



## **CAPÍTULO 10**

# **Informações sobre a Metodologia do painel de Manejo de Resíduos da Produção Animal - MRPA**





## Histórico de revisões

Data (ano/mês)	Versão	Descrição
2025/01	1.0	Conclusão da versão preliminar
2025/12	2.0	Atualização das bases de dados, dos cálculos de estimativa de população animal por espécie e do Guia de Referência da ABC+ Calc. Acréscimo do indicador Emissão Evitada.

## Equipe - Elaboração do Documento

Larissa Arnhold Graminho, Ana Paula Silva Camelo, Cristiane Beloni Laureano, David Henriques da Matta, Érika Manuela Gonçalves Lopes, Fabiano Barbosa Alecrim, Gabriel Maia Bezerra, Gotardo Campara, Jeter Marlon da Silva, Kleber Villela Alves, Leonardo Garcia Marques, Luciana Carpes Antoniacomi, Lucivaldo Guimarães Lima, Lurdineide de Araújo Barbosa Borges, Rodrigo Moura Pereira, Wilker Alves Morais.



## SUMÁRIO

SUMÁRIO .....	2
1 – BASES DE DADOS .....	3
A) CRÉDITO RURAL.....	4
B) DIVISÕES REGIONAIS DO BRASIL .....	4
C) POPULAÇÃO ANIMAL COM RESÍDUOS MANEJADOS .....	5
D) NÚMERO DE BIODIGESTORES .....	5
2 – PREMISSAS.....	5
A. MANEJO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO ANIMAL (MRPA).....	6
B. METAS DE MRPA .....	6
C. PERÍODOS DE CÁLCULOS UTILIZADOS.....	6
D. CRÉDITO RURAL PARA MRPA.....	7
E. ESPÉCIES DE ANIMAL .....	7
3 – METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E DE CÁLCULO.....	8
A. TRATAMENTO DE DADOS – CRÉDITO RURAL.....	8
B. ABC+ Calc.....	8
C. CORTE SISTEMAS DE PRODUÇÃO .....	9
D. POPULAÇÃO ANIMAL COM APLICAÇÃO CORTES.....	9
4 – HISTÓRIAS E INDICADORES.....	10
A. Painel Gerencial de MRPA (Tela Inicial) .....	10
B. Volume de resíduos de produção animal gerados e manejados (Pastas 1.1 a 1.4).....	10
C. Indicadores adicionais (Pastas 2.1 e 2.2) .....	11
D. Mitigação de Mg CO <sub>2</sub> eq por MRPA (Pastas 3.1 e 3.2) .....	11
E. Adoção de MRPA, via crédito rural (Pasta 4.1) .....	11
F. INDICADORES.....	11
5 - Dicionário de termos.....	12
Anexo 1.....	13
Anexo 2.....	82



# 1 – BASES DE DADOS

Abaixo estão as bases utilizadas.

## A) CRÉDITO RURAL

Base Base de dados: Tabelas e Microdados do Crédito Rural e do Proagro (<https://www.bcb.gov.br/estabilidadefinanceira/tabelas-credito-rural-proagro>)

Fonte dos dados: Sistema de Operações do Crédito Rural e do Proagro (SICOR) / Banco Central do Brasil (BCB)

Breve descrição: “O crédito rural foi institucionalizado pela Lei 4.829, de 5 de novembro de 1965. Durante 30 anos, sua gestão coube ao Banco do Brasil, por meio da Carteira de Crédito Agrícola e Industrial. Em 1965, o assunto passou a responsabilidade do Conselho Monetário Nacional (CMN), com a implementação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR). As normas sobre o crédito rural são aprovadas pelo CMN. O Banco Central faz parte desse órgão e auxilia na tomada de decisão sobre o crédito rural. As instituições financeiras seguem essas normas e as colocam em prática no dia a dia com seus clientes. Existe fiscalização de todo o processo, por determinação legal. Por isso, o BCB verifica junto às instituições financeiras se a liberação do dinheiro e o seu uso estão de acordo com as normas publicadas, dentre outras providências. O crédito rural e o financiamento destinado ao segmento rural. Os produtores rurais utilizam os recursos concedidos pelas instituições financeiras nessa linha de crédito de diversas maneiras na sua propriedade. Por exemplo, podem investir em novos equipamentos e animais ou custear matéria prima para o cultivo. Podem ainda utilizar esses recursos para comercializar e industrializar a produção. São as chamadas finalidades do crédito rural.” (Fonte: BCB, acesso em 31/10/2023).

## B) DIVISÕES REGIONAIS DO BRASIL

- Unidades Federativas:

[https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/](https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/)

- Município:

[https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/](https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/)

Breve descrição: Esses dados são utilizados para o georreferenciamento das UF e municípios que apresentam MRPA e financiamento.



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

### C) POPULAÇÃO ANIMAL COM RESÍDUOS MANEJADOS

Os dados referentes à população animal cujos dejetos são manejados por meio de biodigestores e/ou composteiras foram obtidos a partir das Licenças Ambientais de propriedades rurais que desenvolvem atividades de criação de suínos, bovinos de leite, avicultura de postura e bovinos de corte em regime de confinamento. Para isso, foram realizados contatos diretos com os setores responsáveis pelo Licenciamento Ambiental nos estados, tendo sido obtidas, até o momento, informações das seguintes Unidades da Federação:

Espírito Santo – Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pelo Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF).

Distrito Federal- Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pela Superintendência de Licenciamento Ambiental (SULAM) do Instituto Brasília Ambiental (IBRAM).

Goiás – Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMRH).

Mato Grosso do Sul- Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pelo Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL).

Rio Grande do Sul- Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM).

Santa Catarina – Dados das Licenças Ambientais das propriedades fornecidos pela Gerência de Auditoria e Licenciamento Ambiental (GEAUD), do Instituto do Meio Ambiente de Santa Catarina (IMA).

### D) NÚMERO DE BIODIGESTORES

O número de estabelecimentos com biodigestores foi obtido a partir de informações fornecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Dados completos do Sistema de Gestão de Transmissão (SIGET), bem como os dados dos painéis de Micro e Minigeração Distribuída (MMGD).



## 2 – PREMISAS

### A. MANEJO DE RESÍDUOS DA PRODUÇÃO ANIMAL (MRPA)

“Antes denominado “Tratamento de Dejetos Animais (TDA)”, o agora denominado “Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)” engloba tecnologias para o tratamento de todos os tipos de resíduos oriundos da produção animal, como dejetos líquidos (compostos pela mistura de água de limpeza, fezes, urina e restos de alimentos), camas, carcaças de animais mortos não abatidos e resíduos fisiológicos, entre outros, e adequada estabilização de seus efluentes. O tratamento de resíduos da produção animal é uma alternativa ao armazenamento em lagoas (esterqueiras), sistema altamente emissor de GEE, principalmente metano. Duas são as principais tecnologias usadas para MRPA: biodigestão (ou rota líquida) e compostagem (ou rota sólida). Em ambas, é possível utilizar todos os tipos de resíduos (líquidos e sólidos). Espera-se, no âmbito do ABC+, aumentar o volume manejado de resíduos da produção de animais confinados, especialmente suínos, bovinos e aves, potencializando a sinergia entre ganhos econômicos e ambientais em propriedades rurais, diminuindo o impacto de sistemas intensificados sobre o solo e água. Além disso, a decomposição de resíduos e estabilização adequada dos efluentes contribuem para a redução da emissão de GEE decorrentes do correspondente processo de fermentação.” (<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/final-isbn-plano-setorial-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-na-agropecuaria-compactado.pdf>, p. 76, acessado em 23/05/2025).

### B. METAS DE MRPA

O ABC+ define como meta para o Brasil: tratar 208,4 milhões de m<sup>3</sup> de resíduos de produção animal até 2030. Isso equivale a um potencial total de mitigação de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) equivalente de 277,80 milhões de MgCO<sub>2</sub>eq. (<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/final-isbn-plano-setorial-para-adaptacao-a-mudanca-do-clima-e-baixa-emissao-de-carbono-na-agropecuaria-compactado.pdf>, p. 77, acesso em 30/05/25).

As Unidades Federativas (UF) que estabeleceram seus respectivos Planos de Ação Estaduais (PAEs) podem definir suas próprias metas de expansão de área com MRPA, as quais contribuem para a meta brasileira de MRPA. Os valores da meta por UF foram repassados pelo MAPA.



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

### C. PERÍODOS DE CÁLCULOS UTILIZADOS

Este painel assume que o período completo para o ABC+ é de 01/01/2020 a 31/12/2030, totalizando 11 anos.

### D. CRÉDITO RURAL PARA MRPA

Como apresentado na seção 3-A), este painel considera todos os financiamentos relacionados ao produto “BIODIGESTOR, ESTERQUEIRA, TANQUES DE OXIDAÇÃO BIOLÓGICA E TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO” como voltados à adoção de práticas de MRPA. Essa premissa foi adotada porque os dados de Crédito Rural não especificam qual item, dentre os listados no produto, está sendo efetivamente financiado. Assim, os valores dos indicadores relacionados ao Crédito Rural podem estar superestimados, já que financiamentos de itens que não se enquadram diretamente como práticas de MRPA podem ter sido incluídos nos totais apresentados no painel. Adicionalmente, não foi possível fazer a diferenciação dos produtos em função dos respectivos valores financiados.

### E. ESPÉCIES DE ANIMAL

A suinocultura, a bovinocultura de leite, a bovinocultura de corte e a avicultura de postura correspondem a uma parcela significativa da produção pecuária nacional e podem desenvolvidas em sistemas intensivos e confinados. Esse modelo de produção resulta na geração de grandes volumes de dejetos animais de forma concentrada, exigindo um manejo mais rigoroso dos resíduos e aumentando o risco de emissões de gases de efeito estufa (GEE), como metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Diante disso, a coleta e análise de dados dessas cadeias produtivas são fundamentais para orientar políticas públicas mais precisas e efetivas.

Apesar de a avicultura de corte também representar uma parcela expressiva da produção pecuária nacional, o tratamento de seus dejetos não foi abordado no painel de Manejo de Resíduos na Produção Animal, uma vez que apresenta particularidades em relação aos demais sistemas produtivos. Nesse segmento, o manejo dos resíduos é realizado predominantemente por meio da cama sobreposta, que integra os dejetos diretamente ao substrato utilizado no ambiente de criação, ocorrendo acúmulo de (fezes e urina), penas, restos de ração em material absorvente, geralmente maravalha, casca de arroz ou palha. Como as aves de corte são criados sobre essa cama, em sistema de piso com substrato, o tratamento dos resíduos está diretamente associado à gestão adequada da cama aviária durante e entre os ciclos produtivos.

A cama aviária passa por um processo de manejo de estabilização, que promove sua maturação parcial e a redução da carga microbiana. Esse processo, somado ao fato da cama apresentar baixa umidade, contribui para um menor potencial de geração de metano ( $\text{CH}_4$ ), conforme apontado pelos fatores de emissão estabelecidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2019).



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

Além de seu papel no sistema de manejo ambiental, a cama aviária é amplamente reconhecida como substrato de alto valor agrônômico. Devido ao seu teor de matéria orgânica e à presença de nutrientes essenciais, é utilizada na formulação de biofertilizantes, especialmente os organominerais. Quando aplicada in natura, a cama pode atuar como condicionador do solo, contribuindo para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, desde que sejam respeitadas as exigências sanitárias e ambientais estabelecidas pelos órgãos competentes (EMBRAPA, 2011).

# 3 – METODOLOGIA DE ELABORAÇÃO E DE CÁLCULO

## A. TRATAMENTO DE DADOS – CRÉDITO RURAL

- Para a extração dos dados de crédito rural, referente ao financiamento de MRPA, foram aplicados os filtros abaixo:
  - a. O ano do financiamento foi definido a partir de 2020 até o último ano disponível do ABC+;
  - b. E foram incluídos apenas financiamentos que contém o produto “BIODIGESTOR, ESTERQUEIRA, TANQUES DE OXIDAÇÃO BIOLÓGICA E TRATAMENTO DE ÁGUA E ESGOTO”.

## B. ABC+ Calc.

A ABC+<sub>Calc</sub> é uma ferramenta desenvolvida em parceria entre o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), o Instituto 17 e a Embrapa Suínos e Aves, no âmbito do projeto **“Integrando a Mitigação de Metano nas Estratégias Nacionais da Agricultura”**, financiado pela Coalizão pelo Clima e Ar Limpo (CCAC). A iniciativa tem como objetivo contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do manejo de resíduos da produção animal, em consonância com as diretrizes do Plano ABC+ e suas práticas sustentáveis.

Nesse contexto, os cálculos dos indicadores de Mitigação de Resíduos da Produção Animal (MRPA) foram realizados por meio da ferramenta ABC+<sub>Calc</sub>. As informações sobre a calculadora, incluindo as principais premissas e metodologias adotadas, o fluxo de cálculo, o detalhamento das equações e suas principais limitações, estão disponíveis no **Guia de Referência da ABC+<sub>Calc</sub>: Ferramenta para Estimar a Mitigação de PCVC no MRPA**, disponível no [Anexo 1](#).

Para a realização dos cálculos, foram utilizados dados referentes às espécies e ao número de animais cujos dejetos são manejados por meio de digestão anaeróbia (biodigestores)





## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

ou compostagem, além de informações sobre a população animal e o peso de carcaça de bovinos de corte e suínos em terminação.

### C. CORTE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Com base em estudo anterior (MAPA, 2016) foram estabelecidas linhas de corte para identificar os sistemas que maior potencial para adotar os tratamentos com biodigestores e compostagem:

- Suinocultura: estabelecimentos com mais de 500 suínos em engorda ou matrizes;
- Avicultura de postura: estabelecimentos com mais de 10.000 aves;
- Bovinocultura de leite: propriedades com mais de 201 vacas ordenhadas;
- Bovinos de corte: estabelecimentos com mais de 1.600 animais confinados.

### D. POPULAÇÃO ANIMAL COM APLICAÇÃO CORTES

Os dados de população animal de suínos em terminação, matrizes suínas e bovinos de leite foram obtidos por meio de extrapolação dos dados do CENSO 2017 para os dados da Pesquisa Pecuária Municipal (PPM) para o período de 2020 a 2024, uma vez que os dados do CENSO 2017 possuem os cortes pré-determinados e os da PPM não possuem. Os dados de avicultura de postura foram obtidos diretamente do IBGE/SIDRA sem a necessidade de extrapolação uma vez que as informações correspondem a pesquisas realizadas em estabelecimentos com 10.000 ou mais galinhas poedeiras.

#### **Dados de população animal utilizados:**

IBGE-Censo Agropecuário 2017- Tabela 6926 - Número de estabelecimentos agropecuários com suínos, efetivos e venda, por tipologia, condição do produtor em relação às terras e grupo de cabeças de suínos. Variável - Número de cabeças de suínos para engorda nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças (Cabeças) e Variável - Número de suínos matrizes para reprodução nos estabelecimentos agropecuários com mais de 50 cabeças (Cabeças). <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6926>

IBGE- Pesquisa Pecuária Municipal- Tabela 1(Interno Tabela 3939) - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho segundo o Brasil, as grandes regiões e as Unidades da Federação. Dados de 2020-2024. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>

IBGE-Censo Agropecuário 2017- Tabela 6912 - Número de estabelecimentos agropecuários que produziram leite de vaca, Vacas ordenhadas nos estabelecimentos agropecuários,



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

Quantidade produzida de leite de vaca, Valor da produção de leite de vaca, Número de estabelecimentos agropecuários que venderam leite de vaca cru, Quantidade vendida de leite de vaca cru e Valor da venda de leite de vaca cru, por tipologia, condição do produtor em relação às terras e grupos de cabeças de bovinos. Variável - Vacas ordenhadas nos estabelecimentos agropecuários (Cabeças). <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/6912>

IBGE- Pesquisa Pecuária Municipal- Tabela 8 (Interno Tabela 94) - Vacas Ordenhadas, segundo o Brasil, as grandes regiões e as Unidades da Federação. Dados de 2020-2024. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>

Tabela 7524 - Número de informantes, Número de galinhas poedeiras e Quantidade de ovos produzidos, no mês e no trimestre. Variável - Número de cabeças de galinhas poedeiras nos estabelecimentos agropecuários (Cabeças). Dados de 2020-2024. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/7524#resultado>

Maiores detalhes sobre a análises aplicadas estão disponíveis no [Anexo 2](#).

## 4 – HISTÓRIAS E INDICADORES

Uma história é um conjunto de visualizações que foca em dados de um tema específico. Já os indicadores são medidas que representam algum aspecto a ser avaliado. Este painel de MRPA possui a pasta inicial (Painel Gerencial de Manejo de Resíduos da Produção Animal), as pastas da história "1. Volume de resíduos de produção animal gerados e manejados", da história "2. Indicadores adicionais", "3. Mitigação de Mg CO2 eq por MRPA" e as da história "4. Adoção de MRPA, via crédito rural". Abaixo há explicações sobre elas e os indicadores.

### A. Painel Gerencial de MRPA (Tela Inicial)

Apresenta uma visão geral dos dados do painel. A primeira linha de indicadores apresenta dados de volume no período do ABC+. Em seguida, a segunda linha apresenta indicadores adicionais relativos a MRPA. Informações sobre o acumulado de mitigação são apresentadas na terceira linha. Já a quarta linha apresenta indicadores acumulados, referentes a dados de crédito rural. Essa tela ignora quaisquer filtros aplicados, apresentando informações do Brasil como um todo e dos anos indicados nos títulos.



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

### B. Volume de resíduos de produção animal gerados e manejados (Pastas 1.1 a 1.4)

Essa história foca em indicadores sobre o volume de resíduos gerados, volume de resíduos manejados e atingimento de metas de manejo de resíduos. Quando não há um município ou UF filtrado ou especificado, consideram-se os dados de todo o país.

### C. Indicadores adicionais (Pastas 2.1 e 2.2)

Essa história foca em indicadores relativos a MRPA. Especificamente, apresentam-se os indicadores de geração de biogás, potencial de geração de energia elétrica, potencial de geração de biometano, biogás equivalente em diesel, fertilizante químico evitado e quantidade de estabelecimentos com biodigestores. Quando não há um município ou UF filtrado ou especificado, consideram-se os dados de todo o país.

### D. Mitigação de Mg CO<sub>2</sub> eq por MRPA (Pastas 3.1 e 3.2)

Essa história foca em indicadores sobre mitigação e atingimento da meta de mitigação. Quando não há um município ou UF filtrado, consideram-se dados de todo o país.

