



Transformando a Pecuária Brasileira: Ganhos de Produtividade e Reduções nas Emissões de Metano

Junho 2026



CLIMATE
POLICY
INITIATIVE



PUC
RIO

Autoria

Gabriela Zangiski

Pesquisadora Sênior, CPI/PUC-Rio
gabriela.zangiski@cpiglobal.org

Mario Dotta

Consultor

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer Natalie Hoover e Juliano Assunção pelos comentários e sugestões. Também gostaríamos de agradecer a Giovanna de Miranda e Camila Calado pelo trabalho de revisão e edição de texto e Nina Oswald Vieira pelo trabalho de design gráfico.

Sobre o Climate Policy Initiative

O Climate Policy Initiative (CPI) é uma organização com experiência internacional em análise de políticas públicas e finanças, que possui sete escritórios ao redor do mundo. No Brasil, é afiliado à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e atua no aprimoramento de políticas públicas e finanças sustentáveis a fim de promover a transição para uma economia de baixo carbono. Em 2026, o CPI/PUC-Rio celebra 15 anos de atuação no país. Nosso trabalho no Brasil foca em desenvolver análises baseadas em evidência e estabelecer parcerias estratégicas com membros do governo, da sociedade civil, do setor privado e de instituições financeiras.



Citação sugerida

Zangiski, Gabriela e Mario Dotta. *Transformando a Pecuária Brasileira: Ganhos de Produtividade e Reduções nas Emissões de Metano*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2026.

Assessoria de imprensa

camila.lima@cpiglobal.org



Índice

Introdução	6
O Setor Pecuário Brasileiro	7
O Setor Pecuário e as Emissões Brasileiras	9
Um Portfólio de Soluções para a Pecuária Brasileira	11
Uso e Condição da Terra	12
Aumento da Produtividade Biológica	13
Qualidade e Manejo da Alimentação e dos Dejetos	14
Gestão do Sistema Produtivo	15
Pecuária Extensiva no Brasil	17
Políticas e Implementação	19
Recomendações de Política Pública	24
Referências	25

Lista de Siglas e Abreviaturas

CAR Cadastro Ambiental Rural

CH₄ Metano

CO₂e Dióxido de Carbono Equivalente

CPI/PUC-Rio Climate Policy Initiative/Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Embrapa Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GEE Gases de Efeito Estufa

PIB Produto Interno Bruto

Plano ABC Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura

PRA Programa de Regularização Ambiental

Lista de Figuras

Figura 1. Emissões de Metano e de Fermentação Entérica no Brasil, 2026	6
Figura 2. Rebanho Bovino Brasileiro, 1961-2024	7
Figura 3. Exportações Brasileiras de Carne Bovina, 1997-2025	8
Figura 4. Emissões Brasileiras Totais e Participação das Emissões de Fermentação Entérica, 1990-2024	9
Figura 5. Emissões Brasileiras de Metano por Setor, 1970-2024	10
Figura 6. Área de Pastagem e Taxa de Lotação das Regiões Brasileiras em Anos Censitários, 1985-2017	17
Figura 7. Soluções para Reduzir as Emissões Brasileiras de Metano da Fermentação Entérica	19

Introdução

O Brasil ocupa uma posição singular no cenário global da produção de alimentos e, em particular, da pecuária bovina. Nas últimas décadas, o país consolidou-se como um dos maiores produtores e exportadores de carne do mundo, apoiado em escala produtiva, disponibilidade de terra e capacidade de atender mercados diversos. Essa posição de liderança, no entanto, está sendo redefinida. Demandas globais crescentes relacionadas à produção sustentável, à mitigação dos impactos climáticos e à rastreabilidade da cadeia produtiva vêm se tornando parte estrutural do comércio internacional agropecuário, redesenhando os critérios de competitividade do setor.

Nesse contexto, **produtividade e sustentabilidade deixam de ser agendas paralelas e tornam-se dimensões indissociáveis da trajetória futura da pecuária brasileira.** O desafio climático não se impõe apenas como um obstáculo externo ao setor, mas como um elemento central de sua estratégia de crescimento. Consequentemente, a forma como o Brasil responde a esse desafio tem implicações diretas sobre sua capacidade de manter e fortalecer sua liderança no mercado global de carne.

O metano ocupa posição central nesse debate. Trata-se de um gás de efeito estufa altamente potente, responsável por uma parcela relevante das emissões brasileiras. Mais de 60% do metano emitido no Brasil provém do setor pecuário, especialmente associado à fermentação entérica de bovinos de corte e leite (SEEG 2025). Endereçar emissões de metano é uma oportunidade crucial para o Brasil aumentar a produtividade da pecuária e, ao mesmo tempo, reduzir o impacto ambiental. O país dispõe de tecnologias produtivas consolidadas, panorama robusto de políticas públicas e instrumentos de financiamento, assistência técnica, além de capacidade avançada de mensuração e monitoramento, podendo induzir transformações em larga escala. Combinados, esses elementos contribuem para acelerar a transição da pecuária em direção à neutralidade de carbono.

