



Produção de carne em sistemas a pasto como estratégia para mitigação das mudanças climáticas. Meat production in pasture systems as a strategy to mitigate climate changes.

[Andrey Piante Chotolli](#) ¹

¹- Zootecnista. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Araçatuba – SP. E-mail: andreychotolli@gmail.com

Resumo

A agropecuária foi responsável por 25% das emissões dos gases causadores do efeito estufa no Brasil no ano de 2021, onde as emissões diretas da agropecuária totalizaram cerca de 601 milhões de toneladas de CO₂. Atualmente, 88% da produção de bovinos no Brasil é a pasto, utilizando em ampla maioria, os sistemas extensivos, sem muita tecnologia, nessa produção 190 milhões de hectares brasileiros são cobertos por pastagens, onde 120 milhões de hectares são pastagens cultivadas. Há diversas formas e estratégias que podem ser utilizadas para que essa emissão seja diminuída, como um balanceamento melhor da dieta e oferecimento de nutrientes que competem com as bactérias metanogênicas pelos substratos. A intensificação também é importantíssima no processo de diminuição da emissão de gases junto com a suplementação alimentar, junto com a melhoria no manejo de pastagem, aumentando a pegada de carbono e ajudando no ciclo do nitrogênio e aproveitando beneficentemente os gases. A melhoria dos índices zootécnicos também é capaz de diluir as emissões totais do rebanho resultando numa menor taxa e relação metano/unidade de produto. Através de uma revisão bibliográfica, foi constatado que com a intensificação da produção de uma maneira geral, consegue diminuir a emissão de metano pela pecuária.

Palavras-chave: Efeito estufa. Carbono. Pecuária. Metano.

Abstract

Agriculture was responsible for 25% of greenhouse gas emissions in Brazil in 2021, where direct emissions from agriculture totaled approximately 601 million tons of CO₂. Currently, 88% of cattle production in Brazil is on pasture, using vast systems, without much technology, in this production 190 million brazilian hectares are covered by pastures. There are several ways and strategies that can be used to reduce this emission, such as better balance of the diet and the offering of nutrients that compete with methanogenic bacteria for substrates. Intensification is also very important in the process of reducing gas emissions along with food supplementation, beside improvement in pasture management, increasing the carbon footprint and helping with the nitrogen cycle and benefiting beneficently from gases. The improvement of zootechnical indexes is also able to dilute the total emissions of the herd resulting in a lower rate between methane/product unit ratio. Through a literature review, it was found that with the intensification of production in general, manages to reduce the emission of methane by livestock.

Keywords: Greenhouse effect. Carbon. Livestock. Methane.



Introdução

Segundo o Observatório do Clima (OC) (2023), através do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, a agropecuária foi responsável por 25% das emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa no Brasil no ano de 2021, onde as emissões diretas da agropecuária totalizaram cerca de 601 milhões de toneladas de CO₂, um crescimento de 3,8% em relação a 2020, em que a pecuária foi responsável pela emissão de 579 milhões de toneladas de CO₂.

Oliveira & Barbosa (2014) citam que 88% da produção de bovinos no Brasil é realizada a pasto, utilizando em ampla maioria, os sistemas extensivos, sem muita tecnologia. Atualmente, 10 mil espécies de gramíneas forrageiras são conhecidas e utilizadas na produção, porém, o Brasil utiliza geralmente as espécies de origem africana, pois a adaptação é mais rápida e fácil ao clima brasileiro.

Segundo a ANUALPEC (2013), 190 milhões de hectares brasileiros são cobertos por pastagens, onde 120 milhões de hectares são pastagens cultivadas. Nessas áreas de pastagens, foi verificado uma predominância de pastagens do gênero *Brachiaria*, com uma representação de até 80% do total cultivado em nosso país (OLIVEIRA & BARBOSA, 2014).

Grande parte da produção de carne bovina a pasto no Brasil se dá em sistemas de monocultura, porém, grandes avanços podem ser notados quando há um trabalho com consórcio de forrageiras, principalmente quando gramíneas são combinadas com leguminosas. As espécies leguminosas poderiam ajudar como composição da dieta, consórcio de pasto ou banco de proteína (DIAS et al., 2022).