### E. Adoção de MRPA, via crédito rural (Pasta 4.1)

Essa história foca em indicadores relativos aos financiamentos públicos monitorados pelo BACEN, para adoção de MRPA. Quando não há um município ou UF filtrado, consideram-se dados de todo o país

## F. INDICADORES

Se não especificado na descrição do indicador, ele leva em conta o período e localização filtrados ou especificados na pasta em que se encontram. Os indicadores são:

- Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup>): Soma do volume de resíduos gerados, como especificado na seção 3-B);
- Volume de resíduos manejados (m<sup>3</sup>): Soma do volume de resíduos manejados, como especificado na seção 3-C);
- % de Resíduos manejados: Percentual de volume de resíduos gerados que são manejados. Razão entre “Volume de resíduos manejados (m<sup>3</sup>)” e “Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup>)”;
- Meta de volume manejado (m<sup>3</sup>): Meta estabelecida para o volume de resíduos manejados no ABC+. Se uma UF for selecionada, será a meta estabelecida por essa UF. Caso nenhuma seja selecionada, é a meta do Brasil (208,4 milhões de m<sup>3</sup>);



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

- % de Meta de volume manejado: Percentual de atingimento da meta de volume de resíduos manejados. Razão entre “Volume de resíduos manejados (m<sup>3</sup>)” e “Meta de volume manejado (m<sup>3</sup>)”;
- Geração de biogás (m<sup>3</sup>): Soma da geração de biogás, como especificado na seção 3-E);
- Potencial de geração de energia elétrica (MWh): Soma do potencial de geração de energia elétrica, como especificado na seção 3-E);
- Potencial de geração de biometano (m<sup>3</sup>): Soma do potencial de geração de biometano, como especificado na seção 3-E);
- Biogás equivalente em diesel (m<sup>3</sup>): Soma do biogás equivalente em diesel, como especificado na seção 3-E);
- Fertilizante químico evitado (t): Soma da quantidade de fertilizante químico evitado, como especificado na seção 3-E);
- Estabelecimento com biodigestores: Soma da quantidade de estabelecimentos com pelo menos um biodigestor, como especificado na seção 3-E);
- Meta de mitigação (Mg CO<sub>2</sub>eq): Meta estabelecida para a mitigação pela adoção de MRPA no ABC+ (277,8 milhões de Mg CO<sub>2</sub>eq);
- Mitigação alcançada (Mg CO<sub>2</sub>eq): Mitigação pela adoção de MRPA no período do ABC+ no Brasil, seguida pela porcentagem que essa expansão representa da meta de mitigação;
- Quantidade de operações: Quantidade de operações presentes nos dados de crédito rural especificados na seção 3-A);
- Valor financiado (R\$): Soma dos valores do campo VL\_PARC\_CREDITO, presente nos dados de crédito rural especificados na seção 3-A);
- Valor de recurso próprio (R\$): Soma dos valores do campo VL\_PARC\_CREDITO, presente nos dados de crédito rural especificados na seção 3-A);
- Quantidade de imóveis rurais: A quantidade de CARs presentes nos dados de crédito rural, porém desconsiderando as vezes que eles aparecem em mais de uma operação, especificados na seção 3-A);
- Mitigação (Mg CO<sub>2</sub>eq): Mitigação no ano analisado, como explicado na seção 3-D);
- % meta de mitigação: Percentual da meta de mitigação atingida. Razão entre “Mitigação (Mg CO<sub>2</sub>eq)” e “Meta de mitigação (Mg CO<sub>2</sub>eq)”.

## 5 - Dicionário de termos

→ ha: hectare

→ Mg CO<sub>2</sub>eq: milhões de gramas de gás carbônico equivalente

→ MRPA: Manejo de Resíduos da Produção Animal



## Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)

- m<sup>3</sup> = Metro cúbico
- MWh = mega watt-hora
- mil = 1.000 (mil)
- MI = 1.000.000 (milhão)
- BI = 1.000.000.000 (bilhão)



**Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA)**

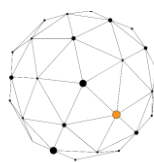
# Anexo 1

# GUIA DE REFERÊNCIA DA ABC+CALC: FERRAMENTA PARA ESTIMAR A MITIGAÇÃO DE PCVC NO MRPA

MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA  
E PECUÁRIA



*Suínos e Aves*



Instituto 17



**CLIMATE &  
CLEAN AIR  
COALITION**  
TO REDUCE SHORT-LIVED  
CLIMATE POLLUTANTS

## GUIA DE REFERÊNCIA DA ABC+CALC: FERRAMENTA PARA ESTIMAR A MITIGAÇÃO DE PCVC NO MRPA

### EQUIPE i17

**Coordenação Técnica:** Alessandro Sanches Pereira

**Líder da equipe:** Deisi C. Tápparo

**Responsável técnica:** Camila Ester Hollas

**Equipe técnica:** Gladis Buhring, Heloisa Rodrigues, Liliane Klemann, William Michelon

### EQUIPE EMBRAPA SUÍNOS E AVES

**Coordenação Técnica:** Airton Kunz

**Equipe técnica:** Evandro Carlos Barros, Fabiane Goldschmidt Antes, Geordano Dalmedico, Martha Mayumi Higarashi, Ricardo Luis Radis Steinmetz

### EQUIPE DE SUPERVISÃO

Coalização pelo Clima e Ar Limpo (CCAC)

Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA)

### Avisos e Orientações:

O projeto **Integrando a Mitigação de Poluentes Climáticos de Vida Curta nas Estratégias Nacionais de Agricultura**, financiado pela Coalização pelo Clima e Ar Limpo (CCAC), e implementado por Instituto 17, Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) e Embrapa Suínos e Aves, tem como objetivo desenvolver ferramentas de monitoramento, dados técnicos e capacidade institucional, possibilitando ação para reduzir as emissões de poluentes climáticos de vida curta por meio do manejo de resíduos da produção animal, com duração de 23 meses, iniciando em janeiro de 2024. Este documento visa fornecer um guia de referência de todas os cálculos desenvolvidos na calculadora para estimar a mitigação e a emissão de PCVC, em conformidade com abordagens nacionais e globais para o MRPA no contexto do Plano ABC+.

Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelos autores. Nem o Instituto 17 nem os autores 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 diretamente resultante de eventuais erros, imprecisões ou omissões de informações nele presentes.

Janeiro/2025.



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<i>Principais premissas e metodologia utilizada na ferramenta</i>	<b>8</b>
Metodologia para estimar indicador fim: as emissões e mitigações de PCVC	<b>8</b>
Parâmetros para cálculo de emissões de metano e óxido nitroso	<b>19</b>
Metodologia para estimativa dos indicadores secundários	<b>22</b>
Volume de dejetos gerados	<b>22</b>
Volume de biogás produzido na biodigestão e aproveitado energeticamente	<b>23</b>
Quantidade de energia elétrica gerada a partir do uso de biogás	<b>24</b>
Volume de biometano e de diesel substituído a partir do uso de biogás	<b>24</b>
Volume de composto orgânico produzido	<b>25</b>
Volume de fertilizante químico evitado pelo uso de composto orgânico produzido a partir da compostagem e de biofertilizante a partir da digestão anaeróbia	<b>26</b>
<i>Fluxo de cálculo e detalhamento das equações da metodologia</i>	<b>28</b>
Definição das zonas climáticas	<b>28</b>
Equações associadas a suinocultura de terminação	<b>29</b>
Equações associadas a suinocultura de matrizes	<b>33</b>
Equações associadas a avicultura de postura	<b>36</b>
Equações associadas a bovinocultura de corte	<b>39</b>
Equações associadas a bovinocultura de leite	<b>42</b>
Equações associadas aos resultados de emissões e mitigações	<b>44</b>
Equações associadas aos resultados dos indicadores secundários	<b>48</b>
<b>LIMITAÇÕES</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>56</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>59</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Delineamento das principais zonas climáticas conforme IPCC (2019).....</i>	<i>13</i>
--	-----------

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1 Contribuições de cada tecnologia de tratamento para o cenário de referência.</i>	<i>10</i>
<i>Tabela 2 Descrição das zonas climáticas conforme IPCC de 2019.</i>	<i>12</i>
<i>Tabela 3 Classificação do MCF de cada sistema de manejo por zona climática.</i>	<i>13</i>
<i>Tabela 4 Fatores de emissão de N<sub>2</sub>O para diferentes sistemas de manejo conforme apresentado por IPCC de 2019.</i>	<i>15</i>
<i>Tabela 5 Resumo dos parâmetros utilizados para cálculo das emissões dos sistemas de manejo de resíduos da produção animal.</i>	<i>19</i>
<i>Tabela 6 Parâmetros para determinação do volume de resíduos manejados em cada categoria animal</i>	<i>22</i>
<i>Tabela 7 Parâmetros utilizados para cálculo de potencial de produção de biogás</i>	<i>23</i>
<i>Tabela 8 Parâmetros utilizados para cálculo de potencial de produção de energia e composto</i>	<i>24</i>
<i>Tabela 9 Parâmetros utilizados para cálculo do fertilizante químico evitado</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 10 Equações utilizadas para definição das zonas climáticas</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 11 Equações utilizadas na aba suinocultura de terminação</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 12 Equações utilizadas na aba suinocultura de matrizes</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 13 Equações utilizadas na aba avicultura de postura</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 14 Equações utilizadas na aba bovinocultura de corte</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 15 Equações utilizadas na aba bovinocultura de leite</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 16 Equações utilizadas na aba Resultados.</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 17 Equações utilizadas nas estimativas dos indicadores secundários</i>	<i>48</i>

## ACRÔNIMOS E SIGLAS

AWMS	Sistema de gestão de resíduos animais
B <sub>0</sub>	Capacidade máxima de produção de metano
CCAC	Climate & Clean Air Coalition
CH <sub>4</sub>	Metano
CND	Concentração média de nutrientes no dejetos
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CO <sub>2eq</sub>	Dióxido de carbono equivalente
DA	Digestão anaeróbia
EF	Fator de emissão
GEE	Gases do Efeito Estufa
GWP	Potencial de aquecimento global de um gás comparado ao dióxido de carbono
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
K	Zona climática
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MCF	Fator de conversão de metano
MRPA	Manejo de Resíduos da Produção Animal
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NAPA	Número de animais produzidos anualmente
NH <sub>3</sub>	Amônia
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrogênio
N <sub>P</sub>	Número de animais no país
N <sub>T</sub>	Número de animais por categoria (T)
PCVC	Poluentes Climáticos de Vida Curta
Plano ABC	Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças do Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono
PLANO ABC+	Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária
PM	Peso médio do animal

S	Sistema de tratamento
SV	Sólidos Voláteis
T	Categoria animal
TAM	Massa corporal animal
TC <sub>ano</sub>	Quantidade de dias por ano em que há animais em confinamento
UF	Unidade da Federação

# INTRODUÇÃO

Bem-vindo ao Guia de Referência da **ABC+Calc: Manejo de Resíduos da Produção Animal**. Esta ferramenta foi projetada para fornecer estimativas detalhadas e confiáveis sobre as emissões de poluentes climáticos de vida curta (PCVC), resultantes das atividades de manejo de resíduos na produção animal. O objetivo é apoiar profissionais e instituições no monitoramento e redução dessas emissões, em alinhamento com as metas estabelecidas no Plano ABC+ (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono). Neste guia, você encontrará uma explicação completa da metodologia aplicada e dos cálculos utilizados para gerar estimativas precisas, garantindo que o processo seja transparente e acessível para todos os usuários.

## Principais premissas e metodologia utilizada na ferramenta

O capítulo que se segue é dedicado à apresentação detalhada da ferramenta de cálculo das emissões de Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC) provenientes de dejetos animais. Baseada nas diretrizes do IPCC de 2019, esta ferramenta foi concebida para quantificar de forma precisa e eficiente as emissões, permitindo uma avaliação mais rigorosa dos impactos ambientais associados à pecuária.

### Metodologia para estimar indicador fim: as emissões e mitigações de PCVC

A metodologia para as estimativas das emissões de metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) provenientes do manejo de dejetos, segue a abordagem do *Tier 2*, com base nas recomendações do Capítulo 10 (*Emissions from Livestock and Manure Management*) do Volume 4 do “*Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” (IPCC, 2019).

O desenvolvimento do processo de estimativa é dividido em sete passos para facilitar a compreensão:

- **Passo 1:** *Recolher dados técnicos populacionais de rebanho com base na caracterização da população pecuária de cada estado.*

Esse dado deve ser informado pelo usuário para cada estado, informando a população animal total do estado para cada categoria animal. Para suínos em crescimento e bovinos de corte são referenciados os valores de animais abatidos, enquanto para matrizes de suínos, aves de postura e bovinos de leite são referenciados o número total de animais alojados. Em todos os casos, devem ser considerados os valores referentes à sistemas de alta produtividade.

É fundamental adotar a mesma abordagem para categorizar os sistemas de alta produtividade, garantindo que os dados coletados representem essa parcela do sistema produtivo brasileiro. Propriedades abaixo de determinados limites não seriam, em princípio, viáveis para a instalação de sistemas avançados de manejo de resíduos, como os promovidos pelo Plano ABC+. Por isso, com base em estudos anteriores, foram estabelecidas linhas de corte para identificar os sistemas que maior potencial para adotar os tratamentos incentivados pelo plano (MAPA, 2016, 2017):

- Suinocultura: recomenda-se considerar apenas estabelecimentos com mais de 500 animais no item “número total de suínos em engorda”.
- Avicultura: estabelecimentos com mais de 10.000 aves.
- Bovinocultura de leite: propriedades com mais de 201 vacas ordenhadas.
- Bovinos de corte: estabelecimentos com mais de 1.600 animais confinados.

- **Passo 2:** *Recolher informações específicas de cada estado sobre os métodos do sistema de gestão de dejetos (AWMS) e desenvolver frações do sistema de gerenciamento de dejetos.*

A metodologia estima as emissões de CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O, assim como os valores em termos de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2eq</sub>), para três cenários:

- **Cenário de referência,**
- **AWMS Tratamento e**
- **AWMS Linha de Base.**

O **cenário de referência** caracteriza a situação em que se encontrava a distribuição dos sistemas de tratamento de resíduos da produção animal no ano de 2019, ou seja, é utilizado como base os indicadores de participação de cada tecnologia de tratamento que foram verificadas no último ano do ciclo do Plano ABC (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019). Quando ausentes, esses indicadores são estimados com base nos levantamentos apresentados no quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa (PICHARILLO; FARIA, 2020). Esse cenário serve como base para verificar a evolução do plano ABC+ nesse novo ciclo, auxiliando na estimativa de qual a mitigação que está sendo alcançado anualmente em relação a esse cenário. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, apresenta os valores médios nacionais, porém essas distribuições variam entre os estados como apresentado nas Tabela A 1 para suínos e Tabela A 2 para bovinos de leite do ANEXO A.

*Tabela 1 Contribuições médias de cada tecnologia de tratamento para o cenário de referência.*

	Suínos em Crescimento <sup>a</sup>	Matrizes de suínos <sup>a</sup>	Avicultura de postura <sup>b</sup>	Bovinocultura de corte <sup>b</sup>	Bovinocultura de leite <sup>c</sup>
<b>Esterqueira</b>	96,79 ± 4,23%	96,79 ± 4,23%	-		11,54 ± 11,25%
<b>Compostagem</b>	1%	1%	-	-	32,26 ± 7,59%
<b>Digestão anaeróbia</b>	5,98 ± 5,16%	5,98 ± 5,16%	-	-	0,35 ± 0,37%
<b>Pasto</b>	-	-	-	-	78,62 ± 24,63%



<b>Estocagem sólida</b>	-	-	-	93%	-
<b>Sem cama coletora</b>	-	-	100%	-	-
<b>Dry lot</b>	-	-	-	7%	-

<sup>a</sup> Distribuição da contribuição de cada sistema de tratamento de dejetos conforme valores para o ano de 2019 conforme nota técnica (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019).

<sup>b</sup> Distribuição de acordo com valor apresentado no quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa para os animais em confinamento é igual para todos os estados (PICHARILLO; FARIA, 2020).

<sup>c</sup> Distribuição de acordo com valores apresentadas no quarto inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa para os sistemas de alta produtividade (PICHARILLO; FARIA, 2020), considerando a contribuição do sistema compost barn de acordo com as % presentes no relatório TOP100 produtoras de leite (MILKPOINT, 2020), para os estados não categorizados como alta produtividade e com dados ausentes no inventário nacional foi considerado 100% pasto.

O cenário **AWMS tratamento** é caracterizado pelas tecnologias de compostagem e digestão anaeróbia, que são o foco de estímulo do Plano ABC+, como tecnologias promissoras para mitigar as emissões de poluentes climáticos de vida curta nos sistemas de tratamento de resíduos da produção animal. Prevê-se uma tendência de aumento no uso dessas tecnologias. Nesse contexto, para facilitar a inserção das contribuições, a calculadora permite que os dados sejam fornecidos em termos de volume de resíduos manejados por digestão anaeróbia e/ou compostagem, ou pelo número de animais confinados cujos dejetos são tratados nesses sistemas. Dessa forma, as porcentagens de contribuição em relação à população total anual são estimadas automaticamente, o que simplifica o processo de entrada de dados pelo usuário e minimiza a ocorrência de erros.

Já na **AWMS Linha de Base**, é caracterizado pelas tecnologias de tratamento convencionais, como esterqueiras, lagoas anaeróbias, estocagem sólida dos resíduos, por exemplo, que emitem grandes quantidades de gases de efeito estufa e devem ser substituídas por tecnologias que promovam a mitigação dessas emissões (no caso as AWMS tratamento). Nesses sistemas a contribuição de participação de cada tecnologia deve ser informada para

cada resíduo animal, com base nos levantamentos anuais dos sistemas de tratamento existentes em cada estado.

- **Passo 3:** *Selecionar fatores de conversão de metano específicos para manejo de dejetos locais (MCFs) para diferentes zonas climáticas:*

Para isso, primeiramente os estados devem ser categorizados climaticamente conforme classificação apresentada na Tabela 2 e na Figura 1. Para isso, com base nos valores de entrada de temperatura média anual e precipitação a calculadora classifica cada estado em uma determinada zona climática.

*Tabela 2 Descrição das zonas climáticas conforme IPCC de 2019.*

Zona Climática		Descrição
<b>Tropical</b>	Montanhoso	temperatura média anual > 18°C e altitude superiores a 1000 m;
	molhado	temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual >2.000 mm;
	Úmido	temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual >1000 mm;
	Seco	temperatura média anual > 18°C e precipitação média anual < 1000 mm;
<b>Temperado</b>	Quente úmido	temperatura média anual > 10°C e relação entre evapotranspiração potencial e precipitação > 1;
	Quente seco	temperatura média anual > 10°C e relação entre evapotranspiração potencial e precipitação < 1;
<b>Frio</b>	temperado úmido	temperatura média anual > 0°C e relação entre evapotranspiração potencial e precipitação > 1;
	temperado seco	temperatura média anual > 0°C e relação entre evapotranspiração potencial e precipitação < 1;
	Boreal úmido	temperatura média anual < 0°C, mas algumas temperaturas mensais > 10°C e razão de evapotranspiração potencial > 1
	Boreal seco	temperatura média anual < 0°C, mas algumas temperaturas mensais > 10°C e uma relação entre evapotranspiração potencial e precipitação < 1.

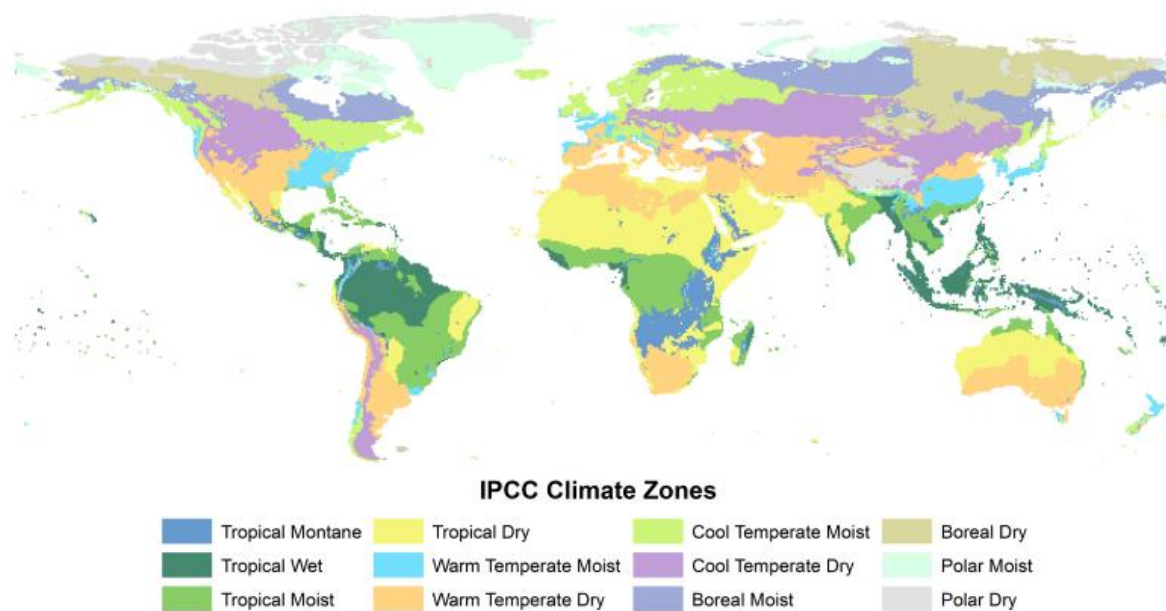


Figura 1 Delineamento das principais zonas climáticas conforme IPCC (2019).