Figura 1. Emissões de Metano e de Fermentação Entérica no Brasil, 2026



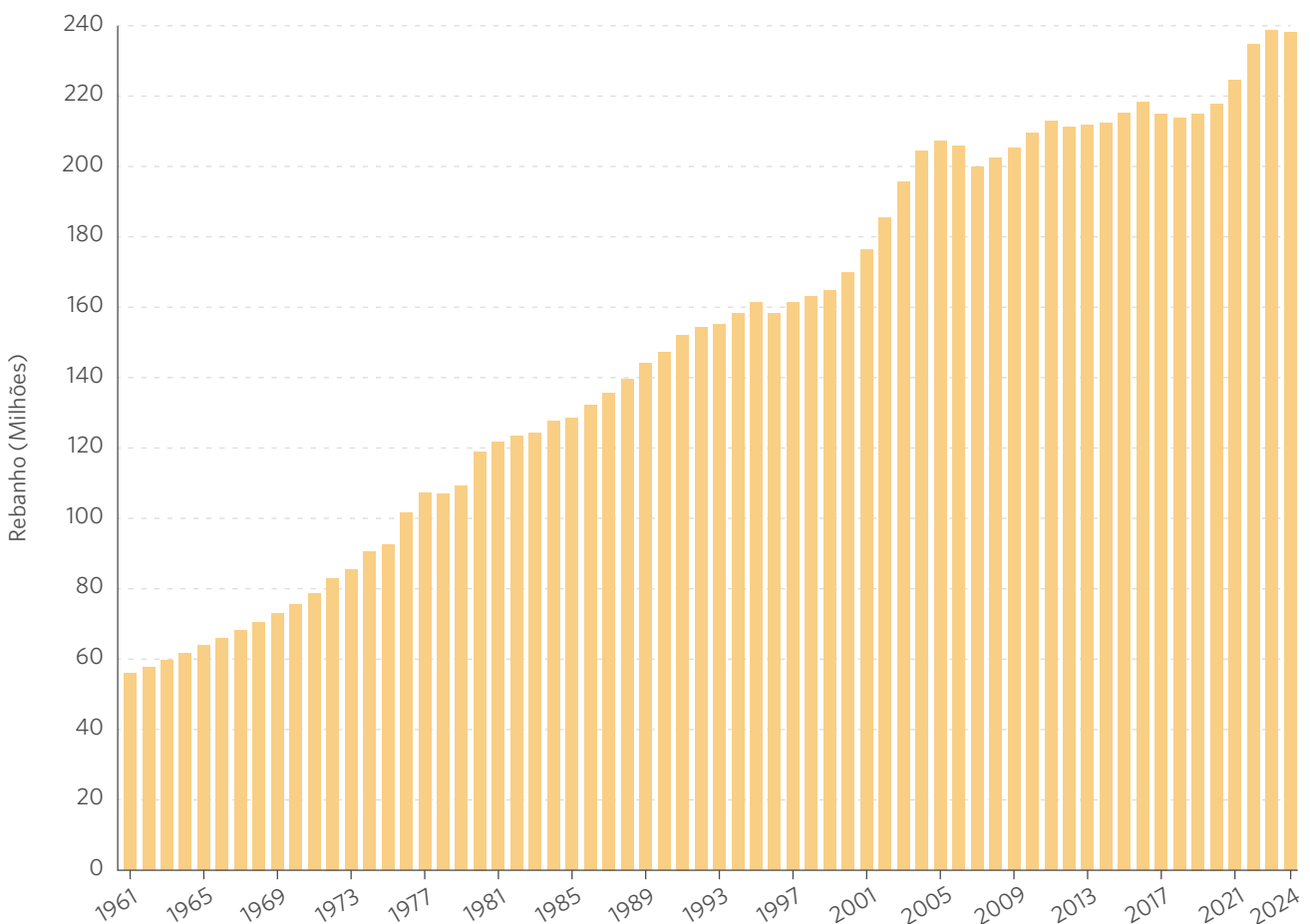
Fonte: CPI/PUC-Rio com dados do SEEG (2025), 2026

Neste relatório, pesquisadores do Climate Policy Initiative/Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (CPI/PUC-Rio) examinam o papel estratégico da pecuária brasileira no contexto de mudanças climáticas. A análise identifica as principais fontes de emissões de metano do setor e apresenta um conjunto de soluções capazes de aumentar a produtividade e reduzir emissões de forma simultânea. Pesquisadores discutem como essas soluções se aplicam a diferentes sistemas produtivos e examinam de que forma políticas públicas e instrumentos já existentes podem ser mobilizados para viabilizar sua adoção em larga escala, reforçando a posição do Brasil como liderança global sustentável no setor pecuário.

O Setor Pecuário Brasileiro

O Brasil ocupa uma posição central na produção e no abastecimento global de alimentos, desempenhando um papel estratégico nos mercados internacionais agropecuários. Nesse contexto, o setor pecuário se destaca pelo seu tamanho e crescente relevância econômica que assumiu ao longo das últimas décadas, consolidando-se como um dos principais pilares do agronegócio brasileiro. Nos últimos 60 anos, o rebanho bovino nacional triplicou, tornando-se o maior rebanho comercial do mundo (FAO 2025), como evidenciado pela evolução histórica apresentada na Figura 2.

