

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO
ESTUFA NA BOVINOCULTURA DE CORTE DO MATO
GROSSO DO SUL**

Acadêmico: William Britez Feliciano

Aquidauana – MS
Julho/2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO
ESTUFA NA BOVINOCULTURA DE CORTE DO MATO
GROSSO DO SUL**

Acadêmico: William Britez Feliciano
Orientador: Prof. Dr. Henrique Jorge Fernandes
Coorientador: Prof^a. Dr^a. Luísa Melville Paiva

“Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal no Cerrado-Pantanal, da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia”.

Aquidauana – MS
Julho/2022

F348e Feliciano, William Britez

Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na
bovinocultura de corte do Mato Grosso do Sul / William Britez
Feliciano – Aquidauana, MS: UEMS, 2022.

71 p.

Dissertação (Mestrado) – Zootecnia – Universidade
Estadual de Mato Grosso do Sul, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Jorge Fernandes.

1. Gases de efeito estufa 2. Metano 3. IPCC I. Fernandes,
Henrique Jorge II. Título

CDD 23. ed. - 577.276

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE AQUIDAUANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL**

WILLIAM BRITEZ FELICIANO

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 29/07/2022.



Documento assinado digitalmente

HENRIQUE JORGE FERNANDES

Data: 29/07/2022 11:32:34-0300

Verifique em <https://verificador.jti.br>

Dr. Henrique Jorge Fernandes (Orientador)



Documento assinado digitalmente

ESTELLA ROSSETO JANUSKIEWICZ

Data: 29/07/2022 11:22:21-0300

Verifique em <https://verificador.jti.br>

**Dra. Estella Rosseto Januskiewicz – Sem vínculo
(participação via videoconferência)**



Documento assinado digitalmente

CAMILA FERNANDES DOMINGUES DUARTE

Data: 29/07/2022 11:20:16-0300

Verifique em <https://verificador.jti.br>

**Dra. Camila Fernandes Domingues Duarte - UFR
(participação via videoconferência)**

“Obstinação: é o caminho mais curto para você atingir o sucesso!”

Charles Chaplin

Primeiramente a Deus por me abençoar em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais, Vera Lúcia Britez e José Aparecido Feliciano por sempre acreditarem e me apoiarem em todos os momentos, e a minha amada família e amigos, em especial, a Gabriele Schlotefeldt dos Santos que foi a principal incentivadora para o desenvolvimento desta dissertação.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir alcançar todos os meus objetivos, não importando a dificuldade, por sempre abrir as portas certas e nos momentos certos. Por me abençoar durante toda a vida, me impedindo de desistir, me fortalecendo nos momentos mais difíceis e por sempre me guiar em direção ao caminho correto. Por me permitir passar com saúde e sem muitas perdas neste momento de pandemia e principalmente por não desistir de mim quando até mesmo eu já tinha desistido.

Ao meu irmão de sangue, Eder Campidelli Feliciano e aos irmãos da minha vida, Mario Lucas Alves dos Santos, Márcio Alves dos Santos e Thiago Santana Brites, agradeço por serem meus modelos e inspiração.

A minha mãe por sempre se esforçar para que eu pudesse conquistar tudo, nunca desacreditando e zelando muito por mim.

Ao meu pai que de seu modo, sempre me cuidou e garantiu que nada me faltasse, em especial, educação.

A Gabriele Schlotefeldt dos Santos por ser minha maior incentivadora durante a execução deste trabalho.

Aos meus amigos Jennifer e Otávio, que além de me ajudar nos momentos em que precisei ainda eles fizeram os meus dias mais felizes.

Aos que me ajudaram nos momentos que solicitei. Em especial, Prof^a Dr^a. Luisa Melville Paiva, Professor Tiago e todos os outros que participaram de alguma forma.

Ao meu orientador Profº Dr. Henrique Jorge Fernandes, pela paciência, conselhos dados e de certa forma, não ter desistido de mim.

A Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana – MS, pela oportunidade da realização do curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa.

SÚMARIO

Lista de tabelas.....	ix
Lista de figuras.....	x
Resumo.....	xi
Abstract.....	xii
CAPITULO 1 – Considerações Gerais.....	1
1. Introdução.....	1
2. Revisão de literatura.....	3
2.1. Emissão de gases de efeito estufa pela pecuária.....	3
2.1.1. Metano.....	4
2.1.2. Óxido Nitroso.....	6
2.2. Estratégias de mitigação da produção de metano e óxido nitroso na pecuária.....	8
2.3. Métodos de mensuração de metano e óxido nitroso.....	10
2.4. Emissões de GEE no Mato Grosso do Sul.....	14
3. Objetivos.....	15
3.1. Objetivos geral.....	15

3.2.	Objetivos Específicos.....	15
4.	Referências.....	16
CAPÍTULO 2 – Estimativa da emissão de gases de efeito estufa na bovinocultura de corte do mato grosso do sul.....		24
	Resumo.....	24
	Abstract.....	25
1.	Introdução.....	26
2.	Material e Métodos.....	27
2.1.	Propriedades Avaliadas.....	27
2.2.	Questionário.....	28
2.3.	Cálculos da emissão e GEE.....	28
2.4.	Análise Estatística.....	34
3.	Resultados.....	34
4.	Discussões.....	39
5,	Conclusões.....	46
6.	Referências.....	46
CAPÍTULO 3 – Considerações Finais.....		50
	Anexos.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Emissão de gases do efeito estufa, suas variações, tempo de vida na atmosfera, contribuição pela agricultura e contribuição relativa ao efeito estufa (Monteiro, 2019).	7
Tabela 2. Métodos desenvolvidos para a mensuração de metano em ruminantes, suas vantagens e desvantagens (US. EPA, 2000).	12
Tabela 3. Microrregiões do Estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 2007).	14
Tabela 4. Propriedades onde foram realizadas as coletas de dados.	27
Tabela 5. Caracterização dos grupos conforme as categorias, subcategorias e idade dos bovinos de corte.	29
Tabela 6. Fatores de emissão de N ₂ O para sistemas de manejo utilizados.	33
Tabela 7. Participação percentual na produção total de Eq. CO ₂ de cada fonte de GEE nas propriedades, de acordo com a metodologia de cálculo.	35
Tabela 8. Avaliação do uso da estimativa da emissão de GEE (ton Eq. CO ₂ /ano) calculada pelo Tier 2 através do uso dos fatores de emissão do Tier 1.	36
Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre a produção de eq. CO ₂ e características das propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul	37
Tabela 10. Emissão de GEE (ton.Eq. CO ₂ /Cab/Ano ou ton.Eq. CO ₂ /ha/Ano) de acordo com o nível tecnológico indicado pelo responsável da propriedade, o uso de fertilizante orgânico e a raça dos animais em propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul.	38
Tabela 11. Emissão de GEE (ton.Eq. CO ₂ /Cab/Ano ou ton.Eq. CO ₂ /ha/Ano) de acordo com o tipo de pastejo, o nível de suplementação e o uso de confinamento em propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul.	39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Contribuição de diferentes fontes da agricultura para as emissões antrópicas globais (%). Fonte: U.S. EPA (2006) apud. WRI (2014). **1**
- Figura 2.** Vias de fermentação ruminal e formação de metano entérico (metanogênese) (Kozloski, 2011). **5**
- Figura 3.** Esquema simplificado das diferentes estratégias de mitigação de metano. Fonte (Dall’Orsoletta, 2019). **9**

RESUMO

Dos principais gases de efeito estufa (GEE) dois merecem destaque quando falamos em bovinocultura de corte, o Metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica, o CH_4 e o Óxido Nitroso (N_2O) provenientes do manejo de dejetos. Devido ao grande número de animais a bovinocultura é vista como vilã do meio ambiente devido à emissão desses gases, e como o Brasil assumiu compromissos internacionais com a mitigação dos GEE, se faz necessário a quantificação adequada desses gases. Porém, estudos que quantifiquem esses gases ainda são incipientes no Brasil e no Estado de Mato Grosso do Sul. Assim sendo, o objetivo do presente trabalho foi quantificar as emissões dos principais GEE ligados a produção de bovinos de corte a partir da metodologia proposta pelo Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC, 2019) – Nível 2 (Tier 2), em conjunto com as fórmulas de exigências nutricionais propostas pelo BR-Corte. Foi elaborado um questionário para captação de dados nas propriedades rurais que permitissem coletar os dados necessários para realizar os cálculos de emissão dos GEE. Os efeitos das características de cada propriedade, bem como do método de estimativa sobre as emissões de GEE foram avaliados segundo um modelo inteiramente casualizado. Foi observada uma maior participação do CH_4 entérico ($> 80\%$) em comparação aos demais gases, as propriedades em média, emitiram um total de 1.885 ton. Eq. CO_2 /ano de GEE. Quanto ao tamanho das propriedades observou correlação de Pearson positiva ($P > 0,01$) no total de Equivalente CO_2 (Eq. CO_2) e da taxa de lotação (cab/ha) no total/ha. A melhora nos níveis de suplementação acima de 1 kg de concentrado permite a mitigação dos GEE.

Palavras-chave: Metano, Modelos matemáticos, IPCC, Óxido nitroso.

ABSTRACT

Of the main greenhouse gases (GHG) two deserve to be highlighted when we talk about beef cattle, Methane (CH_4) from enteric fermentation, CH_4 and Nitrous Oxide (N_2O) from manure management. Due to the large number of animals, the cattle farming is seen as a villain of the environment due to the emission of these gases, and as Brazil has made international agreements with the mitigation of GHG, it is necessary to properly quantify these gases. However, studies that quantify these gases are still incipient in Brazil and in the state of Mato Grosso do Sul. Therefore, the objective of this work was to quantify the emissions of the main GHGs linked to beef cattle production from the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019) - Tier 2, in conjunction with the formulas of nutritional requirements proposed by BR-Corte. A questionnaire was designed to capture data on rural properties that allowed collecting the necessary data to perform the calculations of GHG emissions. The effects of the characteristics of each property, as well as the estimation method on GHG emissions were evaluated according to an entirely randomized model. It was observed a higher participation of enteric CH_4 (> 80%) compared to the other gases, the farms on average emitted a total of 1,885 ton. Eq. CO_2 /year of GHG. As for the size of the properties, a positive Pearson correlation ($P > 0.01$) was observed in the total CO_2 equivalent (Eq. CO_2) and the stocking rate (head/ha) in the total/ha. The improvement in supplementation levels above 1 kg of concentrate allows GHG mitigation.

Keywords: Mathematical models, Methane, IPCC, Nitrous oxide.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O aumento do efeito estufa e suas consequências sobre as mudanças climáticas suscitaram preocupações crescentes em todos os países do mundo. Desde a revolução industrial, as concentrações de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) na atmosfera aumentaram notoriamente no planeta como resultado das ações antropogênicas (IPCC, 2006).

A pecuária é um dos setores econômicos mais criticados pela mídia, como grande gerador de gases de efeito estufa (GEE). De acordo com os dados da U.S. EPA (2006) presentes no relatório do WRI (2014), os GEE provenientes da fermentação entérica e do manejo de dejetos desses animais correspondem por mais de 36% das emissões globais da agropecuária (Figura 1). Atualmente, conforme relatado pela FAO (2021), esta participação aumentou em mais de 13%.

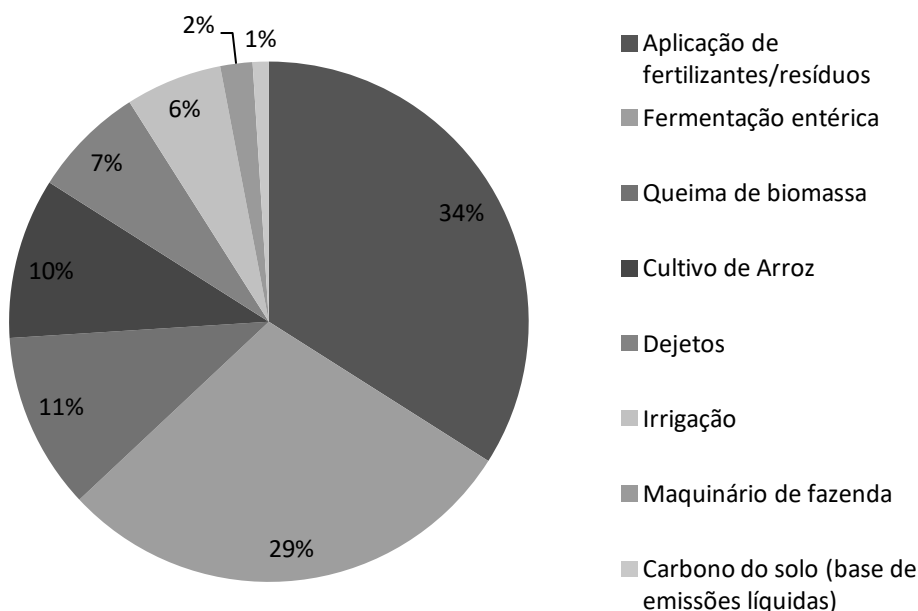


Figura 1. Contribuição de diferentes fontes da agricultura para as emissões antrópicas globais (%). Fonte: Adaptado de WRI (2014).

O CH_4 e o N_2O são considerados os principais GEE quando falamos em bovinocultura. Isto porque a fermentação entérica e os dejetos lançados no ambiente produzem principalmente estes gases. Apesar de também haver liberação de gás carbônico (CO_2), as emissões líquidas anuais de CO_2 e seus derivados provenientes da pecuária são considerados nulos, uma vez que o CO_2 fotossintetizado pelas plantas é devolvido para a atmosfera como CO_2 respirado (IPCC, 2006).

