

Emissões e soluções



Diogo Fleury A. Costa
LZT - ESALQ/USP

Plano de ataque

1. ~~Problema~~ → Contexto
2. Estabelecendo metas mitigação CH₄
3. Aditivos antimetanogênicos
4. Experimento ESALQ

EAAP-ASAS Conference on Livestock



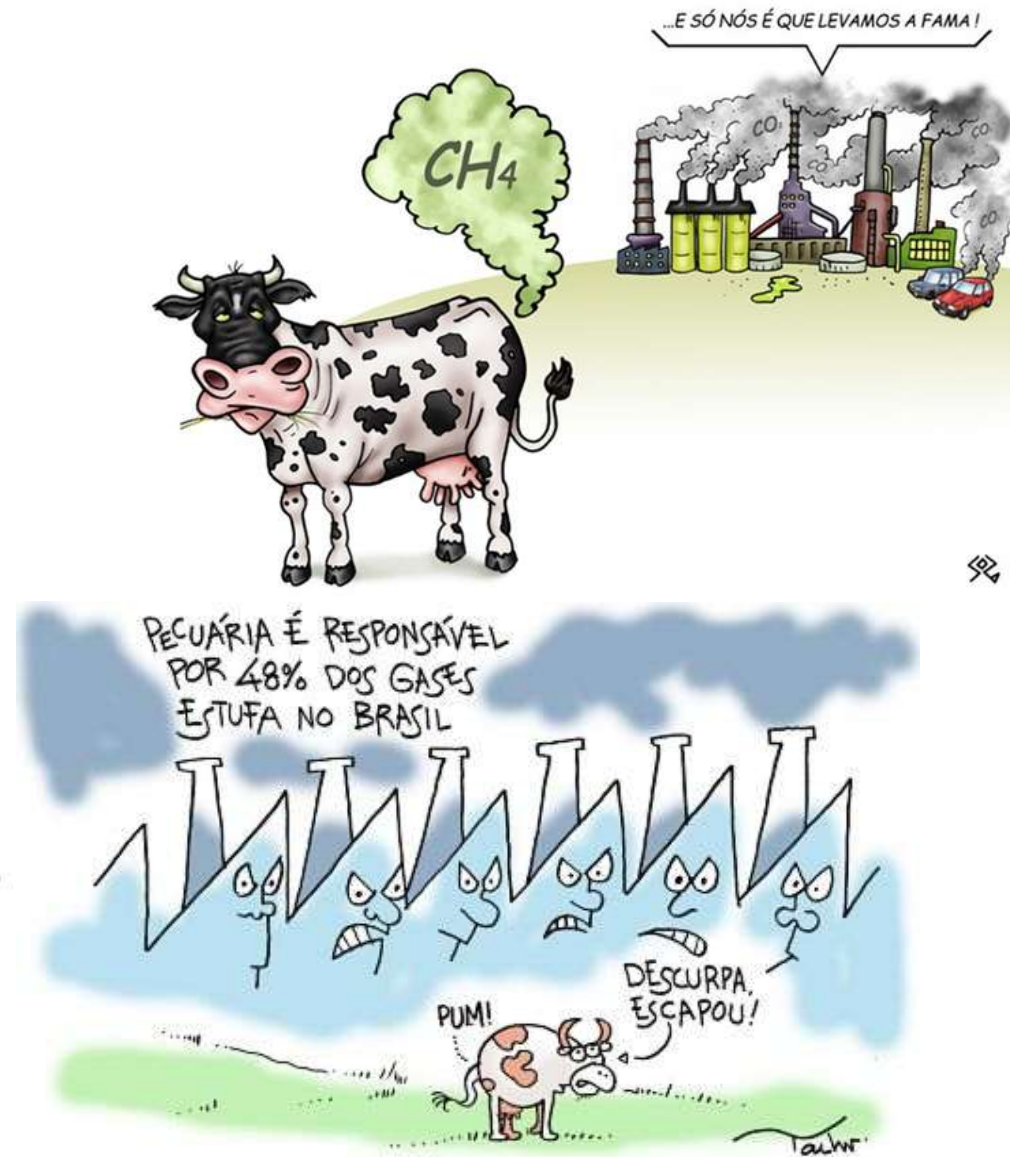
April 19-21, 2026

A produção de ruminantes está causando aquecimento global?

Verdade?



Parece piada o foco tão GRANDE nas emissões, não parece?