Como forma de tentar diminuir a emissão dos gases do efeito estufa, principalmente o metano (CH₄), há de se entender o metabolismo, fisiologia e os microrganismos presentes na digestão e no conteúdo ruminal. Dependendo da dieta oferecida ao animal, elétrons de H⁺ são liberados e se juntam, formando moléculas de H₂ que servem de substrato para a formação de bactérias metanogênicas no rúmen, facilitando assim a emissão de metano via eructação (NEWBOLD & MORALES, 2020).

Há diversas formas e estratégias que podem ser utilizadas para que essa emissão seja diminuída, como um balanceamento melhor da dieta, oferecimento de nutrientes que competem com as bactérias metanogênicas pelas moléculas de H₂ e também, aproveitando as características das pastagens para melhor aproveitamento do CO₂ em outras formas, principalmente, na capacidade fotossintética das plantas, diminuindo assim o gás carbônico no ambiente e aproveitando-o de outra forma. O ciclo do nitrogênio no solo também pode ser melhor utilizado como ferramenta da diminuição de nitrogênio no ambiente. Essas características mostram que os sistemas silvipastoris também são estratégias funcionais para a pecuária moderna diminuir a quantidade de gases tóxicos no ambiente e utilizá-los de formas benéficas para o sistema (SOUSA et al., 2022).

O objetivo deste trabalho foi avaliar estratégias de mitigação de gases pela pecuária utilizando sistemas produtivos a pasto e entender os mecanismos fisiológicos e bioquímicos que participam desse processo, através de uma revisão bibliográfica.

Material e métodos

Para o desenvolvimento deste artigo de revisão, foram utilizadas pesquisas bibliográficas em artigos e livros publicados preferencialmente após 2010, baseados na produção animal a pasto como forma de mitigar os gases que potencialmente causam as mudanças climáticas, utilizando as plataformas Google Acadêmico, PubMed e Periódicos CAPES.

Revisão bibliográfica

Atualmente, o sistema agropecuário é taxado como principal emissor de gases do efeito estufa no ambiente, chegando a atingir 25% de emissão de gases que facilitam o processo do efeito estufa em 2021 no Brasil (OC, 2023). Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, cerca de 601 milhões de toneladas de CO₂ foram emitidas diretamente pela agropecuária.

Os profissionais que atuam na área têm o dever de buscar estratégias para mitigar a emissão dos gases responsáveis pelas modificações ambientais. Atualmente, cerca de 88% da produção de bovinos no Brasil é utilizando sistemas de pastagens, sendo em ampla maioria, extensivamente (OLIVEIRA & BARBOSA, 2014). A produção extensiva favorece a utilização de sistemas de monocultura, o que além de causar prejuízos para a produção, causa prejuízos para o solo, principalmente na parte de nutrientes. Para Carvalho & Pires (2008), grandes avanços podem ser vistos quando o consórcio de forrageiras são utilizados, principalmente quando gramíneas são consorciadas com leguminosas. As leguminosas ajudam como composição da dieta além de realizarem bancos de proteínas nos consórcios de pastagens.

Hoje em dia, 10 mil espécies de gramíneas forrageiras são conhecidas e podem ser utilizadas na produção, mas no Brasil, por causa do clima, são utilizadas espécies de origem africanas, onde a adaptação é mais rápida e fácil ao clima brasileiro. Há uma predominância de pastagens do gênero *Brachiaria*, que chega a representar até 80% do total da área cultivada no Brasil (OLIVEIRA & BARBOSA, 2014), que possui 190 milhões de hectares cobertos por pastagens e dentro desse número, 120 milhões de hectares são pastagens cultivadas (ANUALPEC, 2013).

O gênero *Panicum maximum* também vem se destacando como forragem de cobertura de solo por causa da sua boa característica nutritiva, bom custo/benefício e resistência a pragas. Os cultivares mais utilizados são o Capim Mombaça e o Capim Tanzânia, que podem ser utilizados como pastagens, ou para a produção de silagem ou para consórcio com outros tipos de cultivares. De acordo com a Tabela 1, houve diferenças entre os gêneros na análise da composição bromatológica para matéria seca, porém, não houve diferença para os teores de proteína bruta (SILVA et al., 2016).