Com base na classificação climática determinada para cada estado, o Fator de conversão de metano (MCF) é automaticamente selecionado em função do sistema de tratamento conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 Classificação do MCF de cada sistema de manejo por zona climática.

Sistema de manejo	MCF % por zona climática				
	Tropical molhado	Tropical úmido	Tropical seco	Temperado quente úmido	Temperado quente seco
Pasture/Range/Paddock (pasto, sem manejo dos dejetos)	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Liquid/Slurry (líquido/lodo) (4 meses de retenção)	67	64	68	29	32
Liquid/Slurry (líquido/lodo) (3 meses de retenção)	61	57	62	24	28
Uncovered anaerobic lagoon (lagoa anaeróbia)	73	76	80	80	80
Pit storage below animal confinements (Armazenamento em fossa abaixo de confinamentos de animais)	67	64	68	29	32
Anaerobic digester of high quality and low leakage (digestor anaeróbico de alta qualidade e baixo vazamento)	1	1	1	1	1
Anaerobic digester with high leakage (digestor anaeróbico com alto vazamento)	9,59	9,59	9,59	9,59	9,59
Composting Intensive windrow (Compostagem em leira com revolvimento e aeração)	1,5	1,5	1,5	1	1

Composting - Passive windrow (Compostagem em leira, pouco revolvimento e aeração)	2,5	2,5	2,5	2	2
Poultry manure without litter (Criação de aves sem cama coletora de dejetos)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Dry lot (confinamento aberto, pavimentado ou não, sem qualquer cobertura vegetal significativa ou cama coletora)	2	2	2	1,5	1,5
Solid storage (estocagem sólida)	5	5	5	4	4

- **Passo 4:** *Estimar o fator de emissão específico de cada poluente para cada estado, cada categoria animal e sistema de tratamento:*

### A. Metano

Para cada categoria animal, zona climática e sistema de tratamento o fator de emissão (EF) de CH<sub>4</sub> para cada estado é calculado com base nos seguintes parâmetros: Equação 1

- Sólidos Voláteis diário excretado por animal (SV<sub>(T)</sub>);
- Tabela 5 Tempo de confinamento dos animais (TC<sub>ano</sub>)Tabela 5;
- Frações do sistema de gerenciamento de dejetos (AWMS), obtidos na Etapa 2;
- Fatores MCF, determinados na Etapa 3;
- Capacidade de produção de metano (B<sub>0</sub>)Tabela 5

A Equação 1<sup>1</sup> e a Tabela 9 descrevem o cálculo realizado e os dados utilizados para essa estimativa.

*Equação 1 Fator de emissão de metano para a população de animais definida para cada sistema de tratamento*

$$EF_{(T,S)} = (SV_{(T)} \cdot TC_{ano}) \cdot [B_{0(T)} \cdot 0,67 \cdot \frac{MCF_{S,K}}{100} \cdot AWMS_{(T,S,K)}]$$

T = categoria animal (bovinocultura de corte ou leite, avicultura de postura, ou suinocultura);  
S = sistema de tratamento utilizado (digestão anaeróbia ou compostagem);

---

<sup>1</sup> Equação 10.23 presente no capítulo 10 do volume 4 do refinamento das diretrizes do IPCC de 2019

$K$  = condição climática;

$EF_{(T,S)}$  = Fator de emissão (kg  $CH_4$ /cabeça/ano);

$SV_{(T)}$  = Sólido Volátil diário excretado (kg/MS/animal/dia);

$TC_{ano}$  = Tempo de confinamento dos animais (dias/ano);

$B_{0(T)}$  = Capacidade máxima de produção de metano para esterco produzido pela categoria animal (T), ( $m^3/CH_4/kg$  de SV excretada);

$0,67$  = Fator de conversão de  $m^3 CH_4$  para kg de  $CH_4$ ;

$MCF_{S,K}$  = Fatores de conversão de metano para cada sistema de manejo de dejetos S por região climática K (%);

$AWMS_{(T, s, K)}$  = Fração de esterco manejados com sistema de manejo de dejetos em determinada região climática K (%).

## B. Óxido nitroso

Já para o  $N_2O$  os fatores de emissão utilizados são conforme os valores *default* apresentados pelo IPCC de 2019, conforme Tabela 4, abaixo:

Tabela 4 Fatores de emissão de  $N_2O$  para diferentes sistemas de manejo conforme apresentado por IPCC de 2019.

Sistema de manejo	$EF_{N_2O(S)}$ (kg N- $N_2O$ / kg nitrogênio excretado)
<i>Pasture/Range/Paddock</i> (pasto, sem manejo dos dejetos)	0,002
<i>Liquid/Slurry</i> (líquido/lodo)	0,005
<i>Uncovered anaerobic lagoon</i> (lagoa anaeróbia)	0
<i>Pit storage below animal confinements</i> (Armazenamento em fossa abaixo de confinamentos de animais)	0,002
<i>Anaerobic digester</i> (biodigestor)	0,0006
<i>Composting Intensive windrow</i> (Compostagem em leira com revolvimento e aeração)/ <i>Passive windrow</i> (Compostagem em leira, pouco revolvimento e aeração)	0,005
<i>Poultry manure without litter</i> (Criação de aves sem cama coletora de dejetos)	0,001
<i>Dry lot</i> (confinamento aberto, pavimentado ou não, sem qualquer cobertura vegetal significativa ou cama coletora)	0,02
<i>Solid storage</i> (estocagem sólida)	0,01

- **Passo 5:** Estimar as emissões totais de cada cenário a partir da soma das emissões de cada sistema de manejo que compõem o cenário para cada categoria animal.

Para estimar as emissões totais de cada cenário, o fator de emissão específico de cada estado para cada categoria animal é então multiplicado pelo número da população de animais (obtida na Etapa 1), conforme Equação 2 para metano, e Equação 3 para o óxido nitroso.

*Equação 2 Emissão total de metano para cada cenário*

$$\text{Emissão de CH}_4(T,J) = \sum(T, S, J) \frac{EF_{(T,S,J)} \times (N_{(T)})}{10^6}$$

**Emissão de CH<sub>4</sub>(T,J)** = Emissão de metano no cenário J para a população de animais definida (T) ( Gg CH<sub>4</sub>);

**EF<sub>(T,S,J)</sub>** = Fator de emissão para a população de animais definida (T) e sistema de tratamento (S) que compõem o cenário J (kg CH<sub>4</sub>/cabeça/ano);

**N<sub>(T)</sub>** = número de animais (população de animais definida (T)) (cabeça/ano).

*Equação 3 Emissão total de óxido nitroso para cada cenário*

$$\begin{aligned} & \text{Emissão de N}_2\text{O}(T,J) \\ &= \sum(T, S, J) \left( \frac{EF_{N_2O(S,J)} \times N_{ex(T)} \times TAM_{(T)} \times TC_{ano} \times AWMS_{(T,S,K)} \times (N_{(T)})}{10^6} \right) \times \frac{44}{28} \end{aligned}$$

**Emissão de N<sub>2</sub>O(T,J)** = Emissão de óxido nitroso no cenário J para a população de animais definida (T) (Gg N<sub>2</sub>O)

**EF<sub>N<sub>2</sub>O(S,J)</sub>** = Fator de emissão para o sistema de tratamento (S) que compõem o cenário (J) (kg N-N<sub>2</sub>O/kg N);

**N<sub>ex(T)</sub>** = excreção média anual de N por cabeça da espécie/categoria T no país (kg N/ kg de massa animal /ano);

**TC<sub>ano</sub>**= Tempo de confinamento dos animais (T) (dias/ano);

**TAM<sub>(T)</sub>** = massa animal típica para a categoria de animais T (kg/animal);

**AWMS<sub>(T,S,k)</sub>** = Fração de esterco da categoria de animais T manejados com sistema de manejo de dejetos S na região climática K (%);

$N(T)$  = número de animais (população de animais definida (T)) (cabeça/ano);

**44/28** = conversão das emissões de N-N<sub>2</sub>O(mm) em emissões de N<sub>2</sub>O(mm).

As emissões de metano e óxido nitroso de cada cenário pode ser também convertida em termos de potencial de aquecimento global (GWP) para equivalente de dióxido de carbono (Kg CO<sub>2</sub> eq), por meio da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Isso, considerando o GWP do metano de 27 kg CO<sub>2</sub>eq/kg<sub>CH<sub>4</sub></sub> e 273 kg CO<sub>2</sub>eq/kg<sub>N<sub>2</sub>O</sub>, conforme valores atualizados pelo AR6.

Sendo a emissão total em termos de carbono equivalente estimada com base na Equação 4, com base nos fatores de equivalência em termos de potencial de aquecimento global do metano e do óxido nitroso:

*Equação 4 Emissão total de CO<sub>2</sub>eq*

$$\begin{aligned} & \text{Emissão de CO}_{2\text{eq}}(T,J) \\ &= \sum (T, S, J) (\text{Emissão de CH}_{4(T,J)} \times \text{GWP}_{\text{CH}_4}) \\ &+ (\text{Emissão de N}_2\text{O}_{(T,J)} \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}) \end{aligned}$$

Em que:

**Emissão de CO<sub>2</sub>eq(T,J)** = Emissões de carbono equivalente para cada cenário J de cada categoria animal T (kg CO<sub>2</sub>eq);

**Emissão de CH<sub>4</sub>(T,J)** = Emissão de metano no cenário J para a população de animais definida (T) ( kg CH<sub>4</sub>);

**GWP<sub>CH<sub>4</sub></sub>** = Potencial de aquecimento Global do metano em equivalente de dióxido de carbono (27 Kg CO<sub>2</sub> eq);

**Emissão de N<sub>2</sub>O(T,J)** = Emissão de óxido nitroso no cenário J para a população de animais definida (T) (kg N<sub>2</sub>O);

**GWP<sub>N<sub>2</sub>O</sub>** = Potencial de aquecimento Global do metano em equivalente de dióxido de carbono (273 Kg CO<sub>2</sub> eq).

- **Passo 6:** Estimar a mitigação das emissões comparando os valores dos cenários AWMS linha de base e AWMS tratamento em relação ao cenário de referência para cada categoria animal.

A metodologia estima as emissões mitigadas pela adoção de tecnologias de tratamento dos dejetos via biodigestão e compostagem para quantificar os benefícios associados à melhoria da gestão dos resíduos, por meio da diferença entre as emissões de um cenário de referência ( $\text{Emiss\~{a}o}_{\text{cen\~{a}rio de refer\~{e}ncia}}$ ) (baseados nos valores de 2019) e as emissões atuais, ou seja, as emissões que ocorrem pelo manejo dos resíduos da produção animal ( $\text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMStratamento}} + \text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMSbaseline}}$ ), para cada categoria animal, conforme Equação 5 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo.

*Equação 5 Emissões mitigadas de metano pelo MRPA*

$$\begin{aligned} \text{Emiss\~{o}es}_{\text{mitigadas}} (T) \\ = \text{Emiss\~{a}o}_{\text{cen\~{a}rio de refer\~{e}ncia}} (T) - (\text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMStratamento}} (T) \\ + \text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMSbaseline}} (T)) \end{aligned}$$

Em que para determinada categoria animal (T):

$\text{Emiss\~{a}o}_{\text{mitigadas}} (T)$  = Emissões de carbono equivalente mitigadas (kg CO<sub>2eq</sub>);

$\text{Emiss\~{a}o}_{\text{cen\~{a}rio de refer\~{e}ncia}} (T)$  = Emissões de carbono equivalente do cenário de referência (kg CO<sub>2eq</sub>);

$\text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMStratamento}} (T)$  = Emissões de carbono equivalente do cenário AWMStratamento (kg CO<sub>2eq</sub>);

$\text{Emiss\~{a}o}_{\text{AWMSbaseline}} (T)$  = Emissões de carbono equivalente do cenário AWMSbaseline (kg CO<sub>2eq</sub>).



- **Passo 7:** Estimar as emissões totais nacionais, por meio da soma das emissões estaduais de cada cenário e categoria animal (para cada poluente estudado e valores mitigados).

Nessa etapa é realizada a soma de todas as emissões em termos de cada indicador (Emissão cenário de referência; Emissão *AWMS* tratamento e Emissão *AWMS* linha de base), de todos os estados para se ter os valores em termos nacionais de emissões e mitigações.

## Parâmetros para cálculo de emissões de metano e óxido nitroso

A Tabela 5 a seguir, resume os parâmetros utilizados na ferramenta de cálculo para estimar as emissões de metano e óxido nitroso provenientes do manejo de resíduos da produção animal, conforme o plano ABC+. Esses valores foram obtidos a partir de literaturas nacionais que refletem os sistemas produtivos e validados tecnicamente com *insights* de especialistas.

*Tabela 5 Resumo dos parâmetros utilizados para cálculo das emissões dos sistemas de manejo de resíduos da produção animal.*

	Suínos em crescimento	Suínos Matrizes	Bovinocultura de leite	Bovinocultura de corte	Avicultura de Postura
SV (kg <sub>sv</sub> /animal/dia)	0,25 <sup>a</sup>	0,25 <sup>a</sup>	4,78 <sup>2</sup> (Região Sul) <sup>f</sup> 4,57 <sup>3</sup> (Demais regiões) <sup>f</sup>	8,1 kg <sub>sv</sub> / (1000 kg de massa animal/d) <sup>f</sup>	0,024 <sup>g</sup>
Bo (m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> / kg <sub>sv</sub> )	0,48 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>	0,21 <sup>a,d</sup>	0,23 <sup>a,d</sup>	0,31 <sup>h</sup>
TAM (kg/animal)	Estimado com base nos abates <sup>c</sup>	215 <sup>d</sup>	531 (Região Sul) <sup>c</sup> 508 (Demais regiões) <sup>c</sup>	Estimado com base nos abates <sup>c</sup>	2 <sup>i,c</sup>
Número de dias de confinamento (dias/ano)	347	365 <sup>e</sup>	365 <sup>4c</sup>	365 <sup>d</sup>	365 <sup>k</sup>
Nex (kg N/1000 kg de massa corporal/dia)	0,73 <sup>f</sup>	0,35 <sup>f</sup>	0,39 <sup>f</sup>	0,31 <sup>f</sup>	1,17 <sup>f</sup>
MCF (%)	Default IPCC <sup>f</sup>	Default IPCC <sup>f</sup>	Default IPCC <sup>f</sup>	Default IPCC <sup>f</sup>	Default IPCC <sup>f</sup>
Fonte de dados População animal <sup>5</sup>	Dados IBGE	Dados IBGE	Dados IBGE	Dados IBGE	Dados IBGE

<sup>2</sup> Considerando 9 kg<sub>sv</sub>/ (1000 kg de massa animal)/d e 531 kg/animal;

<sup>3</sup> Considerando 9 kg<sub>sv</sub>/ (1000 kg de massa animal)/d e 508 kg/animal;

<sup>4</sup> Para unidades com sistemas mistos (pasto e confinamento), considerar o tempo de confinamento do animal onde é feita a recolha dos dejetos (horas/dia);

<sup>5</sup> Ajustados com base nos dias que animal estava vivo de acordo com IPCC (2019).

Fonte de dados AWMS	Conforme modelo adotado plano ABC <sup>d</sup>	Conforme modelo adotado plano ABC <sup>d</sup>	Conforme modelo adotado plano ABC <sup>d</sup>	Conforme modelo adotado plano ABC <sup>d</sup>	Conforme modelo adotado plano ABC <sup>d</sup>
Volume de dejetos gerados (L/animal/d)	3,775 <sup>6d</sup>	11,4 <sup>e</sup>	41,48 <sup>7</sup>	24,00 <sup>c,d</sup>	0,12 <sup>h,j</sup>

<sup>a</sup> MITO et al. (2018); <sup>b</sup> SARDÁ et al. (2018); <sup>c</sup> Inventário Nacional (PICHARILLO; FARIA, 2020); <sup>d</sup> Plano ABC (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019); <sup>e</sup> NICOLOSO et al. (2023); <sup>f</sup> IPCC (2019); <sup>g</sup> KUNZ et al. (2014); <sup>h</sup> KUNZ e OLIVEIRA (2006); <sup>i</sup> FIGUEIREDO (2022); <sup>j</sup> RIBEIRO et al. (2018); <sup>k</sup> AMARAL (2009); <sup>l</sup> CAMPOS et al. (2003).

Em relação aos pesos corporais médios dos sistemas de animais destinados ao abate, como a suinocultura de terminação e os bovinos de corte, a massa corporal animal (TAM) foi estimada conforme o Inventário Nacional de Emissões (PICHARILLO; FARIA, 2020). Essa estimativa leva em conta a diversidade desses sistemas produtivos, com tempos de alojamento e pesos finais que variam de acordo com a finalidade do abate.

Com base nos dados trimestrais do IBGE sobre a produção total de carcaça e o abate de animais por estado, é recomendado que seja calculado o peso médio de carcaça por região geográfica, ano a ano. Para suínos em crescimento, considerou-se um rendimento médio de carcaça de 72%, com o TAM representando 53% do peso de abate. No caso dos bovinos de corte, o peso médio de carcaça foi calculado considerando rendimentos médios de 54% para bois e 50% para vacas em confinamento (adotando o valor médio de 52%). O peso corporal dos animais foi estimado como sendo 80% do peso de abate, ou equivalente ao peso no ponto médio entre 24 meses de idade e a idade ao abate (PICHARILLO; FARIA, 2020).

Outro parâmetro importante é a população animal total, que deve ser calculada considerando apenas os dias em que o animal está vivo, o que varia conforme a categoria animal. A estimativa do número de animais em populações estáticas, como vacas leiteiras ou suínos reprodutores (matrizes), é relativamente simples, baseando-se apenas em dados de

---

<sup>6</sup> Calculado a partir dos valores de sistemas de terminação com geração de 4,5 L/animal dia com duração de 105 dias e sistemas de creche com geração de 1,6 L/leitão dia com duração de 35 dias e intervalo de 7 dias entre os lotes. Para sistemas UPL: 15,6 L/matriz dia; UPD: 11,4 L/matriz dia; ciclo completo 50,6 L/matriz dia (Nicoloso et al., 2023).

<sup>7</sup> Considerando TAM de 508 kg/animal e densidade de dejetos de 933 kg/m<sup>3</sup>.

inventário animal. Entretanto, para populações em crescimento, como frangos e suínos de corte, a estimativa é mais complexa, pois esses animais vivem apenas parte do ano antes de serem abatidos para consumo. Assim, considerar que cada animal viveu o ano inteiro (365 dias) resultaria em uma superestimativa da população. Para evitar isso, deve-se calcular a população média anual dividindo o número total de animais criados pelo número de ciclos de crescimento ao longo do ano. Nesse sentido a geração de efluentes e as estimativas de emissões consideram apenas o dia que o animal esteve vivo.

