

PROJETO PARANÁ CLIMA/2020

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



**RELATÓRIO DE REFERÊNCIA DO SUBSETOR MANEJO
DE DEJETOS (3.A.2) DO SETOR DE AFOLU**

Versão de março de 2023

SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ

SUBSETOR MANEJO DE DEJETOS (3.A.2) 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

ESALQ - Biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

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	3
2.2. Dados de atividade	6
2.2.1. População de bovinocultura de corte	6
2.2.2. População de bovinocultura leiteira	9
2.2.3. População de suínos	9
2.2.4. População de aves	11
2.2.5. População de outras categorias animais	11
2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros	11
2.3.1. Emissões de CH ₄	11
2.3.1.1. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de corte	11
2.3.1.2. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de leite	13
2.3.1.3. Parâmetros e fatores de emissão da suinocultura	13
2.3.1.4. Parâmetros e fatores de emissão de outras categorias animais	14
2.3.2. Emissões de N ₂ O	15
3. Resultados	18
3.1. Emissões de CH ₄	18
3.2. Emissões de N ₂ O	19
3.3. Comparação com outras estimativas	21
3.3.1. Emissões de CH ₄	21
3.3.2. Emissões de N ₂ O	21
3.4. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário	22
4. Referências	24

1. Introdução

Este documento tem como objetivo a apresentação da metodologia de cálculo das emissões de gases de efeito estufa da atividade **3.A.2 Manejo de Dejetos** como parte integrante das atividades emissoras consideradas para o setor AFOLU (Agricultura Floresta e Uso do Solo) no que diz respeito a elaboração do Segundo Inventário Estadual do Paraná. O período de abrangência é de 2005 a 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, 2020b) 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.A.2 Manejo de Dejetos** foram considerados os rebanhos que incluem: bovinos (corte e leite), suínos, ovinos, caprinos, asininos, muares, equinos, e bubalinos. O processo de manejo de dejetos animais emite gás metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) provenientes da produção pecuária no Paraná. De acordo com o IPCC, a complexidade metodológica dos cálculos de emissões pode ser fornecida em três níveis. Tier 1, o método mais básico, Tier 2 intermediário e Tier 3 o mais exigente em termos de complexidade e requisitos de dados. 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. Apresentação dos gases e Tiers utilizados para calcular as emissões do subsetor 3.A.2

Subsetor/Categoria IPCC		Gases e Tiers inventariados		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
3.A.2	Manejo de Dejetos			
3.A.2.1	Bovinos	N.A.	2	2
3.A.2.1.a	Bovinos de corte	N.A.	2	2
3.A.2.1.a.i	Touros > 2 anos	N.A.	2	N.A.
3.A.2.1.a.ii	Machos de corte > 2 anos (não confinados)	N.A.	2	N.A.
3.A.2.1.a.iii	Fêmeas de corte > 2 anos (não confinadas)	N.A.	2	N.A.
3.A.2.1.a.iv	Outros animais > 2 anos (confinados)	N.A.	2	2
3.A.2.1.a.v	Bovinos < 1 ano	N.A.	2	N.A.
3.A.2.1.a.vi	Bovinos > 1 ano < 2 anos	N.A.	2	N.A.
3.A.2.1.b	Bovinos de leite	N.A.	2	2
3.A.2.1.b.i	Alta produção	N.A.	2	2
3.A.2.1.b.ii	Baixa produção	N.A.	2	2
3.A.2.2	Ovinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.3	Suíños	N.A.	2	2
3.A.2.3.a.i	Suíños Aleitamento/Creche - Industrial	N.A.	2	2
3.A.2.3.a.ii	Suíños Aleitamento/Creche - Subsistência	N.A.	2	2
3.A.2.3.b.i	Suíños Engorda - Industrial	N.A.	2	2
3.A.2.3.b.ii	Suíños Engorda - Subsistência	N.A.	2	2
3.A.2.3.c.i	Suíños Reprodutores - Industrial	N.A.	2	2
3.A.2.3.c.ii	Suíños Reprodutores - Subsistência	N.A.	2	2
3.A.2.4	Outros animais	N.A.	1	1
3.A.2.4.a	Bubalinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.4.b	Caprinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.4.c	Equinos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.4.d	Muare	N.A.	1	N.A.
3.A.2.4.e	Asininos	N.A.	1	N.A.
3.A.2.4.f	Aves	N.A.	1	1
3.A.2.4.f.i	Aves (frangos, pintos e galos)	N.A.	1	1
3.A.2.4.f.ii	Aves (galinhas poedeiras)	N.A.	1	1
3.A.2.4.f.iii	Aves (codornas)	N.A.	1	1
3.A.2.5	Emissões indiretas - deposição atmosférica	N.A.	N.A.	1
3.A.2.5.1	Bovinos	N.A.	N.A.	1
3.A.2.5.2	Outros	N.A.	N.A.	1

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

2.1. Cálculo das emissões

Para calcular as emissões de CH₄ pelo subsetor **3.A.2 Manejo de Dejetos** foram consideradas as estimativas por categoria de animal e teve como base o Volume 4, Capítulo 10, da Guia Metodológica do IPCC (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.10, Livestock). A equação utilizada está descrita a seguir:

Emissão em Gg de CH ₄ = (EFT _(T) × N _(T)) / 10 ⁶	Eq. (01)	Eq. 10.24, Cap 10, Vol 4 (IPCC, 2006)
---	-------------	--

Onde:

EFT_(T) = Fator de emissão para população pecuária definida, kg CH₄ cabeça⁻¹ ano⁻¹;

N_(T) = Número de cabeças;

T = Espécie/categoria animal pecuária.

Foram aplicados os mesmos fatores de emissão anuais já utilizados no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b) para o cálculo de emissões da subcategoria **3.A.2 Manejo de Dejetos** para o estado do Paraná. Desta forma foram otimizadas as etapas de cálculo de outras variáveis mais complexas como os valores de sólidos voláteis diários excretados para cada categoria de animal, a capacidade máxima de produção de metano para esterco produzido para cada categoria de animal, fatores de conversão de metano e frações de esterco para cada categoria de animal de acordo com o sistema de manejo e região climática. Os valores apresentados são respectivos aos anos de análise no período de 2005-2019.

Para calcular as emissões de N₂O pelo subsetor **3.A.2 Manejo de Dejetos** foram consideradas as estimativas por categoria de animal e teve como base o Volume 4, Capítulo 10, da Guia Metodológica do IPCC (Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC, 2006; V.4, C.10, Livestock). Para as estimativas deste gás foram calculadas as emissões diretas e indiretas de N₂O. As equações utilizada para as emissões diretas estão descritas a seguir:

Emissão em Gg de N ₂ O _{D(MM)} = [∑ _S [∑ _T (N _(T) × Nex _(T) × MS _(T,S))] × EF _{3(S)}] × $\frac{44}{28}$	Eq. (02)	Eq. 10.25, Cap 10, Vol 4 (IPCC, 2006)
Nex _(T) = N _{rate(T)} × $\frac{TAM}{1000}$ × 365	Eq. (03)	Eq. 10.30, Cap 10, Vol 4 (IPCC, 2006)

Onde:

S = Sistema de manejo;

T = Espécie/categoria animal pecuária;

$N_{(T)}$ = Número de cabeças;

$Nex_{(T)}$ = Taxa padrão de excreção de Nitrogênio por categoria animal;

MS = fração por animal/categoria e sistema de manejo de dejetos;

$EF_{(3,S)}$ = Fator de emissão específico para o tipo de sistema de manejo;

$N_{rate(T)}$ = Número de cabeças;

TAM = Massa corpórea animal média típica de cada categoria animal e fase de desenvolvimento.