Por que o foco tão GRANDE nas emissões?

livestock's long shadow
environmental issues and options

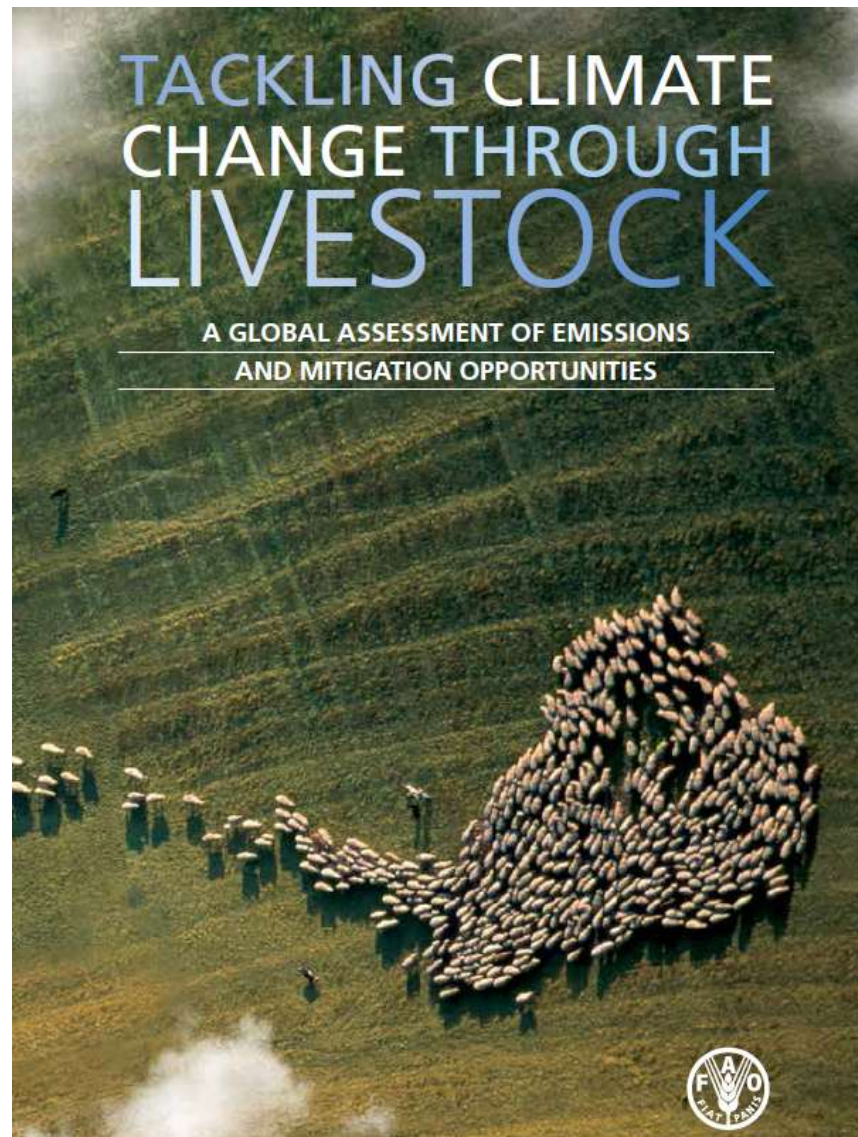
2006



TACKLING CLIMATE
CHANGE THROUGH
LIVESTOCK

A GLOBAL ASSESSMENT OF EMISSIONS
AND MITIGATION OPPORTUNITIES

2013



O que aconteceu no primeiro relatório?