Com base nesses valores, foi estimado a população média total de acordo com o IPCC (2019)<sup>8</sup>. Assim, as populações médias anuais são descritas como o número de animais por categoria em um determinado país ( $N_{(P)}$ ), conforme a Equação 6 a seguir:

*Erro! Autoreferência de indicador não válida. Equação 6 População animal média anual no país*

$$N_P = \text{Dia}_{\text{vivo}} \cdot \left( \frac{\text{NAPA}}{365} \right)$$

Em que,

$N_{(P)}$  = número de animais/categoria T no país (equivalente ao número anual população média)

**NAPA** = número de animais produzidos anualmente;

**Dia<sub>vivo</sub>** = dias do ano em que o animal está vivo.

Além disso, a inserção dos dados da porcentagem de sistemas que tem seus dejetos manejados por digestão anaeróbia ou compostagem se dá pela inserção do volume tratado ou do número de animais alojados (com base na capacidade de alojamento da unidade produtiva). Nesse sentido, para estimar o número de animais de sistemas de criação de suínos de ciclo completo e de unidades produtoras de leitões (UPL) o número de animais e dejetos é estimado com base na relação de que cada matriz alojada gera 11,7 leitões vivos por nascimento, com uma mortalidade de 7,8% na maternidade e 2,2% na creche, isso com 2,59 ciclos anuais com 141 dias (Nicoloso et al., 2023).

---

<sup>8</sup> Equação 10.1 presente no capítulo 10 do volume 4 do refinamento das diretrizes do IPCC de 2019.

## Metodologia para estimativa dos indicadores secundários

Essa seção detalha a metodologia empregada na estimativa dos indicadores secundários, que são fundamentais para avaliar o desempenho e impacto de sistemas de manejo de resíduos em diferentes setores da produção animal. Essa metodologia envolve a coleta, análise e processamento de dados técnicos que complementam os indicadores primários, oferecendo uma visão mais detalhada do cenário. São utilizados parâmetros específicos para cada categoria animal, além de variáveis regionais e tecnológicas, a fim de fornecer uma estimativa precisa sobre o volume de resíduos, emissões de gases de efeito estufa (GEE) e o potencial de geração de biogás. A aplicação dessa metodologia permite avaliar a viabilidade de tecnologias mais avançadas e sustentáveis no manejo de resíduos, alinhadas com os objetivos do Plano ABC+.

### Volume de dejetos gerados

A estimativa do volume de resíduos manejados para cada categoria animal avaliada, de acordo com o sistema de manejo de dejetos selecionado, é expressa em m<sup>3</sup> por ano. Esse cálculo é realizado para cada estado, com base nos indicadores de geração de resíduos apresentados na Tabela 6. O valor é obtido pela multiplicação entre a população animal da categoria em cada estado e o parâmetro de volume de resíduos gerado por animal. O valor nacional é, então, o resultado da soma desses valores individuais de todos os estados, proporcionando uma estimativa consolidada para o país.

*Tabela 6 Parâmetros para determinação do volume de resíduos gerados em cada categoria animal*

	Suínos em engorda	Suínos Matrizes	Bovinocultura de leite	Bovinocultura de corte	Avicultura de Postura
<b>Volume de dejetos gerados (m<sup>3</sup>/animal/ano)</b>	1,38 <sup>9a</sup>	4,16 <sup>a</sup>	15,14 <sup>b,c</sup>	8,76 <sup>b,c</sup>	0,044 <sup>d,e</sup>

---

<sup>9</sup> Valor considerando a capacidade de alojamento, se for em termos de produção total, o valor por animal é de 0,529 (m<sup>3</sup>/animal/ano).

<sup>a</sup> NICOLOSO et al. (2023); <sup>b</sup> CAMPOS et al. (2003); <sup>c</sup> Plano ABC (MEDEIROS; SAMPAIO; SOTTA, 2019); <sup>d</sup> KUNZ e OLIVEIRA (2006); <sup>e</sup> RIBEIRO et al. (2018).

## Volume de biogás produzido na biodigestão e aproveitado energeticamente

O volume de biogás produzido na biodigestão é expresso em m<sup>3</sup> de biogás por m<sup>3</sup> de dejetos, com base nos valores de produção de dejetos para cada categoria animal, conforme apresentados na Tabela 6. A partir desses dados, foi estabelecida uma relação entre o volume de dejetos e o potencial de produção de biogás, de acordo com os valores da Tabela 7, que foram então multiplicados pela porcentagem de dejetos manejados por sistemas de digestão anaeróbia em cada estado e categoria animal.

*Tabela 7 Parâmetros utilizados para cálculo de potencial de produção de biogás*

Cadeia produtiva	Fator de geração de biogás (FGB)		Referência
Suínos em crescimento	26,40	m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> dejetos	MITO et al. (2018)
Suinocultura matriz	12,36	m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> dejetos	MITO et al. (2018)
Avicultura de postura	116,67	m <sup>3</sup> biogás/t dejetos	KUNZ e OLIVEIRA (2006)
Bovinocultura de leite	17,44	m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> dejetos	MITO et al. (2018)
Bovinocultura de corte	23,27	m <sup>3</sup> biogás/m <sup>3</sup> dejetos	MITO et al. (2018)

O valor nacional corresponde à soma dos resultados estaduais para todas as categorias animais conforme apresentado na Equação 7.

*Equação 7 Volume de biogás produzido na digestão anaeróbia*

$$\text{Volume de biogás} = \sum VD_{(T)} \times FGB_{(T)} \times AWMS_{(T,bio,k)}$$

Em que:

**Volume de biogás** = quantidade de biogás produzido no ano (m<sup>3</sup>/ano)

**VD<sub>(T)</sub>** = volume de dejetos gerado para população de animais definida (T) (m<sup>3</sup>/ano)

**FGB<sub>(T)</sub>** = Fator de geração de biogás para população de animais definida (T) (m<sup>3</sup>/ano)

**AWMS<sub>(T, bio, k)</sub>** = Fração de dejetos da categoria de animais T manejados com sistema de digestão anaeróbia na região climática K (%).

## Quantidade de energia elétrica gerada a partir do uso de biogás

A quantidade de energia elétrica gerada a partir do uso de biogás, em MWh, é baseada no valor total de biogás calculado no item anterior 0. Deve-se considerar o volume que será utilizado para geração de energia elétrica e os respectivos fatores para conversão a energia elétrica. A Tabela 8 apresenta os principais fatores de equivalência utilizados na equação.

Tabela 8 Parâmetros utilizados para cálculo de potencial de produção de energia e composto

Parâmetro	Equivalência	Unidade	Referência
Fator de redução de volume da excreta para composto	70	%	Oliveira et al. (2006)
Potencial Energético do metano	9,97	kWh/m <sup>3</sup> <sub>metano</sub>	FNR (2012)
Eficiência de conversão a energia elétrica	35	%	Instituto 17 (2021)
Pureza do gás para biometano	90	%	Brasil (2022)
Teor de metano no biogás	60	%	Instituto 17 (2021)
Equivalência Diesel	0,66	L diesel/m <sup>3</sup> <sub>biogás</sub>	Barros (2021)

Com base no Potencial Energético do metano, na Eficiência de conversão a energia elétrica e do Teor de metano no biogás, em relação ao volume de biogás gerado é possível estimar a quantidade de energia gerada anualmente como demonstrado na Equação 8 abaixo:

Equação 8 Quantidade de energia elétrica gerada a partir do uso de biogás

*Quantidade de energia elétrica*

$$= \text{Volume de biogás} \times \% \text{ de metano} \times \text{Eficiência} \times \frac{\text{Potencial Energético}}{1000}$$

**% de metano** = 60% de metano no biogás

**Eficiência** = 35% de eficiência da tecnologia

**Potencial energético** = 9,97 (kWh/m<sup>3</sup> de metano)

## Volume de biometano e de diesel substituído a partir do uso de biogás

O volume de diesel substituído a partir do uso de biogás (m<sup>3</sup>) é baseado no valor total de biogás gerado. Foi considerada a equivalência de 0,66 litros de diesel por metro cúbico de

biogás, e que o biogás bruto apresenta 60% de metano. Considerou-se a purificação de 90% de metano no biometano, em atendimento à Resolução ANP nº 906, de 18 de novembro de 2022.

Com base nessas considerações a estimativa do biometano gerado é apresentada na Equação 9 abaixo:

*Equação 9 Volume de biometano gerado*

$$\text{Volume de biometano} = \text{Volume de biogás} \times \frac{60\%}{90\%}$$

Já para determinar a equivalência em diesel é utilizada a Equação 10 abaixo:

*Equação 10 Volume equivalente em diesel*

$$\text{Volume de diesel equivalente} = \text{Volume de biogás} \times 0,66/1000$$

## Volume de composto orgânico produzido

O volume de composto orgânico produzido em toneladas por ano a partir do tratamento por compostagem é estimado com base no volume de dejetos multiplicado pelo fator de Fator de redução de volume da excreta para composto de 70% no volume inicial do dejetos (Tabela 8), conforme Equação 11 abaixo:

*Equação 11 Volume de composto orgânico produzido*

$$\text{Volume de composto} = \sum VD_{(T)} \times 0,70 \times AWMS_{(T,comp,k)}$$

Onde:

**Volume de composto** = Volume de composto orgânico produzido no ano (m<sup>3</sup>/ano)

**VD (T)** = volume de dejetos gerado para população de animais definida (T) (m<sup>3</sup>/ano)

**0,70** = Fator de redução de volume da excreta para composto de 70% no volume inicial do dejetos

**AWMS** (T, comp, K) = Fração de dejetos da categoria de animais T manejados com sistema de compostagem na região climática K (%).

Volume de fertilizante químico evitado pelo uso de composto orgânico produzido a partir da compostagem e de biofertilizante a partir da digestão anaeróbia

O volume de fertilizante químico evitado pelo uso de composto orgânico produzido da compostagem e de biofertilizante oriundo da digestão anaeróbia é calculado a partir do volume de efluente tratado e, com uso de base de dados com concentrações de nutrientes, estima-se a quantidade de fertilizante químico evitado com uso do composto orgânico e biofertilizante oriundo dos processos de tratamento dos dejetos.

Inicialmente é determinado o fator de equivalência de fertilizantes químicos dos dejetos conforme Equação 12 abaixo:

*Equação 12 Determinação do fator de equivalência de fertilizantes químicos dos dejetos*

$$\text{Fator de equivalência dos dejetos} = \frac{CNFQ}{CND_{(T)}}$$

Em que:

**Fator de equivalência dos dejetos** = fator de equivalência dos dejetos em relação ao fertilizante químico considerado

**CND** (T) = concentração média de nutrientes por dejetos animal (T), em kg /m<sup>3</sup> dejetos

**CNFQ** = concentração de nutrientes no fertilizante químico em comparação com a formulação química dos nutrientes NPK (09-33-12) em kg/t de fertilizante



Tabela 9 Parâmetros utilizados para cálculo do fertilizante químico evitado

Cadeia produtiva	Concentração média (CND)			Unidade	Equivalência em P
	N	P	K		
Suínocultura matriz <sup>a</sup>	3,68	2,28	1,78	kg /m <sup>3</sup> dejetos	144,54
Suínos em crescimento <sup>10</sup>	5,26	2,73	2,60	kg /m <sup>3</sup> dejetos	120,92
Suínocultura de creche <sup>a</sup>	3,29	1,64	2,26	kg /m <sup>3</sup> dejetos	200,74
Avicultura de postura <sup>b</sup>	16	49	19	kg /m <sup>3</sup> dejetos	6,73
Bovinocultura de leite <sup>b</sup>	1,4	0,8	1,4	kg /m <sup>3</sup> dejetos	412,50
Bovinocultura de corte <sup>b</sup>	1,5	1,4	1,5	kg /m <sup>3</sup> dejetos	235,71
Formulação Fertilizante NPK (09-33-12) (CNFQ) <sup>b</sup>	90	330	120	kg/ton fertilizante	

<sup>a</sup> NICOLOSO et al. (2023); <sup>b</sup>(BARROS et al., 2019).

Com base nas informações da concentração de nutrientes no dejetos (Tabela 9) e o fator de equivalência do fertilizante em termos do nutriente fósforo é possível obter os valores de fertilizantes químicos evitados, por meio da Equação 13 abaixo:

Equação 13 Quantidade de fertilizante químico evitado

$$Fert. \text{ químico evitado} = \frac{VD_{(T)}}{Fator \text{ de equivalência de } P}$$

Onde:

**Fert. químico evitado** = quantidade de fertilizante químico evitado, base fósforo (t/ano)

**VD (T)** = volume de dejetos gerado para população de animais definida (T) (m<sup>3</sup>/ano)

**Fator de equivalência** = equivalência dos dejetos em relação ao fertilizante químico considerado (P).

---

<sup>10</sup> O valor dos suínos em crescimento é resultante da média ponderada pelo volume entre os valores presentes nos dejetos da fase de terminação e da fase de creche.

# Fluxo de cálculo e detalhamento das equações da metodologia

Nesta seção, todas as equações utilizadas na metodologia da *ABC+Calc* serão apresentadas de forma detalhada nos tópicos a seguir. Além de mostrar o fluxo completo de cálculo, cada equação será explicada minuciosamente, garantindo que o processo de estimativa e mitigação de poluentes climáticos de vida curta (PCVC) no manejo de resíduos da produção animal (MRPA) seja claro e transparente. Esta abordagem visa fornecer uma compreensão abrangente dos cálculos subjacentes, permitindo que os usuários acompanhem cada etapa com precisão e confiança.

## Definição das zonas climáticas

A

Tabela 10 apresenta a descrição dos cálculos feitos para a definição das zonas climáticas presente na aba Entrada de dados. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 10 Equações utilizadas para definição das zonas climáticas

Eq. N°	Equação
Eq. I	$\text{Relação } EVP/\text{precipitação de PR/SC/RS} = \frac{EVP}{\text{precipitação}}$
Eq. II	<p>Zona climática todos os estados, exceto PR/SC/RS</p> <p>= SE(E(Temperatura média anual &gt; 18; Evapotranspiração &gt; 2000); "Quente Tropical Molhado"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 18; Evapotranspiração &gt; 1000); "Quente Tropical Úmido"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 18; Evapotranspiração &lt; 1000); "Quente Tropical Seco"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 10; Evapotranspiração &gt; 1); "Temperado Quente Úmido"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 10; Evapotranspiração &lt; 1); "Temperado Quente Seco"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 0; Evapotranspiração &gt; 1); "Temperado Frio Úmido"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 0; Evapotranspiração &lt; 1; "Temperad Frio Seco)))))))))</p>

Eq. III	<p><i>Zona climática de PR/SC/RS</i></p> <p>= SE(E(Temperatura média anual &gt; 10; Evapotranspiração &gt; 1); "Temperado Quente Úmido"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 10; Evapotranspiração &lt; 1; "Temperado Quente Seco"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 0; Evapotranspiração &gt; 1); "Temperado Frio Úmido"; SE(E(Temperatura média anual &gt; 0; Evapotranspiração &lt; 1; "Temperad Frio Seco))))))</p>
---------	--

\* EVP (evapotranspiração).

Para a definição das zonas climáticas, o usuário deve informar para o Estado de estudo a temperatura média anual (°C) e a precipitação média anual (mm). Assim, de acordo com a Eq. II é determinada a zona climática desse Estado. Já, se o Estado de estudo for um dos três Estados da Região Sul (Paraná, Santa Catarina ou Rio Grande do Sul) deverá também ser fornecida a evapotranspiração (mm). Com isso, inicialmente é determinada a relação entre evapotranspiração (EVP) e precipitação como apresentado na Eq. I. Após isso é definida a zona climática desses três Estados pela Eq. III.

## Equações associadas a suínos em crescimento

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta a descrição dos cálculos relacionados à categoria suínos em crescimento. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

*Tabela 11 Equações utilizadas na aba suinocultura de crescimento*

Eq. N°	Equação
Eq. IV	$\text{População média animal} = \text{Duração ciclo reprodutivo} \times \left( \frac{\text{População animal}}{365} \right)$
Eq. V	$TAM = \frac{\text{Peso médio carcaças abatidas} \times 0,72}{0,53}$
Eq. VI	$\text{Número de animais confinados (capacidade de alojamento) Ciclo completo Tratados por Digestão anaeróbia} = \text{Taxa de natalidade por matriz} \times \text{Número de animais confinados (capacidade de alojamento) Ciclo completo Tratados por Digestão anaeróbia da ABA Matrizes de suínos}$
Eq. VII	$\text{Número de animais confinados (capacidade de alojamento) Ciclo completo Compostagem} = \text{Taxa de natalidade por matriz} \times \text{Número de animais confinados (capacidade de alojamento) Ciclo completo Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos}$

	<i>Compostagem da ABA Matrizes de suínos</i>
Eq. VIII	<i>Número de animais confinados (capacidade de alojamento) UPL Tratados por Digestão anaeróbia</i> = Taxa de natalidade por matriz x <i>Número de animais confinados (capacidade de alojamento) UPL Tratados por Digestão anaeróbia da ABA Matrizes de suínos</i>
Eq. IX	<i>Número de animais confinados (capacidade de alojamento) UPL Tratados por Compostagem</i> = Taxa de natalidade por matriz x <i>Número de animais confinados (capacidade de alojamento) UPL Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos</i>
Eq. X	$\text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{Ciclo completo Tratados por Compostagem}$ $= 0,7819^a \times \text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{Ciclo completo Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos}$
Eq. XI	$\text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{Ciclo completo Tratados por Digestão anaeróbia}$ $= 0,7819^a \times \text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{Ciclo completo Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos}$
Eq. XII	$\text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{UPL Tratados por Compostagem} = 0,2967^b \times \text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{UPL Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos}$
Eq. XIII	$\text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{UPL Tratados por Digestão anaeróbia} = 0,2967^b \times \text{Volume} \left( \frac{m^3}{\text{ano}} \right) \text{UPL Tratados por Compostagem da ABA Matrizes de suínos}$
Eq. XIV	$\% \text{ dejeito manejado compostagem} = SEERRO(((SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em terminação})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em ciclo completo})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche UPL})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right))))); "")$
Eq. XV	$\% \text{ de dejeito manejado biodigestão} = SEERRO(((SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em ciclo completo})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em ciclo completo})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right)))) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})} \right)); \left( \frac{(\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche UPL})}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}} \right))))); "")$

	$\left(\frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em terminação}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}}\right)\right)\right) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left(\frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})}\right));$ $\left(\frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}}\right)\right)\right) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left(\frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})}\right));$ $\left(\frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em ciclo completo}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}}\right)\right)\right) + (SE(\text{dado informado} = \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left(\frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})}\right));$ $\left(\frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos em creche UPL}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}}\right)\right)\right); ""$
Eq. XVI	<p><i>MCF Compostagem</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Úmido"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Seco"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Úmido"}); 1; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1; ""))\right)\right)\right)$
Eq. XVII	<p><i>MCF Biodigestão</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Úmido"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Seco"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Úmido"}); 9,59; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 9,59; ""))\right)\right)\right)$
Eq. XVIII	<p><i>% dejetos gerenciados líquido/slurry</i></p> $= SEERRO((1 - \% \text{ dejetos gerenciados compostagem} - \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}); "")$
Eq. XIX	<p><i>MCF Líquido/slurry</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 67; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Úmido"}); 64; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Seco"}); 68; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Úmido"}); 29; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 32; ""))\right)\right)\right)$

Eq. XX	$\text{Emissões } tCH_4/\text{cabeça} = (SV \times TC/\text{ano}) \times \left( B_0 \times 0,00067 \times \left( \frac{MCF}{100} \right) \right)$
Eq. XXI	$\begin{aligned} \text{Emissões } tN_2O/\text{cabeça} \\ = \left( \left( Nex \times \left( \frac{TAM}{1000} \right) \times TC/\text{ano} \right) \times \text{Fator de emissão } N_2O \text{ para o sist. de manejo} \right) \times \left( \frac{44}{28} \right) / 100 \end{aligned}$

<sup>a</sup>Percentual de dejetos produzidos por suínos em crescimento no sistema de ciclo completo em relação ao volume total gerado por esse sistema de manejo.