A quantificação das emissões diretas de N_2O pelo manejo de dejetos ($N_2O_{D(MM)}$) foi feita pela multiplicação da excreção total de N ($Nex_{(T)}$) por cada espécie/categoria do rebanho (T), do total de cabeças por categoria ($N_{(T)}$), que acontece em cada tipo de sistema de manejo de dejetos ($MS_{(T,S)}$) por um fator de emissão específico para o tipo de sistema de manejo utilizado ($EF_{3(S)}$). Os fatores de emissão EF_3 podem ser obtidos no documento do IPCC no link https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf, tabela 10.21 - *default emission factors for direct N_2O emissions from manure management* e também estão listados na **Tabela 02**. As equações utilizadas para as emissões indiretas estão descritas a seguir:

$\text{Emissão em Gg de } N_2O_{G(MM)} = (N_{\text{Volatilization - MMS}} \times EF_4) \times \frac{44}{28}$	Eq. (04)	Eq. 10.27, Cap 10, Vol 4 (IPCC, 2006)
$N_{\text{Volatilization - MMS}} = \left[\sum_s \left[\sum_T (N_{(T)} \times Nex_{(T)} \times MS_{(T,S)}) \right] \times \left(\frac{FracGasMS}{100} \right)_{(T,S)} \right]$	Eq. (05)	Eq. 10.26, Cap 10, Vol 4 (IPCC, 2006)

Onde:

$N_{\text{Volatilization - MMS}}$ = Quantidade de N volatilizado;

EF_4 = Fator de emissão específico para o tipo de sistema de manejo [N volatilisation and re-deposition], kg N_2O-N (kg NH_3-N + NO_x-N volatilised);

$N_{(T)}$ = Número de cabeças;

T = Espécie/categoria animal pecuária;

$Nex_{(T)}$ = Taxa padrão de excreção de Nitrogênio por categoria animal;

MS = fração por animal/categoria e sistema de manejo de dejetos;

$Frac_{GasMS}$ = Fração do N do dejetos manejado que foi volatilizada.

Tabela 02. Fator de emissão específico de cada tipo de sistema de manejo utilizado ($EF_{3(S)}$).

Tipo de manejo (S)	EF_3 [kg N ₂ O-N (kg Nitrogen excreted) ⁻¹]
Daily_spread	0
Solid_storage	0,005
Dry_lot	0,02
Liquid_Slurry_with_naturalcrustcover	0,005
Liquid_Slurry_without_naturalcrustcover	0
Uncovered_anaerobic_lagoon	0
Pit_storage_below_animal_confinements	0,002
Anaerobic_digester	0
Cattle_n_swine_deep_bedding_no_mixing	0,01
Cattle_n_swine_deep_bedding_active_mixing	0,07
Composting_In_Vessel	0,006
Composting_static_pile	0,006
Composting_Intensive_windrow	0,1
Composting_passive_windrow	0,01
Poultry_manure_with_litter	0,001
Poultry_manure_without_litter	0,001
Aerobic_treatment_natural_aeration	0,01
Aerobic_treatment_forced_aeration	0,005

Fonte: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC; V.4, C.10, Livestock (IPCC, 2006).

O cálculo das emissões indiretas ($N_2O_{G(mm)}$) foi realizado pela Equação 4, seguindo o Tier 1. O valor do fator de emissão EF_4 foi 0,010, sendo o valor default do IPCC aplicado para todas as categorias de animais e pode ser obtido no link https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf, tabela 11.3 - *default emission, volatilisation and leaching factors for indirect soil N₂O emissions*. A quantidade de N volatilizado ($N_{volatilization-MMS}$), foi calculado pela Equação 5, sendo utilizados valores default para a fração do N do dejetos manejado que foi volatilizada ($Frac_{GasMS}$) para cada tipo de manejo de cada categoria do rebanho como sugerido pelo IPCC, com valores disponíveis no link https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf, tabela 10.22 - *default values for nitrogen loss due to volatilisation of nh3 and nox from manure management* e também listados na **Tabela 03**.

Tabela 03. Fração do N do dejetos gerenciado que foi volatilizada ($Frac_{GasMS}$).

Tipo de manejo (S)	Range of $Frac_{GasMS}$
Solid_storage - gado confinado	0,45
Dry_lot - gado confinado	0,30
Anaerobic_lagoon - gado leiteiro	0,35
Solid_storage - gado leiteiro	0,30
Anaerobic_lagoon - suíno	0,40
Pit_storage - suíno	0,25
Liquid_slurry - suíno	0,48
Poultry_manure_with_litter - aves	0,40
Poultry_manure_without_litter - aves	0,55

Fonte: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; IPCC; V.4, C.10, Livestock (IPCC, 2006).

2.2. Dados de atividade

O principal dado de atividade utilizado na estimativa das emissões do subsetor **3.A.2 Manejo de Dejetos** é a população animal e o tipo de manejo de dejetos. A obtenção dos dados populacionais foi realizada com as informações disponíveis no Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019) através do link <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. São disponibilizadas informações estatísticas anuais sobre efetivos de rebanhos municipais no estado do Paraná e produtos de origem animal. As informações quanto aos tipos de manejo foram obtidas no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b).

2.2.1. População de bovinocultura de corte

A população de bovinos foi categorizada da mesma forma proposta pelo Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a), inclusive as proporções estaduais populacionais entre as categorias. Sendo assim o rebanho de bovino de corte foi segregado em "Bovinos menores de 1 ano", "Bovinos entre 1 e 2 anos", "Touros", "Bovinos corte não confinados", "Bovinos corte confinados", "Vacas leiteiras não confinadas" e "Vacas leiteiras confinadas" como apresenta a **Tabela 04**.

Tabela 04. Fração aplicada ao efetivo de bovino no Paraná.

Ano	Menor que 1 ano	Entre 1 e 2 anos	Touros	Acima de 2 anos			
				Bovinos corte não confinados ^a	Bovinos corte confinados ^b	Vacas leiteiras não confinadas ^c	Vacas leiteiras confinadas ^d
2005	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0093	0,13	0,13
2006	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0093	0,12	0,14
2007	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0108	0,12	0,14
2008	0,22	0,26	0,02	0,23	0,0125	0,12	0,14
2009	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0120	0,12	0,16
2010	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0116	0,12	0,16
2011	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0127	0,11	0,17
2012	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0138	0,11	0,17
2013	0,22	0,26	0,02	0,20	0,0152	0,11	0,18
2014	0,22	0,26	0,02	0,19	0,0159	0,10	0,19
2015	0,22	0,26	0,02	0,20	0,0116	0,11	0,18
2016	0,22	0,26	0,02	0,21	0,0094	0,11	0,17
2017	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0128	0,12	0,15
2018	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0137	0,12	0,15
2019	0,22	0,26	0,02	0,22	0,0166	0,12	0,15

^a Proporção obtida a partir da análise da população de bovino do leite em relação a população total de bovinos das estatísticas da PPM para os municípios do estado do Paraná;

^b Valores obtidos dos Relatório Estatísticos da Anualpec (2005-2019);

^c Proporções obtidas do Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b);

^d Proporções obtidas Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (2019);

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a); Pesquisa Pecuária Municipal do IBGE (2020); Relatório Estatísticos da Anualpec (2005-2019).