O peso ambiental da pecuária

livestock's long shadow
environmental issues and options

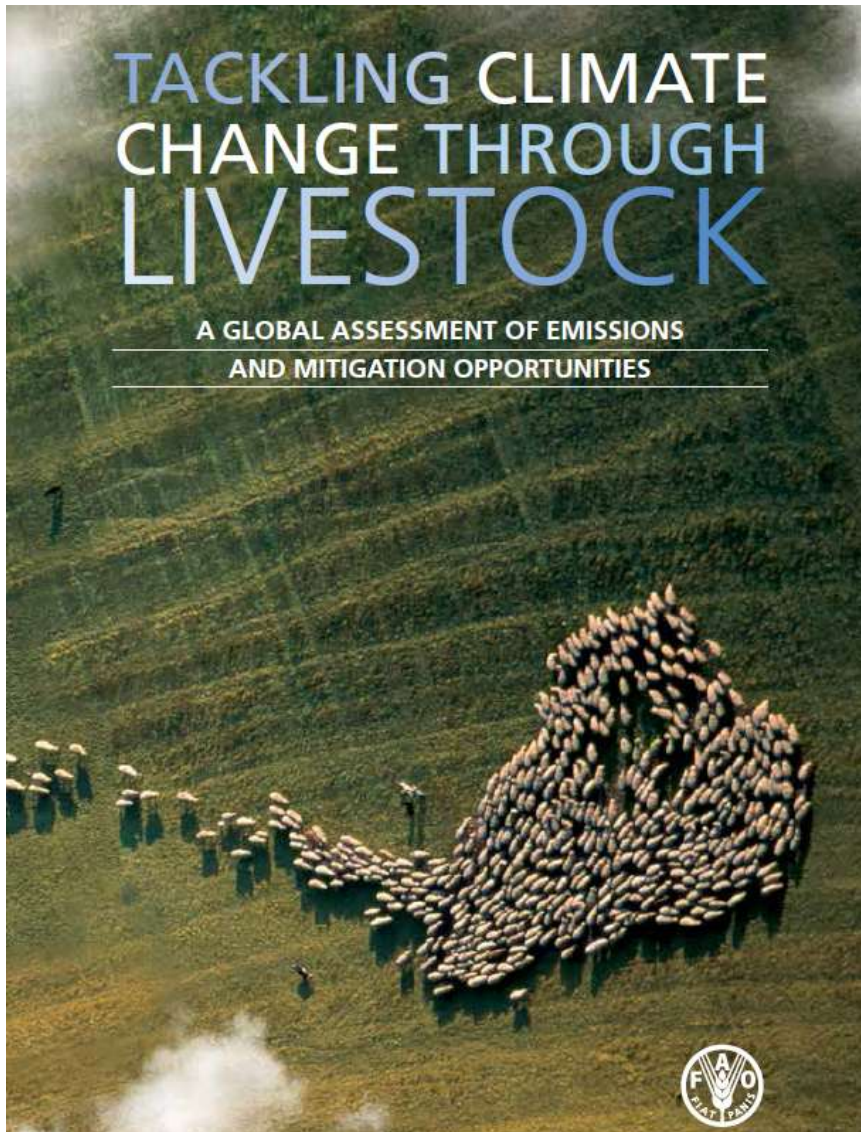


- A pecuária é responsável por cerca de 18% das emissões globais GEE
- O setor ocupa $\approx 30\%$ da superfície terrestre livre de gelo do planeta
- $\approx 70\%$ das áreas desmatadas da Amazônia são utilizadas como pastagens
- A produção mundial de carne irá mais que dobrar até 2050
- **O relatório destaca:**
 - melhorias em manejo, nutrição e eficiência produtiva podem reduzir significativamente os impactos ambientais da pecuária

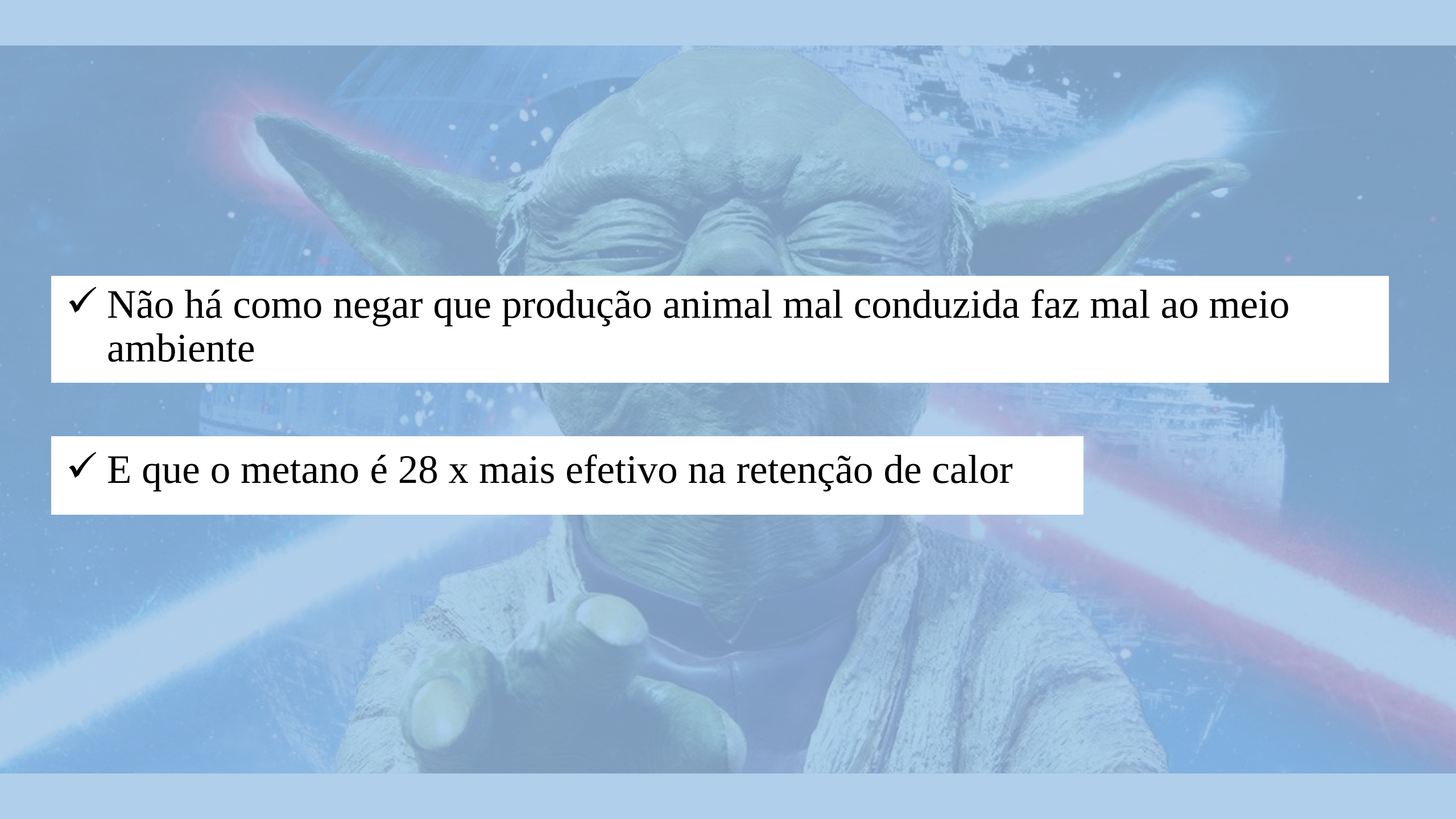
E no segundo?