<sup>b</sup>Percentual de dejetos produzidos por suínos em crescimento no sistema UPL em relação ao volume total gerado por esse sistema de manejo.

Na aba Suínos em crescimento, primeiramente deve ser fornecido o valor da população animal e o peso médio das carcaças abatidas (kg/carcaça) no ano em estudo, com base no total de abates anuais para sistemas de alta produtividade. A partir do dado sobre população animal é utilizada a **Eq. IV** Erro! Fonte de referência não encontrada. para a determinação da População média animal, referente aos dias em que o animal esteve vivo para as estimativas de emissão. E, com a informação sobre o peso médio das carcaças abatidas, a Erro! Fonte de referência não encontrada. é usada para a determinação do TAM (massa corporal animal).

Em seguida o usuário deverá informar o *volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano)* ou o *número de animais confinados (capacidade de alojamento)* nos sistemas de creche e terminação, que são tratados por digestão anaeróbia e/ou tratados por compostagem.

Para os animais em crescimento nas unidades de ciclo completo e UPL, os valores são estimados com base nas informações fornecidas na aba **Matrizes de Suínos**, considerando a unidade selecionada. Assim, ao informar a capacidade de alojamento de matrizes para UPL e ciclo completo, o número equivalente de animais em crescimento é determinado pelas equações **Eq. VI**, **Eq. VII**, **Eq. VIII** e **Eq. IX**, aplicando um fator de correção (taxa de natalidade por matriz) para calcular:

1. O número de suínos em crescimento confinados no sistema de ciclo completo, tratados por digestão anaeróbia (**Eq. VI**) e/ou compostagem (**Eq. VII**).
2. O número de suínos em crescimento confinados no sistema UPL, tratados por digestão anaeróbia (**Eq. VIII**) e/ou compostagem (**Eq. IX**).

Caso a unidade informada na aba Matrizes de Suínos para UPL e ciclo completo seja o volume de dejetos tratados por compostagem ou digestão anaeróbia ( $m^3/\text{ano}$ ), determina-se a fração desse volume correspondente aos suínos em crescimento por meio das equações **Eq. X**, **Eq. XI**, **Eq. XII**, e **Eq. XIII**. Esses cálculos consideram um fator de ajuste com base no percentual de dejetos produzidos por suínos em crescimento dentro de cada sistema: 78,19% no ciclo completo e 29,67% no UPL.

Em seguida é determinado o percentual de dejetos manejado por compostagem pela **Eq. XIV** e o percentual de dejetos manejado por biodigestão pela **Eq. XV**. As duas equações são semelhantes e dependem da informação fornecida inicialmente, volume de dejetos ( $m^3/\text{ano}$ ) ou número de animais confinados (capacidade de alojamento animais) por digestão anaeróbia e tratados por compostagem. Após a determinação desses percentuais, são determinados os MCFs para os dois sistemas pelas **Eq. XVI** (compostagem) e **Eq. XVII** (biodigestão).

A determinação da porcentagem de dejetos manejado pelo sistema *liquid/slurry* ( $AWMS_{\text{linha de base}}$ ) é realizada pela **Eq. XVIII**. Após isso, é determinado o MCF também para o sistema *liquid/slurry* pela **Eq. XIX**.

E, por fim, são calculados os fatores de emissões de metano (**Eq. XX**) e óxido nitroso (**Eq. XXI**) para cada sistema de manejo em função dos seus respectivos fatores.

## Equações associadas a suinocultura de matrizes

A Tabela 12 apresenta a descrição dos cálculos relacionados à categoria matrizes de suínos. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

*Tabela 12 Equações utilizadas na aba suinocultura de matrizes*

Eq. N°

Equação

Eq. XXII	$\text{População média animal} = \text{Duração ciclo reprodutivo} \times \left( \frac{\text{População animal}}{365} \right)$
Eq. XXIII	$\begin{aligned} \% \text{ dejeito manejado compostagem} &= \text{SEERRO} \left( \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) + \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) + \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) \right); "" \end{aligned}$
Eq. XXIV	$\begin{aligned} \% \text{ de dejeito manejado biodigestão} &= \text{SEERRO} \left( \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) + \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) + \left( \text{SE}(\text{dado informado} \right. \\ &= \text{"Volume (m}^3/\text{ano)"}; \left. \left. \left( \frac{\text{Volume (m}^3/\text{ano)}}{(\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos})} \right); \right. \right. \\ &\left. \left. \left( \frac{\text{Número animais confinados} \times \text{Prod. dejetos suínos matrizes de suínos}}{\text{População animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}} \right) \right) \right) \right); "" \end{aligned}$
Eq. XXV	$\begin{aligned} \text{MCF Compostagem} &= \text{SE} \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ &= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 1,5; \text{SE} \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ &= \text{Quente Tropical Úmido}); 1,5; \text{SE} \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ &= \text{"Quente Tropical Seco"}); 1,5; \text{SE} \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ &= \text{"Temperado Quente Úmido"}); 1; \text{SE} \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1; "" \right) \right) \right) \end{aligned}$



Eq. XXVI	$MCF \text{ Biodigestão} = SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 9,59; SE(E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Seco"}); 9,59; "")))))$
Eq. XXVII	$MCF \text{ Liquid/slurry}$ $= SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 67; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 64; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 68; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 29; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 32; "")))))$
Eq. XXVIII	$\% \text{ dejetos gerenciados líquido/slurry}$ $= SEERRO((1 - \% \text{ dejetos gerenciados compostagem} - \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}); "")$
Eq. XXIX	$\text{Emissões } tCH_4/\text{cabeça} = (SV \times TC / \text{ano}) \times \left( B_0 \times 0,00067 \times \left( \frac{MCF}{100} \right) \right)$
Eq. XXX	$\text{Emissões } tN_2O/\text{cabeça} = \left( \left( \left( Nex \times \left( \frac{TAM}{1000} \right) \times \frac{TC}{\text{ano}} \right) \times \text{Fator de emissão } N_2O \text{ para o sist. de manejo} \right) \times \left( \frac{44}{28} \right) \right) / 100$

Na Aba Matrizes de suínos, primeiramente deve ser fornecido o valor da população animal com base nos sistemas de alta produtividade. Após, o usuário deverá informar o volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou o número de animais confinados (capacidade de alojamento) que tem seus dejetos gerenciados por digestão anaeróbia e/ou tratados por compostagem, para cada sistema produtivo (ciclo completo, UPL ou UPD).

A partir do dado sobre população animal é utilizada a equação **Eq. XXII** para a determinação da População média animal, referente aos dias em que o animal esteve vivo para as estimativas de emissão. Em seguida é determinado o percentual de dejetos gerenciados por compostagem pela equação **Eq. XXIII** e o percentual de dejetos gerenciados por biodigestão pela equação **Eq. XXIV**. As duas equações são semelhantes e dependem da informação

fornecida inicialmente, volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou número de animais atendidos (animais/ano) por digestão anaeróbia e tratados por compostagem.

Após a determinação desses percentuais, são determinados os MCFs, com base na classificação climática para os dois sistemas pelas equações Eq. XXV (compostagem) e Eq. XXVI (biodigestão). O MCF para o sistema *liquid/slurry* (AWMS<sub>linha de base</sub>) é determinado pela Erro! Fonte de referência não encontrada..

A partir do cálculo dos percentuais de dejetos gerenciados por compostagem e biodigestão, é calculado o percentual de dejetos gerenciados pelo *liquid/slurry* pela Eq. XXVIII.

E, por fim, são calculados os fatores de emissões de metano (Eq. XXIX) e óxido nítrico (Eq. XXX) para cada sistema de manejo em função dos seus respectivos fatores.

## Equações associadas a avicultura de postura

A Tabela 13 apresenta a descrição dos cálculos relacionados à categoria aves de postura. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 13 Equações utilizadas na aba avicultura de postura

N°	Equação
Eq. XXXI	$\text{População média animal} = \text{Duração ciclo reprodutivo} \times \left( \frac{\text{População animal}}{365} \right)$
Eq. XXXII	$\begin{aligned} & \text{MCF Sem cama coletora} \\ & = SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{Quente Tropical Úmido}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Seco"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Temperado Quente Úmido}); 1,5; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1,5; ""))))) \end{aligned}$

Eq. XXXIII	<p><i>MCF Estocagem sólida</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 4; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 4; "")))))$
Eq. XXXIV	<p><i>% de dejetos gerenciados compostagem</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right.$ $= \text{Volume (m}^3/\text{ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal total} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \left( \frac{\text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{\text{N}^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right)}{(\text{Pop. animal total} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \times \text{Prod. dejetos} \right) \right) \right)$
Eq. XXXV	<p><i>MCF Compostagem</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 1,5; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1; "")))))$
Eq. XXXVI	<p><i>% de dejetos gerenciados biodigestão</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right.$ $= \text{Volume (m}^3/\text{ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal total} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \left( \frac{\text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{\text{N}^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right)}{(\text{Pop. animal total} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \times \text{Prod. dejetos} \right) \right) \right)$

Eq. XXXVII	$MCF \text{ Biodigestão} = SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 9,59; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 9,59; "")) \right) \right)$
Eq. XXXVIII	$Emissões \text{ tCH}_4/\text{cabeça} = (SV \times TC/\text{ano}) \times \left( B_0 \times 0,00067 \times \left( \frac{MCF}{100} \right) \right)$
Eq. XXXIX	$Emissões \text{ tN}_2\text{O}/\text{cabeça} = \left( \left( \left( N_{ex} \times \left( \frac{TAM}{1000} \right) \times \frac{TC}{\text{ano}} \right) \times \text{Fator de emissão } N_2O \text{ para o sist. de manejo} \right) \times \left( \frac{44}{28} \right) \right) / 1000$

Na Aba Aves de postura, inicialmente o usuário deverá informar a população animal anual, com base em sistemas de alta produtividade. Em seguida, o volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou o número de animais (capacidade de alojamento) que tem seus dejetos manejados por digestão anaeróbia e/ou tratados por compostagem. Deverá também informar o percentual de dejetos manejados no sistema sem cama coletora (AWMS<sub>linha de base</sub>) e estocagem sólida (AWMS<sub>linha de base</sub>).

A partir do dado sobre população animal é utilizada a equação **Eq. XXXI** para a determinação da população média animal, referente aos dias em que o animal esteve vivo para as estimativas de emissão.

OS MCFs para esses dois sistemas (AWMS<sub>linha de base</sub>) são determinados com base na classificação climática como apresentado pelas equações **Eq. XXXII** **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (sem cama coletora) **Eq. XXXIII** (estocagem sólida).

Para determinar o percentual de dejetos manejados por compostagem utiliza-se a **Eq. XXXIV** e o MCF desse sistema é calculado pela equação **Eq. XXXV**. Já, o percentual de dejetos manejados por biodigestão é determinado pela equação **Eq. XXXVI** e o MCF desse sistema pela equação **Eq. XXXVII**. As equações para determinar o percentual de dejetos manejados são semelhantes e dependem da informação fornecida inicialmente, volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano)

ou número de animais atendidos (animais/ano) por digestão anaeróbia e tratados por compostagem.

Após a determinação desses percentuais, são calculados os fatores de emissões de metano (Eq. XXXVIII) e óxido nitroso (Eq. XXXIX) para cada sistema de manejo em função dos seus respectivos fatores.

## Equações associadas a bovinocultura de corte

A Tabela 14 apresenta a descrição dos cálculos relacionados à categoria bovinocultura de corte. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 14 Equações utilizadas na aba bovinocultura de corte

Eq. N°	Equação
Eq. XL	$\text{População média animal} = \text{Duração ciclo reprodutivo} \times \left( \frac{\text{População animal}}{365} \right)$
Eq. XLI	$TAM = \frac{\text{Peso médio carcaças abatidas} \times 0,52}{0,8}$
Eq. XLII	$MCF \text{ Dry lot} = SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 2; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 2; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 2; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 1,5; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1,5; "")))))$

Eq. XLIII	<p><i>MCF Estocagem sólida</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{Quente Tropical Úmido}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Seco"}); 5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Úmido"}); 4; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 4; "")) \right) \right) \right) \right)$
Eq. XLIV	<p><i>% de dejetos gerenciados compostagem</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right)$ $= \text{Volume (m}^3/\text{ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \frac{(\text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{\text{N}^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right)) \times \text{Prod. dejetos}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \right) \right)$
Eq. XLV	<p><i>MCF Compostagem</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{Quente Tropical Úmido}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Quente Tropical Seco"}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Úmido"}); 1; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 1; "")) \right) \right) \right) \right)$
Eq. XLVI	<p><i>% de dejetos gerenciados biodigestão</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right)$ $= \text{Volume (m}^3/\text{ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \frac{(\text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{\text{N}^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right)) \times \text{Prod. dejetos}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \right) \right)$

Eq. XLVII	$MCF \text{ Biodigestão} = SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido}); 9,59; SE(E(\text{Zona climática} = \text{"Temperado Quente Seco"}); 9,59; "")) \right)$
Eq. XLVIII	$Emissões \text{ tCH}_4/\text{cabeça} = (SV \times TC/\text{ano}) \times \left( B_0 \times 0,00067 \times \left( \frac{MCF}{100} \right) \right)$
Eq. XLIX	$Emissões \text{ tN}_2\text{O}/\text{cabeça} = \left( \left( \left( Nex \times \left( \frac{TAM}{1000} \right) \times \frac{TC}{\text{ano}} \right) \times \text{Fator de emissão N}_2\text{O para o sist. de manejo} \right) \times \left( \frac{44}{28} \right) \right) / 100$

Na Aba Bovinos de corte, primeiramente deve ser fornecido o valor da população animal e o peso médio das carcaças abatidas (kg/carcaça) no ano com bases nos sistemas de alta produtividade. A partir do dado sobre população animal é utilizada a equação Eq. XL para a determinação da População média animal, referente aos dias em que o animal esteve vivo para as estimativas de emissão. Com a informação sobre o peso médio das carcaças abatidas, a equação Eq. XLI é usada para a determinação do TAM (massa corporal animal).

Após essas determinações, o usuário deverá informar o volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou o número de animais (capacidade de alojamento) que tem seus dejetos manejados por digestão anaeróbia e/ou tratados por compostagem. Deverá também informar o percentual de dejetos manejado no sistema *dry lot* (AWMS<sub>linha de base</sub>) e estocagem sólida (AWMS<sub>linha de base</sub>).

Com base na classificação climática são determinados os MCFs para os dois sistemas (AWMS<sub>linha de base</sub>) pelas equações Eq. XLII (*dry lot*) e Eq. XLIII (estocagem sólida).

Para determinar o percentual de dejetos manejado por compostagem utiliza-se a Eq. XLIV e o MCF desse sistema é calculado pela equação Eq. XLV. Já, o percentual de dejetos manejado por biodigestão é determinado pela equação Eq. XLVI e o MCF desse sistema pela equação Eq. XLVII. As equações Eq. XLIV e Eq. XLVI são semelhantes e dependem da informação

fornecida, volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou número de animais atendidos (animais/ano) por digestão anaeróbia e tratados por compostagem.

Após a determinação desses percentuais, são calculadas pelas equações Eq. XLVIII e Eq. XLIX os fatores de emissões de metano e óxido nitroso para esses sistemas, respectivamente.

## Equações associadas a bovinocultura de leite

A Tabela 15 apresenta a descrição dos cálculos relacionados à categoria bovinocultura de leite. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 15 Equações utilizadas na aba bovinocultura de leite

Eq. N°	Equação
Eq. L	$\text{População média animal} = \text{Duração ciclo reprodutivo} \times \left( \frac{\text{População animal}}{365} \right)$
Eq. LI	$\begin{aligned} \text{MCF Pasto} = & SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 0,47; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{Quente Tropical Úmido}); 0,47; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Seco"}); 0,47; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Temperado Quente Úmido}); 0,47; SE(E(\text{Zona climática} \\ & = \text{"Temperado Quente Seco"}); 0,47; ""))))) \end{aligned}$
Eq. LII	$\begin{aligned} \text{MCF Liquid/slurry} \\ = & SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Molhado"}); 67; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{Quente Tropical Úmido}); 64; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Quente Tropical Seco"}); 68; SE \left( E(\text{Zona climática} \right. \\ & = \text{"Temperado Quente Úmido}); 29; SE(E(\text{Zona climática} \\ & = \text{"Temperado Quente Seco"}); 32; ""))))) \end{aligned}$



Eq. LIII	<p><i>% de dejetos gerenciados Compostagem</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right)$ $= \text{Volume (m}^3\text{/ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \frac{\left( \left( \text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{N^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right) \right) \times \text{Prod. dejetos} \right)}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \right) \right)$
Eq. LIV	<p><i>MCF Compostagem</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}; 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}; 1,5; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido"); 1,5; SE(E(Zona climática = "Temperado Quente Seco"); 1; "")))))$
Eq. LV	<p><i>% de dejetos gerenciados Biodigestão</i></p> $= SE \left( \text{dado informado} \right)$ $= \text{Volume (m}^3\text{/ano)}; \left( \frac{\text{Volume}}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. de dejetos})} \right);$ $\times \left( \left( \left( \frac{\left( \left( \text{Tempo de confinamento} \times \left( \frac{N^\circ \text{ animais confinados}}{365} \right) \right) \times \text{Prod. dejetos} \right)}{(\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos})} \right) \right) \right)$
Eq. LVI	<p><i>MCF Biodigestão</i></p> $= SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Molhado"}; 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{Quente Tropical Úmido}); 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Quente Tropical Seco"}; 9,59; SE \left( E(\text{Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Úmido"); 9,59; SE(E(Zona climática} \right.$ $= \text{"Temperado Quente Seco"); 9,59; "")))))$
Eq. LVII	$\text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça} = (SV \times TC/\text{ano}) \times \left( B_0 \times 0,00067 \times \left( \frac{MCF}{100} \right) \right)$

Eq. LVIII	$Emissões\ tN_2O/cabeça = \left( \left( \left( N_{ex} \times \left( \frac{TAM}{1000} \right) \times \frac{TC}{ano} \right) \times Fator\ de\ emissão\ N_2O\ para\ o\ sist.\ de\ manejo \right) \times \left( \frac{44}{28} \right) \right) / 100$
-----------	---

Na Aba Bovinos de leite, primeiramente deve ser fornecido o valor da População animal anual, para sistemas de alta produtividade. Após, o usuário deverá informar o volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou o número de animais (capacidade de alojamento) que tem seus resíduos manejados por digestão anaeróbia e/ou tratados por compostagem. Deverá também informar o percentual de dejetos manejado no sistema de pasto (AWMS<sub>linha de base</sub>) e no sistema *liquid/slurry* (AWMS<sub>linha de base</sub>).

