** calculou-se a composição gravimétrica utilizada neste estudo conforme a **Tabela 05**, considerando a geração por faixa populacional.

**Tabela 05.** Composição Gravimétrica utilizada neste inventário em %.

População	Papel	Têxteis	Restos de alimento	Madeira	Restos de poda	Fralda descartável	Borracha e couro	Plásticos	Outros
Até 50.000	16,9	0,9	57,5	1,3	1,6	0,4	0,7	9,4	11,6
De 50.001 a 200.000	21,3	1,2	46,9	1,1	1,3	0,5	0,9	11,8	15,2
Acima de 200.001	23,2	1,6	38,3	0,9	1,1	0,7	1,0	12,9	20,5

Fonte: elaboração própria.



### 2.3. Fatores de emissão e constantes

#### Carbono orgânico degradável – DOC(t)

O Carbono orgânico total degradável é a fração de carbono passível de decomposição e de transformação em CH<sub>4</sub>. O valor de DOC(t) é o produto entre a composição gravimétrica (percentual de papel, têxteis, restos de alimento, madeira, restos de poda, fralda descartável, borracha e couro, vidro, metal, plástico, outros, etc.) e a massa de carbono existente em cada fração (Tabela 6) (IPCC, 2006; v. 5, ch. 3, p. 3.13, equação 3.7). O DOC(t) foi calculado na **Tabela 07** utilizando as **Tabelas 05 e 06**.

**Tabela 06.** Massa de carbono existente em cada fração gravimétrica.

Papel	Têxteis	Restos de alimento	Madeira	Restos de poda	Fralda descartável	Borracha e couro
0,4	0,24	0,15	0,43	0,2	0,24	0,39

Fonte: IPCC (2006).

**Tabela 07.** DOC(t) calculado para este inventário.

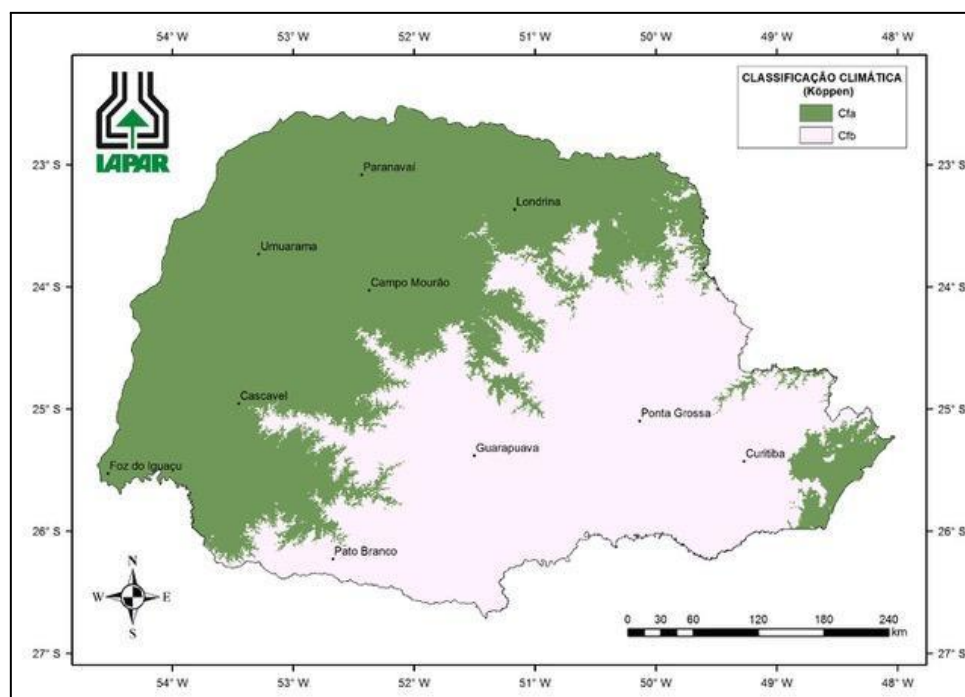
Faixa populacional (habitantes)	DOC(t)
Até 50.000	0,1689
De 50.001 a 200.000	0,1707
Acima de 200.001	0,1658

Fonte: Elaboração própria.