Enfrentando mudanças climáticas através da pecuária



- $\approx 14,5\%$ das emissões globais de GEE
- Bovinos de corte e leiteiros representam 41% e 20% dessas emissões
- Fermentação entérica responde por 39% deste total
- **O relatório destaca:**
 - Emissões podem ser reduzidas em até 30% com adoção de **tecnologias e melhores práticas já disponíveis**
 - Demanda por carne e leite deve aumentar 73% e 58% até 2050, **reforçando a necessidade de sistemas mais eficientes e sustentáveis**



✓ Não há como negar que produção animal mal conduzida faz mal ao meio ambiente

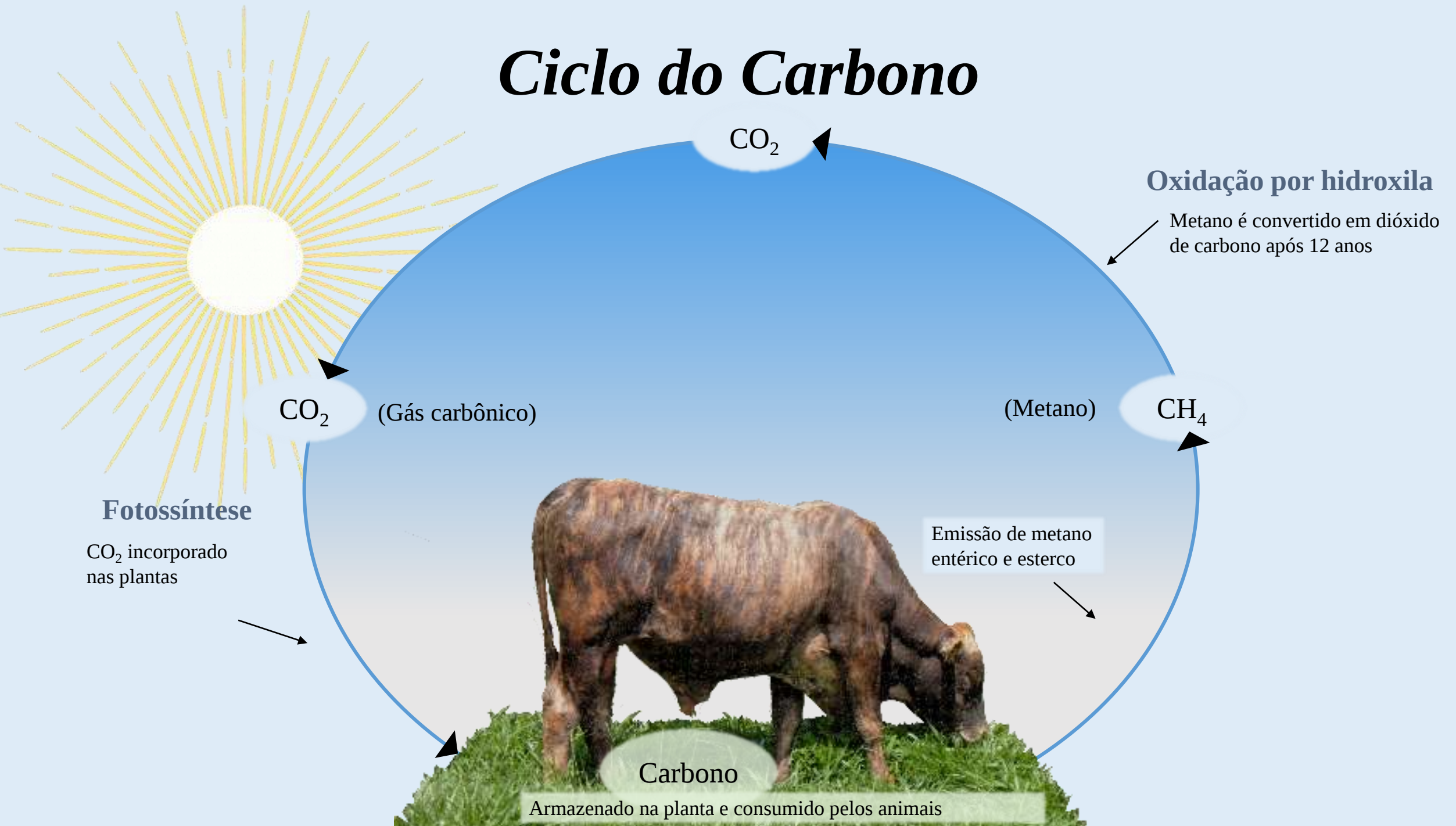
✓ E que o metano é 28 x mais efetivo na retenção de calor

ENTRETANTO...