Para categorizar a população de bovinos, primeiramente subtraiu-se da população do bovino leiteiro do rebanho total do estado da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) do Banco de Dados Estaduais (BDEweb) e aplicou-se as proporções dos rebanhos com base na idade dos animais. Estas frações foram obtidas da Tabela 06 “Fração aplicada ao efetivo de bovinos totais de cada UF, para obtenção das populações das categorias “Bovinos menores que 1 ano”, “Bovinos entre 1 e 2 anos”, “Touros” e “outros bovinos maiores que 2 anos” do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

Em seguida, subdividiu-se os rebanhos de animais do tipo "maior que 2 anos" entre “Bovinos corte não confinados”, “Bovinos corte confinados”, “Vacas leiteiras não confinadas” e “Vacas leiteiras confinadas”.

Nesta etapa, a primeira fração definida foram das “Vacas leiteiras confinadas”, determinada a partir dos valores obtidos da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) no Banco de Dados Estaduais (BDEweb) referente proporção anual estadual entre a população total de bovinos (corte e leite) e a população somente

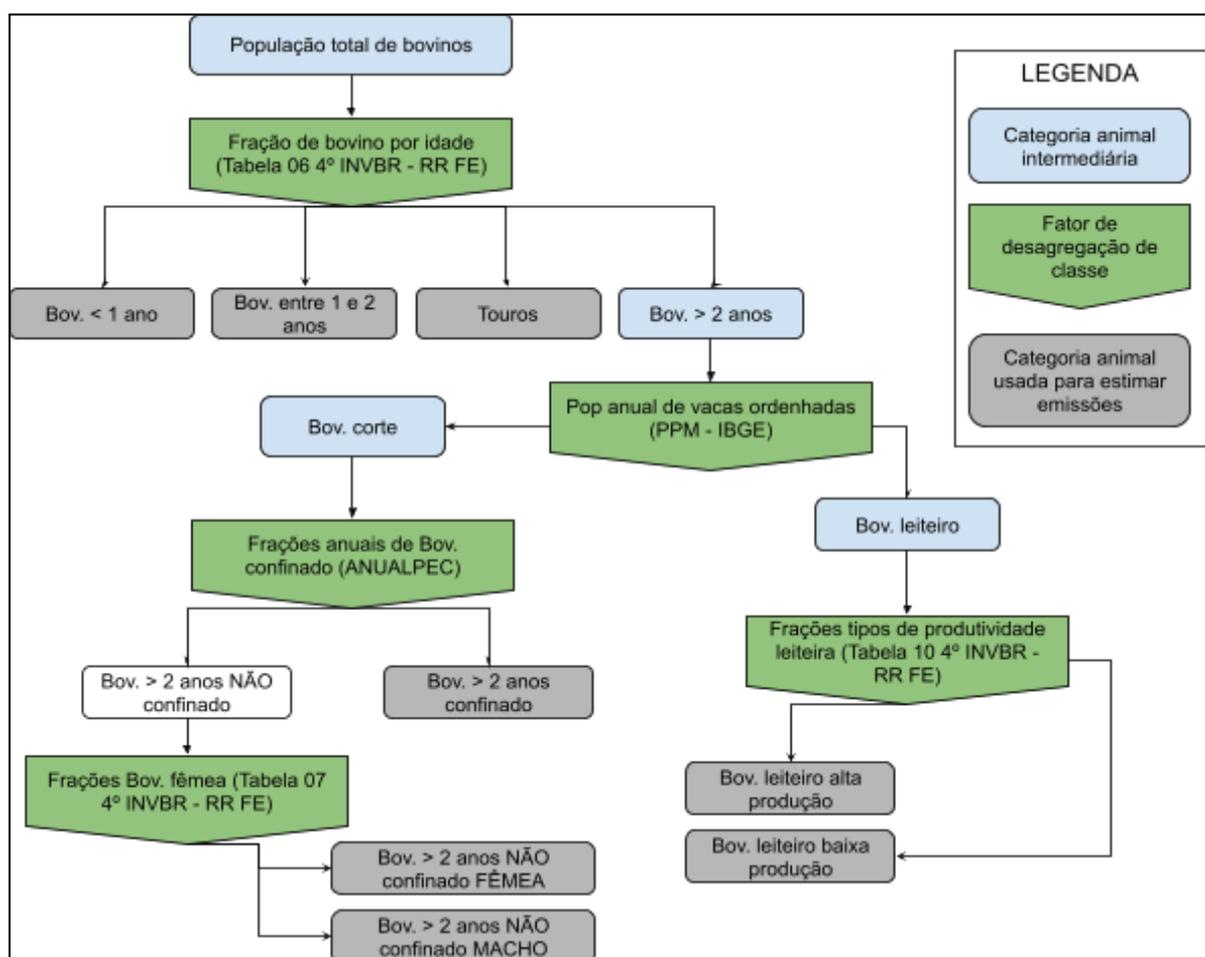
de bovino de leite. Desta forma, foram inferidas as proporções anuais de rebanho de bovino leiteiro (“Vacas leiteiras não confinadas”).

Após definir o número de cabeças de bovino de corte no estado, a próxima segregação considerou o número estadual de cabeças de bovinos confinados. As proporções de “Bovino de corte confinado” foram obtidas do Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC) disponíveis na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).

Por fim, a última segregação foi realizada para determinar as proporções entre “Bovinos corte não confinados” e “Vacas leiteiras não confinadas”. Para diferenciar machos e fêmeas não confinados da categoria “maior que 2 anos”, foram mantidas as proporções estaduais apresentadas na Tabela 07 “Fração de fêmeas de bovinos de corte, maiores que 2 anos” do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

A **Figura 1** apresenta o resumo dos métodos aplicados para classificação das categorias de bovino.

Figura 01. Fluxograma da metodologia de desagregação de classes de bovino.



Fonte: Adaptado do Relatório de Referência do Subsetor Fermentação Entérica do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020a).

Para o cálculo das emissões de CH₄ foram considerados todos os tipos de rebanho de corte e para o cálculo das emissões de N₂O foi considerada somente a fração do bovino confinado (0,037).

2.2.2. População de bovinocultura leiteira

Os dados de população dos bovinos leiteiros também foram obtidos do Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019) para o estado do Paraná.

Nesse sentido foram obtidas tabelas da população de vacas ordenhadas do período de 2005 a 2019 segregadas por municípios. A fração da população de vacas leiteiras foi obtida do valor médio de tal proporção analisada da população total do rebanho bovino disponibilizada anualmente pelo IBGE. As proporções foram consideradas as mesmas para todo o período inventariado.

Assim como procede no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b), a população de bovino de leite foi subdividida em “bovinos de leite de alta e baixa produção” baseada nas recomendações sugeridas pelo Guia do IPCC 2006. Para os cálculos das emissões estaduais, foram consideradas as médias nacionais de cada subdivisão para o período entre 2005 e 2019 apresentadas pelo Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos (MCTI, 2020b).