Outra parte do carbono é utilizado, juntamente com o hidrogênio (H_2) pelas bactérias metanogênicas (em especial, as *Archaeobacteria*) do rúmen para gerar suas necessidades energéticas para crescimento, nesse processo elas acabam por sintetizar como subproduto o CH_4 , esse processo é conhecido como metanogênese (Lima et al., 2001; Zotti & Paulino, 2009).

O Brasil possui 14,3% do rebanho mundial, sendo cerca de 218 milhões de cabeças (EMBRAPA, 2021), o que torna a pecuária brasileira um dos pilares do agronegócio no país, respondendo por 30% do PIB do Agronegócio.

O grande número de animais provenientes do setor agropecuário contribuiu com mais de 45% das emissões líquidas nacionais de GEE em equivalentes (eq.) de CO_2 (FAO, 2021). Cerri et al. (2009) registraram uma emissão de 300 milhões de toneladas de CO_2 eq. provenientes do setor agropecuário no Brasil. Em 2019, cerca de 552,8 milhões de toneladas de eq. CO_2 foram emitidos, sendo o Brasil o 2º maior emissor desses gases do mundo, considerando apenas a emissão pela bovinocultura (FAO, 2021). Considerando as informações acima, houve, então, um aumento de 84%.

A pecuária brasileira é, predominantemente, desenvolvida em sistemas extensivos (Bretas, 2018), com baixa taxa de lotação (1 UA ha^{-1}), ocupando 173 milhões de hectares de pastagens, e com uma taxa de desfrute relativamente baixa (16%) (FAO, 2021), resultando ciclos produtivos mais longos (próximos a 3 anos). Essa permanência prolongada dos animais nos sistemas de produção evidencia a importância de conhecer o impacto causado pelos mesmos ao meio ambiente.

A ineficiência produtiva aliada ao grande número de animais faz com que a bovinocultura de corte seja rotulada pela mídia como uma das atividades que mais prejudicam o meio ambiente. Frota (2017) alertou que tal crítica se

baseava em índices e estimativas obtidos em outros países e extrapolados para o Brasil gerando dados superestimados.

Tal afirmação é bem plausível, pois o país tem extensão territorial continental e possui diferentes particularidades em cada sistemas de criação de bovinos, variando de uma região para outra. Essas particularidades podem ser mais ou menos eficientes quanto à produtividade animal, pois são dependentes das condições socioeconômicas, tecnológicas e ambientais em que as propriedades estão inseridas (Martins-Costa et al., 2009).

O Brasil assumiu o compromisso de reduzir as emissões antrópicas de GEE em 37% até 2025, além de manter o aumento da temperatura média global bem abaixo de 2 °C em relação aos níveis pré-industriais durante a 21ª conferência das nações unidas sobre as mudanças climáticas que ocorreu em Paris no ano de 2015 (Brasil, 2017). Quantificar adequadamente as emissões provenientes da pecuária brasileira, se torna, então, imprescindível.

Existem diversas tecnologias para quantificar a emissão de GEE, tais como o uso de câmaras respirométricas, o uso de traçadores (SF_6), e a produção de gases *in vitro*. Essas são técnicas caras e de difícil utilização em nível de propriedades rurais, ficando restritas a pesquisas ou a trabalhos em laboratório.

Considerando tudo que foi aqui expresso, é necessário se propor metodologias que permitam quantificar adequadamente as emissões desses gases decorrentes tanto da fermentação entérica, como do manejo de dejetos em nível de propriedade rural, bem como identificar os fatores que afetem estas emissões nas condições brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Emissão de gases de efeito estufa pela agropecuária

As fontes primárias de gases de efeito estufa (GEE) são constituídas pelo dióxido de carbono (CO_2), este considerado nulo quando observamos as emissões provenientes da pecuária conforme já explicado, o gás metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O) (Knapp et al., 2014).

2.1.1. Metano

O CH_4 é um hidrocarboneto proveniente de diversos setores, dentre eles a geração de energia (principalmente com a queima de combustíveis fósseis), dos processos industriais, da agropecuária e dos sistemas de tratamento de resíduos (MCTIC, 2019). Na agropecuária, destacam-se como as principais fontes antropogênicas, a produção de arroz, a fermentação entérica e o manejo de resíduos e dejetos provenientes dos rebanhos bovinos (Mosier et al., 1991).

Embora a quantidade de CH_4 seja muito inferior do que a de CO_2 na atmosfera terrestre, o seu potencial de aquecimento é 25 vezes maior (IPCC, 2007) e sua concentração na atmosfera aumenta a uma taxa de 4,3 ppb/ano desde o começo da era industrial até o ano de 2011 (Ciais et al., 2013).

Devido ao expressivo número de animais produzidos na pecuária brasileira, a emissão de CH_4 via fermentação entérica é vista como principal responsável pelo aumento desse gás no ambiente, por ser um subproduto da digestão dos carboidratos presentes nas forragens pelos microrganismos que constituem a flora do trato digestório de ruminantes, que não é metabolizado e acaba sendo removido do rúmen por meio da eructação ou pela respiração (Johnson e Johnson, 1995).

Esse processo de produção de metano é conhecido como metanogênese: os carboidratos ingeridos são metabolizados no rúmen dos animais pela atividade das *Archaea* metanogênicas (gêneros *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*, *Methanomicrobium* e *Methanosarcina*) (Chizzotti et al., 2012), que convertem os carboidratos não estruturais (amido) e estruturais (celulose e hemicelulose) em piruvato (intermediário comum do metabolismo de carboidratos). Esse piruvato, por fim, pode ser metabolizado para formação de ácidos graxos voláteis (acetato, propionato e butirato), liberando H^+ para o meio. Esses produtos são utilizados pelas bactérias produzindo calor (energia), CO_2 , 4H_2 e CH_4 (Figura 2) (Van Soest, 1994 e Kozloski, 2011).

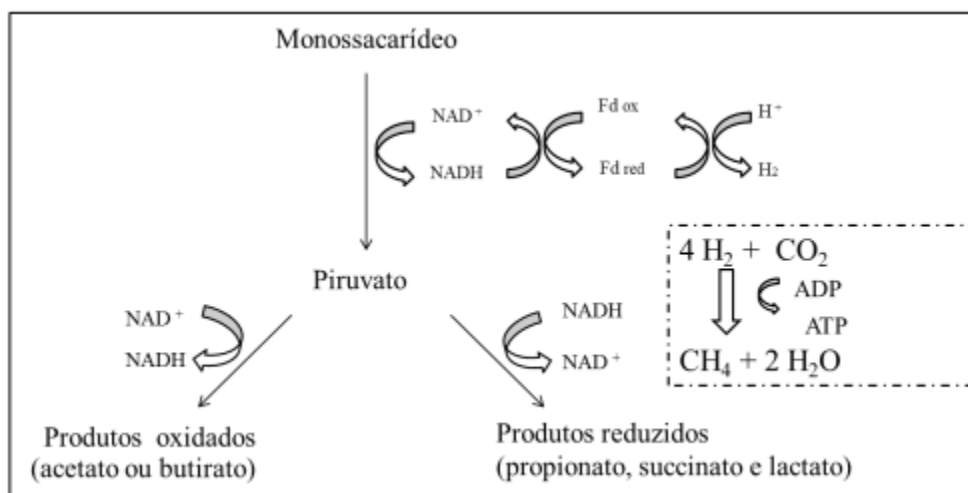


Figura 2. Vias de fermentação ruminal e formação de metano entérico (metanogênese). Fonte: (Kozloski, 2011 adaptado por Dall'Orsoletta, 2019).

A quantidade de hidrogênio utilizada é 4 mols de H_2 por mol de metano produzido, sendo utilizado aproximadamente -134 KJ por mol de CH_4 . No mínimo 3 mols de ATP é utilizado para redução de CO_2 e H_2 em CH_4 , assumindo que sejam necessários 37 KJ de energia para produzir um mol de ATP (Monteiro, 2009). Essa energia produzida representa uma perda de energia para o animal, resultando em diminuição da eficiência alimentar, o que pode variar, dependendo do tipo, qualidade e quantidade de alimento consumido (Lassey, 2007).

Essa fermentação é um processo oxidativo, que gera os cofatores reduzidos (NADH , NADPH e FADH_3), sendo posteriormente reoxidados (NAD^+ , NADP^+ e FAD^+) através de reações de desidrogenação liberando H^+ para o meio. As bactérias metanogênicas obtêm energia para seu desenvolvimento ao utilizar essa molécula de hidrogênio para reduzir CO_2 em CH_4 . Assim, o processo da metanogênese acaba atuando comoceptor de elétrons (Cottle et al., 2011).

Além da fermentação entérica, o CH_4 pode ser produzido através das fezes depositadas nas pastagens (Bretas, 2018). Devido à presença dos microrganismos que produzem esse gás, tanto no rúmen quanto no intestino grosso, eles acabam por sua vez sendo eliminados na matéria fecal, podendo dar prosseguimento à fermentação da matéria orgânica depois da defecação quando algumas determinadas condições ambientais são alcançadas, tais

como, altas temperaturas, umidade e ambiente anaeróbico (González-Avalos & Ruiz-Suárez, 2001 apud. Bretas, 2018).

Estudos conduzidos na Austrália mostraram que, a produção de metano via manejo de dejetos representa uma porcentagem menor (3%) das emissões de CH_4 (Williams, 1993), embora em menores proporções, também representa uma fonte significativa das emissões desse gás, se comparada às emissões de origem entéricas (MCTI, 2015).

No ano de 2016 as emissões de CH_4 pelo setor da agropecuária no Brasil, considerando apenas bovinos, foram de 11,82 milhões de Ton. de CH_4 pela fermentação entérica que corresponde a 90,3% das emissões totais de CH_4 e de 0,631 milhões de Ton. de CH_4 pelo manejo de dejetos que corresponde a 4,82% das emissões totais (MCTIC, 2019). A representatividade do CH_4 pelo manejo de dejetos no Brasil é diferente do observado por Williams (1993) na Austrália.

2.1.2. Óxido Nitroso

As fontes naturais de N_2O incluem os oceanos, o solo das floretas, campos e savanas. Já as fontes antropogênicas incluem os solos agrícolas, os dejetos de animais, os resíduos vegetais, os fertilizantes nitrogenados, produção de ácido nítrico e nylon, queima de resíduos e de combustíveis fósseis (Forster et al., 2007).

Das emissões globais de GEE, aproximadamente 6% são provenientes das emissões de óxido nitroso, dessas 40% tem origem de fontes antropogênicas, sendo 90% dessas emissões derivadas da agropecuária (Forster et al., 2007; Smith et al., 2007; Bretas, 2018). Apesar de o CO_2 e CH_4 estarem presentes em maior abundância na atmosfera terrestre, o N_2O é o que mais gera preocupações uma vez que seu potencial de aquecimento é 298 vezes maior que o dióxido de carbono, contribuindo com 5% do potencial de aquecimento global (Houghton et al., 1990; IPCC, 2006).

De acordo com a literatura recente, as concentrações desse gás têm aumentado consideravelmente nas últimas décadas (Tabela 1), tendo uma evolução anual de 0,2 ppb/ano, chegando a 334,19 ppb de N_2O no ano de 2019 (FAO, 2021).

Tabela 1. Emissão de gases do efeito estufa, suas variações, tempo de vida na atmosfera, contribuição pela agricultura e contribuição relativa ao efeito estufa

	CH ₄	N ₂ O
	(ppb)	(ppb)
Fase pré-industrial (1750)	600	270-290
Ano de 2019	1895,7	334,19
Tempo de vida na atmosfera (anos)	9,5-15,2	120
Taxa anual de aumento (ppb/ano)	5,0	0,2
Potencial de aquecimento global*	25	298
Contribuição pela agricultura	>20%	>60%
Contribuição relativa ao efeito estufa	16%	6%

Fonte: Adaptado de Monteiro (2009); FAO (2021), OMM (2021). **Nota:** ppb = parte por bilhão; *Potencial de aquecimento global relativo ao CO₂ por um horizonte de 100 anos (IPCC, 2019).

Quando pensamos apenas nas emissões provenientes da agropecuária, as fezes e a urina dos animais contribuem diretamente para as emissões de N₂O ao passo que as emissões indiretas são relacionadas a quantidade de N que é adicionado aos solos, sendo estes volatizados como amônia (NH₃) (Alves, 2010).

Devido à grande ocupação de animais em pastejo extensivo no Brasil, às excretas depositadas diretamente sobre as pastagens contribuem em larga escala com as emissões de N₂O (Bastos, 2018). O mesmo autor afirmou que, durante o pastejo, o nitrogênio presente nas plantas é ingerido pelos animais e convertido em proteína para o desenvolvimento dos mesmos. Devido à baixa eficiência nessa conversão, cerca de 70 a 95% dos compostos nitrogenados são eliminados através de excretas podendo abastecer os processos de produção de N₂O no solo (Oenema et al., 2005 apud. Bastos, 2018).

Nos solos, esses dejetos se tornam fontes de emissão de óxido nitroso por consequência do processo microbiológico da nitrificação e desnitrificação. A desnitrificação é processo pelo qual o nitrato (NO₃⁻) e o nitrito (NO₂⁻) são reduzidos para formarem compostos como o óxido nítrico (NO), óxido nitroso (NO₂) e o nitrogênio (N₂). Já na nitrificação, os microrganismos oxidantes do amônio utilizam o NO₂⁻ como aceceptor final de elétrons, com isso os níveis tóxicos de nitrito acumulados intracelularmente são minimizados (Ritchie & Nicholas, 1972 apud. Monteiro. 2009).