Tabela 1 – Composição bromatológica de cultivares o gênero *Brachiaria* e *Panicum*.

Variável	Basilisk	Marandu	Xaraés	Mombaça	Tanzânia	CV
Matéria seca (%)	14,00 c	18,05 b	20,20 a	18,17 ab	18,99 ab	5,22
Proteína bruta (%MS)	9,56	9,31	9,35	8,56	8,60	9,09
Fibra em detergente neutro (%MS)	62,65 a	56,33 b	58,21 b	64,58 a	65,29 a	2,40
Fibra em detergente ácido (%MS)	27,46 a	24,05 b	24,80 b	28,51 a	28,70 a	2,08

Fonte: adaptado de Silva et al. (2016).

Conhecendo essas características das pastagens, buscam-se estratégias para a mitigação de gases. Foram listadas medidas como a melhoria nas áreas de pastagens unidas as análises de solo para posteriores correções e aplicações de fertilizantes de forma adequada, assim como a suplementação da dieta somente com nutrientes que os animais precisam, os cuidados com a sanidade, com a eficiência genética e reprodutiva do rebanho com a finalidade de aumentar a produtividade e reduzir a relação de gás emitido pela unidade do produto final (FREITAS et al., 2022).

Steinfeld et al. (2006) sugere que técnicas de conservação de solo para recuperar danos, silvipastoreios e melhoria nos manejos necessários nos sistemas de pastejo podem evitar futuros problemas e aumentar a pegada de carbono pelo sistema, diminuindo assim a emissão de gases.

No Brasil, a intensificação do sistema produtivo de forma sustentável seria interessante, já que os sistemas extensivos tem predominância na produção nacional. Sob a ideia de mitigação dos gases, a intensificação é baseada em pastagens bem manejadas e com potencial de capturar e estocar carbono pela capacidade fotossintética das plantas, que auxilia na reintegração de metano e N no sistema para serem utilizadas de uma forma sustentável.

Além disso, esses sistemas também utilizam a suplementação dietética do rebanho que podem promover mudanças benéficas na fermentação ruminal que conseqüentemente melhora o desempenho animal. Quando comparados com sistemas extensivos, com pastagens degradadas, animais com baixo ganho que permanecem no sistema por muito tempo, a relação entre os gases produzidos pela intensificação do sistema é diminuído, já que a relação gases/kg produzido é diminuída (FRANCO & RIBEIRO, 2014).

Através dessas análises, podemos traçar os nossos objetivos de onde temos que trabalhar para atingir o nosso objetivo para diminuição da emissão de gases. Uma das formas de garantirmos uma pecuária mais sustentável é através da intensificação do sistema utilizado. No caso das pastagens, a utilização de adubação, consórcios ou integração garantem uma melhor fixação de nitrogênio no solo e uma pastagem mais nutritiva para o animal (BALBINO et al., 2012).

Conforme podemos visualizar na Imagem 1, o ciclo do nitrogênio no solo acontece através de bactérias fixadoras, geralmente dos gêneros *Rhizobium*, *Azotobacter* e *Clostridium*. Logo que o nitrogênio é fixado, ele é transformado em amônia (NH_3) que é utilizada pela planta como nutriente. Após isso, ocorre o processo de nitrificação, onde há a oxidação da amônia em nitrito (NO_2^-) e logo após, em nitrato (NO_3^-). Geralmente, esse processo é feito por bactérias nitrificantes que aproveitam a energia que é liberada na nitrificação para sintetizar as suas substâncias orgânicas. O nitrato pode ser absorvido e utilizado pelas pastagens e ser convertido também em compostos orgânicos, sendo utilizado na cadeia alimentar, ou seja, os animais conseguem adquirir nitrogênio por meio do consumo dessas plantas. Após o processo de nitrificação, as bactérias desnitrificantes começam o processo de desnitrificação, utilizando os nitratos e transformando-os em gás nitrogênio. Esse processo é responsável por devolver o nitrogênio para a atmosfera. Esse ciclo se torna importante garantindo a circulação do nitrogênio além de formar proteínas e ácidos nucleicos que serão aproveitados pelos animais assim que consumidos (FIGURA 1).