#### Constante de geração de metano – k

A constante de geração de CH<sub>4</sub> (k) é um parâmetro adimensional utilizado nos modelos de decaimento de primeira ordem (FOD), que é o tempo necessário para que metade da massa inicial do DOC do resíduo depositado seja decomposta. Valores distintos de k estão associados à composição do resíduo e ao regime de temperatura e umidade da região em que o SWDS está localizado. No estado do Paraná classificou-se os municípios de acordo com a Quarta Comunicação Nacional do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (SIRENE, 2022), utilizando a classificação de Koppen do IAPAR (**Figura 01**). Temperado Úmido (k=0,09) e Tropical Úmido (k=0,17) correspondente ao decaimento do bulk waste conforme IPCC (2006).

**Figura 01** - Classificação climática de Köppen do Paraná.



Fonte: IAPAR, 2022.

Fator de correção de metano – MCF

O fator de correção de metano (MCF) corresponde ao tipo de operação do local de disposição final. Quanto maior o gerenciamento, maior a capacidade de promover anaerobiose e, conseqüentemente, de geração e emissão de CH<sub>4</sub>. A partir do PERS (2018) foi categorizado o MSW em aterros sanitários conforme **Tabela 08**.

**Tabela 08.** Geração de metano - MCF.

Tipo da disposição	MCF
Aterro sanitário controlado	1
Aterro controlado	0,8
Sem categoria	0,6
Lixão	0,4

Fonte: Elaboração própria.

Metano recuperado – R

Os dados de metano recuperado (R) anualmente são provenientes do Primeiro Inventário de GEE do Paraná (1INVPR, 2015), sendo de 25% para o aterro da Caximba entre 1995 e 2019. Conforme contato com a operadora do Aterro de Fazenda Grande a queima de biogás é de 100% desde o início de sua operação, sendo que em 2016 foram instalados geradores de energia elétrica aproveitando o biogás.