Smith et al. (2007) acreditavam que, nas próximas décadas, devido à intensificação da produção de bovinos no Brasil, haveria aumento das concentrações de N_2O , derivado do aumento do volume de excretas e na utilização de fertilizantes nitrogenados. Fato esse comprovado quando avaliamos as emissões de N_2O entre 2006 até 2016 do setor agropecuário no Brasil, onde temos 433,03 mil ton. de N_2O (2006) e 530,27 mil ton. de N_2O (2016), um aumento aproximado de 100 mil toneladas dentro de uma década (MCTIC, 2019).

2.2 Estratégias de mitigação da produção de metano e óxido nitroso na pecuária

A produção de metano pelos ruminantes pode ser influenciada por diversos fatores, alguns intrínsecos, ligados ao animal (melhoria do manejo no sistema de produção, melhoramento genético, seleção animal para precocidade, ou melhora na eficiência produtiva (nº de animais/ha)) e outros extrínsecos relacionados à dieta e a condições de fermentação (manipulação do rúmen) (Pereira & Pedreira, 2016).

As características da dieta como o consumo de matéria seca e a qualidade e o manejo das pastagens, a proporção de concentrados na dieta (suplementação), o uso de aditivos ou compostos naturais estão entre as que mais interferem neste processo. Entre as condições de fermentação são importantes ainda o controle biológico, a vacinação, a defaunação ruminal, entre outros (Johnson & Johnson, 1995).

Ações de mitigação através da manipulação da dieta podem causar melhora na produtividade e na eficiência alimentar, podendo alterar a proporção de AGV produzidos (disponibilidade de H_2) apenas optando pelo uso de diferentes alimentos e diferentes estratégias de alimentação (Dall'Orsoletta, 2019). E por fim, o uso de aditivos que atuam direta e indiretamente na inibição da metanogênese (controle biológico) são estratégias de manipulação ruminal (Figura 3).

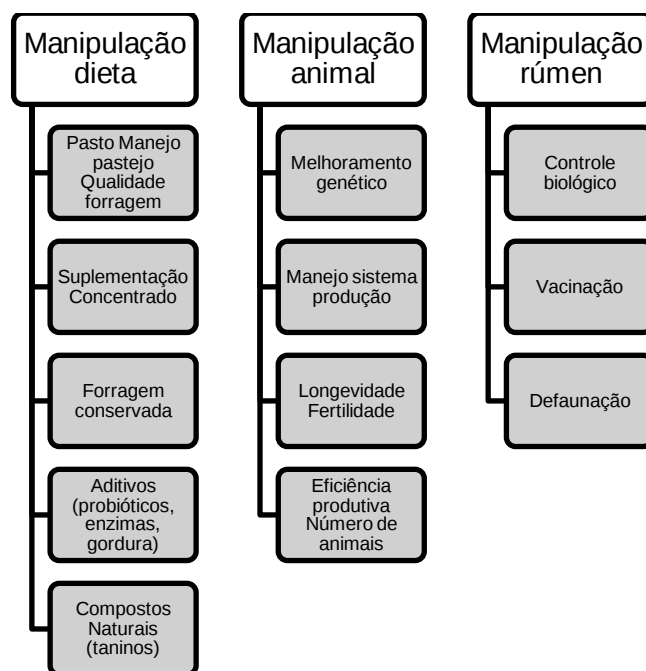


Figura 3. Esquema simplificado das diferentes estratégias de mitigação de metano. Fonte (Dall’Orsoletta, 2019).

A quantidade e qualidade da dieta são os fatores de maior importância na produção de CH_4 . Animais terminados em confinamento emitem menores quantidades de CH_4 por kg de peso de carcaça. As maiores emissões são derivadas de sistemas baseados em pastagens devido à composição mais elevada da fibra nas forragens, além de tempo maior da fase de acabamento e menor peso das carcaças (Lupo et al., 2013).

Maciel (2019) estudando o desempenho e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados observou que o sistema de pastejo rotativo, em comparação com o pastejo contínuo, promoveu uma melhora na qualidade da forragem bem como na sua produtividade. Dessa forma, este sistema de pastejo tornou-se uma boa opção na redução das emissões de GEE. De acordo com Wang et al. (2015) o total de emissões de GEE pode ser reduzido em até 30% somente melhorando a digestibilidade e a qualidade das forragens.

Quanto às diferenças raciais, pesquisas são escassas e tem como temática principal a criação seletiva de animais que utilizem o alimento mais eficientemente produzindo menos CH_4 por unidade de consumo de matéria seca (CMS) (Maciel, 2019). O mesmo autor destacou que Eckard et al. (2010) acreditam na capacidade de reduzir entre 10 a 20% aproximadamente o

rendimento de metano apenas por seleção de animais, baseado no CMS. Devido a insuficiência de trabalhos sobre essa temática, verificar a real emissão das principais raças de bovinos de corte no Brasil, se torna imprescindível quando pensamos em estratégias de mitigações de GEE.

Quanto à manipulação ruminal, a inclusão de ionóforos nas dietas, influencia na produção de metano enquanto aumentam a produção de propionato (Moss, 1993). Os ionóforos selecionam as bactérias gram-negativas, que por sua vez, produzem o propionato, que capta a molécula de H_2 do meio ruminal, reduzindo-se a necessidade dos microrganismos produzirem metano para se livrarem deste H_2 .

Tedeschi et al. (2003) relataram que os ionóforos podem reduzir a produção de CH_4 em 25%, diminuir a ingestão de alimentos em 4%, sem maiores prejuízos ao animal, além de reduzir a produção de acetato e butirato, inibindo a metanogênese sem acúmulo de H_2 .

Quanto às estratégias de mitigação de óxido nitroso, podemos destacar: o uso de agricultura de precisão para se reduzir o desperdício de N, o uso de culturas nas entressafras para recuperar o N residual, o uso de inibidores de nitrificação, o uso de bactérias promotoras de crescimento para redução da dose de N-Fertilizantes nas pastagens, a definição da época adequada para aplicação de N nas pastagens e, principalmente, trabalharem adequadamente o teor de proteína e energia das dietas, uma vez que a quantidade de energia for insuficiente os microrganismos não conseguirão degradar adequadamente a proteína e seu excesso será eliminado via fezes e urina (Lima, 2006).

2.3 Métodos de mensuração de metano e óxido nitroso

Muito se discute sobre os valores discrepantes em inventários nacionais e globais de emissão de GEE do setor agropecuário. Muitos dos dados observados hoje no Brasil são provenientes de extrapolação de características produtivas observadas nos Estados Unidos ou no continente europeu (Frota, 2017).

Para Hristov et al. (2018) as possíveis fontes de erros estariam relacionadas com a coleta de dados de emissão, com as estimativas de

ingestão de MS, com os ingredientes e a composição química da dieta, além das técnicas de manejo e as raças utilizadas na produção animal brasileira serem diferentes das observadas em outros países.

Há vários métodos diretos e indiretos desenvolvidos para a mensuração das emissões de GEE. Uso de câmaras respirométricas, técnica do marcador SF_6 , GreenFeed System, Câmara estática, métodos micrometeorológicos, técnica do marcador externo são exemplos de métodos diretos, ao passo que os modelos matemáticos e empíricos propostos pelo IPCC (2006) são exemplos de métodos indiretos.

Nas câmaras respirométricas, durante 1 a 7 dias consecutivos (período da medida), o animal permanece estabulado no interior da câmara. A diferença de concentrações de CH_4 geradas pelo fluxo de entrada e saída do ar no sistema é quantificada e esse valor é multiplicado pelo total de fluxo de ar para a obtenção da emissão de CH_4 total (Hammond et al., 2016).

Já a técnica do marcador SF_6 foi desenvolvida por Zimmerman (1993). Essa técnica tem por objetivo liberar uma quantidade conhecida e pequena de SF_6 no rúmen-retículo, que se mistura com o metano produzido servindo de marcador. Os animais são equipados com um sistema de coleta de ar, onde as amostras de ar são acumuladas ao longo de 24 horas, sendo as medidas repetidas em intervalos de cinco a oito dias. Tem-se, assim, uma representação da quantidade de gases provenientes do rúmen e que podem ser quantificados a partir do marcador (Dall'Orsoletta, 2019).

O sistema GF caracteriza-se por medidas pontuais da emissão de CH_4 e CO_2 realizadas a cada visita do animal ao equipamento. Os animais são atraídos ao GF devido ao fornecimento de uma pequena quantidade de concentrado (baixo valor nutritivo) e a emissão estimada a partir do tempo da visita, entre 3 – 5 minutos, no dia e por vários dias (Hristov et al., 2015).

Para avaliar as emissões de CH_4 e N_2O derivados do manejo de dejetos, a câmara fechada (static closed chamber) (Hutchinson & Mosier, 1981; Smith et al., 1995) é o método mais utilizado. Esta consiste de cilindros de PVC com diâmetros variados (20 – 40 cm) e altura de 20 cm, abertos nas extremidades em formato de anel. A parte inferior é inserida no solo, até 5 cm de profundidade, de forma a garantir o isolamento do gás na câmara. O gás é removido por meio de seringas de 30 mL para amostragem e as emissões são

lidas e analisadas por meio de um cromatógrafo a gás com detector de captura de elétron (ECD).

Outros métodos de amostragem consistem em câmaras abertas amostragem automatizada (sistema de fluxo de gás com transferência periódica de amostras para o cromatógrafo a gás) e métodos micrometeorológicos (Lima, 2006).

As principais vantagens e desvantagens de cada método direto podem ser visualizadas na tabela a seguir (Tabela 2):

Tabela 2. Métodos desenvolvidos para a mensuração de metano em ruminantes, suas vantagens e desvantagens (US. EPA, 2000).

Método	Aplicabilidade	Vantagens	Desvantagens
Método da Câmara Respirométrica	Animais que não pastejam	• Acurado • Bem estabelecido	• Requer câmaras especialmente construídas com equipamentos avançados; • Oneroso; • Confinamento pode causar estresse; • Requer muito treinamento do animal;
Método do Traçador Interno (SF ₆)	Animais em pastejo ou não	• Não há necessidade de enclausurar o animal • Acurado • Não requer alto nível tecnológico	• Requer Introdução de um gás traçador no animal; • Nível moderado de treinamento do animal para o uso do cabresto, cangas; • Manuseio adicional requerido durante a medição;
Método do Traçador Externo	Pequenos grupos de animais em Pastejo ou não	• Manejo Animal não é modificado para a condução das mensurações	• Muito difícil de medir emissões de metano em períodos extensos (por exemplo, 24 horas) devido às condições meteorológicas variáveis; • Requer alto nível de tecnologia e <i>expertise</i>; • Não está bem estabelecido;
GreenFeed	Animais em pastejo ou não	• Medições em curto prazo; • Manejo Animal não é modificado para a condução	• Nível moderado de treinamento do animal; • Um animal por vez; • Equipamento é oneroso;

		das mensurações	
Método da Câmara Estática	Animais em pastagens ou não	• Custo baixo • Não necessita de energia para operar	• Modifica as características da microatmosfera durante a medição; • Afeta o comportamento de pastejo dos animais;
Método micrometeorológicos	Pequenos grupos de animais em pastagem ou não	• Manejo Animal não é modificado para a condução das mensurações	• Muito difícil de medir emissões de metano em períodos extensos (por exemplo, 24 horas) devido às condições meteorológicas variáveis; • Requer alto nível de tecnologia e <i>expertise</i>; • Equipamento é oneroso • Não está bem estabelecido;

Fonte: Adaptado de Lima (2006).

Existem ainda métodos indiretos para estimar a emissão de GEE. Entre estes, os modelos matemáticos para a estimativa da emissão de CH₄ de origem entérica são propostos pelo IPCC. Conhecidos como “Tiers”, estes métodos são utilizados independente do objetivo e do nível de informações necessárias para a estimativa (IPCC, 2006). O Tier 1 baseia-se em fatores gerais de emissão que estimam, de forma simplista, a emissão anual de determinada categoria e espécie animal no continente em questão. É um método adequado para a maioria das espécies animais em países onde a fermentação entérica não é a principal fonte ou quando não há disponibilidade de informações necessárias para a caracterização mais detalhada das emissões (Dall’Orsoletta, 2019).

Quando o Tier 2 é usado, os fatores de emissão são estimados para cada categoria animal, sendo baseados na estimativa do consumo de energia bruta, na digestibilidade da dieta, no tipo de produção (em pastejo ou em confinamento), do tipo de manejo de dejetos e do nível de produção da propriedade rural. Sendo um método um pouco mais detalhado (Dall’Orsoletta, 2019).

Por fim, a mesma autora ainda explica que o Tier 3 é o método que requer a maior quantidade de informações específicas em relação ao país ou situação em que a estimativa está sendo realizada.

A confiabilidade das estimativas de emissões por estes métodos indiretos variará conforme a quantidade e a confiabilidade de informações (IPCC, 2019). Estes, porém, são métodos simples, de fácil aplicação e que podem se adequar à exata situação de cada propriedade rural. Eles permitem diferentemente dos métodos diretos, se estimar em condições reais, as emissões de GEE de cada propriedade, facilitando as tomadas de decisões quanto às mitigações necessárias.

2.4 Emissões de GEE no Mato Grosso do Sul

O estado de Mato Grosso do Sul possui uma superfície de 358.158,70 km², representando 4,19% do território nacional (IBGE, 2007). O estado está dividido geograficamente em 4 mesorregiões (Sudoeste, Leste, Centro-Norte e Pantanal Sul Matogrossense) e 11 microrregiões (Tabela 3) (IBGE, 1990).