Esse processo pode substituir em partes a adubação nitrogenada no solo, que além da diminuição da emissão de nitrogênio no ambiente, auxilia no custo/benefício da produção, já que haverá economia na substituição do fertilizante. Quando há a inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum spp.* em *Brachiaria cv Marandu*, pode haver efeitos positivos em relação à altura das plantas, número de perfilhos, número de folhas e massa de raiz (GUIMARÃES et al., 2011). Vale salientar que a adubação nitrogenada deve ser feita de modo adequado, já que o nitrogênio é muito volátil e pode contribuir para o malefício do meio ambiente.

Segundo Bourscheidt et al. (2019) o nitrogênio é um elemento fundamental que garante a manutenção de pastagens produtivas, onde a sua fixação biológica e o uso de bactérias promotoras de crescimento são estratégias alternativas capazes de permitir que o produtor diminua a aplicação de fertilizantes nitrogenados minerais. Franco & Ribeiro (2014) dizem que o aumento da produção por área utilizada através da intensificação produtiva pode reduzir as emissões de gases por kg de produto, porém, há de se evitar níveis elevados de fertilizantes nitrogenados.

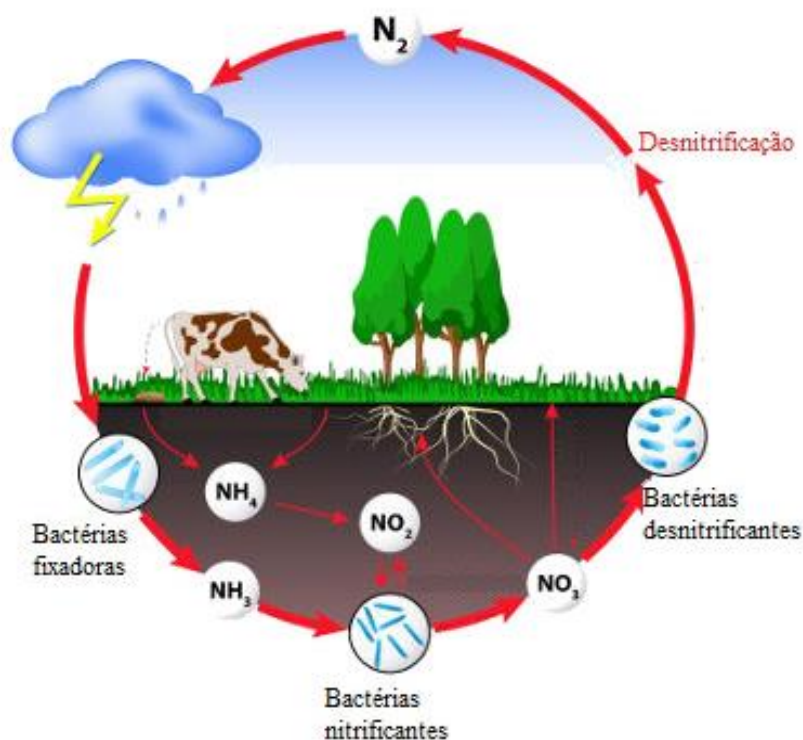


Figura 1 – Ciclo do nitrogênio. Fonte: SANTOS, [201-?].

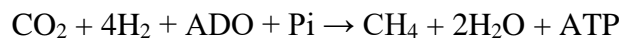
Quando falamos da intensificação do sistema produtivo, além do manejo de pastagens que é extremamente necessário nesse processo, o fator dieta também contribui muito para a melhoria da produtividade. Utilizar pastagens de melhor qualidade e bem manejadas unido à suplementação, é fundamental para esse processo. Para isso, a parte fisiológica e metabólica da digestão de ruminantes tem que ser conhecida.

O rúmen possui uma microbiota muito particular capaz de digerir fibras e utilizá-las como fonte de energia através da fermentação. Bactérias, fungos e protozoários são responsáveis por essa capacidade, formando um ecossistema diverso e único. As bactérias formam de 60 a 90% da biomassa microbiana com aproximadamente 200 espécies conhecidas (KOZLOSKI, 2011).

