

MAPEANDO TENDÊNCIAS: A TRANSFORMAÇÃO DAS PESQUISAS SOBRE MICROBIOTA RUMINAL E EMISSÕES DE METANO NAS ÚLTIMAS DÉCADAS E AS PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Talys Henrique Assumpção Jardim¹

Gabriella Rezende²

Pedro Mendes de Souza³

Roberto Junio Pedrosa Dias⁴

Ecologia ambiental

Resumo

Durante o processo de digestão dos ruminantes, uma rica microbiota atua na degradação do alimento ingerido, liberando como resíduos do processo digestivo ácidos graxos voláteis, dióxido de carbono e, principalmente, metano. O gás metano representa aproximadamente 14% das emissões globais de gases do efeito estufa, e a pecuária bovina é responsável por 40% dessas emissões na agropecuária. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar as transformações ocorridas nas pesquisas científicas relacionadas à microbiota ruminal e a produção de gás metano na pecuária leiteira. Para a obtenção dos artigos científicos foi realizada uma busca nas bases de dados Scopus, Web of Science e PubMed utilizando os termos: ("Methane emission" OR "Methane production" OR "Methane yield" OR Methane OR CH₄) AND Rumen AND (Ciliophora OR Ciliates) AND ("dairy cow" OR "dairy cattle" OR cow OR cattle). Posteriormente, foi realizada filtragem dos artigos encontrados e foram coletadas as palavras-chave para a construção de uma nuvem de palavras. No total foram encontrados 171 artigos e 38 foram classificados como válidos. Os resultados obtidos neste trabalho ressaltam uma clara mudança nas pesquisas sobre a microbiota ruminal e a produção de metano em vacas leiteiras ao longo das últimas duas décadas. O maior entendimento gerado por estas pesquisas sobre a diversidade e as funções da microbiota ruminal pode permitir no futuro o desenvolvimento de estratégias potencialmente eficazes para a redução das emissões de metano na produção animal, com benefícios tanto para a eficiência produtiva quanto para a sustentabilidade do planeta.

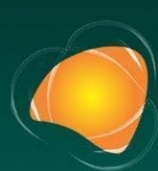
Palavras-chave: Produção animal; Pecuária; Sustentabilidade; Efeito estufa; Mudanças climáticas.

¹ Prof. Dr., Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, talysassumpcao@gmail.com.

² Aluna de Graduação, Universidade Federal de Juiz de Fora, Ciências Biológicas, rezendegabe@gmail.com.

³ Me, Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, pedromsouza0@gmail.com.

⁴ Prof. Dr., Universidade Federal de Juiz de Fora, Departamento de Zoologia, rjuniodias@hotmail.com.



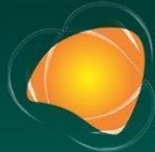
INTRODUÇÃO

Logo após o nascimento dos ruminantes, seu sistema digestivo é um ambiente praticamente estéril, porém, é rapidamente colonizado por uma ampla variedade de bactérias, protozoários e fungos à medida que o animal se desenvolve e começa a interagir com o ambiente e outros animais (Dehority, 2003). Quando os bezerros iniciam o processo de desmame e começam a consumir de alimentos sólidos, como forragens ricas em fibras vegetais, ocorrem alterações anatômicas no rúmen acompanhados por uma diversificação gradual na composição da microbiota ruminal (Bryant et al., 1958; Rey et al., 2014).

As fibras vegetais ingeridas na nova dieta fornecem substratos necessários para a colonização de novos organismos, com destaque para os protozoários ciliados do rúmen (Alveolata, Ciliophora), apresentando alta diversidade taxonômica e funcional no ambiente ruminal dos bovinos ao longo de toda a vida do animal (Willians & Coleman, 1992; Li et al., 2011). Durante o processo de digestão dos ruminantes adultos, esta rica microbiota atua na degradação do alimento ingerido, liberando como resíduos do processo digestivo ácidos graxos voláteis, dióxido de carbono e, principalmente, metano (Hobson and Stewart, 1997; Dehority, 2003).