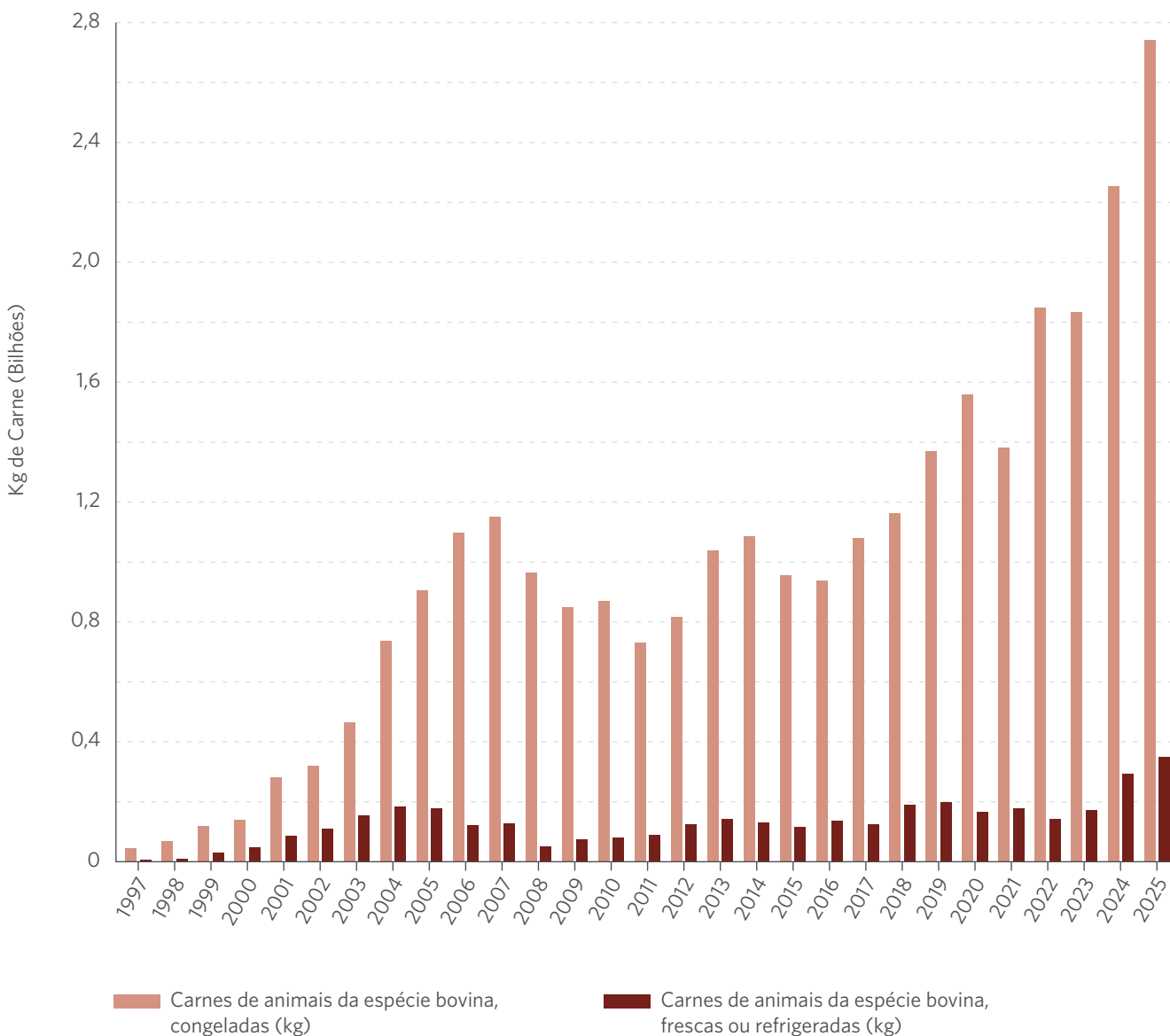
Figura 2. Rebanho Bovino Brasileiro, 1961-2024



Fonte: CPI/PUC-Rio com dados da FAO (2025), 2026

O crescimento do rebanho bovino foi acompanhado por um aumento expressivo da importância econômica do setor. Em 2023, a pecuária respondeu por quase 7% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro (CEIC Data sd). Em 2025, o Brasil consolidou-se como o maior exportador de carne do mundo (ABIEC 2025), reforçando sua posição de liderança no comércio internacional. Essa trajetória é ilustrada na evolução das exportações brasileiras de carne bovina na Figura 3. As projeções indicam a continuidade desse movimento, com expectativa de crescimento adicional de aproximadamente 5% do rebanho nos próximos anos (ABIEC 2025).