2.2.3. População de suínos

As populações de suínos foram subdivididas de acordo com o tipo de produção (subsistência ou industrial) e também de acordo com o regime de criação dos animais (aleitamento/creche, engorda ou reprodutores). A partir do documento produzido pela Associação Brasileira dos Criadores de Suínos (ABCS) em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), intitulado Mapeamento da Suinocultura Brasileira foram estipuladas as proporções quanto ao tipo de produção (ABCS, 2016). O Documento está disponível no link <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Mapeamento+da+Suinocultura+Brasileira.pdf>. No documento as informações disponíveis na tabela 8.1 - Produção Brasileira de Carne Suína (Pg. 129) apresentam resultados nacionais para o período entre 2011 e 2016 do número de cabeças de suínos na produção industrial e subsistência a partir de dados provenientes da associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e dos sindicatos estaduais dos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Tais proporções foram utilizadas para os cálculos das emissões estaduais uma vez que todos os estados do Sul do país apresentaram produções de magnitude similar. Os valores das proporções entre os tipos de produção dos anos anteriores a 2011 foram os mesmos aplicados a este anos, da mesma forma os anos posteriores ao ano de 2017 também foram os mesmos que do último ano de análise.

Os dados de população dos suínos também foram obtidos do Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da

Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019) para o estado do Paraná. Em relação às proporções entre a idade dos animais e o regime de criação (aleitamento/creche, engorda ou reprodutores) foram obtidas da item 2.1.1.3 Suínos do Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b) que traz frações por cada Unidade da Federação. As frações aplicadas ao efetivo de suínos no estado do Paraná estão apresentadas na **Tabela 05**. De acordo com o Relatório, a diferença entre a população total de suínos e a de reprodutores representa a população com indivíduos do nascimento à terminação, os quais passam por dietas diferentes com efeito nas excreções de N. Dessa forma, a metodologia do relatório nacional classifica a população em “Suínos em aleitamento-creche” e “Suínos em fase de terminação”. Para essa desagregação, considerou-se o tempo de duração de cada fase, ou seja, 65 dias para a primeira e 110 dias para a última, considerando-se um ciclo de 175 dias do nascimento ao abate. Com base na duração de cada fase em relação ao tempo total para abate, estimou-se que 37% da população (deduzida dos reprodutores) representa a categoria “Suínos em aleitamento-creche”, e o restante, “Suínos em fase de terminação”.

Tabela 05. Fração aplicada ao efetivo de suíno no Paraná.

Categoria rebanho	3.A.2.3.a.i	3.A.2.3.a.ii	3.A.2.3.b.i	3.A.2.3.b.ii	3.A.2.3.c.i	3.A.2.3.c.ii
Nomeação	pop Aleitamento/ Creche - Industrial	pop Aleitamento/ Creche - Subsistência	pop Engorda - Industrial	pop Engorda - Subsistência	pop Reprodutores - Industrial	pop Reprodutores - Subsistência
2005	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2006	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2007	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2008	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2009	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2010	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2011	0,291	0,030	0,495	0,051	0,120	0,012
2012	0,300	0,029	0,511	0,050	0,124	0,012
2013	0,291	0,026	0,495	0,044	0,120	0,009
2014	0,298	0,021	0,507	0,036	0,123	0,009
2015	0,311	0,019	0,529	0,032	0,128	0,008
2016	0,325	0,017	0,553	0,029	0,134	0,007
2017	0,308	0,016	0,524	0,028	0,127	0,007
2018	0,308	0,016	0,524	0,028	0,127	0,007
2019	0,308	0,016	0,524	0,028	0,127	0,007

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b).

2.2.4. População de aves

As populações de aves foram consideradas apenas nas emissões de N₂O. Os dados populacionais foram obtidos do Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019). Esta categoria de animais foi segregada de acordo com as subcategorias de aves propostas pelo IPCC, 2006, onde frangos, pintos e galos representam a população 3.A.2.4.f.i, as galinhas poedeiras representam a população 3.A.2.f.ii e as codornas representam a população 3.A.2.f.iii. Esta classificação é necessária pois o tipo de manejo de dejetos se difere de acordo com a subcategoria de ave produzida. Para a obtenção da população da subcategoria 3.A.2.4.f.i foi subtraído da população de galináceos a população de galinhas.

2.2.5. População de outras categorias animais

As populações de bubalinos, ovinos, caprinos, equinos muares e asininos entre os anos de 2005 a 2019 foram extraídas do Banco de Dados do Estado (BDEweb) do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES, da Produção da Pecuária Municipal - PPM (IBGE, 2019) e são consideradas apenas nas estimativas de emissão de CH₄.

Os rebanhos de muares e asininos deixaram de ser pesquisados a partir do ano de 2013, devido à ausência de fontes de informações e de registros administrativos para subsidiar as estimativas, bem como a redução da importância econômica de asininos e muares na produção pecuária, substituídos por motocicletas e máquinas agrícolas para o transporte de cargas e de pessoas e para a tração de implementos agrícolas (MCTI, 2020a), desta forma as emissões destas espécies não foram consideradas para os anos posteriores.

2.3. Fatores de emissão e outros parâmetros

Considerando que o subsetor 3.A.2 Manejo de dejetos estima as emissões de CH₄ e N₂O, esta seção apresenta-se dividida separadamente de acordo com os fatores de emissão e outros parâmetros aplicáveis a cada tipo de gás.

2.3.1. Emissões de CH₄

2.3.1.1. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de corte

Os fatores de emissão da bovinocultura de corte seguiram a categorização adotada para as frações populacionais (Touros > 2 anos, Machos Corte > 2 anos não confinados, Fêmeas Corte > 2 anos não confinadas, Outros > 2 anos confinados, Bovinos < 1 ano e 1 ano < Bovinos < 2 anos).

Para otimizar os cálculos das estimativas estaduais de CH₄ foi calculado um fator de emissão anual, considerando a categoria do bovino de corte e seus respectivos fatores de emissão para aquele ano de

acordo com os valores disponibilizados pelo Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b). Sendo assim, o fator de emissão médio para o ano de 2005 foi o somatório das multiplicações da fração de cada categoria de rebanho por seus respectivos fatores de emissão.

O procedimento foi reaplicado para todos os anos até 2016, e os resultados deste último ano foram repetidos para os anos de 2017, 2018 e 2019 devido a falta de dados atualizados disponíveis. Os resultados dos fatores de emissão médio para cada tipo de categoria de rebanho de corte para cada ano estão apresentados na **Tabela 06**.

Tabela 06. Fatores de emissão médio para o bovino de corte.

ano	3.A.1.a.v		3.A.1.a.vi		3.A.1.a.i		3.A.1.a.ii		3.A.1.a.iii		3.A.1.a.iv		3.A
	pop <1 (%)	FE<1	pop >1 e <2 (%)	Fe >1 e <2	pop touro (%)	FE touro	pop macho >2 livre (%)	FE macho >2 livre	pop fêmea >2 livre (%)	FE fêmea >2 Livre	pop >2 conf. (%)	FE >2 conf.	FE med por ano
2005	0,22	0,8	0,26	1,1	0,02	1,4	0,23	1,3	0,13	1,5	0,01	0,0093	1,131
2006	0,22	0,8	0,26	1,1	0,02	1,4	0,23	1,3	0,12	1,5	0,01	0,0093	1,129
2007	0,22	0,8	0,26	1,0	0,02	1,4	0,23	1,2	0,12	1,5	0,01	0,0108	1,070
2008	0,22	0,8	0,26	1,0	0,02	1,4	0,23	1,2	0,12	1,5	0,01	0,0125	1,067
2009	0,22	0,8	0,26	1,0	0,02	1,3	0,21	1,2	0,12	1,5	0,01	0,0120	1,060
2010	0,22	0,8	0,26	1,0	0,02	1,3	0,21	1,2	0,12	1,5	0,01	0,0116	1,060
2011	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,21	1,2	0,11	1,4	0,01	0,0127	1,011
2012	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,21	1,1	0,11	1,4	0,01	0,0138	0,985
2013	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,20	1,1	0,11	1,4	0,02	0,0152	0,980
2014	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,19	1,1	0,10	1,4	0,02	0,0159	0,976
2015	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,20	1,2	0,11	1,4	0,01	0,0116	1,010
2016	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,21	1,2	0,11	1,4	0,01	0,0094	1,016
2017	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,22	1,2	0,12	1,4	0,01	0,0128	1,017
2018	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,22	1,2	0,12	1,4	0,01	0,0137	1,016
2019	0,22	0,8	0,26	0,9	0,02	1,3	0,22	1,2	0,12	1,4	0,02	0,0166	1,011

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b).