Possuindo características próprias, o ambiente ruminal depende da conservação da anaerobiose, mantida através dos gases que são procedentes da fermentação, como o metano e o gás carbônico (KAMRA, 2005). Mantendo-se um sistema isotérmico que sustenta uma temperatura entre 38°C e 42°C e um pH constante (entre 6,0 e 7,0) regulado pela remoção dos ácidos pela fermentação, que são neutralizados e absorvidos pela ação tamponante da saliva do animal e uma quantidade baixa de oxigênio, contribuindo para o crescimento de microrganismos anaeróbios (WLODARSKI et al., 2017).

A principal fonte de energia que os ruminantes utilizam são provenientes dos ácidos graxos voláteis (AGV) que são produzidos através da fermentação microbiana ruminal de carboidratos e proteínas, sendo os ácidos acético, propiônico e butírico os principais (WANG et al., 2023). As proporções desses ácidos no meio ruminal podem caracterizar e modificar a microbiota ruminal através das moléculas que são liberadas pela digestão, se tornando o reflexo da atividade microbiana e da absorção pela parede ruminal. Essas proporções (acetato:propionato:butirato) podem variar de até 75:15:10, em dietas que possuem muitos carboidratos fibrosos, para 40:40:20 em dietas com carboidratos não fibrosos (WANG et al., 2023; GOULARTE et al., 2011).

Conhecendo essas características, é importante saber que durante a fermentação ruminal anaeróbica, os elétrons gerados são doados para H^+ para formar H_2 via hidrogenase, se tornando uma produção importante para reduzir a disponibilidade de equivalentes redutores na fermentação, facilitando a oxidação da matéria orgânica. Com essa utilidade, o H_2 é um dos principais produtos finais da fermentação da microbiota ruminal e é utilizado de maneira imediata por bactérias como substrato, como por exemplo, as bactérias fermentadoras, mais conhecidas como metanogênicas, que através da transferência interespecífica de hidrogênio, acaba se beneficiando para degradar a parede celular dos carboidratos fibrosos, ou seja, quanto mais fibra presente na dieta, mais bactérias metanogênicas serão formadas e liberarão mais metano no meio (MOSS et al., 2000). A retirada do H_2 do meio ruminal pelas bactérias metanogênicas é feita para reduzir o CO_2 no meio e formar o CH_4 (metano) através da reação estequiométrica:



Quanto mais H_2 é retirado do meio, maior será a proporção do NADH convertida a H_2 e maior será o rendimento de acetato e de ATP por mol de açúcar fermentado. Sendo assim, a inibição direta da metanogênese pode ser prejudicial para a fermentação ruminal (FRANCO & RIBEIRO, 2014), logo, busca-se o equilíbrio para que não se produza muito metano e a fermentação não seja tão afetada.

Uma das formas de equilibrar a produção de metano é oferecendo uma maior concentração de carboidratos não fibrosos para uma maior formação de propionato. De acordo com a figura 2, na formação do propionato, o H^+ é essencial, com isso, a formação de propionato se torna concorrente da bactéria metanogênica pelo substrato de hidrogênio.