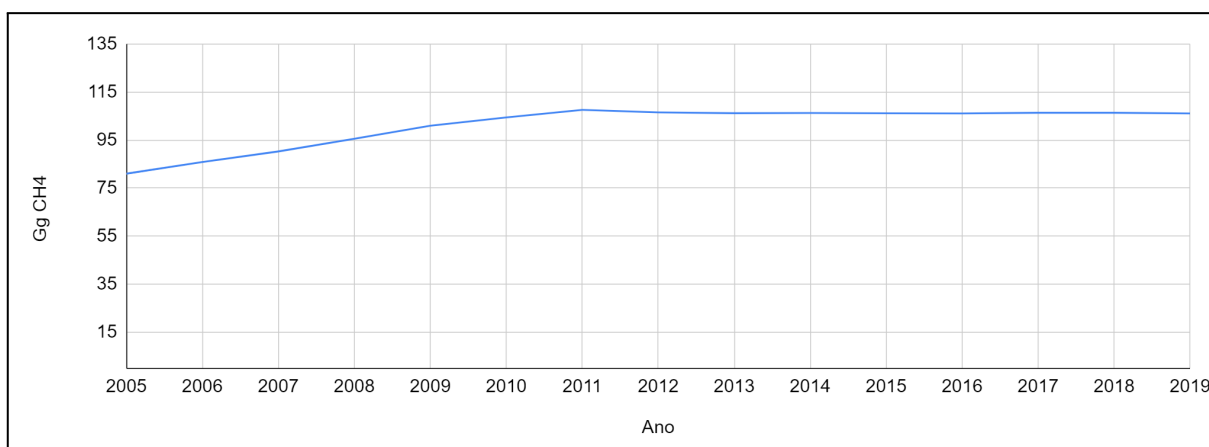
Fator de oxidação – OX

Foi utilizado o valor padrão zero para o fator de oxidação (OX) para todos municípios conforme o 4º Inventário Nacional (SIRENE, 2022) exceto para o consórcio da Região Metropolitana de Curitiba que utilizava o aterro da Caximba de 1989 a 2010 e desde então utiliza o Aterro de Fazenda Rio Grande. Segundo o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Curitiba (PMC, 2017), ambos aterros são bem gerenciados respeitando os aspectos construtivos de impermeabilização da base, drenagem de líquidos lixiviados e de gases, drenagem de águas pluviais e sistema de tratamento do lixiviado.

### 3. Resultados

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor de Resíduos Sólidos totalizaram 106 Gg CH<sub>4</sub>, um aumento de cerca de 31% para o período de 2005 e 2012 e estabilizando no período de 2012 a 2019. Esta estabilização das emissões ocorreu devido a captura e queima do gás gerado no aterro de Fazenda Rio Grande que iniciou suas operações em 2010 e está gerando energia elétrica de 2016 com o biogás de aterro. A partir do **Gráfico 01** é possível observar graficamente as variações citadas anteriormente e a **Tabela 09** resume as emissões ao longo do período.

**Gráfico 01.** Resultados das emissões estaduais do subsetor 4.A Resíduos Sólidos.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 4.A Resíduos Sólidos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2022).

**Tabela 09.** Resultados das emissões estaduais (Gg CH<sub>4</sub>) do subsetor Resíduos Sólidos.

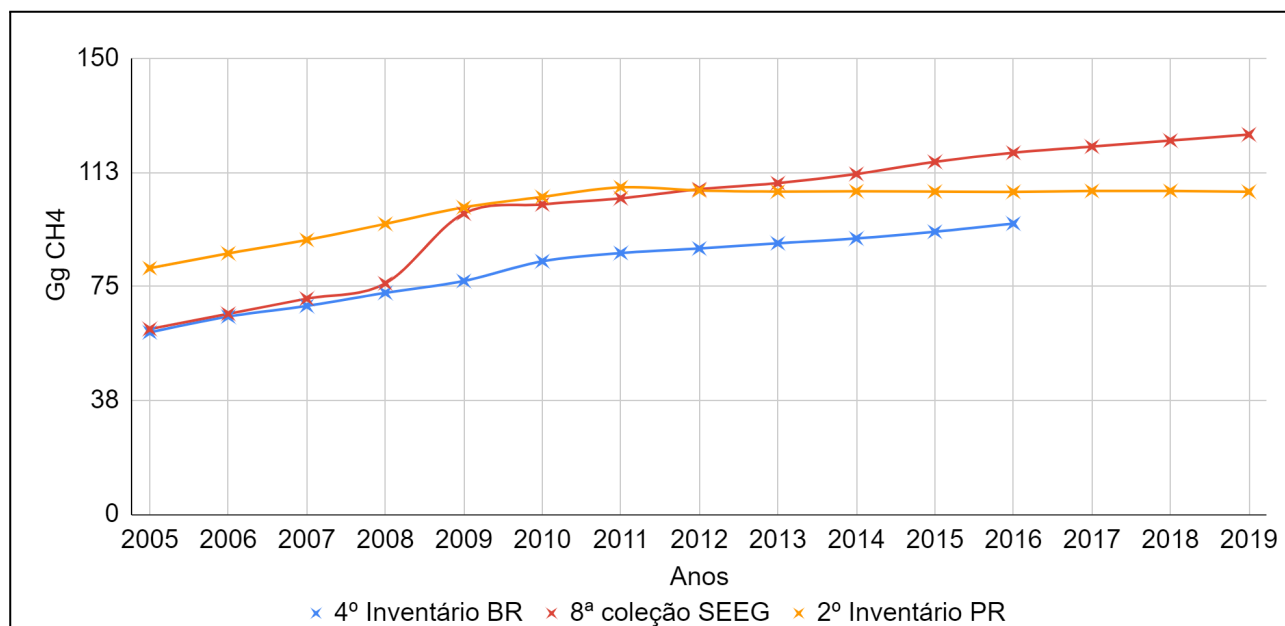
Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Emissões 4.A	81	86	90	96	101	104	108	107
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Emissões 4.A	106	106	106	106	106	106	106	

Fonte: Relatório de Referência do subsetor 4.A Resíduos Sólidos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2022).