- ✓ Ruminantes NÃO são os maiores emissores de GEE (metano entérico <6%)
- ✓ Metano é reciclado e não acumulado como outros GEE da queima de combustíveis fósseis

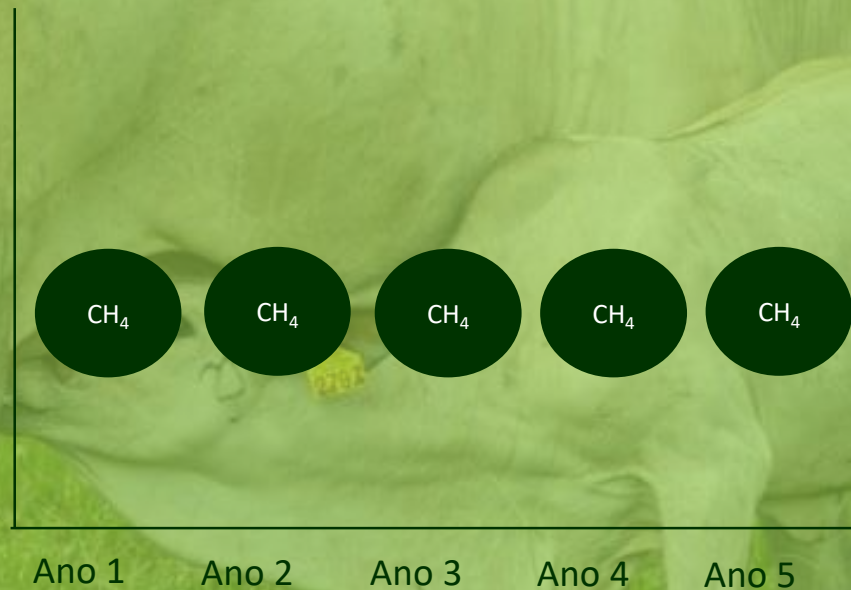


Ciclo do Carbono



Gás de fluxo – METANO (CH_4)

Concentração
atmosférica

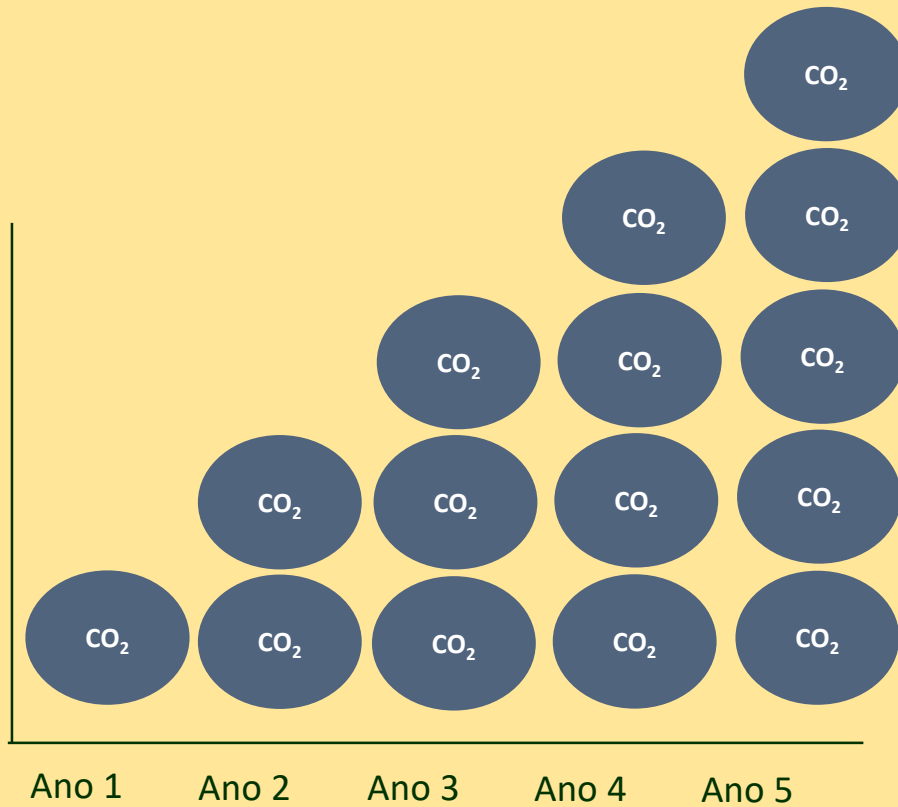


Tempo

Adaptado Allen et al. (2018)

Gás de estoque – Dióxido de Carbono (CO₂)

Concentração
atmosférica



Tempo

Chevy D10 - 1979



Adaptado de Allen et al. (2018)

Mensagem principal

Ao diminuirmos as emissões estamos causando

Resfriamento global



VAMOS APROFUNDAR?