O gás metano (CH₄) representa aproximadamente 14% das emissões globais de gases do efeito estufa e a pecuária bovina é responsável por 40% dessas emissões (FAO, 2017). A emissão de metano (CH₄) proveniente dos sistemas de produção animal é uma questão central no debate sobre mudanças climáticas e sustentabilidade agropecuária (Scoones, 2023). O aumento das emissões de metano somado à expansão global da demanda por produtos de origem animal, principalmente leite e carne, eleva as preocupações sobre o papel da pecuária no aquecimento global (Moumen et al., 2016; Zhang et al., 2022).

As emissões de metano na produção animal não só contribuem diretamente para o efeito estufa, como também amplificam outros impactos ambientais associados a atividade pecuária, fatos que tornam urgente a discussão sobre seu impacto ambiental (Seijan et al., 2015). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo investigar as transformações ocorridas nas pesquisas científicas relacionadas à microbiota ruminal e a produção de gás metano na pecuária leiteira.



METODOLOGIA

Para a obtenção dos artigos científicos foi realizada uma busca nas bases de dados Scopus, Web of Science e PubMed utilizando os termos: ("Methane emission" OR "Methane production" OR "Methane yield" OR Methane OR CH₄) AND Rumen AND (Ciliophora OR Ciliates) AND ("dairy cow" OR "dairy cattle" OR cow OR cattle). Posteriormente, foi realizada filtragem dos artigos encontrados. Utilizamos como critério de exclusão: artigos publicados antes do ano 2000; artigos que não envolvessem vacas leiteiras; artigos de revisão; e artigos fora da língua inglesa. Posteriormente, foram coletados dos artigos as palavras-chave para a construção de nuvens de palavras através das bibliotecas Python Pandas, WordCloud, Matplotlib e Numpy. Foi construída uma nuvem de palavras para todas as palavras-chave encontradas e uma compilando das palavras-chave a cada cinco anos entre 2000 e 2024.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram encontrados 171 artigos: 39 artigos científicos na plataforma Scopus, 95 na plataforma Web of Science e 37 artigos na plataforma PubMed. Dentre os 171 artigos encontrados, 38 foram classificados como válidos de acordo com os critérios de exclusão definidos. A partir da análise das palavras-chave desses artigos, foram construídas seis nuvens de palavras (Figura 1). Os resultados obtidos através das nuvens de palavras ressaltam a riqueza de temas relacionados a área (Figura 1-A). Além disso, os resultados mostram a mudança significativa nas pesquisas sobre a relação entre a microbiota ruminal e a emissão de metano em vacas leiteiras nas últimas décadas (Figura 1-B até F).

Através da comparação da composição das nuvens de palavras ao longo dos anos ficam claras algumas tendências. Nos anos 2000 (Figura 1-B), grande parte dos estudos estavam focados em revelar a diversidade do rúmen, incluindo espécies ainda pouco conhecidas de bactérias, protozoários, fungos anaeróbicos e arqueias metanogênicas. A partir de 2006 (Figura 1-C), os estudos da área estudos, começam a focar na eficiência digestiva dos ruminantes, passando a buscar um maior entendimento das comunidades microbianas do rúmen e seu papel na produção de metano.