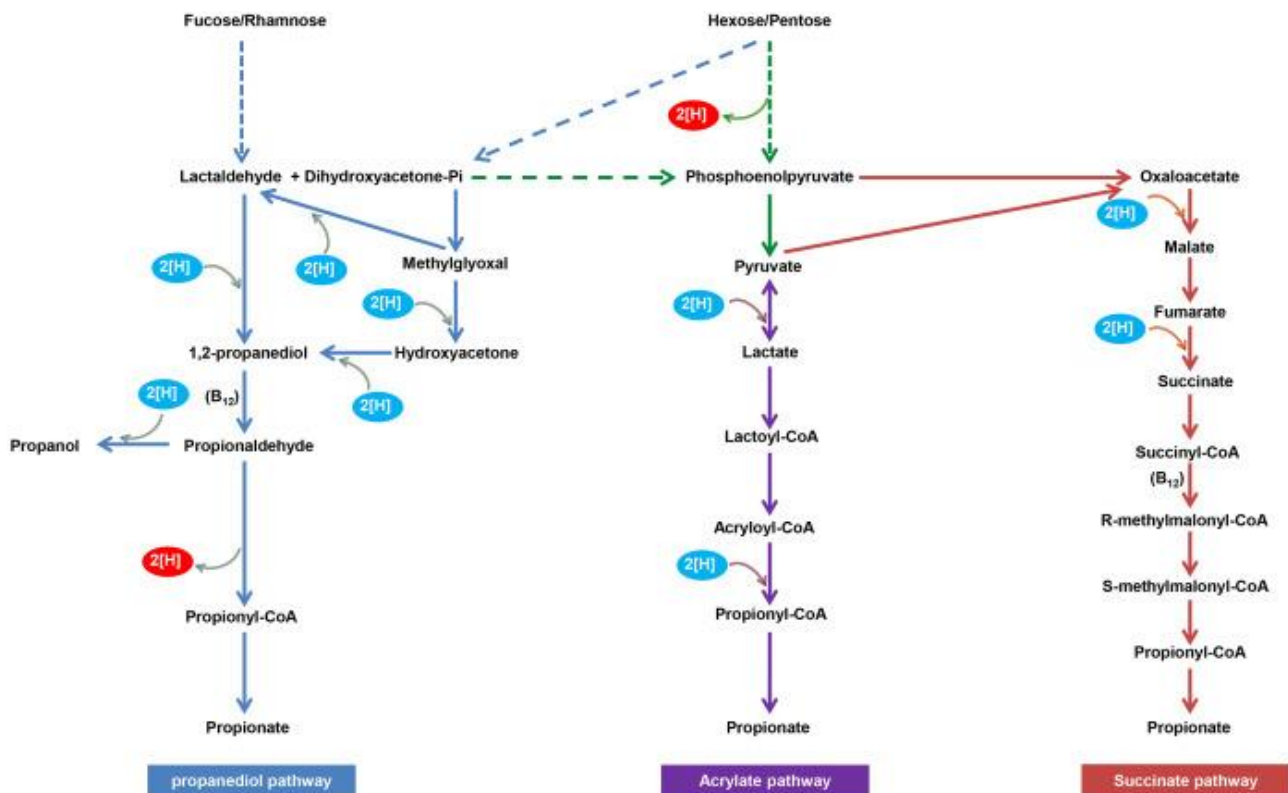


Figura 2 – Imagem esquemática da síntese de propionato. Fonte: WANG et al., 2023.

Além da concorrência pelos íons de hidrogênio, o aumento do concentrado na dieta pode modificar os padrões de fermentação ruminal, causando uma diminuição do pH e taxas de passagem elevadas, onde as bactérias metanogênicas podem não suportar (WANG et al., 2023).

Harper et al. (1999) experimentaram bovinos de corte mantidos em pastejo e estimaram uma emissão de 0,23 kg de CH₄/animal/dia. Quando o mesmo gado foi alimentado com dietas contendo alta participação de grãos, os mesmos animais produziram 0,07 kg de CH₄/animal/dia. Através da dieta, podemos então diminuir a metanogênese. O equilíbrio deve se manter e a suplementação da dieta com carboidratos não fibrosos deve ser feita de maneira adequada para que não tenha problemas metabólicos com o animal.

A suplementação com gorduras também pode ajudar a reduzir a metanogênese, especialmente ácidos graxos insaturados (AGI) como o linoleico e o linolênico (SILVA, 2020). Para Franco & Ribeiro (2014), a redução da metanogênese parece ser um efeito secundário sobre a fermentação em virtude desses ácidos graxos livres que possuem cadeia longa, serem tóxicos para os microrganismos ruminais. Hino & Asanuma (2003) mostram que a adição de α -tocoferol e β -caroteno atenua o efeito tóxico dos AGI e melhora a digestão da fibra. A maioria dos microrganismos ruminais produzem H₂ e/ou formato, com o efeito tóxico que os AGI tem sobre esses microrganismos, a produção de H₂ diminuiria e conseqüentemente diminuiriam a produção de CH₄ (FRANCO & RIBEIRO, 2014).