Figura 3. Exportações Brasileiras de Carne Bovina, 1997-2025



Fonte: CPI/PUC-Rio com dados do MDIC (2026), 2026

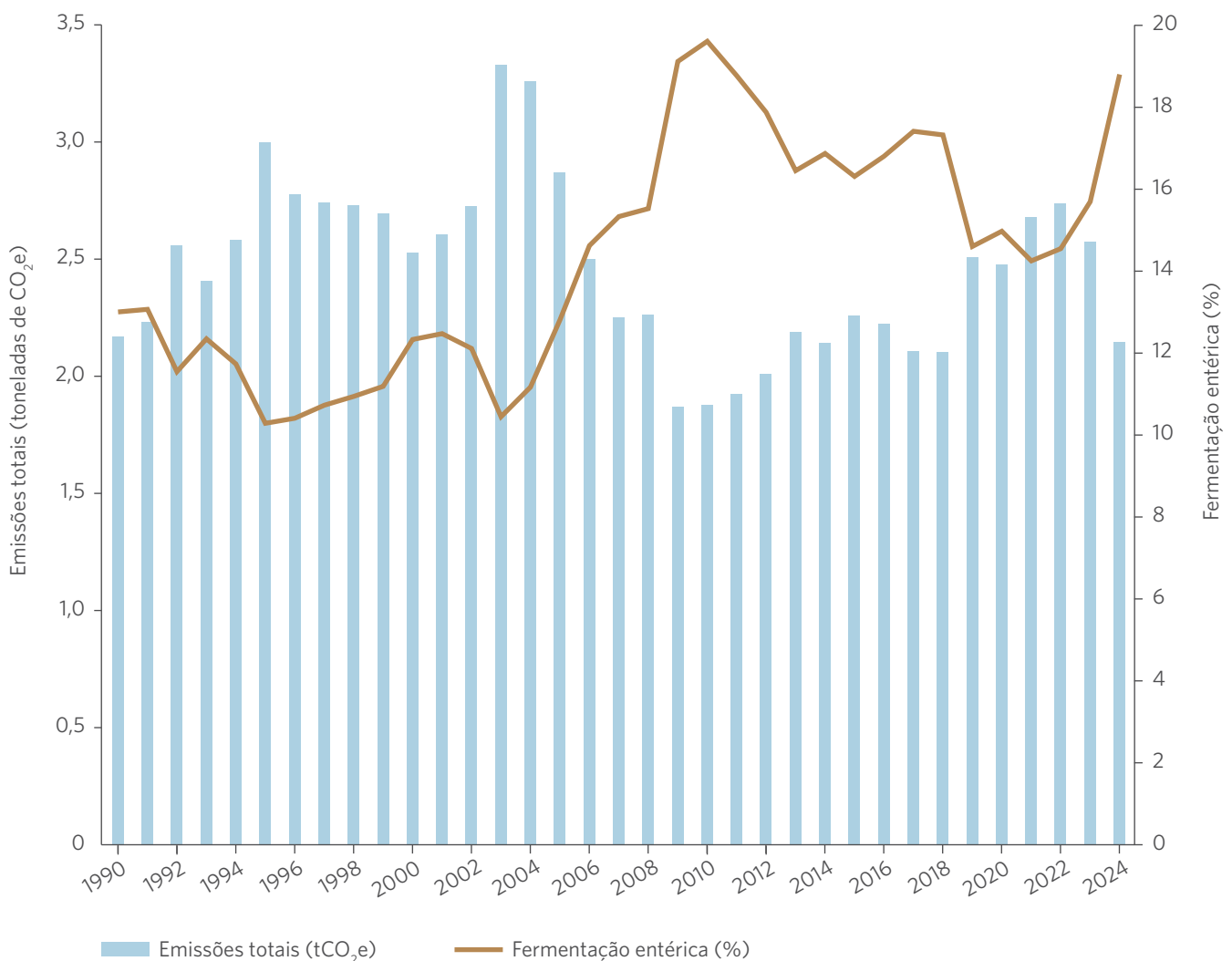
A relevância da pecuária no Brasil não está restrita à esfera econômica. A produção e o consumo de carne ocupam um lugar central na cultura brasileira e na identidade de diversas regiões do país. Em áreas rurais e regiões historicamente influenciadas pela agropecuária, práticas sociais, tradições culinárias e modos de vida estão fortemente associados à atividade pecuária. Encontros sociais, celebrações e expressões culturais regionais frequentemente têm a carne como elemento agregador, refletindo a importância do setor também como componente da vida social e da identidade cultural brasileira.

Esse conjunto de fatores coloca o Brasil em uma posição singular no cenário global. O país reúne escala produtiva, relevância econômica e legitimidade cultural para assumir de forma duradoura a liderança mundial no setor pecuário. **A consolidação dessa liderança depende, contudo, da capacidade do setor avançar simultaneamente em produtividade e sustentabilidade, fortalecendo a competitividade e garantindo sua contribuição econômica, social e climática no longo prazo.**