EXTREMOS CLIMÁTICOS: IMPACTOS ATUAIS E RISCOS FUTUROS

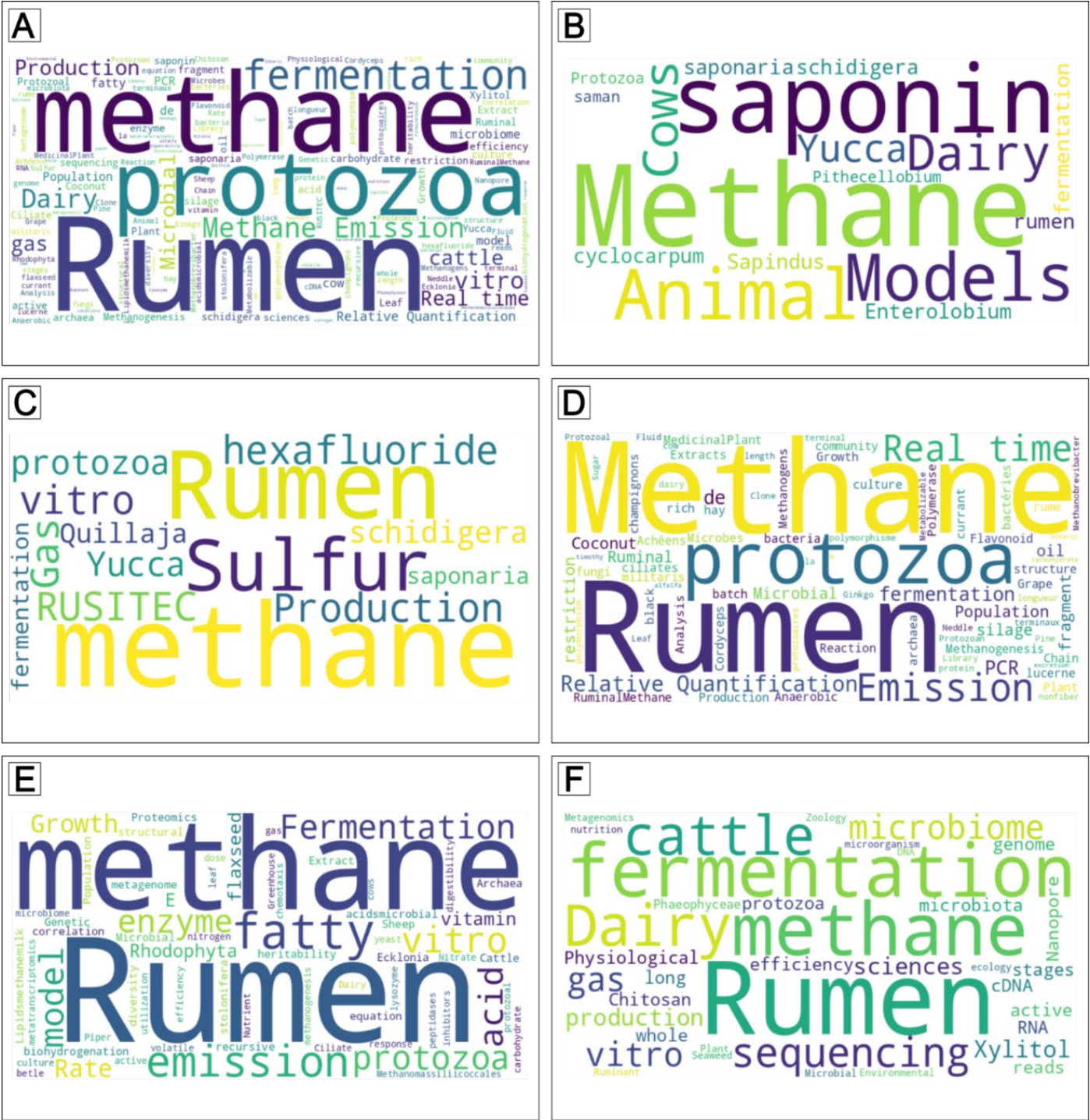
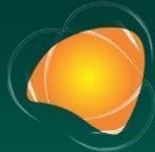


Figura 1. Nuvem de palavras construída a partir das palavras chaves coletadas dos artigos coletados em cada intervalo de tempo analisado. A: Todos os anos; B: 2001-2005; C: 2006-2010; D: 2011-2015; E: 2016-2020; F: 2021-2023.