A partir do dado sobre população animal é utilizada a equação **Eq. L** para a determinação da população média animal, referente aos dias em que o animal esteve vivo para as estimativas de emissão.

Com base na classificação climática são determinados os MCFs para os dois sistemas (AWMS<sub>linha de base</sub>) pelas equações **Eq. LI** (pasto) e **Eq. LII** (*liquid/slurry*).

Para determinar o percentual de dejetos manejado por compostagem utiliza-se a equação **Eq. LIII** e o MCF do sistema é determinado pela equação **Eq. LIV**. Já, o percentual de dejetos manejado por biodigestão é calculado a equação **Eq. LV** e o MCF do sistema pela equação **Eq. LVI**. As equações **Eq. LIII** e **Eq. LV** Erro! Fonte de referência não encontrada. são semelhantes e dependem da informação fornecida, se foi volume de dejetos (m<sup>3</sup>/ano) ou número de animais atendidos (animais/ano) por digestão anaeróbia e tratados por compostagem.

Os fatores de emissão para todos os sistemas de tratamento são calculados pelas equações **Eq. LVII** e **Eq. LVIII**, para metano e óxido nitroso, respectivamente, com base nos parâmetros e do sistema de tratamento.

## Equações associadas aos resultados de emissões e mitigações

A

Tabela 16 apresenta a descrição dos cálculos relacionados com os resultados gerados em termos de emissões e mitigações de poluentes em cada categoria de produção animal estudada. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 16 Equações utilizadas na aba Resultados.

Eq. N°	Equação
Eq. LIX	<p><i>Emissão de metano no cenário de referência (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 1) \times Emissões tCH_4/cabeça) + ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 2) \times Emissões tCH_4/cabeça) + ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 3) \times Emissões tCH_4/cabeça)$
Eq. LX	<p><i>Emissão de óxido nitroso no cenário de referência (tN<sub>2</sub>O/ano)</i></p> $= ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 1) \times Emissões tN_2O/cabeça) + ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 2) \times Emissões tN_2O/cabeça) + ((Pop. média animal \times \% Cenário de referência 3) \times Emissões tN_2O/cabeça)$
Eq. LXI	<p><i>Emissão de metano AWMS tratamento (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((Pop. média animal \times \% de dejetos gerenciados Compostagem) \times Emissões tCH_4/cabeça) + (Pop. média animal \times \% de dejetos gerenciados Biodigestão) \times Emissões tCH_4/cabeça)$

Eq. LXII	<p><i>Emissão de óxido nítrico AWMS tratamento (tN<sub>2</sub>O/ano) =</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Compostagem}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Biodigestão}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça}$
Eq. LXIII	<p><i>Emissão de metano AWMS Linha de Base (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Liquid/slurry}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça})$
Eq. LXIV	<p><i>Emissão de óxido nítrico AWMS Linha de Base (tN<sub>2</sub>O/ano) =</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Liquid/slurry}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça})$
Eq. LXV	<p><i>Emissão de metano AWMS Linha de Base (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Sem cama coletora}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos armazenados sólidos}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}$
Eq. LXVI	<p><i>Emissão de óxido nítrico AWMS Linha de Base (tN<sub>2</sub>O/ano) =</i></p> $= (((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Sem cama coletora}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos armazenados sólidos}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça})$
Eq. LXVII	<p><i>Emissão de metano AWMS Linha de Base (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Dry lot}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos armazenados sólidos}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}$
Eq. LXVIII	<p><i>Emissão de óxido nítrico AWMS Linha de Base (tN<sub>2</sub>O/ano) =</i></p> $= (((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Dry lot}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos armazenados sólidos}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça})$
Eq. LXIX	<p><i>Emissão de metano AWMS Linha de Base (tCH<sub>4</sub>/ano)</i></p> $= ((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Pasto}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Liquid/slurry}) \times \text{Emissões tCH}_4\text{/cabeça}$
Eq. LXX	<p><i>Emissão de óxido nítrico AWMS Linha de Base (tN<sub>2</sub>O/ano) =</i></p> $= (((\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Pasto}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça}) + (\text{Pop. média animal} \times \% \text{ de dejetos gerenciados Liquid/slurry}) \times \text{Emissões tN}_2\text{O/cabeça})$
Eq. LXXI	<p><i>Emissão total no cenário de referência (tCO<sub>2eq</sub>/ano)</i></p> $= (\text{Emissão CH}_4 \text{ cenário de referência} \times \text{Parâmetro de conversão CH}_4 \text{ em CO}_{2eq}) + (\text{Emissão N}_2\text{O cenário de referência} \times \text{Parâmetro de conversão N}_2\text{O em CO}_{2eq})$

Eq. LXXII	$  \begin{aligned}  & \textit{Emissão total anual (tCO}_{2eq}/\textit{ano)} \\  & = ((\textit{Emissão CH}_4 \textit{ tratamento} + \textit{Emissão CH}_4 \textit{ Linha de base}) \\  & \times \textit{Parâmetro de conversão CH}_4 \textit{ em CO}_2) \\  & + (\textit{Emissão N}_2\textit{O tratamento} + \textit{Emissão N}_2\textit{O Linha de base}) \\  & \times \textit{Parâmetro de conversão N}_2\textit{O em CO}_{2eq})  \end{aligned}  $
Eq. LXXIII	$  \begin{aligned}  & \textit{Total emissões evitadas acumulado (tCO}_{2eq}/\textit{ano)} \\  & = \textit{Emissão total no cenário de referência (tCO}_{2eq}/\textit{ano)} \\  & - \textit{Emissão total anual (tCO}_{2eq}/\textit{ano)}  \end{aligned}  $

As equações Eq. LIX e Eq. LX da

Tabela 16 são referentes a estimativa das emissões de metano e de óxido nitroso no cenário de referência. Vale ressaltar que cada categoria animal apresenta um cenário de referência distinto em termos de sistemas de tratamento que o compõem, entretanto para todos a estimativa é realizada em função da soma do produto entre o fator de emissão da tecnologia de tratamento, a população animal total e a porcentagem que esse sistema de tratamento representa.

A mesma lógica de cálculo é aplicada para as estimativas de emissão de metano e óxido nitroso na AWMS tratamento, no qual as emissões dos sistemas de compostagem e digestão anaeróbia são estimados em função da soma do produto entre o fator de emissão da tecnologia de tratamento, a população animal total e a porcentagem que esse sistema de tratamento representa, representado pelas equações Eq. LXI e Eq. LXII da

Tabela 16.

As emissões relacionadas a AWMS Linha de Base, também são decorrentes da soma do produto entre o fator de emissão da tecnologia de tratamento, a população animal total e a porcentagem que esse sistema de tratamento representa. Como cada uma das categorias animais possui Linhas de Base diferentes, as equações foram estratificadas para facilitar o entendimento. Para os suínos em terminação e as matrizes de suínos, foram utilizadas as equações **Eq. LXIII** e **Eq. LXIV** da

Tabela 16 referentes às emissões de metano e óxido nitroso AWMS Linha de Base. Já, para as aves de postura, foram usadas para determinar as emissões de metano e óxido nitroso AWMS Linha de Base as equações **Eq. LXV** e **Eq. LXVI** da

Tabela 16. Para os bovinos de corte, as equações **Eq. LXVII** e **Eq. LXVIII** da

Tabela 16 para a determinação das emissões de metano e óxido nitroso AWMS Linha de Base foram utilizadas. Por fim, para os bovinos de leite, foram usadas as equações **Eq. LXIX** e **Eq. LXX** da

Tabela 16 para o cálculo das emissões de metano e óxido nitroso AWMS Linha de Base.

Determinadas todas as emissões de metano e óxido nitroso, é possível calcular a emissão total em cada cenário em termos de carbono equivalente ( $tCO_{2eq}/ano$ ). A equação **Eq. LXXI** da

Tabela 16 foi utilizada para a determinação da emissão total no cenário de referência.

Na sequência é determinada a emissão total anual do ano vigente ( $tCO_{2eq}/ano$ ) em que são somadas tanto as emissões da AWMS tratamento como as emissões da AWMS Linha de Base para metano e óxido nitroso e multiplicadas pelos seus respectivos fatores de conversão a carbono equivalente como apresentado na equação **Eq. LXXII** da

Tabela 16.

Após o cálculo das emissões totais anuais, é determinado o total de emissões mitigadas acumulado ( $tCO_{2eq}/ano$ ) pela equação **Eq. LXXIII** da

Tabela 16. Por fim, calcula-se o total de emissões mitigadas no ano vigente ( $tCO_{2eq}/ano$ ) pela subtração da Emissão total do ano anterior em relação ao ano vigente.

## Equações associadas aos resultados dos indicadores secundários

A

Tabela 17 apresenta a descrição dos cálculos relacionados aos indicadores secundários de todas as categorias animais. As equações são enumeradas para facilitar a descrição de cada uma delas realizada na sequência.

Tabela 17 Equações utilizadas nas estimativas dos indicadores secundários

Eq. N°	Equação
Eq. LXXIV	<i>Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) suínos em crescimento</i> = <i>População animal total × Prod. dejetos suínos em crescimento</i>
Eq. LXXV	<i>Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) matrizes de suínos</i> = <i>População animal × Prod. dejetos matrizes de suínos</i>
Eq. LXXVI	<i>Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) aves de postura</i> = <i>População animal × Prod. dejetos aves de postura</i>
Eq. LXXVII	<i>Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) bovinos de corte</i> = <i>População animal – Prod. dejetos bovinos de corte</i>
Eq. LXXVIII	<i>Volume de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) bovinos de leite</i> = <i>População animal × Prod. dejetos bovinos de leite</i>
Eq. LXXIX	<i>Volume total de resíduos gerados (m<sup>3</sup> dejetos/ano)</i> = <i>Volume de resíduos gerados suínos em crescimento</i> + <i>Volume de resíduos gerados matrizes de suínos</i> + <i>Volume de resíduos gerados aves de postura + Volume de resíduos gerados bovinos de corte</i> + <i>Volume de resíduos gerados bovinos de leite</i>
Eq. LXXX	<i>Volume de resíduos manejados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) suínos em crescimento</i> = <i>(Volume de resíduos gerados suínos em crescimento</i> × <i>(% de dejetos gerenciado compostagem + % de dejetos gerenciado biodigestão))</i>



Eq. LXXXI	<p><i>Volume de resíduos gerenciados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) matrizes de suínos</i></p> $= (\text{Volume de resíduos gerados matrizes de suínos} \\ \times (\% \text{ de dejetos gerenciados compostagem} + \% \text{ de dejetos gerenciados biodigestão}))$
Eq. LXXXII	<p><i>Volume de resíduos gerenciados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) aves de postura</i></p> $= (\text{Volume de resíduos gerados aves de postura} \\ \times (\% \text{ de dejetos gerenciados compostagem} + \% \text{ de dejetos gerenciados biodigestão}))$
Eq. LXXXIII	<p><i>Volume de resíduos gerenciados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) bovinos de corte</i></p> $= (\text{Volume de resíduos gerados bovinos de corte} \\ \times (\% \text{ de dejetos gerenciados compostagem} + \% \text{ de dejetos gerenciados biodigestão}))$
Eq. LXXXIV	<p><i>Volume de resíduos gerenciados (m<sup>3</sup> dejetos/ano) bovinos de leite</i></p> $= (\text{Volume de resíduos gerados bovinos de leite} \\ \times (\% \text{ de dejetos gerenciados compostagem} + \% \text{ de dejetos gerenciados biodigestão}))$
Eq. LXXXV	<p><i>Volume total de resíduos gerenciados (m<sup>3</sup> dejetos/ano)</i></p> $= \text{Volume de resíduos gerenciados suínos em crescimento} \\ + \text{Volume de resíduos gerenciados matrizes de suínos} \\ + \text{Volume de resíduos gerenciados aves de postura} \\ + \text{Volume de resíduos gerenciados bovinos de corte} \\ + \text{Volume de resíduos gerenciados bovinos de leite}$
Eq. LXXXVI	<p><i>Geração de composto (t<sub>composto</sub>/ano) suínos em terminação</i></p> $= (\text{Pop. animal total} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento} \\ \times \text{Fator de redução de volume da excreta para composto}) \\ \times \% \text{ de dejetos gerenciados compostagem}$
Eq. LXXXVII	<p><i>Geração de composto (t<sub>composto</sub>/ano) matrizes de suínos</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos} \\ \times \text{Fator de redução de volume da excreta para composto}) \\ \times \% \text{ de dejetos gerenciados compostagem}$
Eq. LXXXVIII	<p><i>Geração de composto (t<sub>composto</sub>/ano) aves de postura</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos aves de postura} \\ \times \text{Fator de redução de volume da excreta para composto}) \\ \times \% \text{ de dejetos gerenciados compostagem}$
Eq. LXXXIX	<p><i>Geração de composto (t<sub>composto</sub>/ano) bovinos de corte</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de corte} \\ \times \text{Fator de redução de volume da excreta para composto}) \\ \times \% \text{ de dejetos gerenciados compostagem}$

Eq. XC	<p><i>Geração de composto (<math>t_{\text{composto}}/\text{ano}</math>) bovinos de leite</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de leite} \\ \times \text{Fator de redução de volume da excreta para composto}) \\ \times \% \text{ de dejetos gerenciados compostagem}$
Eq. XCI	<p><i>Geração total de composto (<math>t_{\text{composto}}/\text{ano}</math>)</i></p> $= \text{Geração de composto suínos em crescimento} + \text{Geração de composto matrizes de suínos} \\ + \text{Geração de composto aves de postura} + \text{Geração de composto bovinos de corte} \\ + \text{Geração de composto bovinos de leite}$
Eq. XCII	<p><i>Geração de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>) suínos em crescimento</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento}) \\ \times \text{Potencial de produção de biogás suínos em terminação} \times \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}$
Eq. XCIII	<p><i>Geração de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>) matrizes de suínos</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos matrizes de suínos}) \\ \times \text{Potencial de produção de biogás matrizes de suínos} \times \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}$
Eq. XCIV	<p><i>Geração de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>) aves de postura</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos aves de postura}) \\ \times \text{Potencial de produção de biogás aves de postura} \times \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}$
Eq. XCV	<p><i>Geração de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>) bovinos de corte</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de corte}) \\ \times \text{Potencial de produção de biogás bovinos de corte} \times \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}$
Eq. XCVI	<p><i>Geração de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>) bovinos de leite</i></p> $= (\text{Pop. animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de leite}) \\ \times \text{Potencial de produção de biogás bovinos de leite} \times \% \text{ dejetos gerenciados biodigestão}$
Eq. XCVII	<p><i>Geração total de biogás (<math>m^3_{\text{biogás}}/\text{ano}</math>)</i></p> $= \text{Geração de biogás suínos em crescimento} + \text{Geração de biogás matrizes de suínos} \\ + \text{Geração de biogás aves de postura} + \text{Geração de biogás bovinos de corte} \\ + \text{Geração de biogás bovinos de leite}$
Eq. XCVIII	<p><i>Potencial de geração de energia elétrica (MWh/ano)</i></p> $= (\text{Geração de biogás} \times \text{Teor de metano no biogás}) \times \text{Eficiência de conversão a energia elétrica} \\ \times \frac{\text{Potencial energético do metano}}{1000}$

<b>Eq. XCIX</b>	<p><i>Potencial total de geração de energia elétrica (MWh/ano)</i></p> <p>= <i>Potencial de geração de energia elétrica suínos em crescimento</i>  + <i>Potencial de geração de energia elétrica matrizes de suínos</i>  + <i>Potencial de geração de energia elétrica aves de postura</i>  + <i>Potencial de geração de energia elétrica bovinos de corte</i>  + <i>Potencial de geração de energia elétrica bovinos de leite</i></p>
<b>Eq. C</b>	$\text{Potencial de geração de biometano (m}^3\text{/ano)} = \left( \frac{\text{Geração de biogás} \times \text{Teor de metano no biogás}}{\text{Pureza do gás para biometano}} \right)$
<b>Eq. CI</b>	<p><i>Potencial total de geração de biometano (m<sup>3</sup>/ano)</i></p> <p>= <i>Potencial de geração de biometano suínos em crescimento</i>  + <i>Potencial de geração de biometano matrizes de suínos</i>  + <i>Potencial de geração de biometano aves de postura</i>  + <i>Potencial de geração de biometano bovinos de corte</i>  + <i>Potencial de geração de biometano bovinos de leite</i></p>
<b>Eq. CII</b>	$\text{Biogás equivalente em diesel (m}^3\text{/ano)} = \frac{\text{Geração de biogás} \times \text{Equivalência diesel}}{1000}$
<b>Eq. CIII</b>	<p><i>Total biogás equivalente em diesel (m<sup>3</sup>/ano)</i></p> <p>= <i>Biogás equivalente em diesel suínos em crescimento</i>  + <i>Biogás equivalente em diesel matrizes de suínos</i>  + <i>Biogás equivalente em diesel aves de postura</i> + <i>Biogás equivalente em diesel bovinos de corte</i>  + <i>Biogás equivalente em dises bovinos de leite</i></p>
<b>Eq. CIV</b>	<p><i>Fertilizante químico evitado – Base fósforo suínos em crescimento (t/ano)</i></p> $= \frac{(\text{Pop. média animal} \times \text{Prod. dejetos suínos em crescimento})}{\text{Equivalência em P suinocultura de crescimento}}$
<b>Eq. CV</b>	<p><i>Fertilizante químico evitado – Base fósforo matrizes de suínos (t/ano)</i></p> $= \frac{(\text{Pop. média animal} \times (\text{Prod. dejetos matrizes de suínos} + \text{creche}))}{\text{Equivalência em P suinocultura matriz}}$
<b>Eq. CVI</b>	<p><i>Fertilizante químico evitado – Base fósforo aves de postura (t/ano)</i></p> $= \frac{(\text{Pop. média animal} \times \text{Prod. dejetos aves de postura})}{\text{Equivalência em P avicultura de postura}}$
<b>Eq. CVII</b>	<p><i>Fertilizante químico evitado – Base fósforo bovinos de corte (t/ano)</i></p> $= \frac{(\text{Pop. média animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de corte})}{\text{Equivalência em P bovinocultura de corte}}$
<b>Eq. CVIII</b>	<p><i>Fertilizante químico evitado – Base fósforo bovinos de leite (t/ano)</i></p> $= \frac{(\text{Pop. média animal} \times \text{Prod. dejetos bovinos de leite})}{\text{Equivalência em P bovinocultura de leite}}$

<b>Eq. CIX</b>	<p><i>Total Fertilizante químico evitado – Base de fósforo (t/ano)</i></p> <p><i>= Fertilizante químico evitado suínos em crescimento</i></p> <p><i>+ Fertilizante químico evitado matrizes de suínos</i></p> <p><i>+ Fertilizante químico evitado aves de postura + Fertilizante químico evitado bovinos de corte</i></p> <p><i>+ Fertilizante químico evitado bovinos de leite</i></p>
----------------	--

Para estimar o volume de resíduos gerados em relação a população total, são empregadas as equações **Eq. LXXIV** para suínos em crescimento, **Eq. LXXV** para suínos matrizes, **Eq. LXXVI** para aves de postura, **Eq. LXXVII** para bovinos de corte e **Eq. LXXVIII** para bovinos de leite. Sendo o volume total a soma dessas categorias como apresentado na equação **Eq. LXXIX**. Em relação ao volume de resíduos manejados nos sistemas  $AWMS_{tratamento}$  (relacionados a compostagem e digestão anaeróbia), são utilizadas as equações **Eq. LXXX** para suínos em crescimento, **Eq. LXXXI** para suínos matrizes, **Eq. LXXXII** para aves de postura, **Eq. LXXXIII** para bovinos de corte e **Eq. LXXXIV** para bovinos de leite. A soma dessas categorias representa o volume total como apresentado na equação **Eq. LXXXV**.