2.3.1.2. Parâmetros e fatores de emissão da bovinocultura de leite

Para realizar a estimativa de emissões pelo Manejo de Dejetos de bovinos leiteiros, foram consideradas as proporções de produtividade e os respectivos fatores de emissão propostos pelo Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b). Desta forma foi possível calcular um fator de emissão médio para cada ano considerando as devidas proporções entre a população de alta e baixa produtividade. A **Tabela 07** apresenta o resumo dos valores usados nos cálculos dos fatores de emissões anuais nacionais. Os anos de 2017, 2018 e 2019 repetiram os valores de 2016.

Tabela 07. Fatores de emissão médio para rebanho de bovino leiteiro.

ano	% corte	% vaca	% alta (3.A.1.b.i)	% baixa (3.A.1.b.ii)	FE Alta (3.A.1.b.i)	FE Baixa (3.A.1.b.ii)	FE med
2005	0,87	0,13	0,12	0,88	19,40	3,10	5,07
2006	0,87	0,13	0,13	0,87	19,20	3,10	5,18
2007	0,87	0,13	0,14	0,86	17,90	2,90	4,99
2008	0,87	0,13	0,16	0,84	17,90	2,90	5,26
2009	0,87	0,13	0,16	0,84	18,50	2,90	5,40
2010	0,87	0,13	0,17	0,83	18,70	2,90	5,57
2011	0,87	0,13	0,18	0,82	17,20	2,70	5,28
2012	0,87	0,13	0,19	0,81	17,10	2,70	5,49
2013	0,87	0,13	0,22	0,78	16,90	2,70	5,78
2014	0,87	0,13	0,23	0,77	17,00	2,70	5,99
2015	0,87	0,13	0,27	0,74	17,20	2,80	6,62
2016	0,87	0,13	0,29	0,71	17,40	3,00	7,13
2017	0,87	0,13	0,29	0,71	17,40	3,00	7,13
2018	0,87	0,13	0,29	0,71	17,40	3,00	7,13
2019	0,87	0,13	0,29	0,71	17,40	3,00	7,13

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b).

2.3.1.3. Parâmetros e fatores de emissão da suinocultura

Para realizar a estimativa de emissões pelo Manejo de Dejetos de suínos, foram consideradas as proporções de tipo de produção e regime de produção e os respectivos fatores de emissão propostos pelo Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b). Desta forma foi possível calcular um fator de emissão médio para cada ano considerando as devidas proporções entre produções industriais e de subsistência e a subcategoria das populações classificadas como aleitamento/creche, engorda ou reprodução. A **Tabela 08** apresenta o resumo dos valores usados nos cálculos dos fatores de emissões anuais nacionais. Os anos de 2017, 2018 e 2019 repetiram os valores de 2016.

Tabela 08. Fatores de emissão médio para rebanho de suíno.

ano	3.A.2.3.a.i		3.A.2.3.a.ii		3.A.2.3.b.i		3.A.2.3.b.ii		3.A.2.3.c.i		3.A.2.3.c.ii		3.A.2.3
	pop Aleitamento/Crèche - Industrial (%)	FE Aleitamento/Crèche - Industrial	pop Aleitamento/Crèche - Subsistência (%)	FE Aleitamento/Crèche - Subsistência	pop Engorda - Industrial (%)	FE Engorda - Industrial	pop Engorda - Subsistência (%)	FE Engorda - Subsistência	pop Reprodutores - Industrial (%)	FE Reprodutores - Industrial	pop Reprodutores - Subsistência (%)	FE Reprodutores - Subsistência	
2005	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2006	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2007	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2008	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2009	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2010	0,291	3,300	0,030	0,500	0,495	4,400	0,051	0,600	0,120	7,000	0,012	1,000	4,036
2011	0,291	5,300	0,030	0,500	0,495	7,100	0,051	0,600	0,120	11,200	0,012	1,000	6,458
2012	0,300	5,300	0,029	0,300	0,511	7,100	0,050	0,600	0,124	11,200	0,012	1,000	6,654
2013	0,291	5,300	0,026	0,500	0,495	7,100	0,044	0,600	0,120	11,200	0,009	1,000	6,446
2014	0,298	5,300	0,021	0,500	0,507	7,100	0,036	0,600	0,123	11,200	0,009	1,000	6,596
2015	0,311	5,300	0,019	0,500	0,529	7,100	0,032	0,600	0,128	11,200	0,008	1,000	6,877
2016	0,325	5,300	0,017	0,500	0,553	7,100	0,029	0,600	0,134	11,200	0,007	1,000	7,177
2017	0,308	5,300	0,016	0,500	0,524	7,100	0,028	0,600	0,127	11,200	0,007	1,000	6,808
2018	0,308	5,300	0,016	0,500	0,524	7,100	0,028	0,600	0,127	11,200	0,007	1,000	6,808
2019	0,308	5,300	0,016	0,500	0,524	7,100	0,028	0,600	0,127	11,200	0,007	1,000	6,808

Fonte: Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b); Mapeamento de Suinocultura Brasileira (ABCS, 2016).

2.3.1.4. Parâmetros e fatores de emissão de outras categorias animais

Para as outras espécies animais, tais como suínos, búfalos, ovinos, caprinos, equinos, muares e asininos, foram utilizados fatores de emissão de metano entérico, preestabelecidos para cada grupamento animal, indicados como “default” pelo IPCC 2006, para países em desenvolvimento (IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10, Seção 10.3.2 - Tabela 10.14 e Tabela 10.15). A **Tabela 09** elenca os fatores de emissão aplicados para cada tipo de rebanho.

Tabela 09. Fatores de emissão médio para outros rebanhos

Rebanho	Fator de emissão (kg CH ₄ cabeça ⁻¹ ano ⁻¹)
Búfalo	1
Ovelha	0,15
Cabras	0,17
Cavalos	1,64
Mulas e burros	0,9
Aves	0,02

Fonte: IPCC 2006, Vol. 4, Cap. 10, Seção 10.3.2 - Tabela 10.14 e Tabela 10.15.

2.3.2. Emissões de N₂O

Para estimar as emissões de N₂O foram consideradas as características da produção agropecuária nacionais ou estaduais quando disponíveis. Tanto as informações referentes ao biotipo padrão dos animais quanto a proporção das técnicas de manejo aplicadas foram obtidas do Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b). Os valores aplicados de acordo com cada tipo de rebanho estão apresentados na **Tabela 10**. As emissões de N₂O consideram apenas os dejetos de animais confinados como o gado de corte, o gado leiteiro, suínos e aves.

Tabela 10. Fatores de emissão médio para outros rebanhos.