J. Dairy Sci. 105:9297–9326
<https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>

© 2022, The Authors. Published by Elsevier Inc. and FASS Inc. on behalf of the American Dairy Science Association®.
This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Invited review: Current enteric methane mitigation options

Karen A. Beauchemin,¹ Emilio M. Ungerfeld,^{2*} Adibe L. Abdalla,³ Clementina Alvarez,⁴ Claudia Arndt,⁵ Philippe Becquet,⁶ Chaouki Benchaar,⁷ Alexandre Berndt,⁸ Rogerio M. Mauricio,⁹ Tim A. McAllister,¹ Walter Oyhantçabal,¹⁰ Saheed A. Salami,¹¹ Laurence Shalloo,¹² Yan Sun,¹³ Juan Tricarico,¹⁴ Aimable Uwizeye,¹⁵ Camillo De Camillis,¹⁵ Martial Bernoux,¹⁶ Timothy Robinson,¹⁵ and Ermias Kebreab¹⁷

CSIRO PUBLISHING

Animal Production Science
<https://doi.org/10.1071/AN20295>

SPECIAL ISSUE

Review

Feed additives as a strategic approach to reduce enteric methane production in cattle: modes of action, effectiveness and safety

M. Honan^A, X. Feng^A, J.M. Tricarico^B and E. Kebreab^{B, A, C}

^ADepartment of Animal Science, University of California, Davis, 2111 Meyer Hall, One Shields Avenue, Davis, CA, 95618, USA.

^BInnovation Center for US Dairy, 10255 West Higgins Road, Suite 900, Rosemont, IL 60018, USA.

^CCorresponding author. Email: ekebreab@ucdavis.edu

Metabolic Hydrogen Flows in Rumen Fermentation: Principles and Possibilities of Interventions

Emilio M. Ungerfeld*

Laboratorio de Fermentación Ruminal, Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca, Temuco, Chile

Entendendo a Metanogênese

- **Energia perdida**

CH_4 pode representar até **12% da energia bruta ingerida** perdida por eructação

- **Função do CH_4 no rúmen**

A síntese de CH_4 é um **sumidouro essencial de hidrogênio (H_2)**

***O acúmulo de H_2 pode prejudicar a fermentação dos microrganismos**

“Não vamos colocar meta. Vamos deixar a meta aberta. Quando a gente atingir a meta, nós dobramos a meta.” (????)

“As metas de redução de CH₄ devem ser fundamentadas em ciência e compatíveis com a realidade dos sistemas de produção.”

(Diogo Costa, CBNA 2026)



Agência **FAPESP**

NOTÍCIAS

VÍDEOS

AGENDA

OPORTUNIDADES

ASSINE



Mudanças climáticas

Produção de carne bovina emite mais do que o dobro do limite das metas de gases de efeito estufa

16 de abril de 2025

EN

ES

Em artigo publicado na *Environmental Science and Pollution Research*, pesquisadoras da Unifesp discutem a necessidade de a cadeia produtiva adotar práticas de mitigação das emissões

Luciana Constantino | Agência FAPESP – Um dos pilares da economia brasileira e um dos setores responsáveis pelas maiores emissões de gases de efeito estufa, a produção de carne bovina no Brasil, da forma como é feita atualmente, emite mais do que o dobro do limite necessário para cumprir metas ambientais internacionais. Essa é uma das conclusões de uma pesquisa **publicada** na revista *Environmental Science and Pollution Research*.



Em 2023, o Brasil bateu recorde na exportação de carne bovina, com 2,29 milhões de toneladas vendidas para 157 países (foto: Wikimedia Commons)

