

PROJETO PARANÁ CLIMA/2020

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



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SUBSETOR CULTIVO
DE ARROZ (3.C.7) DO SETOR DE AFOLU**

Versão de março de 2023

**SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ
SUBSETOR CULTIVO DE ARROZ (3.C.7) DO SETOR DE AFOLU**

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.)

Instituição colaboradora

SEAB – Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento

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

1. Introdução	1
2. Metodologia	1
2.1. Cálculo das emissões	2
2.2. Dados de atividade	3
2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros	3
3. Resultados	4
3.1. Comparação com outras estimativas	5
3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	5
4. Referências	7

1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa do subsetor **3.C.7 Cultivo de Arroz** como parte integrante das atividades emissoras consideradas para o setor AFOLU (Agricultura Floresta e Uso do Solo) 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 Agropecuário (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). Referente aos dados de atividade da subcategoria **3.C.7 Cultivo de Arroz** foram consideradas as áreas quanto ao regime hídrico de cultivo do tipo irrigado, pois é a categoria atendida no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020). As emissões de metano (CH₄) decorrentes do cultivo de arroz estão associadas ao sistema irrigado por inundação do solo, visto que o CH₄ é o produto final da decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias, estabelecidas pelo alagamento do solo. A categoria arroz de terras altas, nacionalmente conhecida como arroz de sequeiro, não gera emissões de CH₄, razão pela qual não é considerada para fins de contabilização de emissões de CH₄ neste relatório de referência. 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 considerado de acordo com cada tipo de rebanho.

Tabela 01. Lista dos gases de efeito estufa e Tier utilizados para calcular as emissões do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz no Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná.

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.C.7	Cultivo de Arroz			
3.C.7.1	Terras baixas / Irrigado	N.A.	1	N.A. ¹
3.C.7.1.a	Irrigado por inundação contínua	N.A.	1	N.A. ¹
3.C.7.2	Terras altas / Sequeiro	N.O.	N.O.	N.O.

¹ emissões alocadas no setor de solos manejados conforme recomendação do IPCC, 2006; N.A. - Não Aplicável; N.O. - Não Ocorre.

2.1. Cálculo das emissões

Para calcular as emissões do subsetor **3.C.7 Cultivo de Arroz** foi utilizado o Volume 4, Capítulo 5, da Guia Metodológica do IPCC 2006 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.5, Cropland). A equação utilizada está descrita a seguir:

Emissão em Gg de CH ₄ = $(EFT_{(i,j,k)} \times t_{(i,j,k)} \times A_{(i,j,k)}) / 10^6$	Eq. (01)	Equação 5.1, Cap.5, Volume 4. (IPCC, 2006)
---	----------	--

Onde:

$EFT_{(i,j,k)}$ = Fator de emissão diário para as condições i, j e k, em, kg CH₄ ha⁻¹ dia⁻¹;

$t_{(i,j,k)}$ = Período de cultivo do arroz para as condições i, j e k, em dia;

$A_{(i,j,k)}$ = Área de arroz colhida anualmente, para as condições i, j e k, em ha.ano⁻¹;

i, j e k = Representam os diferentes ecossistemas, regime de manejo de água e quantidade de material orgânico e outras condições que podem influenciar as emissões de CH₄ proveniente do cultivo de arroz

Foram aplicados os fatores de emissão anuais utilizados no Relatório de Referência do Subsetor Cultivo de Arroz do Quarto Inventário Nacional (2020) para o cálculo de emissões da subcategoria **3.C.7 Cultivo de Arroz** para o estado do Paraná. Desta forma foram otimizadas as etapas de cálculo de outras variáveis mais complexas como o fator de emissão diário para um determinada área colhida, o fator de emissão da linha de base para áreas de cultivo de arroz irrigado por inundação contínua, sem aporte de material orgânico, fator de escala que explica a diferença de regime hídrico durante o período de cultivo do arroz, entre outras variáveis relacionadas à cultura do arroz. Os valores apresentados são respectivos aos anos de análise no período de 2005-2019.

2.2. Dados de atividade

Os principais dados de atividade utilizados na estimativa das emissões do subsetor **3.C.7 Cultivo de Arroz** são a área cultivada de arroz irrigado e o período de cultivo. Os dados de área cultivada foram disponibilizados pela Secretaria Estadual de Agricultura e Abastecimento (SEAB). Foram obtidas informações estatísticas anuais sobre o cultivo de arroz quanto ao regime hídrico utilizado a nível municipal no estado do Paraná, desagregando o cultivo do arroz irrigado por inundação contínua e arroz de terras altas/sequeiro.

Os dados quanto ao período de cultivo foram mantidos os mesmos valores apresentados no Relatório de Referência do Subsetor Cultivo de Arroz do Quarto Inventário Nacional (2020). Sendo assim, foi mantido o valor de 100 dias de cultivo por ano para todos os municípios do estado durante o período inventariado (2005-2019).