Tipo de rebanho	$Nrate_{(T)}^a$ [kg N (1000 kg animal) ⁻¹ ano ⁻¹]	TAM ^b (kg)	$Nex_{(T)}^c$ (kg N animal ⁻¹ year ⁻¹)	$MS_{(T,S)}^d$	MS (%)
3.A.2.1.a.iv Bovinos < 2 anos confinado (0,037% do bovino total)	102,2	358	36,588	Solid Storage	0,92
				Dry Lot	0,07
				Biodigestor	0,01
3.A.2.1.b.i Vacas leiteiras alta produtividade	164,25	531	87,217	anaerobic lagoon	0,168
				pasture	0,829
				anaerobic digester	0,003
3.A.2.1.b.ii Vacas leiteiras baixa produtividade	164,25	508	83,439	anaerobic lagoon	0,168
				pasture	0,829
				anaerobic digester	0,003
3.A.2.3.a.i Suínos - Cria/recria – industrial	189,8	11	2,088	anaerobic lagoon	0,0794 ^e 0,10 ^f
				liquid slurry	0,3407 ^e 0,7750 ^f
				pit storage < 30 months	0,4539 ^e 0,4539 ^f
				anaerobic digester	0,1010 ^e 0,1000 ^f
				composting - passive window	0,0250 ^e 0,0250 ^f
3.A.2.3.a.ii Suínos - Cria/recria – subsistência	189,8	11	2,088	pit storage	0,5333 ^e 0,55 ^f
				pasture	0,4667 ^e 0,45 ^f

SEGUNDO INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO PARANÁ (2005-2019)

3.A.2.3.b.i Suínos - Engorda – industrial	189,8	63	11,957	anaerobic lagoon	0,0794 ^e 0,10 ^f
				liquid slurry	0,3407 ^e 0,7750 ^f
				pit storage < 30 months	0,4539 ^e 0,4539 ^f
				anaerobic digester	0,1010 ^e 0,1000 ^f
				composting - passive window	0,0250 ^e 0,0250 ^f
3.A.2.3.b.ii Suínos - Engorda – subsistência	189,8	63	11,957	pit storage	0,5333 ^e 0,55 ^f
				pasture	0,4667 ^e 0,45 ^f
3.A.2.3.c.i Suínos - Reprodutor – industrial	109,5	155	16,973	anaerobic lagoon	0,0794 ^e 0,10 ^f
				liquid slurry	0,3407 ^e 0,7750 ^f
				pit storage < 30 months	0,4539 ^e 0,4539 ^f
				anaerobic digester	0,1010 ^e 0,1000 ^f
				composting - passive window	0,0250 ^e 0,0250 ^f
3.A.2.3.c.ii Suínos - Reprodutor – subsistência	109,5	155	16,973	pit storage	0,5333 ^e 0,55 ^f
				pasture	0,4667 ^e 0,45 ^f
3.A.2.4.f.i Aves - frangos, pintos e galos	357,7	0,81	0,290	Poultry with litter	1
3.A.2.4.f.ii Aves - galinhas poedeiras	299,3	2,0	0,599	Poultry without litter	1
3.A.2.4.f.iii Aves - codornas	219	0,18	0,039	Poultry without litter	1

a,b Tabela 30 - Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b) ;

^c $Nex_{(T)} = Nrate_{(T)} * TAM * 10^{-3}$;

^d Tabelas 21, 22, 23 e 24 - Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b);

^e Proporções aplicadas para o período entre 2005 e 2010;

^f Proporções aplicadas para o período entre 2011 e 2019.

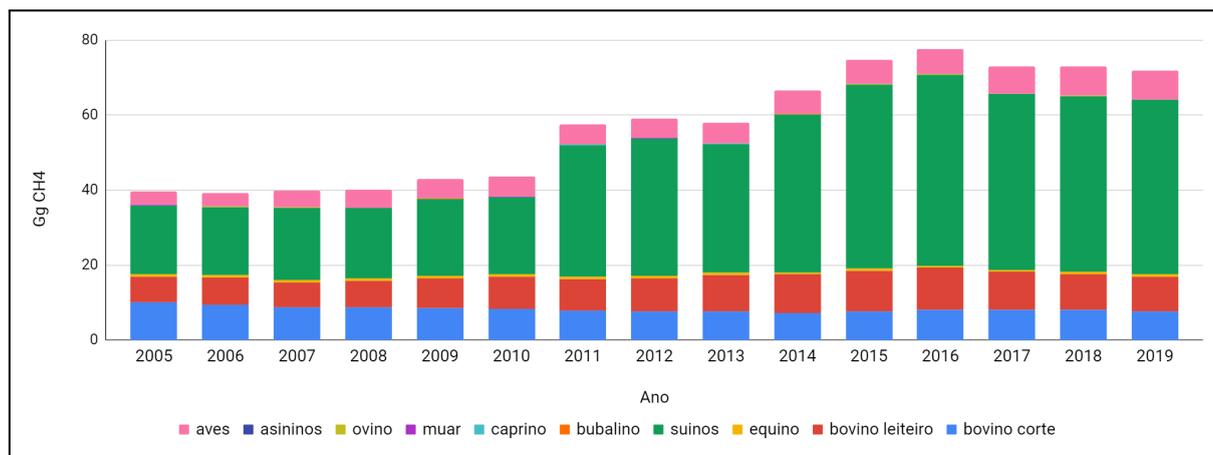
3. Resultados

3.1. Emissões de CH₄

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos totalizaram 71,981 Gg CH₄, com um acréscimo de cerca de 49,53% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de 21,62% entre 2012 a 2019. Este acréscimo de emissões está diretamente relacionado com o aumento na população de suínos neste período, principalmente quando levados em consideração os animais que compõem as produções industriais no estado.

Em termos de emissão pelas categorias de animais, a partir do **Gráfico 01**, é possível observar que a categoria animal que mais contribui para as emissões de CH₄ durante todo o período foi a de suíno, com emissão de 46,56 Gg CH₄ em 2019 e um aumento de 153,66% e 26,79%, se comparado com os anos de 2005 e 2012, respectivamente. Após os suínos estão os bovinos leiteiros, com emissões de 9,31 Gg CH₄ em 2019, seguido pelas aves com emissões de 7,80 Gg CH₄ e do bovino de corte com emissões de 7,72 Gg CH₄. As outras categorias animais que têm pouca representatividade nas emissões. A **Tabela 11** resume as emissões por tipo de rebanho ao longo do período.

Gráfico 01. Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH₄) do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos de acordo com o tipo do animal e o ano.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Tabela 11. Resultados das Emissões Estaduais (Gg CH₄) do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos de acordo com o tipo do animal e o ano.