Com a suplementação da dieta dos animais com alimentos mais concentrados e a intensificação do sistema produtivo por manejo de pastagens, os índices zootécnicos também vão melhorar e diminuir a quantidade de emissão de gases por kg de produção. Diminuindo a idade de abate, além de aumentar a possibilidade de ter um produto com melhor qualidade, o ciclo vai diminuir e a emissão de gases do lote vai se diluir na produção, por exemplo (ADAMS et al., 2021).

A melhoria reprodutiva do rebanho também afeta diretamente a produção de metano pelos animais. Com a melhoria da fertilidade, Garnsworthy (2004) constatou que com a melhoria de cerca de 20% em parâmetros como taxa de detecção de estro e taxa de concepção nas primeiras inseminações artificiais de vacas, as emissões de metano poderiam diminuir em até 24%. Isso ocorre pelo menor número de novilhas que são requeridas para manterem o rebanho para uma determinada produção, logo, ocorre uma melhoria da eficiência produtiva. A antecipação da idade da primeira cobertura e a idade à primeira cria é um fator importante na redução do rebanho de novilhas que estão na fase de recria em propriedades com finalidade de produção de bezerros (SILVEIRA et al., 2021; ROVIRA, 1996). Com a redução do número de novilhas necessárias para a reposição, o tamanho do rebanho total também é reduzido e assim, a emissão de gases é reduzido e diluído.

Considerações finais

Há diversas formas de diminuir a emissão de gases do efeito estufa pela pecuária em sistemas de pastagens. A intensificação se torna importantíssima nesse processo junto com a suplementação alimentar. A melhoria no manejo de pastagem evitando a degradação e auxiliando nas características do solo, aumentando a pegada de carbono e ajudando no ciclo do nitrogênio são vitais para o processo de intensificação da produção e aproveitamento benéfico dos gases. Um decréscimo de substratos para a metanogênese, como o aumento da concentração de propionato no meio concorrendo pelas moléculas de H₂ e alterando as características do meio auxiliam nessa diminuição. A melhoria dos índices zootécnicos também é capaz de diluir as emissões totais do rebanho resultando numa menor taxa e relação metano/unidade de produto.

Referências bibliográficas

- ADAMS, S. M.; KLEIN, J. L.; COCCO, J. M.; SILVA, M. B.; VOLPATTO, R. S.; GINDRI, R. G.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; PIZZUTI, L. A. D. Sistemas de produção de carne no Brasil e o passivo ambiental: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. 1-11, 2021. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20401>
- ANUALPEC. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo, FNP, 2013.
- BALBINO, L. C.; VILELA, L.; CORDEIRO, L. A. M.; OLIVEIRA, P.; PULROLNIK, K.; KLUTHCOUSKI, J.; SILVA, J. L. S. **Curso de capacitação do programa ABC (agricultura de baixa emissão de carbono) – Módulo Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF) Região Sul**. EMBRAPA, 2012.
- BOURSCHEIDT, M. L. B.; PEDREIRA, D. H.; ZANETTE, M. C.; DEVENS, J. Estratégias de fornecimento de nitrogênio em pastagens: fertilizante mineral, inoculante bacteriano e consórcio com amendoim forrageiro. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 137-147, 2019. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199280/1/2019-cpamt-bruno-pedreira-fornecimento-nitrogenio-pastagens-inoculante-consorcio-amendoim-forrageiro.pdf>
- CARVALHO, C. G.; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, v. 57, n. 1, p. 103-113, 2008. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5782901/mod_resource/content/1/Leguminosas_tropicais_herbáceas_em_associação_com_pastagens.pdf
- DIAS, E. K. S.; SCHNEIDER, J. I.; GUIMARÃES, C. R. R.; OLIVEIRA, R. A. P. Utilização da leucena (*Leucaena leucocephala*) na alimentação animal. **Revista Novos Desafios**, v. 2, n. 2, p. 46-59, 2022. <https://novosdesafios.inf.br/index.php/revista/article/view/54>
- FRANCO, G. L.; RIBEIRO, S. S. Produção de bovinos de corte e o meio ambiente: impactos potenciais e alternativas de manejo para reduzi-los. In: OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Orgs.). **Bovinocultura de Corte: desafios e tecnologias**. 2ª ed. Salvador: EDUFBA, p. 525-559, 2014.
- FREITAS, G. S.; PRUDENCIO, M. F.; SOARES FILHO, C. V. The use of technologies to reduce environmental impacts in the intensification of beef cattle. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. 1-9, 2022. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30416>
- GARNSWORTHY, P. The environmental impact of fertility in dairy cows: a modelling approach to predict methane and ammonia emissions. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, n. 1/4, p. 211-223, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.011>
- GOULARTE, S. R.; ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T.; ÍTAVO, C. C. B. F.; OLIVEIRA, L. C. S.; FAVARO, S. P.; DIAS, A. M.; TORRES JUNIOR, R. A. A.; BITTAR, C. M. M. Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 6, p. 1479-1486, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600027>
- GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 816-825, 2011. <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4167>
- HARPER, L. A.; DENMEAD, O. T.; FRENEY, J. R.; BYERS, F. M. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 6, p. 1392-1401, 1999. <https://doi.org/10.2527/1999.7761392x>
- HINO, T.; ASANUMA, N. Suppression of ruminal methanogenesis by decreasing the substrates available to methanogenic bacteria. **Nutrition Abstracts and Reviews Series B: Livestock Feeds and Feeding**, v. 73, n. 1, p. 1-8, 2003.