Metano entérico = 2 a 3% total GEE

Metas $\neq$ USA



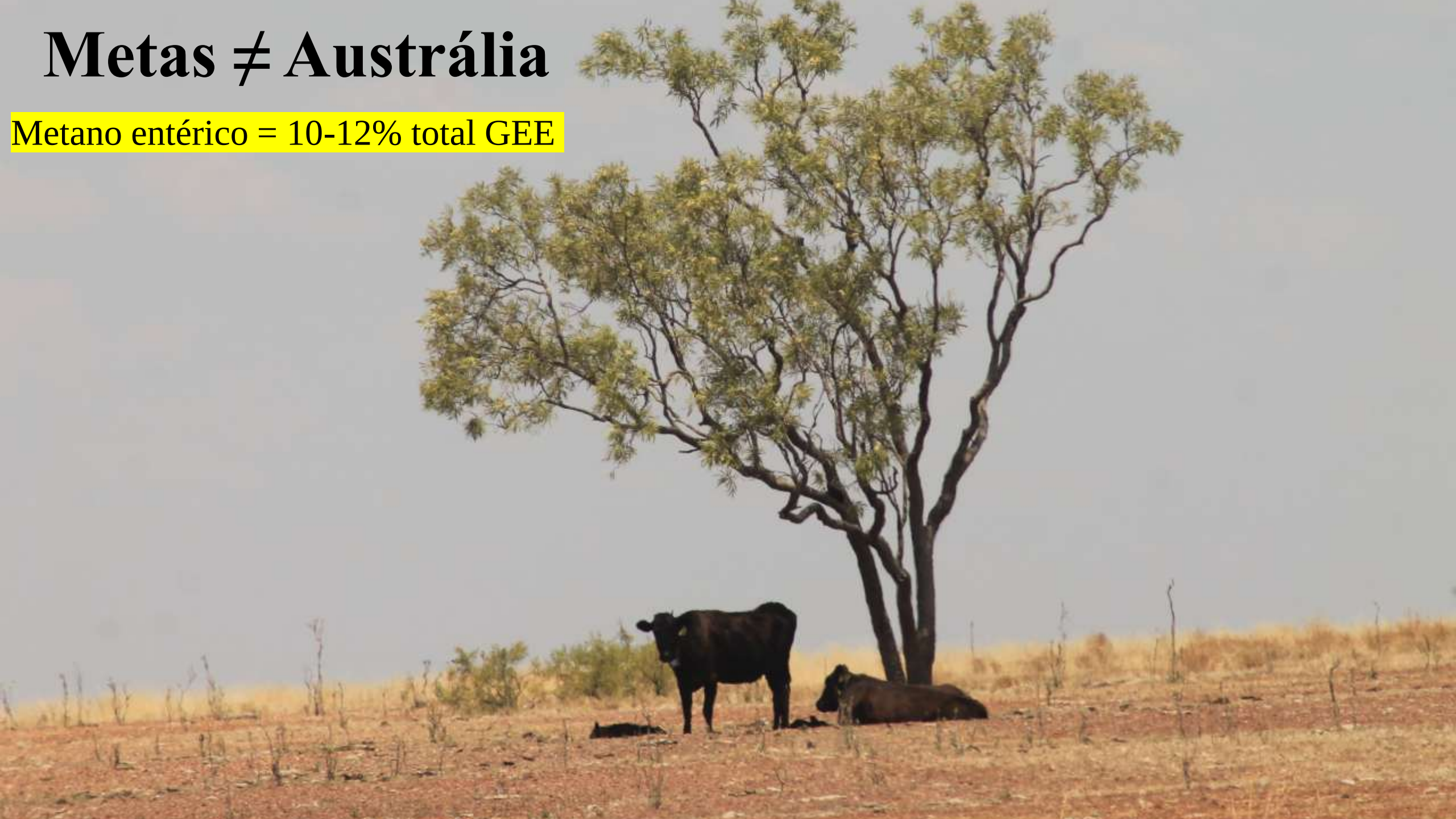
Metas $\neq$ Nova Zelândia

Metano entérico = 48-53% toal GEE



Metas $\neq$ Austrália

Metano entérico = 10-12% total GEE

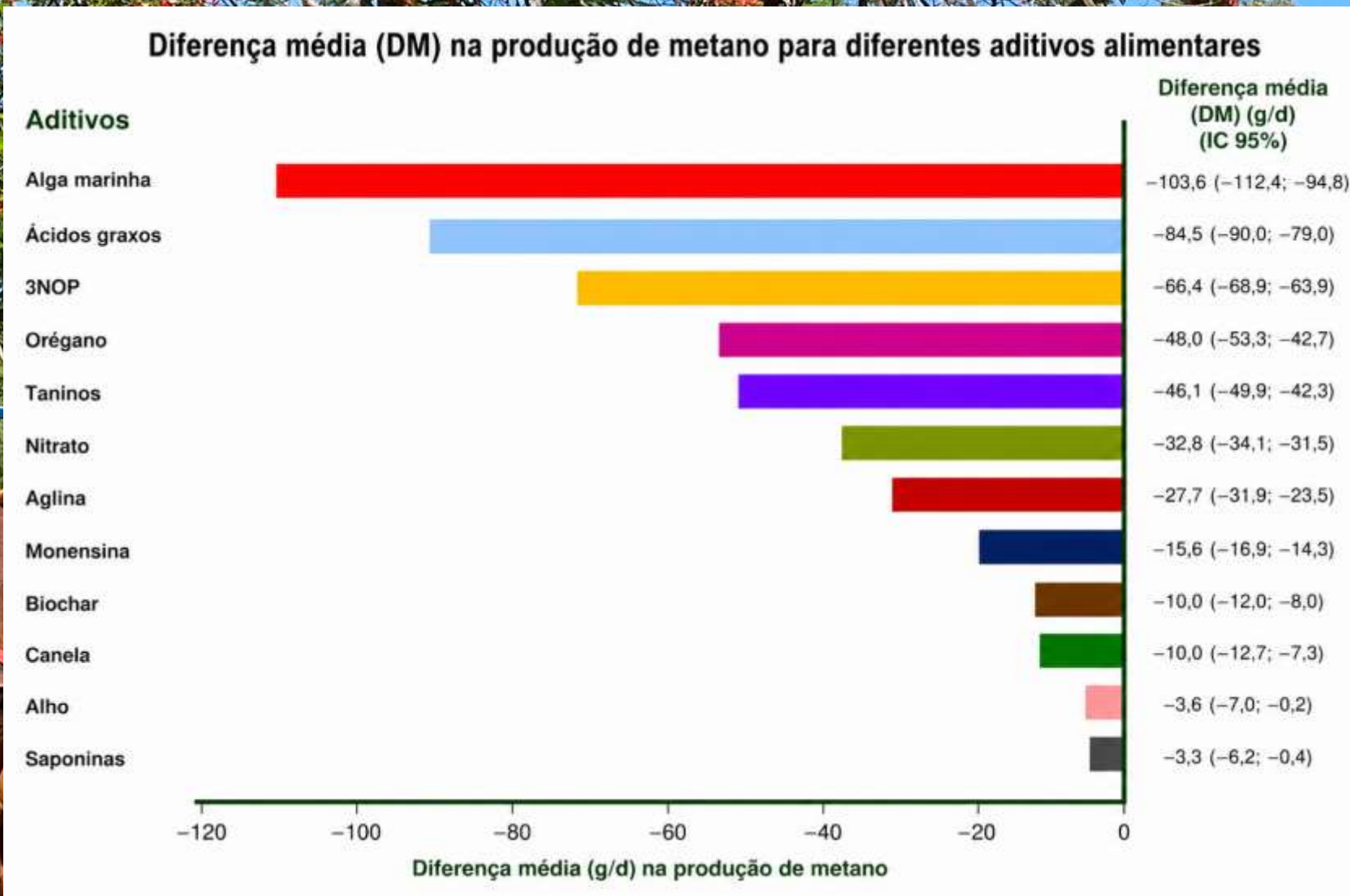


Metas $\neq$ Brasil

Metano entérico = 18-22% total GEE



Mecanismo e magnitude da redução



(adaptado Honan et al., 2021)

ADITIVOS INIBIDORES DA METANOGÊNESE

Atuam diretamente na via de metanogênese, reduzindo a produção de CH_4 (g/dia)

Principais exemplos:

3NOP (Bovaer DSM)

Halógenos (bromofórmio, iodofórmio)

Naturais:

Asparagopsis (Seaforest, Future Feeds, etc)

Fungo (ROAM)

Sintético:

Rumin8



ADITIVOS INIBIDORES DA METANOGENÊSE

Desafio do uso

- (1) A metanogênese normal evita o acúmulo de H_2
- (2) Mitigar CH_4 sem comprometer desempenho e bem-estar animal
- (3) Segurança dos alimentos?

Ponto crítico

O H_2 deve ser redirecionado para outros sumidouros:

Acetogênese redutiva

Propionogênese

Outros receptores alternativos de elétrons

(Ungerfeld, 2020)



J. Dairy Sci. 108:11071–11093
<https://doi.org/10.3168/jds.2025-26960>

© 2025, The Authors. Published by Elsevier Inc. on behalf of the American Dairy Science Association®.
This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

A meta-analysis of effects of seaweed and other bromoform-containing feed ingredients on methane production, yield, and intensity in cattle

Ermias Kebreab,^{1*} Eleanor May Pressman,¹ John-Fredy Ramirez-Agudelo,¹ André Bannink,² Sanne van Gastelen,² and Jan Dijkstra³

¹Department of Animal Science, University of California–Davis, Davis, CA 95616

²Wageningen Livestock Research, Wageningen University & Research, 6700 AH, Wageningen, the Netherlands