Tabela 3. Microrregiões do Estado de Mato Grosso do Sul.

Ordem	Microrregião	km ²	%
1	Alto Taquari	41.430,60	11,57
2	Aquidauana	27.811,70	7,77
3	Baixo Pantanal	83.289,80	23,25
4	Bodoquena	22.672,50	6,33
5	Campo Grande	28.351,60	7,92
6	Cassilândia	13.264,10	3,70
7	Dourados	37.483,00	10,47
8	Iguatemi	22.471,10	6,27
9	Nova Andradina	13.505,80	3,77
10	Paranaíba	17.242,30	4,81
11	Três Lagoas	50.636,20	14,14
Total		358.158,70	100

Fonte: adaptado de IBGE (1990);

O estado de Mato Grosso do Sul abrange três importantes biomas brasileiros, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal e as bacias hidrográficas dos rios Paraguai e Paraná (Silva et al., 2010). Sua principal economia é baseada na pecuária de corte, em geral envolvendo as três fases (cria, cria e engorda) (Verdi, 2008).

Dos principais estados produtores de carne bovina no Brasil, Mato Grosso do Sul se destaca apresentando o terceiro maior rebanho bovino do país, com cerca de 21.873.444 milhões de cabeças, correspondendo a cerca de 10,19% do rebanho bovino nacional (ABIEC, 2019). Assim sendo, estima-se que o rebanho bovino sul-mato-grossense é responsável por uma parcela significativa das emissões anuais de CH₄ e N₂O do país.

Conforme as estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa do MCTIC (2019), o estado emitiu cerca de 29,5 milhões de toneladas (CO₂ eq.) de CH₄ e 11,3 milhões de toneladas (CO₂ eq.) de N₂O, correspondendo a 9,25% do total de emissões de GEE (CO₂ eq.) considerando apenas o setor agropecuário no mesmo ano, sendo o 5º estado com as maiores emissões de GEE do país (MCTIC, 2019).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Estudar a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), metano e óxido nitroso, na produção de bovinos de corte em Mato Grosso do Sul, em propriedades com diferentes níveis tecnológicos, de acordo com a metodologia IPCC (2019) adaptada às condições brasileiras.

3.2. Objetivos Específicos

- Comparar propriedades produtoras de bovinos de corte, com diferentes níveis tecnológicos, quanto à emissão de GEE segundo metodologia IPCC (2006) adaptada às condições brasileiras;
- Identificar fatores dos sistemas de produção que interfiram diretamente na produção de GEE;
- Avaliar a metodologia IPCC (2019) adaptada às condições brasileiras quanto à sua representatividade em propriedades produtoras de bovinos de corte.

4. REFERÊNCIAS

- ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil**. p. 49, 2019.
- Alves, B.J.R. **Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa: Relatórios de Referência - Emissões de óxido nitroso de solos agrícolas e de manejo de dejetos**. Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, DF: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2010.
- Bastos, D. F. Emissão de óxido nitroso na urina e fezes de bovinos e ovinos em sistemas pecuários extensivos. **Tese (Doutorado)** – Agronomia, UFRGS, Porto Alegre – RS, p. 114. 2018.
- Brasil. Decreto Nº 9.073, de 5 de Junho de 2017. **Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima, celebrado em Paris, em 12 dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016**. Brasília-DF. 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9073.htm>. Último acesso em: 11/07/2022.
- Bretas, I. L. **Emissão de óxido nitroso, metano e amônia de excretas bovinas em pastos de capim-braquiária em sistema silvipastoril ou monocultivo**. Dissertação (Mestrado) – Zootecnia, UFV, VIÇOSA – MG. p. 72. 2018.
- Cerri, C.C.; Maia, S.M.F.; Galdos, M.V.; Cerri, C.E.P.; Feigl, B.J.; Bernoux, M. Brazilian greenhouse gas emissions: the importance of agriculture and livestock. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 831-843, 2009.
- Chizzotti, M.L.; Pereira, L.G.R.; Chizzotti, F.H.M. et al. Uso da nutrição para redução na geração de metano: Eficiência no uso da energia para

ruminantes x meio ambiente. In: II simpósio brasileiro de produção de ruminantes no cerrado. **Anais...** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2012.

Ciais, P.; C. Sabine, G.; Bala, L.; Bopp, V.; Brovkin, J.; Canadell, A.; Chhabra, R.; DeFries, J.; Galloway, M.; Heimann, C.; Jones, C.; Le Quéré, R.B.; Myneni, S. **Carbon and Other Biogeochemical Cycles**. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. p. 465-570. 2013.

Cottle, D.J.; Nolan, J.V.; Wiedemann, S.G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v.51, p.491-514, 2011.

Dall'Orsoletta, A. C. **Emissão de metano entérico: uma análise do animal ao sistema de produção de leite**. 2019. Tese (Doutorado) – Ciência Animal, UDESC, Lages. p. 126. 2019.

Eckard, R. J.; Grainger, C.; De KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: A review. **Livestock Science**, v. 130, n. 1–3, p. 47–56, 2010.

EMBRAPA, **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros**. p. 48, 2021. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132914/1/D-OC-291-Final-em-Alta.pdf>> Ultimo acesso: 27/06/2022

FAOSTAT – World Food and Agriculture [2021]. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/fao-statistical-yearbook-2021-world-food-and-agriculture>> Ultimo acesso em: 27/06/2022.

Forster, P.; Ramaswamy, V.; Artaxo, P.; Bernsten, T.; Betts, R.; Fahey, D.W.; Haywood, J.; Lean, J.; Lowe, D.C.; Myhre, G.; Nganga, J.; Prinn, R.; Raga, G.; Schutz, M.; Van derland, R. Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing. In: Solomon, S.; Qin, D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; Miller, H.L. (Eds.), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom/New York, USA, pp. 129–234, 2007

Frota, M. N. L. **Emissão de metano entérico e parâmetros comportamentais de bovinos tropicais em sistema silvipastoril**. 2017. Tese (Doutorado) – Zootecnia, UFC, Fortaleza, p. 78. 2017.

González-Avalos, E.; Ruiz-Suárez, L. G. Methane emission factors from cattle manure in México. **Bioresource Technology**. v. 80:1, p. 63-71, 2001.

Hammond, K. J. et al. Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on milk production of dairy cattle and methane emissions determined using GreenFeed and respiration chamber techniques. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 10, p. 7904–7917, 2016

Houghton, J. T.; Jenkins, G. J.; Ephraums, J. J. **Climate change, the IPCC scientific assessment**. Cambridge: Cambridge University Press. 365 p.1990.

Hristov, A. N.; Oh, J.; Giallongo, F.; Frederick, T.; Weeks, H.; Zimmerman, P. R.; Harper, M. T.; Hristova, R. A.; Zimmerman, R. S.; Branco, A. F. The Use of an Automated System (GreenFeed) to Monitor Enteric Methane and Carbon Dioxide Emissions from Ruminant Animals. **Journal of Visualized Experiments**, n. 103, p. 1–8, 2015.

Hristov, A. N.; Kebreab, E.; Niu, M.; Oh, J.; Bannink, A.; Bayat, A. R.; Boland, T. M.; Brito, A. F.; Casper, D. P.; Crompton, L. A.; Dijkstra, J.; Eugène, M.;

Garnsworthy, P. C.; Haque, N.; Hellwing, A. L. F.; Huhtanen, P.; Kreuzer, M.; Kuhla, B.; Lund, P.; Madsen, J.; Martin, C.; Moate, P. J.; Muetzel, S.; Muñoz, C.; Peiren, N.; Powell, J. M.; Reynolds, C. K.; Schwarm, A.; Shingfield, K. J.; Storlien, T. M.; Weisbjerg, M. R.; Yáñez-Ruiz, D. R.; Yu, Z. Symposium review: Uncertainties in enteric methane inventories, measurement techniques, and prediction models. **Journal of Dairy Science**, v. 101. p. 6655-6674, 2018.

Hutchinson, G. L.; Mosier, A. R. Improved soil cover method for Field measurement of nitrous oxide fluxes. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 45, p. 311-6, 1981.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Divisão do Brasil em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas. p.137. 1990.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Emission from livestock and manure management. In: Eggleston, H.S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds). **IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, Chap. 10, p. 747-846, 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Fourth Assessment Report (AR4): Mitigation of Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change: Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Kyoto, Japan, 2019.

Johnson, K.A.; Johnson, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**. v.73, n.8, p.2483-2492, 1995.

Knapp, J.R., Laur, G.L., Vadas, P.A., Weiss, W.P., Tricarico, J.M. invited review: Enteric methane in dairy cattle production: quantifying the

opportunities and impact of reducing emissions. **J. Dairy Sci.** 97, 3231–61. 2014.

Kozloski, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

Lassey, K.R. Livestock methane emission: from the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. **Agriculture Forest. Meteorol.** V. 142, p. 120-132, 2007.

Lima, M. A. Emissão de metano e óxido nitroso na produção animal em Pastagens. **Anais do 23º Simpósio sobre manejo de pastagem**. p. 21, 2006.

Lupo, C. D.; Clay, D. E.; Benning, J. L.; Stone, J. J. Life-cycle assessment of the beef cattle production system for the northern great plains, USA. **Journal of Environmental Quality**, 42(5), p. 1386-1394. 2013.

Maciel, I. C. F. **Desempenho e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados em sistema intensivo e integrado de produção**. Tese (Doutorado) – Medicina Veterinária, UFMG, Belo Horizonte – MG, p. 91. 2019.

Martins-Costa, T. V.; Tourrand, J. F.; Piketty, M. G. **Custos de produção e emissões de gases efeito estufa na pecuária de corte do Rio Grande do Sul/Brasil: Uma aplicação do modelo AGRIPPEC**. 47º Congressos da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre – RS. p. 20. 2009.

MCTI - Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **Terceira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 3, 2015.

MCTIC - Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações.
Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 5ª ed. – Brasília-DF. p. 108. 2019

Monteiro, R. B. N. C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte.** Dissertação (Mestrado) – Agronomia, ESALQ-USP, Piracicaba, p.76. 2009.

Mosier, A.; Schimel, D.; Valentine, D.; Bronson, K.; Parton, W. Methane and nitrous oxide fluxes in native, fertilized and cultivated grasslands. **Nature**, v. 350, p. 330-2, 1991.

Moss, A.R. **Methane: global warming and production by animals.** Kingston, United Kingdom: Chalcombe Publications, 105 p. 1993.

Organização Mundial de Meteorologia (OMM), Greenhouse gás bulletin: another year another Record [2021]. Disponível em: <<https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-bulletin-another-year-another-record>> ultimo acesso: 27/06/2022.

Oenema, O.; Wrage, N.; Velthof, G. L.; Van Groenigen, J. W.; Dolfing, J.; Kuikman, P. J. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. **Nutrient Cycling and Agroecosystems**, v. 72, n. 1, p. 51-62, 2005.

Pereira, D. H.; Pedreira, B. C. Recuperação de Pastagens. **Anais do 2º Simpósio de Pecuária Integrada.** Fundação UNISELVA. Cuiabá – MT p. 25, 2016

Ritchie, G. A.; Nicholas, D. J. D. Identification of the sources of nitrous oxide produced by oxidative and reductive processes in *Nitrosomonas europaea*. **Biochem J.** v. 126, p. 1181-91, 1972.

- Silva, A. R.; Silva, J. S. V.; Ferrari, D. L.; Lamparelli, R. A. C. Vegetação natural e área antrópica em Mato Grosso do Sul até o ano de 2002. **Anais do 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Cáceres – MT, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 391-400. 2010.
- Smith, K. A.; Clayton, H.; McTaggart, I. P.; Thompson, P. E.; Arah, J. R. M.; Scott, A. The measurement of nitrous oxide emissions from soil by using chambers. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A**, v. 351, p. 327-338, 1995.
- Smith, P. et al. In: Metz, B. et al. (Eds.) Contribution of the working group on climate change 2007: mitigation of climate change. Working Group III contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge. Cambridge University, 2007, p. 497-540.
- Tedeschi, L. O.; Fox, D.G.; Tylutki, T. P. Potential environmental benefits of inophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 32, p. 1591-1602, 2003.
- U. S. EPA. Peer Review Handbook, 3rd ed., Washington, D.C.: USEPA, **Science Policy Council**. EPA/100/B-06/002. 2006.
- U. S. EPA. **Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs**. Washington: EPA, 2000.
- Van Soest, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. New York: Cornell University Press. 2. ed. 476p. 1994.
- Verdi, R. Bovinocultura de Mato Grosso do Sul: Uma análise da atividade nos municípios. 2008. Dissertação (Mestrado) – Agronegócios, UFMS, Campo Grande – MS, p. 172. 2008.

- Wang, T.; Teague, W.R.; Park, S.C. and Bevers, S. 2015. GHG Mitigation potential of different grazing strategies in the United States Southern great plains. **Sustainability**, 7: 13500-13521
- Williams, D.J. Methane emissions from manure of free-range dairy cows. **Chemosphere** 26, p. 179-187. 1993.
- WRI - World Resources Institute. **GHG Protocol Agricultural Guidance: Interpreting the Corporate Accounting and Reporting Standard for the agricultural sector**. p. 103, 2014. Disponível em:<
<https://ghgprotocol.org/agriculture-guidance>>
- Zimmerman, P. R. **System for Measuring Metabolic Gas Emissions from Animals** United States Patent, 1993.
- Zotti, C. L.; Paulino. V.T. **Metano na produção animal: emissão e minimização de seu impacto**. Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. p.24. 2009.