A Geração de composto ( $t_{composto}/ano$ ) é estimada para cada categoria animal pelas equações **Eq. LXXXVI** para suínos em crescimento, **Eq. LXXXVII** para suínos matrizes, **Eq. LXXXVIII** para aves de postura, **Eq. LXXXIX** para bovinos de corte e **Eq. XC** para bovinos de leite. Sendo o volume total a soma dessas categorias como apresentado na equação **Eq. XCI**.

A Geração de biogás ( $m^3_{biogás}/ano$ ) é estimada para cada categoria animal pelas equações **Eq. XCII** para suínos em crescimento, **Eq. XCIII** para suínos matrizes, **Eq. XCIV** para aves de postura, **Eq. XCV** para bovinos de corte e **Eq. XCVI** para bovinos de leite. Sendo o volume total, a soma dessas categorias como apresentado na equação **Eq. XCVII**.

O Potencial de geração de energia elétrica (MWh/ano) é estimado para cada categoria animal pela equação **Eq. XCVIII**. Sendo o potencial total de energia elétrica, a soma dessas categorias como apresentado na equação **Eq. XCIX**.

O Potencial de geração de biometano ( $m^3/ano$ ) é estimado para cada categoria animal pela equação **Eq. C**. Sendo o potencial total de geração de biometano, a soma dessas categorias como apresentado na equação **Eq. CI**.

O Biogás equivalente em diesel ( $m^3$ /ano) é estimado para cada categoria animal pela equação Eq. CII. Sendo o total de biogás equivalente em diesel, a soma dessas categorias como apresentado na equação Eq. CIII.

O Fertilizante químico evitado- Base Fósforo (t/ano) é estimado para cada categoria animal pelas equações Eq. CIV para suínos em crescimento, Eq. CV para matrizes de suínos, Eq. CVI para aves de postura, Eq. CVII para bovinos de corte e Eq. CVIII para bovinos de leite. O total de fertilizante químico evitado- Base Fósforo, a soma dessas categorias como apresentado na equação Eq. CIX.

## LIMITAÇÕES

As ferramentas de cálculo e análise, apesar de complexas, possuem limitações intrínsecas aos modelos e algoritmos que as sustentam. A qualidade dos dados disponíveis e as simplificações necessárias para tornar essas ferramentas viáveis também impactam diretamente em seu desempenho. Portanto, conscientizar o usuário sobre essas restrições é fundamental para um uso mais eficaz e realista dessas tecnologias.

No caso da ABC+Calc, destacam-se algumas limitações importantes que devem ser consideradas ao interpretar e aplicar os resultados obtidos:

- **Dados de entrada:** A precisão dos resultados depende significativamente do AWMS (fração de dejetos manejados em cada sistema) e da definição precisa do sistema de manejo. Se esses parâmetros não forem adequadamente definidos, principalmente para indicadores de emissões de metano e óxido nitroso, os resultados podem ser imprecisos, refletindo mal as condições reais. Para sistemas compostos com mais de um tratamento de linha de base os valores dos percentuais de participação ficam sob responsabilidade do usuário, o que pode promover resultados divergentes da realidade caso essas frações não sejam identificadas de forma adequada.
- **Dependência de dados regionalizados:** A disponibilidade de dados locais, como dados meteorológicos e práticas de manejo específicas, é crucial para a precisão das estimativas. A falta de dados locais precisos pode levar a grandes margens de erro nas

estimativas, comprometendo a confiabilidade do modelo. Isso é particularmente problemático em regiões com pouca infraestrutura para a coleta de dados.

- **Complexidade da agropecuária:** O setor agropecuário é extremamente complexo, com uma grande variedade de sistemas de manejo e práticas em uso. A ferramenta pode simplificar excessivamente essas complexidades, levando a estimativas que não refletem a realidade. A diversidade dos sistemas de manejo torna desafiador criar um modelo que seja aplicável universalmente sem perder a precisão.
- **Limitação de projeções:** A ferramenta não foi projetada para realizar projeções futuras. Isso limita sua utilidade para planejamentos a longo prazo.
- **Variação dos fatores de conversão de energia elétrica:** A variação nos fatores de conversão de energia elétrica, dependendo da tecnologia utilizada, pode resultar em estimativas que são significativamente superiores ou inferiores à realidade. Isso é especialmente relevante para locais que adotam tecnologias variadas para geração de energia elétrica.
- **Variação do teor de CH<sub>4</sub> no biogás:** O teor de metano no biogás pode variar amplamente (de 40% a 65%) com base no tipo de substrato utilizado. Essa variação impacta diretamente as estimativas relacionadas à produção e ao aproveitamento do biogás, podendo levar a avaliações incorretas da eficiência e do potencial de produção.
- **Necessidade de atualização:** A ferramenta não se atualiza automaticamente com novos dados e pesquisas, o que pode levar a desatualizações das estimativas ao longo do tempo. Isso ressalta a importância de revisões periódicas e atualizações manuais para manter a precisão e a relevância dos resultados.
- **Limitações de escala:** A ferramenta pode não ser adequada para sistemas de manejo de resíduos em pequena escala, pois foi projetada com base em modelos aplicáveis a escalas maiores. Isso pode tornar as estimativas menos precisas ou irrelevantes para pequenas propriedades.
- **Variedade de categorias animais:** A ferramenta pode não incluir dados suficientes para todas as categorias animais, resultando em uma análise desigual. Enquanto

algumas categorias podem ter dados detalhados e precisos, outras podem ser sub-representadas, o que compromete a análise das emissões totais e pode levar a lacunas significativas na avaliação.

Essas discussões realçam a importância de considerar as limitações ao utilizar ferramentas de cálculo e análise, permitindo uma interpretação mais cautelosa e informada dos resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Edilson Sousa do. **Galinhas poedeiras: criação em semiconfinamento**. Brasília, Emater-DF: [s. n.], 2009. Disponível em:

[https://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/44/1/Galinhas poedeira versão final de impressão 19.05.2009 indd.indd.pdf](https://biblioteca.emater.df.gov.br/jspui/bitstream/123456789/44/1/Galinhas%20poedeira%20vers%C3%A3o%20final%20de%20impress%C3%A3o%2019.05.2009%20indd.indd.pdf).

ANP. **AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. RESOLUÇÃO ANP Nº 886, DE 29 DE SETEMBRO DE 2022**. [s. l.], 2022. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/>.

BARROS, Evandro Carlos *et al.* **Potencial agrônômico dos dejetos suínos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1117243/1/final9052.pdf>.

BARROS, Talita Delgrossi. **Biogás**. Brasília/DF, 2021. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/biogas>. Acesso em: 4 out. 2024.

DE OLIVEIRA, P.A.V.; HIGARASHI, M.M. UNIDADE DE COMPOSTAGEM PARA O TRATAMENTO DOS DEJETOS DE SUÍNOS. **Série Documentos**, [s. l.], v. DOC-114, p. 39p., 2006. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/58214/1/doc114.pdf>

FIGUEIREDO, Elsie Antônio Pereira de. **Poedeira Embrapa 031: metas de produção e desempenho**. Concórdia: [s. n.], 2022.

FNR. **Guide to Biogas: From production to use**. Eschborn/Germany: FNR/GIZ, 2012. Disponível em:

[https://energypedia.info/images/4/46/Guide\\_to\\_Biogas-From\\_Production\\_to\\_Use.pdf](https://energypedia.info/images/4/46/Guide_to_Biogas-From_Production_to_Use.pdf).

INSTITUTO 17. **Biogás no Brasil: Potencial Oferta a Curto Prazo. Programa de Energia para o Brasil – BEP (Brasil). Relatório técnico 02-2021**. São Paulo/SP: Instituto 17, 2021. *E-book*.

IPCC. **Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management** 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.

KUNZ, Airton Kunz; HIGARASHI, Martha Mayumi; OLIVEIRA, Paulo Armando Victoria de. **Tecnologias**



para o tratamento de resíduos de animais. [S. l.: s. n.], 2014.

KUNZ, Airton; OLIVEIRA, Paulo Armando V. De. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**, [s. l.], n. 3, p. 28–35, 2006.

MAPA. **Pecuária de baixa emissão de carbono: tecnologias mais limpas e aproveitamento econômico dos resíduos bovinos de corte e leite em sistemas confinados**. Brasília: [s. n.], 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/projeto-pecuaria-abc/arquivos-publicacoes/cartilha-carbono-web.pdf>.

MAPA. **Suinocultura de Baixa Emissão de Carbono: Tecnologias de Produção Mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da Produção de suínos**. Brasília, DF: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355242/0/BiogásFert+-+Suinocultura+de+baixa+emissão+de+carbono.pdf>.

MARIA ERIKA PICHARILLO; FABRÍCIO FIRMINO DE FARIA. Quarta Comunicação Nacional E Relatórios De Atualização Bienal Do Brasil À Convenção-Quadro Das Nações Unidas Sobre Mudança Do Clima. Quarto Inventário Nacional De Emissões E Remoções Antrópicas De Gases De Efeito Estufa. Relatório De Referência. Setor Ag. [s. l.], 2020.

MEDEIROS, Sidney Almeida Filgueira de (coord.); SAMPAIO, Fernanda Garcia (coord.); SOTTA, Eleneide Doff (coord.). **Diagnóstico da expansão da adoção da tecnologia de Tratamento de Dejetos Animais (TDA) no território brasileiro entre 2010 e 2019**MAPA. Brasília: [s. n.], 2019.

MILKPOINT. **Levantamento TOP 100 2020: Os 100 maiores produtores de leite do Brasil**. [S. l.: s. n.], 2020.

MITO, Jessica Yuki de Lima *et al.* Metodologia para estimar o potencial de biogás e biometano a partir de plantéis suínos e bovinos no Brasil. **Embrapa Suínos e Aves**, [s. l.], p. 56, 2018. Disponível em: [www.cibiogas.org](http://www.cibiogas.org)

NICOLOSO, Rodrigo da Silveira *et al.* **Critérios técnicos mínimos para o licenciamento ambiental de granjas de suínos**. Concórdia: [s. n.], 2023.

RIBEIRO, Eruin Martuscelli *et al.* GHG avoided emissions and economic analysis by power generation potential in posture aviaries in Brazil. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 120, p. 524–535, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.01.005>

SARDÁ, Luana Goulart *et al.* Methane emission factor of open deposits used to store swine slurry in

Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, [s. /], v. 53, n. 6, p. 657–663, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018000600001>

## ANEXO A

Tabela A 1 Porcentagens de AWMS utilizadas para o cenário de referência 2019 para suinocultura

Estado	Esterqueira	Compostagem	Digestão anaeróbia
Acre	99.00%	1.00%	
Alagoas	99.00%	1.00%	
Amapá	99.00%	1.00%	
Amazonas	99.00%	1.00%	
Bahia	99.00%	1.00%	
Ceará	99.00%	1.00%	
Distrito Federal	90.30%	1.00%	8.70%
Espírito Santo	94.20%	1.00%	4.80%
Goiás	94.70%	1.00%	4.30%
Maranhão	99.00%	1.00%	
Mato Grosso	81.60%	1.00%	17.40%
Mato Grosso do Sul	94.10%	1.00%	4.90%
Minas Gerais	87.80%	1.00%	11.20%
Pará	99.00%	1.00%	
Paraíba	99.00%	1.00%	
Paraná	96.70%	1.00%	2.30%
Pernambuco	99.00%	1.00%	
Piauí	99.00%	1.00%	
Rio de Janeiro	99.00%	1.00%	
Rio Grande do Norte	99.00%	1.00%	
Rio Grande do Sul	98.80%	1.00%	0.20%
Rondônia	99.00%	1.00%	
Roraima	99.00%	1.00%	
Santa Catarina	97.50%	1.00%	1.50%
São Paulo	94.50%	1.00%	4.50%
Sergipe	99.00%	1.00%	
Tocantins	99.00%	1.00%	

Tabela A 2 Porcentagens de AWMS utilizadas para o cenário de referência 2019 para Bovinocultura de Leite

Estado	Esterqueira	Pasto	Compostagem	Digestão anaeróbia
Acre		100.00%		
Alagoas	7.19%	92.80%		0.01%
Amapá		100.00%		
Amazonas	5.96%	94.03%		0.01%
Bahia	4.05%	95.95%		
Ceará	4.30%	95.70%		
Distrito Federal	35.88%	22.45%	41.7%	
Espírito Santo	7.36%	64.34%	28.3%	
Goiás	6.81%	50.95%	41.7%	0.57%
Maranhão		100.00%		
Mato Grosso	4.48%	53.85%	41.7%	
Mato Grosso do Sul		58.13%	41.7%	0.17%
Minas Gerais	13.49%	57.13%	28.3%	1.08%
Pará	1.50%	98.50%		
Paraíba		100.00%		
Paraná	16.84%	57.50%	25.0%	0.66%
Pernambuco	4.37%	95.63%		
Piauí	2.30%	97.70%		
Rio de Janeiro	18.55%	53.15%	28.3%	
Rio Grande do Norte	4.30%	95.70%		
Rio Grande do Sul	28.16%	46.79%	25.0%	0.05%
Rondônia		100.00%		
Roraima		100.00%		
Santa Catarina	38.49%	36.38%	25.0%	0.13%
São Paulo	11.69%	59.50%	28.3%	0.51%
Sergipe	3.53%	96.47%		
Tocantins		100.00%		

## GLOSSÁRIO

**Armazenamento em fossa abaixo de confinamentos de animais** (do inglês *Pit storage below animal confinements*): Coleta e armazenamento de dejetos, geralmente com pouca ou nenhuma água adicionada, normalmente abaixo de um piso de ripas em uma instalação fechada de confinamento de animais, geralmente por períodos inferiores a um ano. O dejetos pode ser bombeado do armazenamento para um tanque de armazenamento secundário

várias vezes em um ano, ou armazenado e aplicado diretamente nos campos. Supõe-se que as taxas de remoção de VS no esvaziamento do tanque sejam >90%.

**Armazenamento sólido** (do inglês *Solid storage*): O armazenamento de dejetos, normalmente por um período de vários meses, em pilhas ou pilhas não confinadas. O dejetos pode ser empilhado devido à presença de uma quantidade suficiente de material de cama ou à perda de umidade por evaporação.

**Cama profunda** (do inglês *deep bedding*): À medida que o dejetos se acumula, a cama é continuamente adicionada para absorver a umidade durante um ciclo de produção e, possivelmente, por até 6 a 12 meses. Esse sistema de gerenciamento de dejetos também é conhecido como sistema de gerenciamento de dejetos em camadas e pode ser combinado com um lote seco ou pasto. O dejetos pode passar por períodos em que os animais estão presentes e misturam ativamente o dejetos, ou por períodos em que o monte não é perturbado.

**Capacidade máxima de produção de metano ( $B_0$ )**: Este parâmetro é a capacidade máxima de produção de metano por dejetos produzido para a categoria animal, em  $m^3 CH_4/kg_{SV}$  de matéria seca ou  $kg CH_4/kg_{SV}$ . Este parâmetro varia de acordo com a genética (espécie) e a alimentação (dieta) de cada categoria de animal.

**Compostagem** (do inglês *Composting*):

- **Pilha estática**: Compostagem em pilhas com aeração forçada, mas sem mistura, com contenção de escoamento/lixiviação. Compostagem em pilhas com aeração forçada, mas sem mistura, sem contenção de escoamento/lixiviação.
- **Compostagem em leira passiva**: Compostagem em leiras com revolvimento infrequente para mistura e aeração, com ou sem escoamento/lixiviação.
- **Compostagem em leiras intensivas**: Compostagem em leiras com revolvimento regular (pelo menos diário) para mistura e aeração, com ou sem contenção de escoamento/lixiviação.
- **Compostagem em recipiente**: normalmente em um canal fechado, com aeração forçada e mistura contínua.

**Dejetos de aves com cama** (do inglês *Poultry manure with litter*): O dejetos é depositado sobre a cama (aparas de madeira, palha de pinheiro e outros materiais absorventes) e uma nova camada é adicionada durante o ciclo de produção das aves. A limpeza ocorre entre os ciclos das aves, geralmente de 5 a 9 semanas, podendo ser menos frequente em sistemas de baixa produtividade. A mesma cama pode ser usada para todos os lotes de aves de reprodução, para sistemas alternativos para poedeiras e para a produção de frangos de corte e outras aves.

**Dejetos de aves sem cama** (do inglês *Poultry manure without litter*): Pode ser semelhante a fossas abertas em instalações fechadas de confinamento de animais ou pode ser projetado e operado para secar o dejetos à medida que ele se acumula. Esse último é conhecido como um sistema de gerenciamento de esterco de altura elevada e é uma forma de compostagem passiva em leiras quando projetado e operado adequadamente. Algumas granjas avícolas intensivas instalaram o cinturão de dejetos sob a gaiola, onde o dejetos é seco dentro do alojamento.

**Digestor anaeróbio** (do inglês *Anaerobic digester*)

- **Digestores com alto índice de vazamento:** O dejetos animal com e sem palha é coletado e digerido anaerobicamente em uma lagoa coberta. Os digestores são usados para a estabilização de resíduos por meio da redução microbiana de compostos orgânicos complexos a  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ . O biogás é capturado e queimado ou usado como combustível. Após a digestão anaeróbia, o digerido é armazenado a céu aberto, coberto ou hermeticamente fechado.
- **Digestores de alta qualidade e baixo vazamento:** O dejetos animal com e sem palha é coletado e digerido anaerobicamente em um recipiente de contenção. Pode ocorrer a co-digestão com outros resíduos ou culturas energéticas. Os digestores são projetados, construídos e operados de acordo com o padrão de tecnologia industrial para a estabilização de resíduos por meio da redução microbiana de compostos orgânicos complexos a  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ . O biogás é capturado e usado como combustível. O digerido é armazenado a céu aberto, em armazenamento coberto sem controle de

vazamento ou em armazenamento estanque a gás com recuperação ou queima de gás.

**Espalhamento diário** (do inglês *Daily spread*): O dejetos é removido rotineiramente de uma instalação de confinamento e é aplicado no solo ou pastagens dentro de 24 horas após a excreção.

**Fator de conversão de metano (MCF)**: Fator anual de conversão de metano para o sistema de manejo escolhido, considerando as temperaturas médias locais para cada sistema de tratamento dos dejetos. Países com condições climáticas variadas, como ocorre no Brasil, são incentivadas pelo IPCC a obter dados populacionais para cada zona climática principal, permitindo uma seleção mais específica de fatores padrão ou valores MCF para os sistemas mais sensíveis a mudanças de temperatura. Idealmente, a distribuição da população regional pode ser obtida a partir de estatísticas nacionais de rebanho publicadas e os dados de temperatura de estatísticas meteorológicas nacionais.

**GWP** (do inglês *Global Warming Potential*): O potencial de aquecimento global é obtido a partir dos parâmetros usados para conversão de gases em CO<sub>2</sub> Equivalente (CO<sub>2eq</sub>): Esse conjunto de parâmetros permite converter as emissões de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), em uma unidade comum. O GWP é uma medida de quantas vezes mais calor um gás de efeito estufa retém na atmosfera em relação a uma mesma quantidade de CO<sub>2</sub>, em um determinado tempo. É expresso como fator que, quando multiplicado pela massa do gás, resulta em uma massa equivalente de CO<sub>2eq</sub>. Isso facilita a comparação das emissões de diferentes gases em termos de seu impacto no aquecimento global.