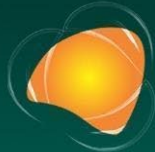
EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Entre os anos de 2011 e 2015 (Figura 1-D), os avanços das técnicas moleculares, como a PCR Real time, ficam mais evidentes na área de estudo e permitem uma compreensão mais detalhada da diversidade da microbiota do rúmen. A partir de 2016 (Figura 1-E) começam a aparecer estudos tentando mitigar as emissões sem comprometer a produtividade animal e aumentam os estudos sobre seleção genética e ferramentas como a metagenômica e a proteômica. Atualmente, depois de 2021, a pesquisa está evoluindo para um entendimento maior do microbioma ruminal, buscando uma caracterização mais detalhada das funções dos organismos presentes e de como essas funções podem ser manipuladas para reduzir a produção de metano.

As nuvens de palavras elaboradas revelaram as mudanças desse campo de estudo nos últimos 23 anos. Para o futuro, acreditamos que as pesquisas buscando soluções das emissões de metano na pecuária passem por abordagens mais integradas, combinando mudanças na dieta dos animais, manipulação da microbiota ruminal, melhoramento genético e evolução analítica dos dados gerados. Claramente, a evolução dos estudos sobre os microrganismos simbiotes do rúmen e sua relação com a produção de metano reflete o crescente reconhecimento do impacto ambiental da pecuária. Além disso, dada a crise climática, a atenções de pesquisadores do mundo todo devem se voltar para estudos que busquem minimizar as emissões de metano, promovendo ao mesmo tempo a eficiência produtiva e sustentabilidade nos sistemas de produção animal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho ressaltam uma clara mudança nas pesquisas sobre a microbiota ruminal e a produção de metano em vacas leiteiras ao longo das últimas duas décadas. O maior entendimento gerado por estas pesquisas sobre a diversidade e as funções da microbiota ruminal pode permitir no futuro o desenvolvimento de estratégias potencialmente eficazes para a redução das emissões de metano na produção animal, com benefícios tanto para a eficiência produtiva quanto para a sustentabilidade do planeta.



REFERÊNCIAS

- Bryant, M. P., Small, N., Bouma, C., Robinson, I. (1958). Studies on the composition of the ruminal flora and fauna of young calves. *Journal of Dairy Science*, 41, 1747–1767.
- Dehority, B. A. (2003). *Rumen Microbiology*. Nottingham University Press.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global methane emissions from livestock. Disponível em: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1634679/>. Acesso em: 19 set. 2024.
- Henderson, G., Cox, F., Ganesh, S., et al. (2015). Rumen microbial community composition varies with diet and host, but a core microbiome is found across a wide geographical range. *Scientific Reports*, 5, 14567.
- Hobson, P. N., Stewart, C. S. (1997). *The Rumen Microbial Ecosystem*. Springer Netherlands.
- Li, R. W., Sparks, M. E., Connor, E. (2011). Dynamics of the rumen microbiota. In: Li, R. W. (Ed.), *Metagenomics and Its Applications in Agriculture, Biomedicine and Environmental Studies* (pp. 135–164). Nova Science Publishers, New York, USA.
- Moumen, A., Azizi, G., Chekroun, K. B., & Baghour, M. (2016). The effects of livestock methane emission on the global warming: a review. *International Journal of Global Warming*, 9(2), 229253.
- Rey, M., Enjalbert, F., Combes, S., Cauquil, L., Bouchez, O., Monteils, V. (2014). Establishment of ruminal bacterial community in dairy calves from birth to weaning is sequential. *Journal of Applied Microbiology*, 116(1), 245–257.
- Scoones, I. (2023). Livestock, methane, and climate change: The politics of global assessments. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 14(1), e790.
- Sejian, V., Hyder, I., Ezeji, T., Lakritz, J., Bhatta, R., Ravindra, J. P., ... & Lal, R. (2015). Global warming: role of livestock. In: *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation* (pp. 141169).
- Zhang, L., Tian, H., Shi, H., Pan, S., Chang, J., Dangal, S. R., ... & Jackson, R. B. (2022). A 130-year global inventory of methane emissions from livestock: Trends, patterns, and drivers. *Global Change Biology*, 28(17), 51425158.