CAPÍTULO 2 – ESTIMATIVA DA EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA NA BOVINOCULTURA DE CORTE DO MATO GROSSO DO SUL

Artigo elaborado segundo normas adaptadas da revista “**Ciência Rural**”

William Britez Feliciano^{1*}

¹Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

*william_britez@hotmail.com

Resumo

O objetivo foi quantificar as emissões dos principais gases de efeito estufa (GEE) ligados a produção de bovinos de corte a partir da metodologia proposta pelo Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC, 2019) – Nível 2 (Tier 2), em conjunto com as fórmulas de exigências nutricionais propostas pelo BR-Corte. Dessa forma, os GEE avaliados foram metano (CH₄) proveniente da fermentação entérica e o CH₄ e óxido nitroso (N₂O) provenientes do manejo de dejetos. Foi elaborado um questionário para captação de dados nas propriedades rurais que permitissem realizar os cálculos de emissão dos GEE. Os efeitos das características de cada propriedade, bem como do método de estimativa sobre as emissões de GEE foram avaliados segundo um modelo inteiramente casualizado. As maiores participações de GEE na bovinocultura de corte do Estado de Mato Grosso do Sul são provenientes das emissões entéricas de CH₄ (88,1%). As propriedades em média, emitiram um total de 1.885 ton. Eq. CO₂/ano de GEE. Quanto ao tamanho das propriedades observou correlação de Pearson positiva ($P > 0,01$) no total de Equivalente CO₂ (Eq. CO₂) e da taxa de lotação (cab./ha) no total/ha. A melhora nos níveis de suplementação acima de 1 kg de concentrado permite a mitigação dos GEE. A metodologia de Tier 2 adaptada às condições brasileiras é capaz de estimar as emissões de GEE provenientes da pecuária em nível de campo.

Palavras-chave: Metano, Modelos matemáticos, IPCC, Óxido nitroso.

ABSTRACT

The objective was to quantify the emissions of the main greenhouse gases (GHG) linked to beef cattle production from the methodology proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2019) - Tier 2, in conjunction with the formulas of nutritional requirements proposed by BR-Corte. Thus, the GHGs evaluated were methane (CH_4) from enteric fermentation and CH_4 and nitrous oxide (N_2O) from manure management. A questionnaire was prepared to collect data on farms that allowed the calculations of GHG emissions. The effects of the characteristics of each farm, as well as the estimation method on GHG emissions were evaluated according to an entirely randomized model. The largest shares of GHG in beef cattle raising in the state of Mato Grosso do Sul come from enteric emissions of CH_4 (88.1%). The farms on average, emitted a total of 1.885 ton. Eq. CO_2 /year of GHG. As for the size of the properties, a positive Pearson correlation ($P > 0.01$) was observed in total CO_2 equivalent (Eq. CO_2) and stocking rate (head/ha) in total/ha. The improvement in supplementation levels above 1 kg of concentrate allows GHG mitigation. The Tier 2 methodology adapted to Brazilian conditions is able to estimate GHG emissions from cattle ranching at field level.

Keywords: Mathematical models, Methane, IPCC, Nitrous Oxide.

1. Introdução

O aumento do efeito estufa e suas consequências sobre as mudanças climáticas suscitaram preocupações crescentes em todos os países do mundo. Dos principais gases de efeito estufa (GEE), dois merecem destaque quando falamos na criação de bovinos, sendo eles a emissão de metano (CH_4) provenientes da fermentação entérica desses animais e óxido nitroso (N_2O) derivados do manejo de dejetos (IPCC, 2006).

No Brasil onde a agropecuária é um dos pilares da economia, estes gases são de extrema importância, uma vez que o país é considerado o 2º maior produtor de carne do mundo, tendo um rebanho estimado em cerca de 218 milhões de cabeças (EMBRAPA, 2021). Essa quantidade leva a bovinocultura a contribuir com mais de 45% das emissões líquidas nacionais de GEE em equivalentes de CO_2 (Eq. CO_2), o que corresponde a 552,8 milhões de toneladas de Eq. CO_2 só no ano de 2019 (FAO, 2021). Tais dados fazem com que a bovinocultura seja rotulada pela mídia como um dos setores da agropecuária que mais afetam o meio ambiente.

Frota (2017) alertou que tal crítica é baseada em índices e estimativas obtidos em outros países e extrapolados para o Brasil gerando dados superestimados. Tal afirmação é bem plausível, pois o país tem uma extensão continental e possui diferentes particularidades nos sistemas de criação de bovinos de uma região para outra.

Essas particularidades podem ser mais ou menos eficientes quanto à produtividade animal, pois são dependentes das condições socioeconômicas, tecnológicas e ambientais em que as propriedades estão inseridas (Martins-Costa et al., 2009).

Estudos que quantifiquem a emissão de GEE nos diferentes sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil ainda são incipientes (Brunes & Couto, 2017), principalmente quando buscamos estimar com precisão a participação do estado de Mato Grosso do Sul nas emissões de GEE provenientes da pecuária.

Para comparar propriedades com diferentes níveis tecnológicos, de forma a contemplar o real cenário produtivo do estado de MS, e considerando as principais características para as emissões de GEE de modo que as

estimativas sejam mais precisas é necessário desenvolver uma metodologia que permita quantificar essas emissões derivadas tanto da fermentação entérica, como do manejo de dejetos em nível de propriedade rural.

Dentro do exposto, objetivou-se com este trabalho estudar a emissão dos GEE, CH₄ e N₂O, na produção de bovinos de corte em Mato Grosso do Sul de acordo com uma metodologia derivada no Tier 2 do IPCC (2019) adaptada às condições brasileiras.

2. Material e Métodos

2.1 Propriedades Avaliadas

A partir dos dados necessários para implementação da metodologia de estimação dos GEE proposta pelo painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC, 2019) – Nível 2 (Tier 2), e das equações de exigências nutricionais propostas pelo BR-Corte (2016), foi elaborado um questionário (Anexo 1) para coleta de dados que permitisse uma adequada caracterização das propriedades rurais.

As propriedades avaliadas neste projeto foram definidas de forma a se obter uma variação nas Mesorregiões dentro do estado de Mato Grosso do Sul (IBGE, 1990) (Tabela 4).

Tabela 4. Propriedades onde foram realizadas as coletas de dados.

Código	Mesorregião	Microrregião	Área Total (HA)
001	Centro-Norte	Campo Grande	70
002	Leste	Três Lagoas	4000
003	Centro-Norte	Campo Grande	7500
004	Centro-Norte	Alto Taquari	750
005	Sudoeste	Iguatemi	470
006	Centro-Norte	Campo Grande	590
007	Centro-Norte	Campo Grande	1000
008	Centro-Norte	Campo Grande	716
009	Pantanal	Aquidauana	1400
010	Centro-Norte	Campo Grande	168

As propriedades foram identificadas através do programa Precoce MS, durante reuniões nos anos de 2021 e 2022, onde foi disponibilizado um banco de dados com informações das propriedades. O contato foi via telefone, e as propriedades foram selecionadas a partir da disponibilidade de tempo e disposição do responsável para participação do projeto. A identificação de cada propriedade foi mantida em sigilo em respeito ao compromisso assumido com as mesmas.

2.2 Questionário (Anexo 1)

O questionário encaminhado continha questões que levantavam informações sobre a área e a situação social da propriedade, o uso das terras, as pastagens, as técnicas produtivas e o rebanho bovino.

Optou-se por não realizar a coleta local de dados devido à pandemia de COVID-19. O levantamento dos dados foi realizado conforme as respostas às questões do questionário a partir do contato com os responsáveis (o proprietário ou o técnico responsável) pelas propriedades, via telefone ou pessoalmente, seguindo todos os protocolos de segurança, higiene e distanciamento, garantindo aos entrevistadores e entrevistados a segurança contra os riscos de contaminação pelo vírus SARSCov2.

Os dados coletados foram, então, utilizados para reunir as informações necessárias para os cálculos de emissões de GEE de forma individualizada para cada categoria animal dentro de cada propriedade.

2.3 Cálculos da emissão e GEE

A emissão de GEE de cada propriedade foi realizada seguindo-se os princípios propostos pelo IPCC, (2019) – Nível 2 (Tier 2), mas adaptando-se as equações propostas por aquele painel pelas equações propostas pelo BR-Corte (2016) e utilizando-se a composição de alimentos do CQBAL 4.0 (Valadares Filho et al., 2018).

O rebanho de cada propriedade foi dividido em grupos uniformes para estimar o Fator de Emissão de Gases (FEG) típico daquele grupo. Cada grupo foi constituído de acordo com a raça (Nelore ou Cruzado), o gênero (machos

ou fêmeas), o objetivo do animal no sistema de produção (de acordo com os gêneros), e a idade dos animais (Tabela 5).

Tabela 5. Caracterização dos grupos conforme as categorias, subcategorias e idade dos bovinos de corte

Raça	Gênero	Objetivo do Animal	Idades ¹
Nelores	Fêmeas	• Vacas para produzir bezerros para corte (vacas gestantes);	0-12
		• Vacas usadas para mais de um propósito de produção: vacas para abate, vacas em lactação;	12-18
		• Novilhas;	18-24
		• Bezerras em amamentação;	24-30
Cruzados	Machos	• Touros para reprodução;	30-36
		• Bois usados para produção de: carne (garrote inteiro, garrote castrado);	36-42
		• Novilhos	
		• Bezerros em amamentação.	

¹ Dentro de cada grupo genético, gênero e objetivo, podem haver vários subgrupos separados por faixa de idade (meses).

Para cada grupo, definiu-se um animal representativo (com as características médias dos animais do grupo), que serviu como base para a estimativa do FEG do grupo, em cada propriedade. Foram estimados FEG específicos para a produção de gases devida à fermentação entérica dos animais e ao manejo de dejetos gerados por estes.

A população média anual de animais (PMA) de cada grupo foi calculada segundo a Eq. [1] (IPCC, 2019).

Eq. [1]: $PMA = DV \cdot (NAPA/365)$;

Onde:

PMA = população média anual de animais por grupo;

DV = tempo médio (dias) que um animal por grupo permanece vivo no rebanho (em 12 meses);

NAPA = número anual de animais por grupo na propriedade.

Para se estimar o FEG de cada animal representativo do grupo, foram necessárias as informações da energia bruta e da digestibilidade da matéria orgânica (DMO) das dietas consumidas por aquele grupo, e da ingestão diária de nutrientes digestíveis totais (IDNDT) do animal representativo do grupo.

Para se estimar a digestibilidade da matéria orgânica (DMO) foi utilizada a Eq. [2], baseada na relação entre a DMO e o NDT em condições brasileiras proposta por Rocha Junior et al. (2003).

Eq. [2]: $DMO = 6,3637 + 0,9175 * ((NDT - 3,0004) / 0,9553)$;

Onde:

DMO = digestibilidade da matéria orgânica da dieta consumida pelos animais por grupo;

NDT = porcentagem de nutrientes digestíveis totais presentes na dieta consumida pelos animais do grupo. Este valor foi estimado utilizando-se os valores tabelados para cada alimento (pasto ou alimento fornecido isoladamente como suplemento) segundo a tabela CQBAL 4.0 (Valadares Filho et al., 2018), ou pelos valores fornecidos pelos fabricantes de suplementos comerciais para animais em pastejo ou da dieta total de animais confinados

Para se obter a IDNDT, estimou-se as exigências nutricionais de NDT dos animais representativos de cada grupo (de acordo com seu peso médio e sua produtividade na propriedade) segundo o BR Corte (2016) (<https://brcorte.com.br/calcula-exigencias>).

A energia bruta ingerida (EBI) pelo animal representativo foi então calculada a partir da Eq. [3] (adaptado de NRC, 2001).

Eq. [3]: $EBI = IDNDT * 4,4 / (DMO / 100)$;

Onde:

EBI = energia bruta ingerida pelo animal representativo (Mcal/d) do grupo;

IDNDT = ingestão diária de nutrientes digestíveis totais (kg/d) deste animal;

4,4 = fator para transformar kg de NDT em Mcal de ED;

DMO = digestibilidade da matéria orgânica.

A ingestão de energia bruta pelo animal representativo de cada grupo foi convertida em fatores de emissão de CH₄ entérico (EFi) pela Eq. [4] (IPCC, 2019).

Eq. [4]: $EFi = (EBi \cdot (Ym/100) \cdot 365) / 13,3$;

Onde:

EFi = fator de emissão de CH₄ entérico em kg/cabeça/ano;

EBi = energia bruta ingerida pelo animal representativo do grupo (Mcal/d);

Ym = fração da energia bruta convertida em CH₄ que é definida de acordo com a qualidade da dieta: para dietas contendo forrageiras de baixa qualidade foi utilizado o fator de conversão de 7,0%; para dietas baseadas em forragens de melhor qualidade e ou dietas contendo forragens + suplementação foi utilizado o fator de 6,3%; para dietas com inclusão de grãos foi utilizado o fator de 4,0%; e para dietas com inclusão de grãos + suplementação de ionóforos foi utilizada o fator de 3,0%, segundo o proposto pelo IPCC (2019). Optou-se por estes fatores de conversão, por terem sido validados para dietas específicas, encontradas nas situações de campo, estimativas mais próximas da realidade de cada sistema de produção.

Por fim, 13,3 = fator de conversão de Mcal para kg de CH₄.

Para se estimar as emissões totais de CH₄ via fermentação entérica de cada grupo, o EFi do animal representativo daquele grupo (Eq. [4]) foi multiplicado pela PMA (Eq. [1]) do grupo (Eq. [5]. IPCC, 2019):

Eq. [5]: $Ei = EFi \cdot (PMA/10^6)$;

Onde:

Ei = emissão de CH₄ entérico por grupo (Gg/ano);

EFi = fator de emissão de CH₄ entérico (kg/cabeça/ano) do animal representativo do grupo (Eq. [4]);

PMA = população média anual de cada grupo (Eq. [1]).