2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros

Os fatores de emissão do cultivo do arroz foram mantidos os mesmo já apresentados no Relatório de Referência do Subsetor Cultivo de Arroz do Quarto Inventário Nacional (2020). Os valores segregados por unidade federativa estão disponíveis nas tabelas 46-57. Para os anos subsequentes a elaboração do Quarto Inventário Nacional foram repetidos os fatores de emissão do ano de 2016. A variação anual dos fatores de emissão estão presentes na **Tabela 02**.

Tabela 02. Fatores de emissão para o cultivo de arroz.

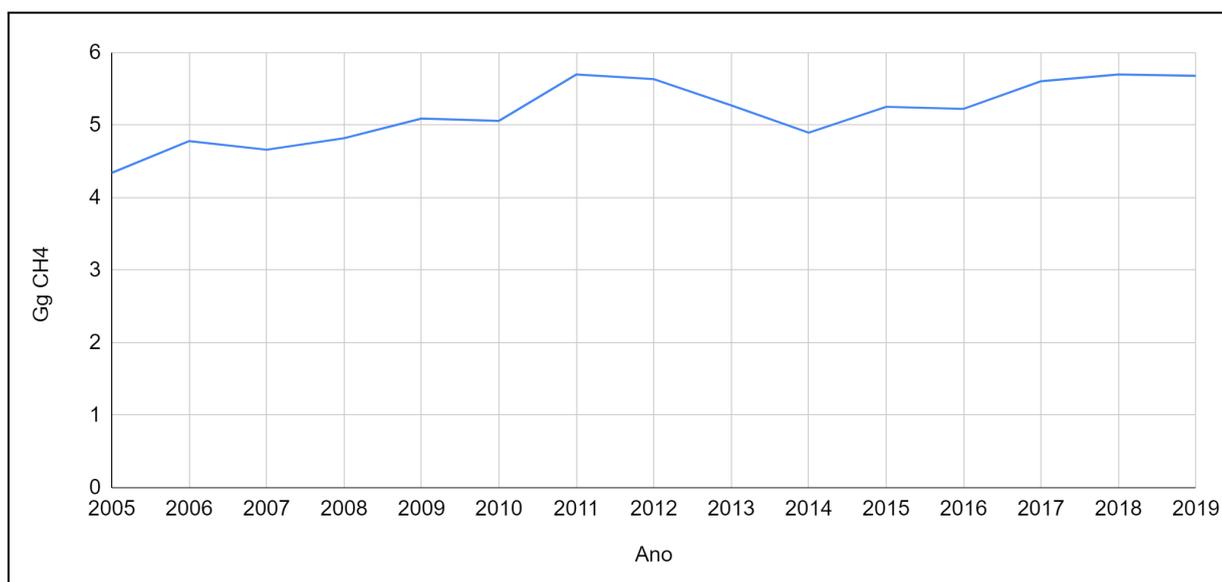
Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fator de Emissão	2,25	2,38	2,42	2,54	2,63	2,61	2,71	2,79
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Fator de Emissão	2,64	2,67	2,68	2,83	2,83	2,83	2,83	

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Cultivo de Arroz do Quarto Inventário Nacional (2020).

3. Resultados

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz totalizaram 5,68 Gg CH₄, com um acréscimo de cerca de 30% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de 0,82% entre 2012 a 2019. A variação do primeiro período está relacionado com o aumento da área plantada e a segunda variação está diretamente relacionada com a otimização tecnológica da produção, o que reduz o aumento da área plantada sem reduzir a produtividade. Em termos de emissão do cultivo de arroz irrigada, a partir do **Gráfico 01** é possível observar graficamente as variações anuais citadas anteriormente. A **Tabela 03** resume as emissões ao longo do período.

Gráfico 01. Resultados das Emissões Estaduais do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Tabela 03. Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH₄) do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz.

Ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Emissão	4,34	4,78	4,66	4,82	5,09	5,06	5,70	5,63
Ano	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
Emissão	5,27	4,89	5,25	5,22	5,60	5,70	5,68	

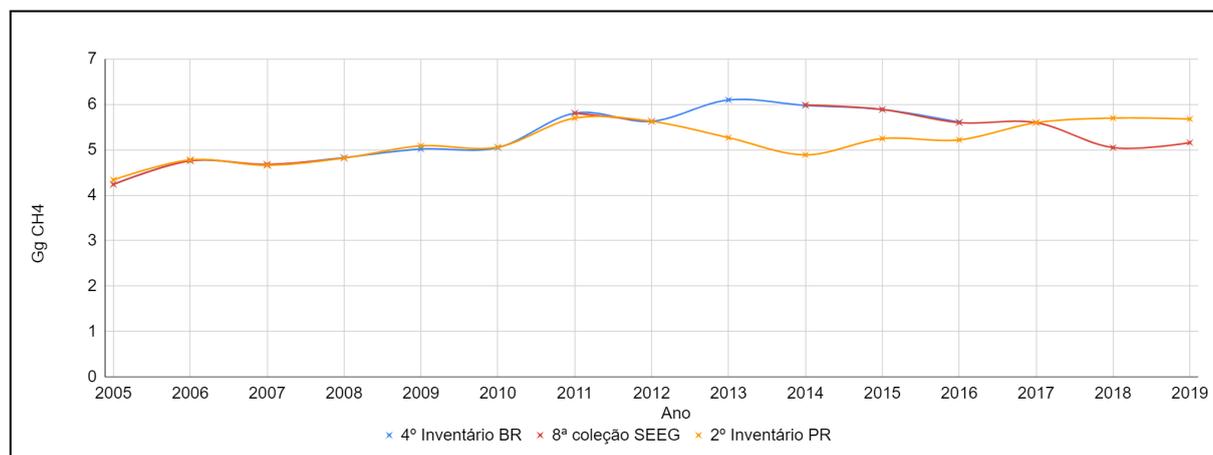
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.1. Comparação com outras estimativas