³Animal Nutrition Group, Wageningen University & Research, 6700 AH, Wageningen, the Netherlands

Ano 2025 14 estudos

Dose $\approx 28,3$ mg CHBr_3 /kg MS reduziu em 47,3% a produção de CH_4 , 43,3% o CH_4 por consumo (g/kg CMS) e 39% a intensidade de CH_4 , com maior eficácia em bovinos de corte e em dietas mais ricas em amido

Entretanto, essa dose reduziu o CMS em 6,45% em vacas leiteiras e 3,26% em bovinos de corte, afetando a produção de leite (−4,6%). A eficácia variou conforme o tipo de carregador (óleo mais efetivo).

M&M

- TMR *ad lib* as 08:00 h
- 80 tourinhos nelore em baias individuais
- 88% concentrado
- 12% volumoso



Metano via GEM (C-Lock)



Coletas a partir dos dias 29, 58 e 80 após
atingir dose final do aditivo



DESEMPENHO ANIMAL

Parâmetro	Unidade	Controle	Aditivo	EPM	p valor
Peso inicial	kg	323	323	11.6	0.698
Peso final	kg	441	444	19.49	0.657
Ganho de peso	kg/período	124.56	129.08	4.9	0.451
GMD	kg/dia	1.34	1.39	0.05	0.451
CMS	kg/dia	8.19	7.82	0.386	0.113
Eficiência alimentar	GMD/CMS	0.16	0.17	0.006	0.044

EPM: Erro padrão da média

Valor de P: Probabilidade de significância estatística ($P < 0,05$ indica diferença significativa)

GASES

Parâmetro	Controle	Aditivo	EPM	Valor de P
Produção de metano (g CH ₄ /dia)	104,6	51,9	7,50	<0,0001
Rendimento de metano (g CH ₄ /kg CMS)	12,59	6,63	1,23	<0,0001
Intensidade de metano (g CH ₄ /kg GMD)	77,18	39,55	6,53	<0,0001
Produção de hidrogênio (g H ₂ /dia)	0,41	2,55	0,26	<0,0001
Produção de dióxido de carbono (g CO ₂ /dia)	6907	6999	330,7	0,7781

EPM: Erro padrão da média

Valor de P: Probabilidade de significância estatística (P < 0,05 indica diferença significativa)

Obrigado

fleury.diogo@usp.br