Ano	Bovino de corte	Bovino leiteiro	Equino	Suíno	Bubalino	Caprino	Muar	Ovino	Asininos	Aves	Total PR
2005	9,99	6,90	0,70	18,36	0,04	0,02	0,05	0,08	0,00	3,44	39,580
2006	9,48	7,17	0,68	18,11	0,04	0,02	0,05	0,08	0,00	3,64	39,255
2007	8,74	6,75	0,64	19,11	0,03	0,02	0,04	0,08	0,00	4,36	39,782
2008	8,80	7,00	0,65	18,69	0,03	0,03	0,04	0,09	0,00	4,77	40,098
2009	8,51	8,04	0,61	20,60	0,03	0,03	0,04	0,09	0,00	5,07	43,025
2010	8,39	8,64	0,56	20,57	0,03	0,03	0,04	0,09	0,00	5,32	43,662
2011	7,95	8,39	0,54	35,19	0,03	0,03	0,04	0,10	0,00	5,23	57,491
2012	7,69	8,87	0,53	36,72	0,02	0,03	0,04	0,10	0,00	5,18	59,183
2013	7,55	9,92	0,51	34,31	0,03	0,03	0,00	0,10	0,00	5,53	57,974
2014	7,26	10,34	0,50	42,18	0,03	0,03	0,00	0,10	0,00	6,05	66,479
2015	7,71	10,86	0,49	49,06	0,03	0,03	0,00	0,09	0,00	6,50	74,773
2016	8,00	11,40	0,49	50,90	0,03	0,02	0,00	0,09	0,00	6,65	77,581
2017	8,11	10,13	0,46	46,93	0,03	0,02	0,00	0,08	0,00	7,23	73,001
2018	8,00	9,67	0,46	46,92	0,03	0,02	0,00	0,08	0,00	7,70	72,897
2019	7,72	9,31	0,46	46,56	0,04	0,02	0,00	0,09	0,00	7,80	71,981

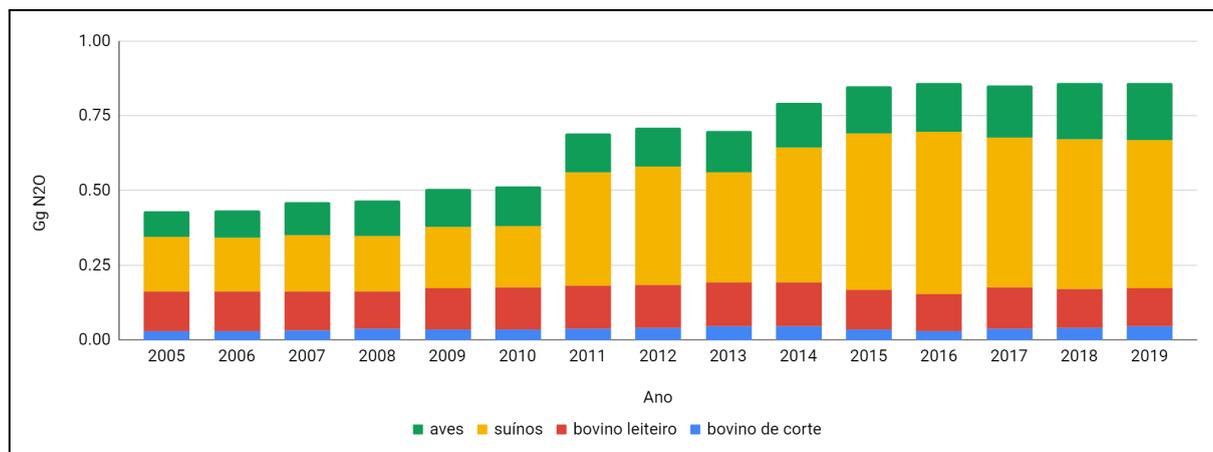
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.2. Emissões de N₂O

Em 2019, as emissões estaduais do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos totalizaram 0,86 Gg N₂O, com um acréscimo de cerca de 64,24% na variação entre os anos de 2005 e 2012 e de 21,22% entre 2012 a 2019. Este acréscimo de emissões também está diretamente relacionado com o aumento na população de suínos neste período, principalmente quando levados em consideração os animais que compõem as produções industriais no estado.

Em termos de emissão pelas categorias de animais, a partir do **Gráfico 02**, é possível observar que a categoria animal que mais contribui para as emissões de N₂O durante todo o período também foi a de suíno, com emissão de 0,50 Gg N₂O em 2019 e um aumento de 172,86% e 25,85%, se comparado com os anos de 2005 e 2012, respectivamente, seguindo a mesma tendência das emissões de CH₄. Após os suínos estão as aves, com emissões de 0,19 Gg N₂O em 2019, com um aumento de aproximadamente 50% quando comparado às emissões de 2005. As categorias de bovino de corte e bovino leiteiro somadas emitiram 0,17 Gg N₂O em 2019. A **Tabela 12** resume as emissões por tipo de rebanho ao longo do período.

Gráfico 02. Resultados das Emissões Estaduais em (Gg N₂O) do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos de acordo com o tipo do animal e o ano.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

Tabela 12. Resultados das Emissões Estaduais (Gg N₂O) do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos de acordo com o tipo do animal e o ano.

Ano	Bovino de corte	Bovino leiteiro	Suíno	Aves	Total PR
2005	0,03	0,13	0,18	0,09	0,432
2006	0,03	0,13	0,18	0,09	0,434
2007	0,03	0,13	0,19	0,11	0,460
2008	0,04	0,12	0,19	0,12	0,467
2009	0,04	0,14	0,20	0,13	0,505
2010	0,03	0,14	0,20	0,13	0,513
2011	0,04	0,14	0,38	0,13	0,691
2012	0,04	0,14	0,39	0,13	0,710
2013	0,05	0,15	0,37	0,14	0,699
2014	0,05	0,15	0,45	0,15	0,794
2015	0,03	0,13	0,52	0,16	0,850
2016	0,03	0,13	0,54	0,16	0,860
2017	0,04	0,14	0,50	0,18	0,853
2018	0,04	0,13	0,50	0,19	0,859
2019	0,05	0,13	0,50	0,19	0,860

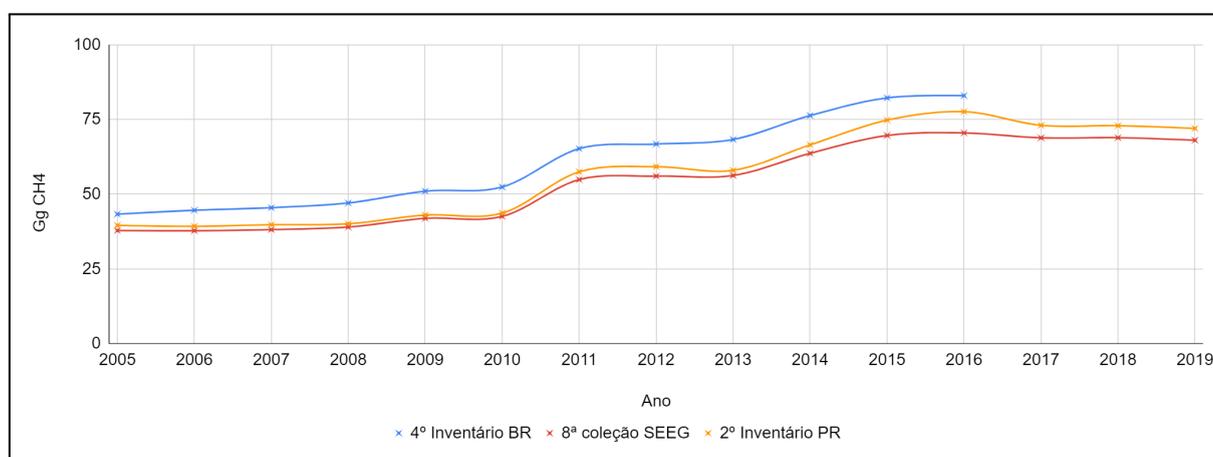
Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.3. Comparação com outras estimativas

3.3.1. Emissões de CH₄

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b) e na Nota Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa. 2020). Observa-se que os valores estimados pela metodologia proposta pertencem a mesma magnitude que as outras estimativas, com resultados entre as outras duas referências. A **Gráfico 03** apresenta a comparação gráfica entre os resultados, considerando as emissões para o período de 2005 a 2019.

Gráfico 03. Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná.