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (2020) e na Nota

Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020). O **Gráfico 02** apresenta a comparação gráfica entre os resultados estimados das emissões de Gg CH₄.

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



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas, entretanto superestimam as emissões. A tendência de aumento e redução das emissões ao longo do período analisado apresenta as mesmas características nas três estimativas, o que sugere que os fatores de emissões aplicados nos cálculos são os mesmos.

3.2. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **3.C.7 Cultivo de Arroz** 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 (CO₂). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO₂ equivalente (CO₂eq). 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, as modificações publicadas pelo IPCC desde o primeiro assessment report estão apresentados na **Tabela 04**.

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.

Tabela 04. Potenciais de Aquecimento Global (GWP) para diferentes gases ao longo do tempo

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

^a Fonte: PONSIOEN, T. 2014;

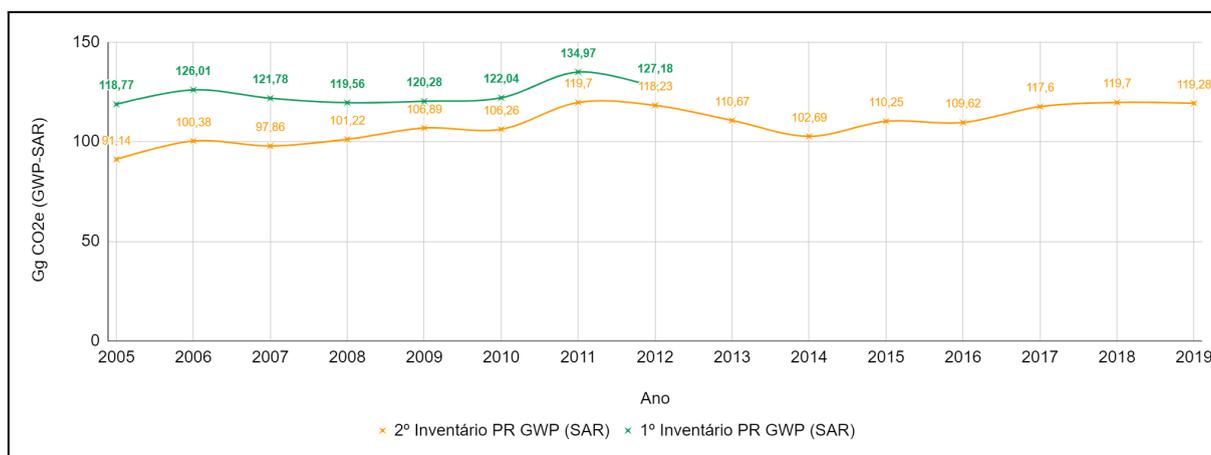
^b Fonte: SMITH, C. et al. 2021;

^c Metano de origem fóssil;

^d Metano de origem não fóssil.

O **Gráfico 03** apresenta um comparativo entre os resultados estimados no Primeiro e no Segundo Inventário Estadual. A fim de auxiliar na comparação dos resultados são apresentados graficamente as estimativas das emissões do Segundo Inventário estadual para ambas conversões do Potencial de Aquecimento Global para o gás metano.

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



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.C.7 Cultivo de Arroz do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Não foi possível realizar um comparativo entre os fatores de emissão considerados para a estimativa do dióxido de carbono (CO₂) entre o Primeiro Inventário Estadual e o Segundo Inventário Estadual do Paraná, pois o primeiro documento não apresentou claramente os valores utilizados, ainda que esteja claro que as duas metodologias seguiram as diretrizes do IPCC para cálculo de emissão de CO₂ para o subsetor **3.C.7 Cultivo de Arroz**.

4. Referências

IPCC, 2006. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston HS, Buendia L, Miwa K, Ngara T, 112 Tanabe K, editors, Japan: IGES; 2006. Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_05_Ch5_Cropland.pdf. Acesso em: 9 fev. 2022.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO – MCTI. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Cultivo de Arroz. 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: 16 fev. 2023.

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 Agropecuário 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. Acesso em: 24 fev. 2023.

SECRETARIA ESTADUAL DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO - SEAB. Dados municipais do regime hídrico do cultivo de arroz para o período inventariado (2005-2019). 2021.

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. Acesso em: 24 fev. 2023.