Para o cálculo das emissões de CH₄ derivadas do manejo de dejetos foram seguidas as recomendações do IPCC (2019) no nível 2 (Tier 2). Utilizou-se a Eq. [6] para estimar a emissão de CH₄ proveniente das fezes dos animais representativos de cada grupo.

$$\text{Equação [6]: } CH_4_{\text{Dejetos}} = (SV \cdot Bo \cdot (FCM/100) \cdot PMA \cdot 365 \cdot 0,67) / 1000$$

Onde:

CH₄ Dejetos = emissão de CH₄ proveniente das fezes dos animais representativos de cada grupo (kg/cabeça/ano);

SV = excreção diária média de sólidos voláteis, por animal representativo de cada grupo (kg/cabeça/dia) (Eq. [7]);

Bo = capacidade máxima de produção de metano para os dejetos produzidos por animal representativo de cada grupo (m³ CH₄/kg) (foi utilizado o valor *default* do IPCC (2019) de 0,18 para propriedades de alta produção e de 0,13 para propriedades de baixa produção);

FCM = fator de conversão de CH₄, de acordo com o sistema de manejo de dejetos (%) (calculado como 1,5%, de acordo com o IPCC (2019) para locais com clima tropical, e com dejetos lançados diretamente ao pasto);

PMA = população média anual de cada grupo (Eq. [1]);

0,67 = fator de conversão de m³ de CH₄ para kg de CH₄.

A excreção diária média de sólidos voláteis (SV) foi obtida pela Eq. [7].

$$\text{Eq. [7]: } SV = (EBi \cdot (1 - DMO/100) + (EU \cdot EBi)) \cdot (1 - Cinzas/4,407);$$

Onde:

SV = excreção diária média de sólidos voláteis;

EBi = ingestão diária de energia bruta do alimento (Mcal/cabeça/dia) por animal representativo de cada grupo (Eq. [3]);

DMO = digestibilidade da matéria orgânica (%) do alimento (Eq. [2]);

EU = fração de energia bruta expressa em energia urinária (considerou-se 4% da EBi como energia urinária para a maioria dos ruminantes e 2% da EBi para os ruminantes alimentados com mais de 85% de grãos na dieta, como sugerido pelo IPCC (2019));

Cinzas = fração do conteúdo de minerais nos dejetos produzidos de cada grupo animal (adotou-se o valor padrão sugerido pelo IPCC (2019) de 8%).

Para o cálculo das emissões de N_2O derivadas do manejo de dejetos foram seguidas as recomendações propostas pelo IPCC (2019) (Eq. [8]).

$$\text{Eq. [8]: } N_2O_{\text{Dejetos}} = PMA * ((PBi/6,25 - PR/6,25) * 365) * 0,99 * FE_3$$

Onde:

N_2O_{Dejetos} = emissão de óxido nitroso associado ao manejo de dejetos de animais (kg N_2O -N/kg de dejetos depositado);

PMA = população média anual de cada grupo (Eq. [1]);

PBi = proteína bruta da dieta (kg/d), estimada utilizando-se os valores tabelados para cada alimento (pasto ou alimento fornecido isoladamente como suplemento) na tabela CQBAL 4.0 (Valadares Filho et al., 2018), ou pelos valores fornecidos pelos fabricantes de suplementos comerciais para animais em pastejo, ou da dieta total de animais confinados); 6,25 é a conversão de kg de proteína na dieta em kg de N na dieta;

PR = proteína retida pelo animal representativo de cada grupo (kg/d, estimou-se as exigências nutricionais de proteína líquida de ganho e produção de leite dos animais representativos de cada grupo (de acordo com sua produtividade na propriedade) segundo o BR Corte (2016) (<https://brcorte.com.br/calcula-exigencias>);

FE_3 = fator de emissão (%), estimado de acordo com os valores padrões do IPCC (2019) (Tabela 6).

Tabela 6. Fatores de emissão de N_2O para sistemas de manejo utilizados

Sistema de Manejo	FE_3
Pasto	0,02
Lagoa anaeróbica	0,001
Armazenamento Sólido	0,02
Dry lot	0,02
Esterqueira	0,001
Biodigestor	0,001
Outros Sistemas	0,005

As emissões de cada grupo foram somadas para obter o total de emissão de cada GEE (CH_4 Entérico, CH_4 das Fezes e NO_2 das Fezes) de cada propriedade. A emissão dos mesmos gases foi também estimada para cada propriedade segundo os fatores padronizados (Tier 1) do IPCC (2019) para título de comparação entre as metodologias.

As emissões de GEE foram então convertidas em equivalentes CO_2 (Eq. CO_2) utilizando-se os fatores de conversão de 25 para CH_4 e de 298 para NO_2 .

2.4 Análise Estatística

Comparou-se os dados de produção de GEE estimados pelo Tier 1 às emissões aqui calculadas pelo Tier 2 adaptado utilizando-se a metodologia de avaliação de modelos de predição baseada na comparação de dados preditos e observados, proposta por Tedeschi (2006).

Os efeitos das características qualitativas de cada propriedade (nível tecnológico, uso de fertilizantes orgânicos, tipo de pastejo, nível de suplementação, uso de confinamento, raça dos animais), sobre as emissões de GEE foram avaliados segundo um modelo inteiramente casualizado e as médias, quando cabível, comparadas pelo teste t de student.

Avaliou-se ainda a correlação de Pearson entre as características quantitativas das propriedades (área, nº de funcionários, taxa de lotação, tamanho do rebanho, e ganho médio diário) e as emissões de Eq. CO_2 da mesma. Utilizou-se os PROC GLIMMIX e PROC CORR do Sas On Demand (Sas Institute Inc., Cary, CA). Adotou-se um nível de significância de 5% em todas as análises.

3. Resultados

As participações em porcentagem na produção total de Eq. de CO_2 de cada fonte de GEE (CH_4 entérico e CH_4 Fezes e N_2O Fezes) nas propriedades avaliadas conforme o Tier 1 e Tier 2 do IPCC (2019) podem ser observados na tabela 7.

Tabela 7. Participação percentual na produção total de Eq. CO₂ de cada fonte de GEE nas propriedades, de acordo com a metodologia de cálculo.

Metodologia de Cálculo	Características (%)			
	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
<u>CH₄ Entérico</u>				
Tier 1	82,1	3,1	78,2	85,9
Tier 2	88,1	5,1	75,6	92,6
<u>CH₄ Fezes</u>				
Tier 1	2,8	0,5	2,3	3,6
Tier 2	2,2	0,5	1,3	3,1
<u>N₂O Fezes</u>				
Tier 1	15,2	2,8	11,6	19,2
Tier 2	9,6	5,4	5,2	23,0

As estimativas médias das emissões de CH₄ entérico e CH₄ pelas fezes bem como o total de emissão de GEE por propriedade ou em relação ao número de animais ou à área foram bem semelhantes, ao contrário das emissões de do N₂O que foram, em média, quase o dobro quando estimadas pelo Tier 1 (Tabela 8).

Tabela 8. Avaliação do uso da estimativa da emissão de GEE (ton Eq. CO₂/ano) calculada pelo Tier 2 através do uso dos fatores de emissão do Tier 1.

Emissão	Média (Tier 2)	Média (Tier 1)	D.P. (Tier 2)	D.P. (Tier 1)	R2 (%)	Valor –	CCC	Correlação	RQMEP	Partição do QMEP (%)		
						P (a=0; b=1)		Ranking (%)		Vício Médio	Vício Sistemático	Erro Aleatório
CH ₄ Ent	1.697	1.561	2.625	2.302	99,4%	<0,01	0,989	0,963	347	15,3	77,4	7,36
CH ₄ Fez	49,0	48,0	72,3	85,2	97,4%	0,01	0,981	0,939	14,7	0,44	65,0	34,6
N ₂ O Fez	138	272	175	429	94,9%	<0,01	0,630	0,978	279	22,9	75,8	1,32
Total	1.885	1.882	2.880	2.797	99,8%	0,03	0,999	0,988	101	0,01	60,1	39,8
Total/cab	1,540	1,525	0,210	0,168	19,5%	0,55	0,507	0,163	0,182	5,22	8,59	86,2
Total/ha	1,713	1,774	1,14	1,23	96,5%	0,25	0,981	0,999	0,218	7,61	21,9	70,5

A avaliação do ajuste entre os dados preditos e observados pelas duas metodologias, apesar de apontarem que apenas os dados de emissão total de GEE relativas, por animal ou por área, estimados pelo Tier 1 são estatisticamente semelhantes aos aqui observados utilizando o Tier 2 adaptado, mostrou valores de R^2 acima de 90% (exceto para a produção total de GEE por animal), CCC acima de 0,900 (exceto para a produção de N_2O e a produção total de GEE por animal) e correlação de ranking acima de 90% (mais uma vez, exceto para a produção total de GEE por animal).

Foi observada correlação positiva ($P<0,01$) entre as características quantitativas das propriedades (área, número de funcionários e tamanho de rebanho) e a emissão total de Eq. CO_2 (Tabela 9).

Quando avaliada a emissão relativa (expressa em ton/ha/ano ou em ton/cab/ano), no entanto, não se observou efeito do tamanho da propriedade sobre a emissão de GEE expressa como Eq. CO_2 .

Tabela 9. Coeficiente de correlação de Pearson entre a produção de eq. CO_2 e características das propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul

	Eq. CO_2		
	Ton/ano	Ton/cab/ano	Ton/ha/ano
Área de pecuária. ha	0,946**	0,411	0,219
Número de Funcionários, nº	0,806**	0,104	0,323
Tamanho Rebanho, cab.	0,999**	0,275	0,440
Ganho médio diário dos animais, kg/d	-0,140	-0,146	-0,049
Taxa de lotação, cab/ha	0,320	-0,151	0,986**

** $P<0,01$

A produtividade dos animais (expressa como o GMD) não apresentou relação com a emissão total (ton/ano) ou relativa (ton/ha ou ton/cab/ano) de GEE.

Também não se observou relação da taxa de lotação (cab/ha) com a emissão total (ton/ano) ou relativa por cabeça (ton/cab/ano). Por outro lado, o aumento da taxa de lotação (cab/ha) também aumentou ($P<0,01$) a emissão de GEE por ha.

O nível tecnológico indicado pelo responsável da propriedade, o uso de fertilizantes orgânicos e a raça dos animais não influenciaram as emissões relativas de GEE (por animal ou por ha) nas propriedades de bovinos de corte de Mato Grosso do Sul ($P>0,05$) (Tabela 10).

Tabela 10. Emissão de GEE (ton.Eq. CO₂/Cab/Ano ou ton.Eq. CO₂/ha/Ano) de acordo com o nível tecnológico indicado pelo responsável da propriedade, o uso de fertilizante orgânico e a raça dos animais em propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul.

Emissão de GEE (ton.Eq. CO ₂ /Ano)	Características ¹			S.E.	P – Value
<u>Nível Tecnológico de acordo com o responsável</u>					
	Baixo	Médio	Alto		
Por cabeça	1,357	1,478	1.576	0,127	0,579
Por ha	1,116	1,748	2,053	0,713	0,717
<u>Uso de Fertilizante</u>					
<u>Orgânico</u>					
	Sim	Não			
Por cabeça	1,381	1,584		0,086	0,132
Por ha	2,278	1,149		0,463	0,123
<u>Raça dos Animais</u>					
	Nelore	Outras			
Por cabeça	1,422	1,544		0,095	0,391
Por ha	1,127	2,299		0,456	0,107

Observou-se uma tendência de efeito ($P<0,1$) do nível de suplementação utilizada sobre as emissões relativas por animal (Tabela 11).

As propriedades que suplementaram com menos que 1,0 kg/dia foram as que tiveram as maiores emissões de GEE por animal, porém não diferindo significativamente das emissões das propriedades que não suplementam. Por outro lado, as propriedades que suplementaram mais que 1,0 kg/d tiveram os menores ($P<0,05$) níveis de emissão.

As demais características nutricionais do sistema de produção das propriedades (tipo de pastejo e uso de confinamento) não afetaram ($P>0,05$) a emissão de GEE por animal ou por ha destas propriedades.

Tabela 11. Emissão de GEE (ton.Eq. CO₂/Cab/Ano ou ton.Eq. CO₂/ha/Ano) de acordo com o tipo de pastejo, o nível de suplementação e o uso de confinamento em propriedades de bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul.

bovinos de corte localizadas em Mato Grosso do Sul.

Emissão de GEE (ton.Eq. CO ₂ /Ano)	Características ¹			S.E.	P – Value
<u>Tipo de Pastejo</u>					
	Contínuo	Rotativo			
Por Cabeça	1,331	1,548		0,092	0,141
Por ha	1,972	1,602		0,572	0,666
<u>Nível de Suplementação Utilizada</u>					
	0	<1,0 kg	>1,0 kg		
Por Cabeça	1,432ab	1,698a	1,336b	0,089	0,067
Por ha	1,242	1,701	2,354	0,647	0,498
<u>Uso de Confinamento</u>					
	Não	Sim			
Por Cabeça	1,503	1,402		0,116	0,573
Por ha	1,541	2,203		0,610	0,371

Médias seguidas por letras diferentes diferem significativamente pelo teste t (p<0,05).