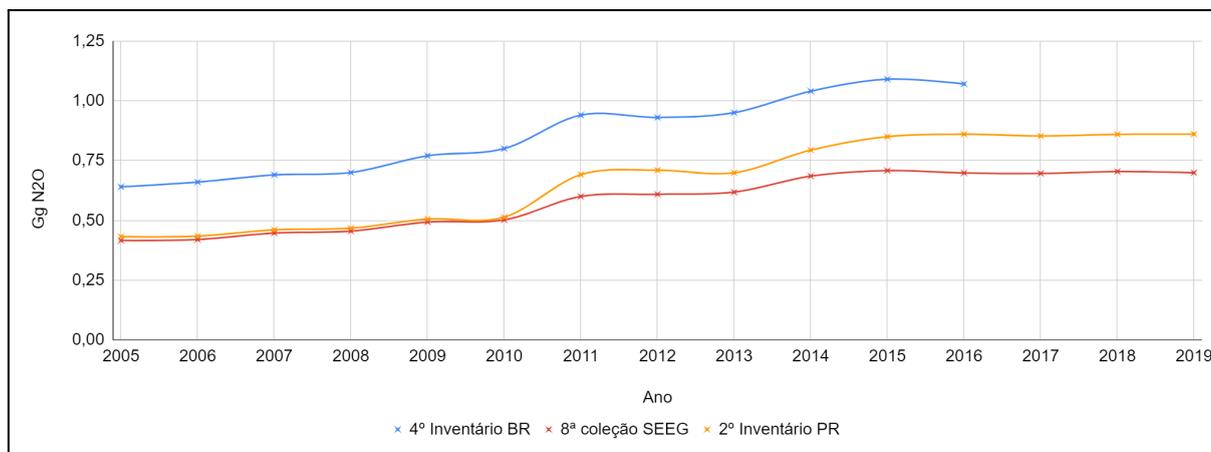


Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.3.2. Emissões de N₂O

Os resultados de emissão foram comparados com as estimativas nacionais apresentadas no Relatório de Referência do Subsetor Manejo de Dejetos do Quarto Inventário Nacional (MCTI, 2020b) e na Nota Metodológica do Setor Agropecuário 8ª Coleção do SEEG (Sistema de Estimativas de Emissão de Gases de Efeito Estufa. 2020). Observa-se que os valores estimados no Segundo Inventário estão entre as duas estimativas comparadas. O **Gráfico 04** apresenta a comparação gráfica entre os resultados, considerando as emissões para o período de 2005 a 2019.

Gráfico 04. Comparação entre estimativas do Quarto Inventário Nacional, SEEG, e Segundo Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos do Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Paraná (2023).

3.4. Diferenças em relação ao Primeiro Inventário

Os resultados do Primeiro Inventário Estadual do Paraná apresentam as emissões do subsetor **3.A Manejo de Dejetos** utilizando o “Potencial de Aquecimento Global” (PAG), ou do inglês “Global Warming Potential” (GWP). De acordo com o Relatório este índice compara a força radiativa de uma tonelada de gás de efeito estufa ao longo de um determinado período de 100 anos à de uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂). Desta forma as emissões de qualquer gás podem ser convertidas em CO₂ equivalente (CO₂e). As conversões das emissões dos gases aplicadas 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 apresentadas na **Tabela 13**.

Tabela 13. 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;

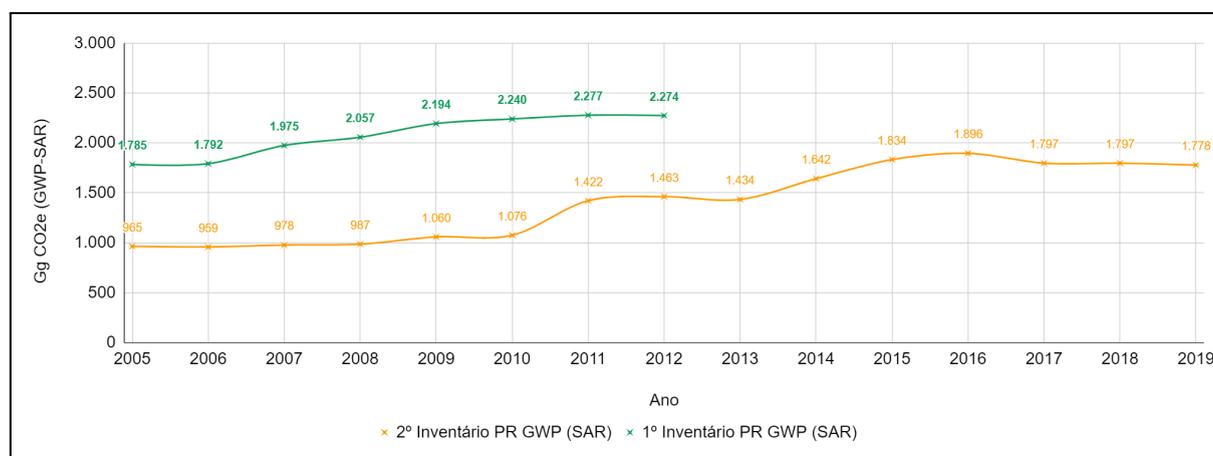
^c Metano de origem fóssil;

^d Metano de origem não fóssil.

Os fatores de conversão aplicados no primeiro documento de estimativas de emissões estaduais são provenientes do IPCC AR2 *Second Assessment Report* (SAR), desta forma a fim de comparar os resultados das emissões estimadas no segundo inventário também foi adotada esta mesma metodologia de conversão.

A **Gráfico 05** apresenta um comparativo entre os resultados calculados para o Primeiro e o Segundo Inventário Estadual, sendo possível observar que os resultados do primeiro inventário superestimam os resultados do segundo inventário independente do método de conversão dos gases CH₄ e N₂O em CO₂eq.

Gráfico 05. Comparação entre estimativas do 1º do 2º Inventário Estadual do Paraná.



Fonte: Relatório de Referência do subsetor 3.A.2 Manejo de Dejetos 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 metano entérico entre o Primeiro Inventário Estadual e o Segundo Inventário Estadual do Paraná, pois o primeiro documento não apresentou os valores utilizados, ainda que esteja claro que as duas metodologias seguiram as diretrizes do IPCC para cálculo de emissão de CH₄ para o subsetor **3.A.2 Manejo de Dejetos**.

4. Referências

- ABCS, 2016. Associação Brasileira dos Criadores de Suínos em parceria com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) : Mapeamento da Suinocultura Brasileira, Brasília. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/Mapeamento+da+Suinocultura+Brasileira.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2021.
- ANUALPEC, 2010. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).
- ANUALPEC, 2011. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).
- ANUALPEC, 2012. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).
- ANUALPEC, 2021. Anuário da Pecuária Brasileira, Pecuária de Corte - Estatísticas. Documento disponível na biblioteca da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ).
- 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/vol4.html>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- IBGE, 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal (2019). Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/imp/index.php>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- MCTI, 2020a. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Fermentação Entérica. 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: 10 jan. 2021.
- MCTI, 2020b. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. Quarto Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. Relatórios de Referência – Setor Agropecuária – Manejo de Dejetos de Animais. Brasília: MCTI, 2020. 143 p. Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/textoGeral/2018/10/11/RR_do_Inventario_Brasileiro_de_Emissoes_e_Remocoes_Antropicas_de_GEE.html: 10 jan. 2021.
- 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_0512pr.pdf. Acesso em: 24 fev. 2023.

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.