- KAMRA, D. N. Rumen microbial ecosystem. **Current Science**, v. 89, n. 1, p. 124-134, 2005.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos Ruminantes**. 3ª Ed. Santa Maria: UFSM, 2011, 212p.
- MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v. 49, n. 3, p. 231-253, 2000. <https://doi.org/10.1051/animres:2000119>
- NEWBOLD, C. J.; RAMOS-MORALES, E. Review: ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. **Animal**, v. 14, suppl. 1, p. 78-86, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003252>
- OC. Observatório do Clima. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**. 2023. <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>
- OLIVEIRA, R. L.; BARBOSA, M. A. A. F. (Orgs.). **Bovinocultura de Corte: desafios e tecnologias**. 2ª ed. Salvador: EDUFBA, 2014.
- ROVIRA, J. **Manejo reproductivo de los rodeos de cria em pastoreo**. Montevideo: Hemisferio Sur, 1996. 288p.
- SANTOS, V. S. **Ciclo do Nitrogênio**. Brasil Escola. <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-nitrogenio.htm>.
- SILVA, J. L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *Brachiaria* e *Panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342-348, 2016. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i332914>
- SILVA, L. S. Óleo de soja como suplementação lipídica para ruminantes leiteiros e precursor de fator antiobesidade no leite: revisão. **Science and Animal Health**, v. 8, n. 2, p. 158-175, 2020. <https://doi.org/10.15210/sah.v8i2.18372>
- SILVEIRA, L. G. G.; PIONA, M. N. M.; MOUSQUER, C. J.; GOMES, R. S.; SILVEIRA, A. C. Sistemas de cria em áreas tropicais: desmama precoce. Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2021. <http://periodicos.ufc.br/higieneanimal/article/view/82413>
- SOUSA, M. P.; PIRES, A. J. V.; SILVEIRA, R. B.; PUBLIO, P. P. P.; FIGUEIREDO, G. C.; CRUZ, N. T. Crop, livestock and forestry integration systems. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 10, p. 53-63, 2022. <https://doi.org/10.14295/bjs.v1i10.153>
- STEINFELD, H.; GERBER, P. J.; WASSENAAR, T.; CASTEL, V.; ROSALES, M.; DE HAAN, C. **Livestock's long shadow: environmental issues and options**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United States, FAO, 2006.
- WANG, K.; XIONG, B.; ZHAO, X. Could propionate formation be used to reduce enteric methane emission in ruminants? **Science of The Total Environment**, v. 855, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158867>
- WLODARSKI, L.; MAEDA, E. M.; FLUCK, A. C.; GILIOLI, D. Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 11, p. 1-20, 2017. https://www.researchgate.net/publication/322616448_Ruminal_microbial_Diversity_importance_and_Characterization

Recebido em 14 de março de 2023
Retornado para ajustes em 24 de maio de 2023
Recebido com ajustes em 25 de maio de 2023
Aceito em 26 de maio de 2023