4. Discussões

Os seis pontos percentuais de diferença entre a participação percentual do CH₄ entérico estimados pelo Tier 1 e o Tier 2 adaptado (Tabela 7), apesar de representarem menos que 10% das emissões deste gás, expressam quase a totalidade da diferença observada na participação do N₂O pelas duas metodologias. Neste caso, no entanto, a participação do N₂O estimada pelo Tier 1 foi cerca de 58% maior que a estimada pelo Tier 2 adaptado. Isso indica que o N₂O apresentou maior discrepância de estimativa pelas metodologias. Já as estimativas de emissões de CH₄ fecal variaram quase 30% (de 2,2 para 2,8%), apesar desta variação ser pequena em relação às estimativas totais de emissão de GEE dos animais. Cabe destacar, no entanto, que, se considerarmos um intervalo de confiança que abranja a média mais ou menos 1,96 DP (95% de confiança), nenhuma das diferenças aqui observadas na participação percentual de cada GEE estimada por cada metodologia poderia ser considerada significativa.

A diferença absoluta observada na estimativa média das emissões de N_2O vem reforçar a disparidade nas estimativas deste gás pelas duas metodologias (Tabela 7). Devido à pequena participação deste gás no total das emissões de GEE, e à estimativa ligeiramente superior das emissões de CH_4 (entérico e das fezes) pelo Tier 2 adaptado, as estimativas médias de produção de GEE (total da propriedade, por cabeça ou por ha) ficaram bem semelhantes entre as duas metodologias.

Então, mesmo com as diferenças observadas entre as metodologias (em especial quanto às emissões de NO_2) as estimativas obtidas pela metodologia do Tier 2 adaptada às condições brasileiras pelo presente trabalho estão próximas ao padrão estipulado pelo IPCC (2019).

Em termos gerais, ambas as metodologias apontam para a mesma participação de cada fonte de gás no total de GEE gerado pela pecuária de corte: o CH_4 entérico é principal gás gerado pela atividade, respondendo por, pelo menos, 82% do total; seguido da emissão de N_2O derivado dos dejetos, com um mínimo de 10% e, por fim; das emissões de CH_4 das fezes, que responde por menos de 2,85 em média do total de GEE. Isso indica que qualquer tentativa de se reduzir significativamente o impacto da pecuária bovina de corte na emissão de GEE deve focar prioritariamente a geração do CH_4 entérico, cabendo assim ao técnico responsável identificar as possíveis fontes de emissão e buscar as melhores formas para mitigação deste gás.

Esta maior participação do CH_4 entérico é condizente com o fato de o Brasil ser um país com um sistema de produção de bovinos de corte predominantemente extensivo, com mais de 80% dos animais exclusivamente a pasto (Sversutti & Yada, 2018). Esta dieta, quase exclusivamente baseada em forragens, leva a esta grande emissão de CH_4 entérico.

Williams (1993) estudando a produção de CH_4 via manejo de dejetos observou que estas correspondem a apenas 3% das emissões totais de CH_4 da pecuária de corte na Austrália. Já os relatórios anuais de emissões de GEE promovidos pelo MCTIC (2019) mostraram 4,82% de participação do CH_4 via manejo de dejetos nas emissões totais de GEE no Brasil. Isto mostra mais uma vez que as emissões aqui estimadas estão dentro do predito pela literatura, reforçando a confiabilidade nas estimativas da metodologia utilizada no presente trabalho.

Como as estimativas das emissões de N_2O pelo Tier 2 (e pela adaptação aqui proposta) são baseadas na relação entre a proteína bruta ingerida pelos animais e a proteína retida, diferentemente do que se é calculado pelo Tier 1, os menores valores aqui estimados se dão devido ao baixo teor de PB presente nas forragens utilizadas nas propriedades segundo a tabela CQBAL 4.0 (Valadares Filho et al., 2018). Isto aponta ainda para uma maior eficiência do uso da PB da dieta do que a média predita pela metodologia (Tier 1) adotada pelo IPCC (2019).

Esta diferença na eficiência de uso da PB entre o predito pelo Tier 1 e o aqui observado, porém, não foi observada na proteína oriunda da suplementação proteica. As propriedades 6, 7 e 9, que faziam uso de suplementação proteica, tiveram os maiores valores de emissão percentual de N_2O . Esses resultados aproximaram as emissões de N_2O do Tier 2 adaptado do valor predito pelo Tier 1 e reduziram a participação do CH_4 entérico nas emissões totais de GEE.

Martins-Costa et al. (2009) ao avaliarem os custos de produção e emissões de gases de efeito estufa na pecuária de corte do Rio Grande do Sul, usando o Tier 2 da metodologia do IPCC, encontraram os valores de 1.667 Total/cab/ano (Ton. Eq. CO_2), valor próximo ao observado no presente trabalho.

A correlação positiva ($P < 0.01$) entre as características dimensionais das propriedades (área, número de funcionários e tamanho de rebanho) e a emissão total de Eq. CO_2 (Tabela 9) já era esperada, uma vez que maiores propriedades pressupõem um número maior de funcionários e um número maior de animais emitindo GEE.

Outro exemplo desta relação entre tamanho de rebanho e emissão total de GEE foi evidenciada pelo trabalho de Luvizon et al. (2020). Estes autores, ao estudarem a emissão de CH_4 pela pecuária de corte e leite no município de Anchieta/SC no ano de 2018, observaram que a pecuária de leite, que envolve 77% do total do rebanho, era responsável por 1.703,6 Ton CH_4 /ano, valor 3x maior que a gerada pela pecuária de corte, aproximadamente a mesma proporção entre os rebanhos.

A falta de efeito do tamanho da propriedade sobre a emissão relativa de GEE (Tabela 9) é justificado por estas emissões dependerem

exclusivamente da resposta individual de cada animal aos fatores produtivos de cada propriedade.

Segundo Lassey et al. (1997), em torno de 87% da variação na emissão de CH_4 é atribuído às diferenças entre animais, logo o tamanho da propriedade não interfere nessas emissões relativas por animais.

A correlação positiva da intensificação da produção, expressa por maiores taxas de lotação (Tabela 9), com a emissão de GEE por hectare é uma resposta direta ao maior número de animais por hectare. Apesar de não significativas, as correlações da taxa de lotação mostraram-se positivas com o total de emissão de GEE da propriedade e negativas com a emissão de GEE por animal, o que é coerente com o esperado quando se intensifica a produção com consequente aumento do rebanho.

Brunes & Couto (2017) também observaram que a produção entérica total de CH_4 por ciclo foi maior no Sistema Melhorado a Pasto em comparação ao Sistema Médio Brasileiro (SMB) pela melhoria das pastagens ter permitido um aumento da taxa de lotação (de 0,9 para 3 UA/ha) com consequente aumento do número de animais (de 585 para 1993), e das emissões totais de CH_4 .

Apesar do nível tecnológico indicado pelo responsável da propriedade não ter mostrado efeito significativo sobre as emissões relativas de GEE (Tabela 10), o aumento progressivo das emissões por ha à medida que se aumentou o nível tecnológico é justificado pela intensificação da produção à medida que se aumenta o nível tecnológico, com reflexos diretos na produção de GEE por ha, como já discutidos.

Já o aumento das emissões por animal é diferente do encontrado na literatura, Brunes & Couto (2017) observaram menores emissões de gases por animal a medida que mudou os cenários produtivos, sendo de 0,27 kg de CH_4 /cabeça no SMB (menos tecnológico) para 0,16 kg de CH_4 /cabeça no Sistema Intensivo a Pasto (mais tecnológico). Lazari et al. (2019) encontraram 41,42% e 57,2% menos CH_4 por kg de ganho corporal nos sistemas mais tecnificados nas fases de recria e terminação, respectivamente. Uma vez que quanto mais tecnificados o sistema, menor o tempo de permanência dos animais na propriedade, permitindo que essa emissão seja menor.

Um aspecto que poderia explicar esta divergência é o entendimento subjetivo do que seria o enquadramento da propriedade em um nível tecnológico 1, 2 ou 3. Como esta foi uma classificação empírica, realizada pelo próprio responsável pela propriedade, baseado em seus próprios conceitos, isso pode ter tendenciado as informações, levando a resultados conflitantes.

O aumento numérico (não significativo) das emissões relativas por ha nas propriedades onde se fazia o uso de fertilizante orgânico (Tabela 10) pode ser explicado por uma melhoria na qualidade do pasto que resultaria em maior oferta de forragem, permitindo a intensificação da produção, levando ao aumento das emissões por ha, conforme já discutido.

Como a metodologia do Tier 2 do IPCC (2019) aqui adaptada avalia apenas as emissões diretas dos animais e das fezes, e como, nesse caso, as fezes dos animais ficam no pasto, as emissões de gases seriam semelhantes com a aplicação de adubos orgânicos. Para se conseguir detectar uma possível redução na emissão de GEE, seria necessário avaliar esta emissão de forma mais ampla, em todo o sistema de produção, incluindo a emissão associada à redução da utilização de adubos químicos (da produção ao transporte até a propriedade, aplicação e após-aplicação) graças ao uso de adubação orgânica.

Apesar de não haver efeito sobre as raças, animais cruzados apresentaram uma maior emissão relativa de GEE (Tabela 10). Isto pode ser explicado por um maior consumo de alimentos dos animais com sangue europeu (Maciel, 2019). Lassey (2002) explica que as características intrínsecas aos animais são importantes causas de variação na produção de CH₄, uma vez que os zebuínos, os taurinos e os cruzados têm características distintas quanto ao volume do rúmen, a capacidade de selecionar alimentos e o tempo de retenção dos alimentos no rúmen.

Maiores emissões de GEE por ha nas propriedades que faziam uso do pastejo contínuo foram observadas, embora sem efeito significativo (Tabela 11). Isto está associado às maiores taxas de lotação (1,44 UA/ha) destas em relação às propriedades que faziam uso do pastejo rotacionado (1,05 UA/ha). Esta maior taxa de lotação leva a um maior número de animais por ha, com reflexos diretos na maior emissão de GEE.

O contrário foi observado quando as emissões de GEE foram avaliadas por animal, sendo maiores nos sistemas de pastejo rotativo (Tabela 11). A menor taxa de lotação nesses sistemas pode ter-se refletido em um subpastejo, levando à presença de forragens mais velhas, o que diminui a sua digestibilidade, aumentando as emissões de GEE por animal. Isto corrobora ainda o fato de as maiores taxas de lotação levarem a menores emissões de gases aqui observado. Isto permitiria um melhor aproveitamento das pastagens, facilitando a digestão das mesmas e reduzindo a emissão de CH₄ entérico neste processo.

Esse aumento das emissões de GEE por animal devido às menores taxas de lotação já foi abordada por Carvalho (2004). Este autor explicou que em lotações muito baixas a pastagem não é bem aproveitada e perde qualidade, diminuindo os teores de proteína e aumentando os teores de carboidratos fibrosos e lignina. Essa lignina em excesso, devido ao envelhecimento da planta, diminui a digestibilidade, e os carboidratos fibrosos em excesso favorecem a síntese de acetato e butirato, disponibilizando mais H₂ no ambiente ruminal, o que favorece a metanogênese.

Já um baixo nível de suplementação pode não ter afetado o consumo de matéria seca de forragem (CMS), mantendo esta como o ponto central da dieta. Com isto, não teria havido uma mudança significativa na flora ruminal, com a manutenção predominante de bactérias degradadoras de celulose e metanogênicas. Isto é suportado por Soares et al. (2009), que verificaram uma redução de 0,5 kg a 0,8 kg de volumoso a cada kg de matéria seca de concentrado fornecido a animais em pastejo.

Porém, no caso das propriedades que forneceram abaixo do 0,3% do peso vivo (PV) de suplemento (< 1 kg), desencadeou-se um efeito catalítico de suplementação, onde a baixa ingestão do suplemento resultou apenas em suprir a deficiência de nitrogênio das bactérias ruminais, acelerando dessa forma o seu metabolismo, conseqüentemente as reações químicas que ocorrem durante o processo de degradação das forragens. S'Thiago (1999) explica que ao suprir essa deficiência ocorre um aumento no CMS da pastagem e conseqüentemente maior ingestão de nutrientes, devido a melhores condições ruminais. O que explica o fato das maiores emissões serem provenientes das propriedades que suplementaram menos de 1 kg,

onde a melhora no consumo das forragens, permitiu maior disponibilidade de material a ser digerido, logo, uma maior produção dos AGV, disponibilizando mais íons H_2 no ambiente ruminal, contribuindo na síntese de CH_4 .

Ao se suplementar os animais com níveis superiores a 1,0 kg/dia (Tabela 11), por sua vez, reduziu-se de forma mais intensa o consumo de forrageiras, com conseqüente redução na produção de acetato e butirato, no acúmulo de H_2 e na metanogênese, o que explica as menores emissões de CH_4 dos animais que recebiam este nível de suplementação.

Por outro lado, reduzir o CMS das forrageiras leva uma maior disponibilidade de pastagens permitindo a intensificação da produção, o que pôde ser comprovado ao se avaliar a taxa de lotação das propriedades com alta suplementação (próxima de 2,4 UA/ha), 2 a 3 vezes maior que as demais. Isto explica a emissão de CH_4 por ha numericamente maior destas propriedades (quase o dobro das propriedades que não suplementavam).

O uso de confinamento também permitiu uma redução numérica (não significativa) na emissão de CH_4 por cabeça nas propriedades (Tabela 11). Lupo et al. (2013) observaram que animais terminados em confinamento emitem menores quantidades de CH_4 . Estes autores atribuem a essa menor emissão de CH_4 por animal à maior presença de fibra nas dietas de animais em pastejo. Estes autores observaram, no entanto, uma diminuição das emissões por ha, associada ao menor tempo de permanência dos animais na fase de acabamento. Isto contrasta com o aqui observado. Apesar da falta de significância, o uso de confinamento na propriedade levou a um aumento de cerca de 43% na emissão total de GEE.