O Setor Pecuário e as Emissões Brasileiras

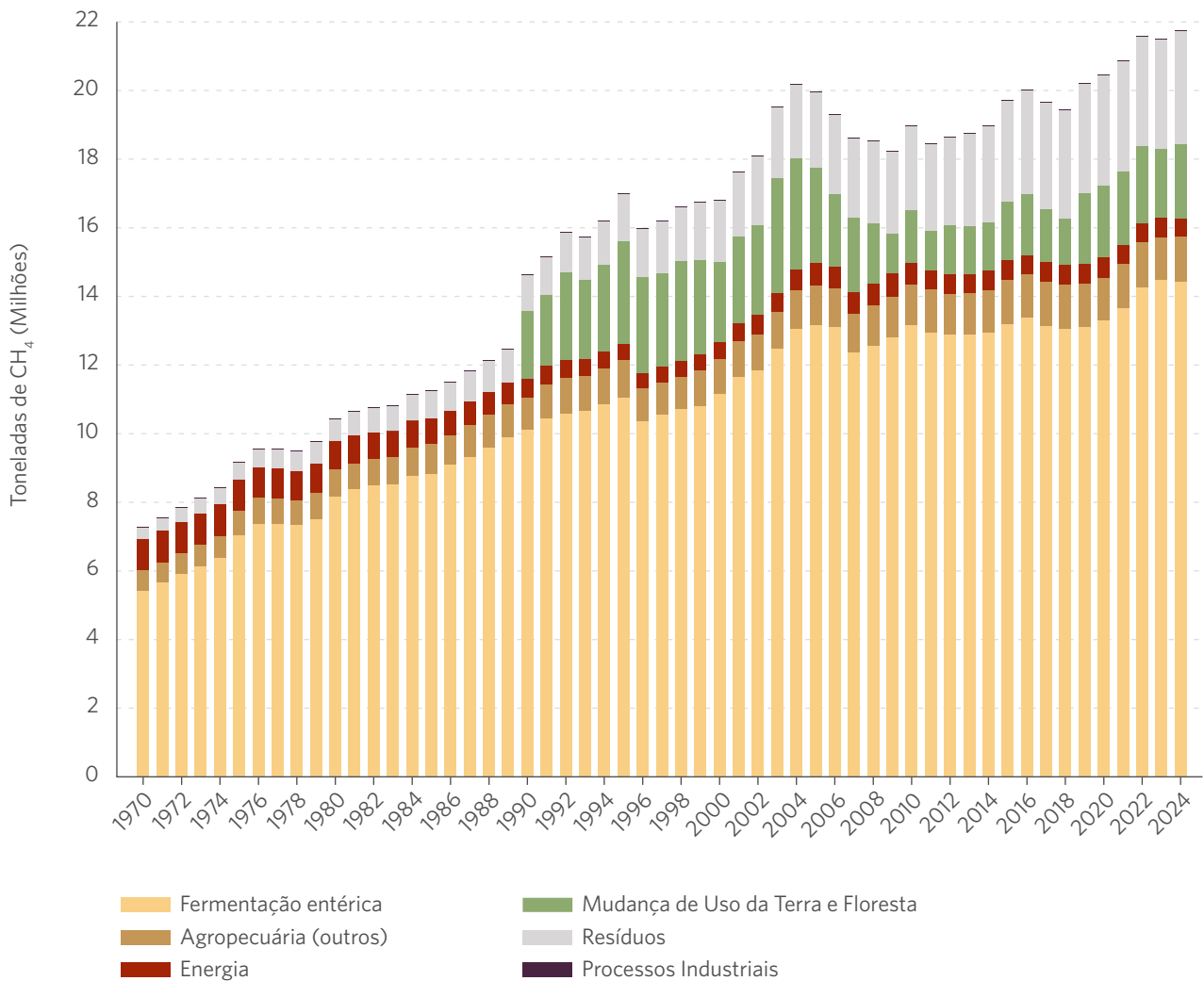
Apesar de sua relevância econômica, a agropecuária é atualmente o segundo maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil. Uma parcela expressiva dessas emissões está associada à pecuária bovina, em particular à fermentação entérica associada a gado de corte e de leite, que responde por cerca de 17% das emissões totais do país e por aproximadamente 60% das emissões nacionais de metano (SEEG 2025). A evolução das emissões brasileiras por setor evidencia o crescimento contínuo das emissões provenientes da fermentação entérica, tanto no caso do dióxido de carbono quanto do metano, como ilustrado nas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Figura 4. Emissões Brasileiras Totais e Participação das Emissões de Fermentação Entérica, 1990-2024



Fonte: CPI/PUC-Rio com dados do SEEG (2025), 2026

Figura 5. Emissões Brasileiras de Metano por Setor, 1970-2024



Fonte: CPI/PUC-Rio com dados do SEEG (2025), 2026

A fermentação entérica é um processo biológico natural que ocorre no sistema digestivo de ruminantes, como os bovinos, e constitui o principal elo entre a atividade pecuária e as emissões de metano. Durante a digestão, microrganismos no rúmen decompõem a matéria orgânica ingerida pelos animais, gerando metano como subproduto, que é liberado principalmente por meio da respiração e da eructação (Smith et al. 2022; Miranda 2011 e CLEAR 2020). Esse mecanismo explica por que a pecuária bovina ocupa posição central no perfil de emissões do setor agropecuário brasileiro.

Nesse contexto, a pecuária brasileira não pode ser vista apenas como parte do problema climático. Dada a magnitude de sua contribuição para as emissões, o setor é necessariamente parte central da solução. Esse desafio ocorre em um momento em que países importadores de carne brasileira têm ampliado exigências ambientais, reforçando a necessidade de avanços consistentes em sustentabilidade ao longo das cadeias produtivas. Ao mesmo tempo, esse cenário cria uma oportunidade para que o Brasil consolide uma liderança global baseada não apenas em escala produtiva, mas também em desempenho ambiental.

O metano biogênico tem papel particularmente relevante nesse debate. Trata-se de um gás de efeito estufa altamente potente e de curta vida atmosférica. Em um horizonte de 100 anos, uma tonelada de metano equivale a cerca de 27 toneladas de dióxido de carbono em termos de potencial de aquecimento global (IPCC 2023). Pela sua elevada potência e pela participação significativa nas emissões do setor agropecuário, o metano constitui um foco estratégico para transformar a pecuária brasileira, como evidenciado pela predominância da fermentação entérica nas emissões nacionais de metano (Figura 5).