**Lagoa anaeróbia não coberta** (do inglês *Uncovered anaerobic lagoon*): Um tipo de sistema de armazenamento de líquidos projetado e operado para combinar a estabilização e o armazenamento de resíduos. As lagoas têm uma profundidade menor e uma superfície muito maior em comparação com os depósitos de chorume líquido. As lagoas anaeróbias são projetadas com diferentes durações de armazenamento (até um ano ou mais), dependendo da região climática, da taxa de carregamento de sólidos voláteis e de outros fatores

operacionais. A água sobrenadante da lagoa pode ser reciclada como água de descarga ou usada para irrigar e fertilizar o solo.

**Líquido/lodo** (do inglês *Liquid/Slurry*): O dejetos é armazenado como excretado ou com adição mínima de água ou material de cama em tanques ou lagoas fora do alojamento dos animais. O dejetos é removido e espalhado no solo uma ou mais vezes no ano. O dejetos é agitado antes da remoção do tanque/lagoas para garantir que a maior parte do SV seja removida do tanque.

**Lote seco** (do inglês *Drylot*): Referente aos resíduos de uma área de confinamento aberta, pavimentada ou não, sem nenhuma cobertura vegetal significativa. Os lotes secos não exigem a adição de cama para controlar a umidade. O dejetos pode ser removido periodicamente e espalhado no solo.

**Pastagem, campo, cercado** (do inglês *Pasture/Range/Paddock*): O dejetos de animais de pasto e de pastagem fica depositado e não é gerenciado.

**Percentual de dejetos gerenciados em cada sistema (AWMS)**: Fração de dejetos gerenciados no sistema de gerenciamento de dejetos (%). AWMS da diretriz de 2006 foi definido como AWMS (Animal Waste Management System) pelo IPCC (2019), e os valores foram atualizados.

**Sólidos voláteis (SV)**: Este valor é padrão para a taxa dos sólidos voláteis dos dejetos por dia por tipo de categoria animal, sendo expressa em kg SV/cab/dia. Varia de acordo com a genética (espécie) e a alimentação (dieta) de cada categoria animal.



## **ANEXO 2**

### **Caracterização e Projeção de Rebanhos Suínos e Bovinos Leiteiros em Estabelecimentos Rurais no Brasil: Uma Integração entre o Censo Agropecuário 2017, Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) e Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).**

#### **1 Introdução**

Este relatório técnico tem como objetivo estimar a evolução dos rebanhos suínos e bovinos leiteiros em estabelecimentos rurais no Brasil, com foco em recortes específicos de interesse produtivo. A abordagem combina dados do Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019), com informações mais recentes da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) (IBGE, 2025), referentes ao período de 2019 a 2025, bem como dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) (IBGE, 2025).

O estudo é segmentado por espécie animal e porte do rebanho, sendo que:

- Para suínos, a análise está restrita a estabelecimentos com rebanhos superiores a 500 cabeças;
- Para bovinos, a análise se restringe aos rebanhos leiteiros com mais de 200 cabeças.

A metodologia baseia-se na extração de frequências relativas a partir do Censo Agropecuário 2017, utilizadas posteriormente para extrapolação sobre a base anual da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) e dos dados disponíveis no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Tal integração busca fornecer estimativas para classes produtivas relevantes, mesmo quando não são diretamente informadas nas estatísticas anuais.

#### **2 Caracterização dos Dados Suínos**

A análise da suinocultura neste estudo considerou exclusivamente estabelecimentos com rebanhos acima de 500 cabeças, adotando a seguinte classificação para o total de suínos:

- Matrizes (plantel reprodutivo);
- Animais em terminação (destinados ao abate).

Como base complementar, utilizaram-se os dados de matrizes provenientes da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), também conduzida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que fornece estatísticas anuais sobre efetivos e produção da pecuária em nível municipal. Por outro lado, para os animais em terminação, foram adotadas as bases de dados do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), especificamente a Tabela 1093, que trata da Pesquisa Trimestral do Abate de Animais.

##### **2.2 Frequência das Classes de Interesse – Censo Agropecuário 2017**

A partir dos dados do Censo Agropecuário 2017, foram calculadas as seguintes quantidades de interesse:

- Total de suínos:

$$Total\ de\ suínos = Total\ de\ matrizes + Total\ em\ terminação.$$

- Proporção de matrizes no rebanho total:

$$f_{matrizes} = \frac{Total\ de\ matrizes}{Total\ de\ suínos}$$

- Proporção em terminação no rebanho total:

$$f_{terminação} = \frac{Total\ em\ terminação}{Total\ de\ suínos}$$

- Proporção do rebanho presente em estabelecimentos com mais de 500 cabeças:

$$f_{500+} = \frac{Total\ suínos\ em\ propriedades > 500}{Total\ de\ suínos}$$

- A proporção de matrizes alocadas em estabelecimentos com mais de 500 cabeças em relação ao total de matrizes.

$$f_{500+/matrizes} = \frac{Total\ de\ matrizes\ em\ propriedades > 500\ cabeças}{Total\ de\ matrizes}$$

- A proporção em terminação alocadas em estabelecimentos com mais de 500 cabeças em relação ao total em Terminação.

$$f_{500+/terminação} = \frac{Total\ em\ terminação\ em\ propriedades > 500\ cabeças}{Total\ em\ terminação}$$

### **2.3 Utilização dos Resultados do Censo Agropecuário 2017 para Estabelecer Relações na Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) com Foco nas Matrizes**

Os dados de matrizes suínas da PPM fornecem dados anuais em nível municipal, mas não distinguem explicitamente o porte dos estabelecimentos. Para estimar os quantitativos em recortes como “500+” para suínos, utilizam-se as frequências obtidas no Censo Agropecuário 2017, como aproximações das probabilidades dessas classes. Assim, para uma determinada classe c:

$$\hat{P}(c) \approx f_c$$

A estimativa da quantidade de animais na classe c no ano t é dada por:

$$\hat{Q}_{t,c} = \hat{P}(c) \times N_{t,c}$$

onde:

- $\hat{P}(c)$ : frequência estimada da classe c (via Censo Agropecuário 2017);
- $N_{t,c}$ : número de animais da classe c no ano t (via PPM).

Nesse estudo, aplicamos esta metodologia a classe 500+/matrizes por unidade da federação. Para regiões com dados faltantes, foram utilizadas aproximações com base nas estimativas regionais em que a unidade da federação está inserida.

## **2.4 Utilização dos Resultados do Censo Agropecuário 2017 para Estabelecer Relações no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) com Foco na Terminação**

Os dados de suínos em terminação do SIDRA fornecem informações anuais em nível municipal, mas não distinguem explicitamente o porte dos estabelecimentos. Para estimar os quantitativos em recortes como “500+” para suínos, utilizam-se as frequências obtidas no Censo Agropecuário de 2017 como aproximações das probabilidades dessas classes. Assim, para uma determinada classe c, tem-se:

$$\hat{P}(c) \approx f_c$$

A estimativa da quantidade de animais na classe c no ano t é dada por:

$$\hat{Q}_{t,c} = \hat{P}(c) \times N_{t,c}$$

onde:

- $\hat{P}(c)$ : frequência estimada da classe c (via Censo Agropecuário 2017);
- $N_{t,c}$ : número de animais da classe c no ano t (via SIDRA).

Nesse estudo, aplicamos esta metodologia a classe 500+/terminação por unidade da federação. Para regiões com dados faltantes, foram utilizadas aproximações com base nas estimativas regionais em que a unidade da federação está inserida.

## **3 Caracterização dos Dados Bovinos Leiteiros**

A análise referente ao rebanho bovino foi direcionada exclusivamente à bovinocultura de leite. O foco recai sobre estabelecimentos de médio e grande porte, definidos como aqueles com mais de 200 cabeças de bovinos leiteiros, conforme informado no Censo Agropecuário 2017.

Como nos suínos, utilizamos como base complementar a Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM), que oferece séries anuais de efetivos por unidade da federação entre os anos de 2019 a 2024, mas sem detalhamento por faixa de tamanho do estabelecimento.

### **3.1 Frequência das Classes de Interesse - Censo Agropecuário 2017**

Com base nos dados do Censo Agropecuário 2017, foi possível estimar a frequência relativa dos bovinos leiteiros pertencentes a estabelecimentos com mais de 200 cabeças. Denotamos:

$$f_{200+} := \frac{\text{Total de bovinos leiteiros em propriedades } > 200 \text{ cabeças}}{\text{Total de bovinos leiteiros}}$$

Essa frequência relativa foi calculada para cada unidade da federação, considerando o somatório dos efetivos nas seguintes faixas de rebanho leiteiro: (i) 201-500 cabeças, (ii) 501-1.000 cabeças e (iii) acima de 1.000 cabeças, em relação ao total de bovinos leiteiros na respectiva unidade da federação de interesse.

### 3.2 Utilização dos Resultados do Censo Agropecuário 2017 para Extrapolação nos Dados da Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM)

Para estimar os quantitativos na classe “200+” ao longo dos anos e para as diferentes unidades da federação, utilizamos as proporções obtidas no Censo Agropecuário 2017 como aproximações das probabilidades associadas a essa classe. Assim, para a classe de interesse 200+, utilizamos a seguinte estimativa:

$$\hat{P}(200+) \approx f_{200+}$$

A é a estimativa da quantidade de animais nessa classe, no ano t, é dada por:

$$\hat{Q}_{t,c} = \hat{P}(200+) \times N_{t,c}$$

onde  $N_{t,c}$  é o número total de bovinos leiteiros reportado na PPM no ano t e na unidade da federação correspondente. O procedimento foi aplicado para cada unidade da federação e para cada ano entre 2019 e 2024, resultando em uma estimativa da série histórica da quantidade de bovinos leiteiros mantidos em estabelecimentos com mais de 200 cabeças. Para regiões com dados faltantes, foram utilizadas aproximações com base nas médias regionais em que a unidade da federação está inserida.

## 4 Referências

- IBGE. Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: mar. 2025.
- IBGE. SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: out. 2025.
- IBGE. Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM) 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/>. Acesso em: out. 2025.

## **Análise de Predição Aplicado aos dados do Agriannual 2022.**

### **1 Introdução**

Este relatório apresenta uma síntese da análise de predição realizada a partir da base de dados Agriannual Online (IHS Markit, 2022). Os dados foram obtidos da Tabela ESTNBV 05 - Confinamentos no Brasil-Cabeças, que corresponde ao número de cabeças de gado em confinamentos no Brasil, desagregados por estado, abrangendo o período de 2013 a 2021 e incluindo projeções para 2022. Nesse intervalo, observa-se uma evolução significativa do efetivo nacional, passando de aproximadamente 4,2 milhões de animais em 2013 para mais de 6,5 milhões em 2021.

Os estados de Goiás, Mato Grosso, São Paulo e Mato Grosso do Sul concentram a maior parte da atividade de confinamento, sendo responsáveis por mais de 60% do total nacional. Em contraste, estados como Rio de Janeiro e Espírito Santo apresentam participação marginal. A projeção para 2022 indica uma leve retração no número total de animais confinados.

A partir dessa base, foram testados diferentes modelos de previsão, implementados no software R, com o propósito de identificar a abordagem de melhor desempenho preditivo para o período de 2023 a 2024.

### **2 Métodos Estatísticos Avaliados**

- ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average): Modelo clássico para séries temporais, combinando componentes autorregressivos, integração e média móvel.
- ETS (Error, Trend, Seasonal): Baseado em suavização exponencial, capaz de capturar erros, tendências e sazonalidades.
- TBATS (Trigonometric, Box-Cox, ARMA, Trend and Seasonal): Modelo que incorpora sazonalidades complexas, transformação Box-Cox e componentes ARMA.
- Prophet: Modelo flexível e robusto para capturar sazonalidades múltiplas e mudanças de tendência.
- Random Forest: Algoritmo de aprendizado de máquina baseado em múltiplas árvores de decisão, utilizado para previsão a partir de variáveis explicativas.
- B-spline: Método que utiliza funções base spline, eficiente para capturar padrões não lineares e suavizar variações locais nos dados.

### **3 Critério de Seleção de Modelos**

A Tabela 1 apresenta os resultados comparativos dos métodos de previsão através da métrica de erro quadrático médio (RMSE - Root Mean Square Error) para o período de 2013 a 2022. A técnica B-spline demonstrou performance superior, apresentando o menor erro em todos

os anos analisados, com RMSE médio de 20,44 - significativamente inferior aos demais métodos (24-34% mais precisa). Esta consistência excepcional, especialmente durante períodos de volatilidade como 2020, justifica sua seleção como método definitivo para aplicação prática.

**Tabela1: RMSE por Ano e Modelo**

ANO	ARIMA	ETS	FDA_BSpline	Prophet	RandomForest	TBATS
2013	7.498	23.321	2.518	20.365	29.596	24.186
2014	9.153	9.269	8.805	11.804	26.092	12.708
2015	20.806	20.212	9.288	22.883	60.202	23.948
2016	37.520	37.525	30.302	57.160	101.045	51.594
2017	33.140	32.158	17.596	14.401	32.343	16.455
2018	9.500	14.527	8.690	9.408	23.668	11.826
2019	11.585	12.797	10.580	12.369	20.872	10.691
2020	106.936	106.326	103.741	138.236	132.58	103.522
2021	16.348	16.494	10.182	11.138	18.56	16.145
2022	16.608	16.077	2.726	12.316	9.85	18.286

#### 4 Ferramentas Utilizadas

- R: Ambiente estatístico e de programação.
- forecast: Implementações de ARIMA, ETS, TBATS, entre outros.
- prophet: Implementação do modelo Prophet.
- randomForest: Implementação do algoritmo Random Forest.
- splines: Funções para ajuste B-spline.
- ggplot2: Visualização dos resultados.

#### 5 Conclusão

Diversas abordagens de previsão foram aplicadas à base de dados de confinamento bovino no Brasil. Embora métodos como ARIMA, ETS, TBATS, Prophet e Random Forest tenham apresentado resultados competitivos, a técnica B-spline obteve o melhor desempenho preditivo, justificando sua seleção como modelo final.

#### 6 Referências

IHS Markit. Agriannual Online: Fonte de informações para um mercado competitivo e globalizado. São Paulo: IHS Markit, 2022. Disponível em: <http://www.anualpec.com.br>.

R Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.

Hyndman, R.J., Athanasopoulos, G., et al. forecast: Forecasting functions for time series and linear models. R package version 8.20. URL: <https://pkg.robjhyndman.com/forecast/>.

Wickham, H. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016. URL: <https://ggplot2.tidyverse.org/>.

## **Análise do Peso Médio Carcaça Bovinos (Ano-Estado).**

### **1 Introdução**

Este relatório descreve a metodologia aplicada para o cálculo do peso médio anual de carcaça de animais em confinamento, a partir da Tabela 1092 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2024), cujos dados foram obtidos por meio do sistema SIDRA. O processamento das informações permitiu a construção de um conjunto de dados que estima o peso médio de carcaça no Brasil, no período de 2020 a 2024, discriminado por unidade da federação. O propósito deste documento é apresentar, de forma clara e estruturada, os procedimentos realizados, de modo que o leitor possa compreender integralmente e replicar a análise no software R (R Core Team, 2023).

### **2 Procedimentos Metodológicos**

A análise foi conduzida no ambiente R. O fluxo metodológico pode ser resumido nas seguintes etapas:

1. Leitura dos dados originais da Tabela 1092 do IBGE (obtidos via SIDRA).
2. Pré-processamento e filtragem dos registros para considerar apenas as categorias de interesse: "Bois", "Novilhos" e "Novilhas".
3. Organização e agregação dos dados, calculando por ano e unidade da federação o número total de animais (efetivo) e o peso total das carcaças.
4. Cálculo do peso médio anual por unidade/ano, obtido pela razão entre o peso total e o número total de animais.
5. Estruturação e exportação dos resultados, facilitando análises comparativas ao longo dos anos.

### **3 Ferramentas Utilizadas**

A análise foi conduzida utilizando as seguintes ferramentas e pacotes:

- Linguagem R (versão 4.x);
- RMarkdown para integração de código e documentação;
- Pacotes tidyverse (dplyr, tidyr, readxl, writexl) para manipulação e exportação de dados.

### **4 Inibição dos Dados**

Durante o processamento, foi realizada uma verificação de consistência dos dados. Nos casos em que o número de animais ou o peso total apresentavam valores ausentes (NA), não foi realizada imputação arbitrária. Quando a ausência ocorreu para determinada unidade da federação, os valores correspondentes foram estimados a partir da média da respectiva região geográfica (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste ou Sul). Dessa forma, observações completas ou, quando necessário, dados herdados da região de pertencimento foram utilizados no cálculo do peso médio, assegurando a coerência estatística dos resultados.



## 5 Conclusão

O procedimento metodológico empregado possibilitou a construção de uma base de dados derivada, contemplando os pesos médios anuais de animais por unidade da federação. O presente relatório documenta de forma clara e estruturada todas as etapas realizadas, garantindo condições para a replicação integral da análise em ambiente R.

## 6 Referências

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Tabela 1092: Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho, ano e unidade da federação.

Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>

## **Análise do Peso Médio Carcaça Suínos Abatidos (Ano-Estado).**

### **1 Introdução**

Este relatório descreve a metodologia aplicada para o cálculo do peso médio anual de carcaça de animais em confinamento, a partir da Tabela 1093 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2024), cujos dados foram obtidos por meio do sistema SIDRA. O processamento das informações permitiu a construção de um conjunto de dados que estima o peso médio de carcaça no Brasil, no período de 2020 a 2024, discriminado por unidade da federação. O propósito deste documento é apresentar, de forma clara e estruturada, os procedimentos realizados, de modo que o leitor possa compreender integralmente e replicar a análise no software R (R Core Team, 2023).

### **2 Procedimentos Metodológicos**

A análise foi conduzida no ambiente R. O fluxo metodológico pode ser resumido nas seguintes etapas:

6. Leitura dos dados originais da Tabela 1093 do IBGE (obtidos via SIDRA).
7. Organização e agregação dos dados, calculando por ano e unidade da federação o número total de animais (efetivo) e o peso total das carcaças.
8. Cálculo do peso médio anual por unidade/ano, obtido pela razão entre o peso total e o número total de animais.
9. Estruturação e exportação dos resultados, facilitando análises comparativas ao longo dos anos.
- 10.

### **3 Ferramentas Utilizadas**

A análise foi conduzida utilizando as seguintes ferramentas e pacotes:

- Linguagem R (versão 4.x);
- RMarkdown para integração de código e documentação;
- Pacotes tidyverse (dplyr, tidyr, readxl, writexl) para manipulação e exportação de dados.

### **4 Imputação dos Dados**

Durante o processamento, foi realizada uma verificação de consistência dos dados. Nos casos em que o número de animais ou o peso total apresentavam valores ausentes (NA), não foi realizada imputação arbitrária. Quando a ausência ocorreu para determinada unidade da federação, os valores correspondentes foram estimados a partir da média da respectiva região geográfica (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste ou Sul). Dessa forma, observações completas ou, quando necessário, dados herdados da região de pertencimento foram utilizados no cálculo do peso médio, assegurando a coerência estatística dos resultados.

## 5 Conclusão

O procedimento metodológico empregado possibilitou a construção de uma base de dados derivada, contemplando os pesos médios anuais de animais por unidade da federação. O presente relatório documenta de forma clara e estruturada todas as etapas realizadas, garantindo condições para a replicação integral da análise em ambiente R.

## 6 Referências

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Tabela 1093: Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho, ano e unidade da federação.

Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>

R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>