A falta de significância na redução da emissão de GEE na propriedade pode ser explicada pelo fato de que apenas parte dos animais da propriedade estavam no confinamento. Assim, a redução na emissão de GEE por estes animais acabaria por ser diluída entre os animais que não tiveram este efeito da dieta. Já o aumento verificado na emissão de GEE por ha, contrário ao observado na literatura, está diretamente ligado ao aumento da taxa de ocupação da propriedade. Ainda que o uso de confinamento reduza o tempo de terminação dos animais, o espaço liberado nas pastagens por estes animais confinados acaba por ser ocupado por outros, aumentando o rebanho da propriedade, e, por conseqüente, a quantidade de animais emitindo GEE.

5. Conclusão

A metodologia de Tier 2 adaptada às condições brasileiras aqui utilizada foi capaz de estimar as emissões de GEE provenientes da pecuária em nível de campo e de acordo com a realidade na qual a propriedade está inserida.

Esta metodologia evidenciou ainda uma subestimação da eficiência de uso da proteína da dieta pela metodologia do IPCC (2019) quando o animal é alimentado essencialmente por pastagens no Mato Grosso do Sul, o que não acontece quando o animal recebe alimentos concentrados.

A intensificação do sistema de produção, com aumento da eficiência e melhora do desempenho dos animais, que teria potencial para redução da emissão de GEE da propriedade tem este efeito neutralizado pelo aumento do rebanho observado na prática em resposta ao ajuste da lotação à capacidade de suporte das propriedades.

6. Referências

- BR-Corte, **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados**. Editores Sebastião de Campos Valadares Filho ... et al. – 3. Ed. – Viçosa (MG): UFV, DZO, 2016.
- Brunes, L. C.; Couto, V. R. M. Balanço de gases de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos de corte. **Arch. Zootec.**, 66 (254): p. 287-299, 2017.
- Carvalho, P. C. F. **Princípios Básicos do Manejo das Pastagens**. In: Octaviano Alves Pereira Neto. (Org.). Práticas em ovinocultura: ferramentas para o sucesso. 1 ed. Porto Alegre: Gráfica e Editora Solidus Ltda, v. 1, p. 9-14, 2004.
- EMBRAPA, **Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros**. p. 48, 2021. Disponível em: <

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1132914/1/DOC-291-Final-em-Alta.pdf>> Ultimo acesso: 27/06/2022

FAOSTAT – **World Food and Agriculture** [2021]. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/fao-statistical-yearbook-2021-world-food-and-agriculture>> Ultimo acesso em: 27/06/2022.

Frota, M. N. L. **Emissão de metano entérico e parâmetros comportamentais de bovinos tropicais em sistema silvipastoril**. 2017. Tese (Doutorado) – Zootecnia, UFC, Fortaleza, p. 78. 2017.

IBGE – **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. v.1. p. 137. 1990.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Emission from livestock and manure management. In: Eggleston, H.S.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K. (eds). **IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories**. Hayama: IGES, Chap. 10, p. 747-846, 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change: **Refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories**, Kyoto, Japan, 2019.

Lassey, K. R.; Ulyatt, M. J.; Martin, R. J.; Walker, C. F.; Shelton, I. D. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**, p. 2905-2914, 1997.

Lassey, K.R. Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants. In: International Symposium, Maastricht the Netherlands, NON-CO₂ greenhouse gases, Netherlands. Proceedings... Netherlands: **Millpress**, p.95-100. 2002;

Lazari, T. A.; Cavali, J; Porto, M. O. Ferreira, E.; Codognoto, L. C. Emissão de metano na recria e terminação de bovinos sob diferentes níveis de

tecnologia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n.3, p. 981-998, 2019.

Lupo, C. D.; Clay, D. E.; Benning, J. L.; Stone, J. J. Life-cycle assessment of the beef cattle production system for the northern great plains, USA. **Journal of Environmental Quality**, 42(5), p. 1386-1394. 2013.

Luvizon, L.; Almeida, S. M. Z.; Dorigon, E. B. **Avaliação da emissão de metano (CH₄) pela pecuária no município de Anchieta**, Santa Catarina. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Vitória/ES – 23 a 26/11/2020

Maciel, I. C. F. **Desempenho e emissões de gases de efeito estufa de bovinos zebuínos e cruzados em sistema intensivo e integrado de produção**. Tese (Doutorado) – Medicina Veterinária, UFMG, Belo Horizonte – MG, p. 91. 2019.

Martins-Costa, T. V.; Tourrand, J. F.; Piketty, M. G. **Custos de produção e emissões de gases efeito estufa na pecuária de corte do Rio Grande do Sul/Brasil: Uma aplicação do modelo AGRIPPEC**. 47º Congressos da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre – RS. p. 20. 2009.

MCTIC - Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 5ª ed. – Brasília-DF. p. 108. 2019

National Research Council - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.rev.ed. Washinton, D.C.: 381p. 2001.

Rocha Junior, V. R.; Valadares Filho, S. da C.; Borges, A. M.; Magalhães, K. A.; Ferreira, C. C. B.; Valadares, R. F. D; Paulino, M. F. Determination of energy value of feed for ruminants by equations system. **Rev. Bras. Zootec.**, 32. p. 473-479. 2003.

- Sakamoto, L. S. **Intensidades de emissões de gás metano de bovinos Nelore terminados a pasto e cruzados em confinamento.** Tese (Doutorado) – Zootecnia, ESALQ/USP, Pirassununga-SP. p. 141. 2018.
- Soares, J. P. G.; Deresz, F.; Aroeira, L. J. M.; Salman, A. K. D. **Efeito da suplementação de concentrado sobre o consumo de capim-elefante picado, por vacas mestiças.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – EMBRAPA, Porto Velho – RO, p. 26. 2009.
- Sversutti, P. E.; Yada, M. M. **Criação extensiva de bovinos de corte.** V SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga. Taquaritinga – SP. p. 382-391. 2018. Disponível em: <<https://simtec.fatectq.edu.br/index.php/simtec/article/view/399/268>>. Acesso em: 14/07/2022.
- S’Thiago, L. R. L. **Suplementação de Bovinos em Pastejo – aspectos práticos para o seu uso na manutenção ou ganho de peso.** [Palestra]. 11º Encontro de Tecnologias Para Pecuária de Corte. Campo Grande – MS. 1999. Disponível em: <<https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/naoseriadas/suplementthiago/#USO>>. Acesso em: 14/07/2022.
- Valadares Filho, S.C.; Lopes, S. A.; Machado, P.A.S.; Chizzotti, M.L.; Amaral, H.F.; Magalhães, K.A.; Rocha Junior, V.R., Capelle, E.R. **CQBAL 4.0.** Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. <<http://www.cqbal.com.br/#/>>. Acesso em: 04/02/2020.
- Williams, D.J. Methane emissions from manure of free-range dairy cows. **Chemosphere** 26, p. 179-187. 1993.
- Zotti, C. L.; Paulino, V.T. **Metano na produção animal: emissão e minimização de seu impacto.** Ecologia de Pastagens, Curso de Pós-graduação em Produção Animal Sustentável. p.24. 2009.

CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário mundial na produção de bovinos de corte, por isso, compreender as formas de produção de GEE, estimá-los e pensar em alternativas de mitigação são peças fundamentais para que se possa evoluir e melhorar a sustentabilidade da produção.

Devido à escassez, não só no estado como no país, de trabalhos que estimam esta produção em nível de propriedade rural, este é de suma importância para ajudar o produtor rural a gerenciar a produção e eventual redução da emissão de GEE do sistema de produção.

Esse trabalho mostra-se capaz através da utilização de um questionário e com base nos cálculos de estimação do IPCC e das exigências nutricionais calculadas através do BR-Corte estimar corretamente as emissões de GEE derivados da bovinocultura de corte do MS.

O que favorece ao desenvolvimento de novas pesquisas, de uma estruturação de banco de dados para verificar um balanço desses gases por período de tempo, além de ser possível desenvolvimento de softwares capazes de auxiliar, cada vez mais os profissionais, médicos veterinários e zootecnistas a melhorarem os índices de produtividade sem atrapalhar a sustentabilidade dos sistemas de produção.

ANEXO 1 – QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO Nº

Informações da Fazenda
Nome da fazenda:
Contato (Telefone e E-mail):
Endereço:
Nível Tecnológico:

Nível Tecnológico: (1) baixo nível, (2) médio nível e (3) alto nível.

Informações Territoriais
Área da Fazenda:
Área de Pastagens para Bovinos de Corte:
Área de Agricultura de Apoio:
Área de Agricultura Comercial:
Área para Outras Criações: () Bovinos Leiteiros _____ () Equídeos _____ () Ovinos _____ () Outras Criações, Qual? _____ Qual a A²? _____
Área de Reserva Legal:
Área para Atividades não Relacionadas à Agropecuária

A² = Área (hectares);

Atividades Realizadas na Fazenda
Principal Atividade Econômica da Fazenda:

Atividade Complementares de Apoio na Fazenda: () Produção de milho para silagem;

feno;

alimentação animal;

() Produção de material para

() Produção de grãos para

() Produção de cana para

alimentação animal;

☐ Produção de alimentos para

peçoal da faz.;

☐ Criação de ovelhas;

☐ Criação de bovinos leiteiros;

☐ Outras criações de

animais: _____

Produção Secundária da Fazenda: ☐ Milho;

☐ Soja;

☐ Florestas;

☐ Turismo rural/ecológico;

☐ Cana de açúcar;

☐ Outras atividades:

PASTAGENS E PROCEDIMENTOS (PASTURES AND PROCEDURES)

	Forrageira principal	Forrageira 2	Forrageira 3	Forrageira 4
--	---------------------------------	-------------------------	---------------------	-------------------------

Quais forrageiras
utilizadas?

Qual tamanho da área - ha
ou %

Pastejo contínuo ou
rotacionado?

Quantos dias de pastejo?

Estágio de degradação - %

MÉTODO DE FORMAÇÃO / RECUPERAÇÃO

	Pastagens	Agricultura de apoio	Agricultura comercial	Outras atividades
--	------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------

Faz análise de solo? (sim
ou não)

Análise de solo - anual ou
período

Calcário – Tipo?

Calcário - qtd. kg/ha/ano?

Pesticidas utilizados - tipo e
L/ha/ano?

Fertilizantes orgânicos -
tipo e kg/ha/ano?

Conhece a origem dos
fertilizantes orgânicos?

Qual período de ocupação
da pastagem no ano?

RETRATO SOCIAL		
	Homens	Mulheres
Quantidade de funcionários:		
Alfabetizados (%)		
Analfabetos (%)		
Ensino fundamental (%)		
Ensino médio (%)		
Ensino superior (%)		
Função - listar abaixo (indicar quantidade de H e M)		
F1 -		
F2 -		
F3 -		
F4 -		
F5 -		
F6 -		
F7 -		
F8 -		
F9 -		
F10 -		
Registrados (%)		
Terceirizados (%)		
Tempo médio de empregabilidade na fazenda		
Salário por função (Indicar valor para H e M)		
F1 -		
F2 -		
F3 -		
F4 -		
F5 -		
F6 -		
F7 -		
F8 -		
F9 -		
F10 -		
Horário de trabalho diário		
Outros Questionamentos		
Programa de alfabetização/escola na fazenda?	() SIM	
Programa de capacitação na fazenda?	() SIM	
Programa de segurança do trabalho?	() SIM	
Atendimento médico emergencial na fazenda?	() SIM	
Qualidade das casas	()	1 Boa, 2

		Médias, 3 Ruins
Qualidade dos alojamentos	()	1 Boa, 2 Médias, 3 Ruins
Acesso à energia elétrica para todos (%)	()	
Acesso à água encanada para todos (%)	()	
Descanso semanal	() SIM	
Suporte para pessoas com deficiências	() SIM	
Oportunidade de trabalho local para a família?	() SIM	
Qualidade sanitária na fazenda	() POSSUI	
Histórico de acidentes de trabalho	() POSSUI	
Proposta de educação ambiental na fazenda?	() SIM	

Fazenda participa de algum programa de apoio do governo (estadual, federal ou municipal) à qualquer atividade desenvolvida? Qual (is)?

REBANHOS – DADOS GERAIS

<u>Peso ao Nascer dos Bezerros (kg)</u>	_____
<u>Peso a Desmama dos Bezerros (kg)</u>	_____

<u>Matrizes</u>		
Raça	Ordem	Taxa de Prenhez (%)

Padrões de preenchimento: **Raça:** Nelore ou Cruzado; **Ordem:** Novilha ou Multípara.

ANIMAIS EM PASTEJO

[illegible]

[illegible]

MANEJO DE DEJETOS

Tipo de Sistema	Nº de Animais no Sistema	Sistema de Produção (AP/BP)
☐ Pasto		
☐ Lagoa Anaeróbica		
☐ Armazenamento Sólido		
☐ Seca no Curral		
☐ Esterqueira		

Padrões: **Tipo de Sistema:** Pasto, Lagoa Anaeróbica, Armazenamento Sólido, Seca no Curral, Esterqueira; **Raça:** Nelore ou Cruzado; **Categoria:** Vaca Lactação, Vaca Abate, Bezerros, Novilhas, Garrotes Inteiros, Garrotes Castrados, Touros; **Idades:** 0-12, 12-18, 18-24, 24-30, 30-36, 36-42.