Em virtude do metano possuir curta vida atmosférica, aumentos no tamanho do rebanho impactam negativamente o aquecimento global, reforçando as limitações de estratégias baseadas na expansão extensiva da produção. Em contrapartida, existe espaço significativo para aumentar a produtividade por meio de melhorias no manejo, na eficiência produtiva e na qualidade das pastagens, reduzindo emissões por unidade de produto.

A plena adoção das tecnologias mais eficazes para reduzir o metano nos rebanhos até 2030 poderia abater até 2,8 gigatoneladas de CO₂ equivalente por ano em escala global (Arndt et al. 2022). **Portanto, a transformação da pecuária brasileira é essencial para converter o desafio climático em uma oportunidade de liderança global sustentável. Ao alinhar ganhos de produtividade à redução de emissões, o setor pode fortalecer sua competitividade internacional e posicionar o Brasil como referência na transição para uma pecuária de baixo carbono.**

Um Portfólio de Soluções para a Pecuária Brasileira

Um conjunto amplo e diverso de soluções é capaz de promover, de forma simultânea, ganhos de produtividade e avanços em sustentabilidade no setor pecuário brasileiro. Muitas dessas soluções apresentam custos relativamente baixos e potencial de gerar resultados em prazos curtos, ampliando a viabilidade econômica e a capacidade de adoção em larga escala.

Essas estratégias não são uniformes nem excludentes entre si. Diferentes soluções podem ser aplicadas de acordo com os distintos sistemas produtivos existentes no país, respeitando heterogeneidades regionais, tecnológicas e de escala. Essa diversidade permite que avanços relevantes sejam alcançados tanto em sistemas mais intensivos quanto em sistemas extensivos, desde que as intervenções sejam adequadas ao contexto produtivo específico.

As principais soluções serão apresentadas a partir de quatro eixos complementares.

O primeiro eixo refere-se ao uso e condição da terra, com foco no manejo de pastagens. O segundo aborda o aumento da produtividade biológica dos animais. O terceiro trata da qualidade e do manejo da alimentação. O quarto eixo concentra-se na gestão do sistema produtivo, incluindo práticas de planejamento, monitoramento e tomada de decisão. Em conjunto, esses eixos delineiam um conjunto coerente de caminhos para uma pecuária mais produtiva, eficiente e sustentável.

Uso e Condição da Terra

As soluções relacionadas ao uso e condição da terra são particularmente relevantes para os sistemas de pastagem extensivos, que respondem pela maior parte da área ocupada pela pecuária no Brasil. Nesses sistemas, a produtividade está fortemente condicionada à qualidade das pastagens, à fertilidade do solo e à forma como a terra é manejada ao longo do tempo. Intervenções nessa área podem elevar a produção por hectare, reduzir a necessidade de expansão da área produtiva e, conseqüentemente, diminuir as emissões por unidade de produto. Por exemplo, apenas melhorias no tipo e qualidade da forragem são capazes de reduzir emissões de metano via fermentação entérica em até 25% (Langley e Tirado 2026).

Uma das estratégias mais importantes nesse contexto é a recuperação de pastagens.

Pastagens em melhores condições oferecem forragem de maior qualidade e maior disponibilidade de biomassa, o que se traduz em melhor desempenho animal e menor tempo até o abate. Além disso, intervenções voltadas à recuperação de pastagens, quando combinadas com assistência técnica individualizada, geram ganhos produtivos mensuráveis. Avaliações do Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) indicam que produtores que receberam assistência técnica restauraram uma parcela significativamente maior de suas áreas de pastagem e apresentaram aumentos de 7% na produtividade total, além de elevação expressiva da receita agropecuária (Bragança et al. 2022). A recuperação das pastagens contribui também para a melhoria da estrutura do solo, maior infiltração de água e redução de processos erosivos, com efeitos positivos no médio prazo (Maia et al. 2009; Segnini et al. 2019; Oliveira et al. 2022). Pastagens degradadas, por outro lado, reduzem os estoques de carbono do solo em cerca de 10% em relação às condições originais (Oliveira et al. 2022).

A correção do solo é um elemento fundamental para viabilizar a recuperação e a manutenção das pastagens. Ajustes de acidez e reposição adequada de nutrientes criam condições para maior produtividade forrageira e maior eficiência no uso dos insumos. Solos corrigidos sustentam sistemas mais intensivos e estáveis, reduzindo a variabilidade produtiva e ampliando o retorno das demais intervenções realizadas na área (Dick et al. 2015; Mazzetto et al. 2015; Oliveira et al. 2020).

O uso do digestato, subproduto do uso de biodigestores anaeróbios, reforça a integração entre manejo de dejetos e uso da terra. Como fertilizante orgânico, o digestato pode substituir parcialmente fertilizantes minerais, melhorando a fertilidade do solo e promovendo ganhos de produtividade das pastagens e de outras culturas. Essa prática ajuda a fechar ciclos de nutrientes dentro do sistema produtivo e amplia os benefícios ambientais associados à gestão adequada dos resíduos da atividade pecuária (Meng et al. 2023; Kowalczyk-Juško et al. 2023; Alam et al. 2025 e He et al. 2023).