### 3.1. Comparação com outras estimativas

Os resultados das emissões do subsetor 5A Resíduos Sólidos do Paraná foram comparados com as estimativas estaduais da Quarta Comunicação Nacional do Brasil a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (SIRENE, 2022) e com o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2021). O Gráfico 02 apresenta a comparação entre os resultados estimados das emissões de Gg CH<sub>4</sub>.

**Gráfico 02.** Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, do primeiro e do Segundo Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 4.A Resíduos Sólidos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2022)..

Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas, entretanto superestimam em relação ao SIRENE (2020). Isto se deve principalmente ao fato de os fatores de geração de resíduos terem sido retirados do PERS (2018) ao invés de pesquisas nacionais utilizados no SIRENE (2020). Depois de 2012 as emissões se aproximam devido o SIRENE (2020) não considerar o metano queimado em aterro da Fazenda Rio Grande. Em relação ao SEEG, inicialmente apresenta uma diferença superior a 30%, se igualando entre 2009 a 2013, e ficando inferior posteriormente. A justificativa para este crescimento contínuo no SEEG (2021) se deve ao fato de não considerarem a queima de metano no aterro de Fazenda Rio Grande. Quanto ao primeiro inventário do Estado do Paraná, ele subestima em relação a todas estimativas.

### 3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **4.A Resíduos Sólidos** utilizando o “Potencial de Aquecimento Global” (PAG), ou do inglês “Global Warming Potential” (GWP). Este índice compara a força radiativa de uma unidade de gás de efeito estufa ao longo de um período de 100 anos à de uma unidade de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq). As conversões das emissões dos gases aplicados têm sido atualizadas ao longo dos anos de acordo com as variações das concentrações dos gases na atmosfera e novos entendimentos da física do balanço terrestre de energia. As modificações publicadas pelo IPCC desde o primeiro assessment report estão apresentadas na **Tabela 10**.

**Tabela 10.** Potenciais de Aquecimento Global (GWP) para diferentes gases ao longo do tempo

Substância	SAR <sup>a</sup> (1990)	SAR <sup>a</sup> (1995)	TAR <sup>a</sup> (2001)	AR4 <sup>a</sup> (2007)	AR5 <sup>a</sup> (2014)	AR6 <sup>b</sup> (2021)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1	1	1	1	1	1
Metano, fóssil (CH <sub>4</sub> )	21	21	23	25	28	29,8 <sup>c</sup> 27,2 <sup>d</sup>
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	290	310	296	298	265	273

<sup>a</sup> Fonte: PONSIOEN, T. 2014;

<sup>b</sup> Fonte: SMITH, C. et al. 2021;