A intensificação sustentável da pecuária reúne esse conjunto de práticas com o objetivo de aumentar a produção por área sem ampliar a fronteira agropecuária, combinando ganhos econômicos com benefícios climáticos relevantes. Ao elevar a produtividade das pastagens e o desempenho animal, torna-se possível produzir mais carne nas áreas existentes, reduzindo a pressão por abertura de novas áreas e contribuindo para a mitigação das emissões de GEE associadas ao uso da terra.

Os sistemas integrados de lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta aprofundam essa abordagem ao promover uso múltiplo e dinâmico da terra ao longo do tempo. Nesses sistemas, áreas destinadas à pecuária podem ser utilizadas para o cultivo de grãos ou outras culturas agrícolas em períodos específicos, enquanto a pastagem descansa e se recupera. Esse arranjo facilita um uso mais eficiente da terra, diversifica a produção e gera fontes adicionais de renda, reduzindo a dependência exclusiva da atividade pecuária (Figueiredo et al. 2017; Monteiro et al. 2024; Thompson et al. 2025; Macedo 2001; Mavisoy et al. 2024). Sistemas integrados com florestas servem como meio para atingir neutralidade em carbono ou até mesmo sequestro líquido, como mostra experiência brasileira documentada pela Embrapa (2015).

Além dos ganhos de produtividade, os sistemas integrados oferecem benefícios ambientais importantes. A rotação entre culturas e pastagens contribui para a melhoria da estrutura e da fertilidade do solo, aumenta o teor de matéria orgânica e favorece o sequestro de carbono. A presença de árvores nos sistemas integrados com componente florestal melhora o microclima, proporciona sombra aos animais, reduz o estresse térmico e pode contribuir para ganhos adicionais de bem-estar animal e produtividade. Ademais, os sistemas integrados conferem maior suporte à biodiversidade, permitindo maior proveito dos serviços ecossistêmicos (Figueiredo et al. 2017; Monteiro et al. 2024; Thompson et al. 2025; Macedo 2001; Mavisoy et al. 2024).

Por fim, esses sistemas também ampliam o portfólio de produtos com valor comercial gerados na mesma área, incluindo grãos, fibras, madeira e outros produtos florestais, além da carne. Ao permitir que a terra seja utilizada para diferentes finalidades ao longo do ano, os sistemas integrados aumentam a eficiência econômica, mitigam riscos produtivos e reforçam a resiliência do sistema frente a choques climáticos e de mercado.

Aumento da Produtividade Biológica

O aumento da produtividade biológica refere-se à capacidade de produzir mais carne por animal, ao longo de sua vida produtiva, otimizando aspectos genéticos, sanitários e fisiológicos. Esse enfoque está diretamente associado à redução das emissões por unidade de produto, uma vez que animais mais eficientes convertem alimento em proteína animal de forma mais rápida e geram menos emissões acumuladas de metano ao longo do ciclo produtivo. Essas soluções podem gerar benefícios significativos mesmo em sistemas extensivos, ainda que sua aplicação tenda a ser mais direta em sistemas de confinamento, onde há maior controle sobre genética, ambiente e manejo individual dos animais.

O melhoramento genético é uma estratégia central desse eixo. A seleção de animais mais eficientes reduz a quantidade de alimento necessária para um mesmo ganho de peso, culminando em menor emissão de metano por quilograma de carne produzida. Cruzamentos direcionados também podem combinar características desejáveis, como maior ganho médio diário, precocidade e melhor adaptação a condições específicas de produção (de Haas et al. 2011; Manzanilla-Pech et al. 2022; Congio et al. 2021; Lassen e Difford 2020; Smith et al. 2022).

Os efeitos do melhoramento genético tendem a se materializar no médio e longo prazo, mas seus impactos são persistentes e cumulativos, reforçando ganhos estruturais de produtividade. **No Brasil, seus resultados já são evidentes: entre 2000 e 2020, a raça leiteira nacional, o Girolando, obteve uma redução de 39% nas emissões entéricas de metano por quilograma de leite produzido, ao mesmo tempo em que a produtividade média por animal aumentou em cerca de 60% (Embrapa 2020).**

A saúde e o bem-estar animal também são componentes críticos da produtividade biológica. Condições adequadas de sombra, acesso regular à água potável e manejo sanitário efetivo podem reduzir o estresse fisiológico e melhorar o desempenho produtivo dos animais. Animais saudáveis apresentam melhor conversão alimentar e atingem o peso de abate mais rapidamente, o que reduz a emissão total de metano ao longo de suas vidas. Essas melhorias podem ser observadas em prazos relativamente curtos e complementam os resultados de outras estratégias, como melhorias nutricionais e genéticas (Lluch et al. 2017; Shields e Orme-Evans 2015).

O bem-estar animal ainda é pouco considerado nas discussões sobre mitigação climática no setor pecuário, porém pode oferecer ganhos ambientais sem penalizar os animais. Essa perspectiva é particularmente relevante no Brasil, onde a matriz pecuária é heterogênea e engloba desde sistemas extensivos de pastagem até confinamentos altamente intensivos, com maiores densidades de estocagem e confinamento prolongado. Essas condições podem acarretar impactos negativos aos animais, incluindo estresse crônico, limitação de comportamentos naturais, superlotação e problemas de saúde, como distúrbios metabólicos e claudicação (Shields e Orme-Evans 2015).