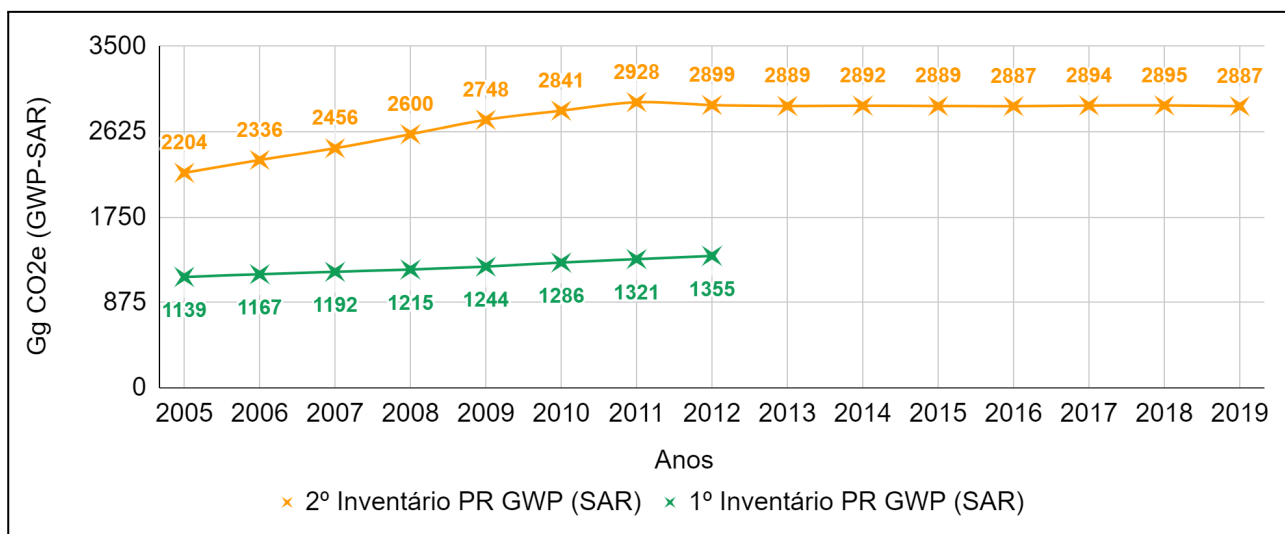
<sup>c</sup> Metano de origem fóssil;

<sup>d</sup> Metano de origem não fóssil.

Os fatores de conversão aplicados no primeiro inventário de emissões estaduais são provenientes do IPCC *Second Assessment Report* (SAR) e foram utilizados a fim de comparar os resultados das emissões estimadas no segundo inventário do Paraná que apresentou as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O conjuntamente.

O **Gráfico 03** apresenta o comparativo entre os resultados estimados no Primeiro e no Segundo Inventário Estadual utilizando os mesmos fatores de conversão do Potencial de Aquecimento Global para o gás metano (CH<sub>4</sub>) e do óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) que compõem as emissões do subsetor de resíduos sólidos.

**Gráfico 03.** Comparação entre estimativas do 1º Inventário Estadual e do 2º Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 4.A Resíduos Sólidos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2022).

#### 4. Referências

IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5: Waste, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>. Acessado em maio de 2022.

IAPAR, 2022. Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná. IAPAR-EMATER. Atlas Climático do Estado do Paraná. <https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico> Acessado em maio de 2022.

MCTI, 2020. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Resíduos. Brasília: MCTI, 2020. 150 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-de-referencia-setorial>. Acesso em: 15 julho. 2021.

PERS, 2018. Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná. Governo do Estado do Paraná.

PMC, 2017 Prefeitura Municipal de Curitiba. Plano De Gestão Integrada De Resíduos Sólidos de Curitiba de 2017.

PONSIOEN, T. 2014. Updated carbon footprint calculation factors. Disponível em: <https://pre-sustainability.com/articles/updated-carbon-footprint-calculation-factors/>. Acesso em: 24 fev. 2023.

SEEG, 2021. Nota Metodológica Setor de Resíduos do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (versão 8). Disponível em: <http://seeg.eco.br/notas-metodologicas>. Acesso em: 10 fev. 2021.

SEMA, 2014. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. Inventário de Emissões Antrópicas Diretas e de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná. 2014. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/11/resumoexecutivo\\_gee\\_0512\\_pr.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-sp/wp-content/uploads/sites/34/2014/11/resumoexecutivo_gee_0512_pr.pdf). Acesso em: 24 fev. 2023.

SIRENE, 2020. Sistema de Registro Nacional de Emissões. Painel Interativos de Dados. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene>. Acesso em: 22 mar. 2022.

SMITH, C. et al. 2021. The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. Climate change. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Chapter07\\_SM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf). Acesso em: 24 fev. 2023.