Adicionalmente, as vacinas antimetano também representam uma solução, ainda em fase experimental, mas com potencial relevante no longo prazo. Tais vacinas buscam estimular respostas imunológicas que reduzam a população de microrganismos metanogênicos no rúmen, diminuindo a produção de metano durante a digestão. Embora ainda não estejam disponíveis comercialmente, seu desenvolvimento ilustra uma fronteira tecnológica promissora, particularmente em sistemas intensivos nos quais a aplicação e o monitoramento são mais factíveis (Baca-González et al. 2020; Khanum et al. 2022; Muntari et al. 2023).

Qualidade e Manejo da Alimentação e dos Dejetos

A qualidade e o manejo da alimentação exercem papel central tanto na produtividade quanto nas emissões da pecuária, pois a dieta influencia diretamente o processo de fermentação entérica. Melhorias nessa área permitem aumentar a eficiência produtiva e reduzir a intensidade das emissões de metano. Tais soluções são particularmente efetivas em sistemas de confinamento, onde é possível maior controle sobre a formulação das dietas, a frequência alimentar e o manejo dos resíduos.

Os aditivos alimentares são uma das estratégias mais diretas para a redução de metano entérico. Substâncias específicas podem alterar a dinâmica microbiana do rúmen, levando à produção reduzida de metano durante a digestão. Dependendo do tipo de aditivo, os efeitos podem ser observados em curto prazo, complementando melhorias genéticas e nutricionais, para maiores efeitos conjuntos (Hristov et al. 2015; Kinley et al. 2020; Wanapat et al. 2024; Congio et al. 2021; Fouts et al. 2022; Hegarty et al. 2021; Smith et al. 2022).

Entre os aditivos mais promissores, o 3-NOP (3-nitrooxipropanol) tem recebido considerável atenção. Sua inclusão na dieta pode reduzir em cerca de 30% o metano emitido por unidade de alimento consumido, sem impactos negativos sobre o consumo, a digestão ou a produção de leite (Hristov et al. 2015). A alga marinha *Asparagopsis taxiformis* também tem potencial de reduzir as emissões em mais de 40% sem apresentar efeitos colaterais sobre a função ruminal ou na qualidade da carne (Kinley et al. 2020). Já a inclusão de nitratos ou óleos vegetais nas dietas dos animais pode produzir reduções nas emissões de aproximadamente 10% a 25% (Ku-Vera et al. 2020).

Melhorias nutricionais focam na incorporação de dietas mais equilibradas e de maior qualidade, incluindo o uso de leguminosas, silagens e subprodutos agroindustriais. Dietas mais digestíveis aumentam o ganho de peso e reduzem o tempo necessário até o abate, diminuindo a emissão acumulada de metano. Além disso, aproveitar subprodutos contribui para a eficiência do sistema produtivo como um todo, ao integrar cadeias agroindustriais, minimizar desperdícios e aumentar a lucratividade (Kaewpila et al. 2021; Bica et al. 2022; Fernandes et al. 2024; Fouts et al. 2022; Parnian-khajehdizaj e Moharramnejad 2025; Yu et al. 2021).

O manejo de dejetos também desempenha papel relevante na estratégia de mitigação de emissões, ainda que represente uma parcela menor das emissões totais. Em 2024, o manejo de dejetos respondeu por cerca de 1,36% das emissões brasileiras de GEE e por aproximadamente 4,14% das emissões nacionais de metano (SEEG 2025). No setor pecuário, tecnologias como a compostagem e os biodigestores anaeróbios podem reduzir emissões e, ao mesmo tempo, gerar subprodutos úteis e com valor comercial, como biogás e biofertilizantes. Os resultados podem ser observados tanto no curto quanto no médio prazo, sinergeticamente com soluções relacionadas ao uso do solo, como a fertilização com digestato (Pattey et al. 2005; Setoguchi et al. 2022; Symeon et al. 2025).

Gestão do Sistema Produtivo

A gestão do sistema produtivo reúne práticas que atravessam os demais eixos e potencializam seus resultados. Essas soluções são, em geral, transversais, dependendo mais de planejamento, monitoramento e decisões gerenciais baseadas em indicadores produtivos em vez de tecnologias específicas. Uma gestão mais eficiente permite alinhar produtividade, rentabilidade e redução de emissões, ao articular de forma coerente a genética, a alimentação, o uso da terra e o manejo dos animais. Dado que cerca de 95% da produção de carne bovina do Brasil é derivada de sistemas baseados em pasto (Medeiros, Gomes e Bungestab 2015) e reconhecendo que a maior parte das emissões de fermentação entérica estão associadas com a carne bovina, esta seção foca em práticas de gestão relacionadas ao uso do pasto. Neste contexto, a gestão da pastagem é particularmente importante para melhorar a performance ambiental do setor de produção bovina do Brasil.

O controle da taxa de lotação é um elemento central desse eixo. **Ajustar o número de animais à capacidade produtiva das pastagens evita a degradação do solo, melhora o desempenho individual dos animais e reduz ineficiências produtivas associadas a sistemas superlotados ou subutilizados** (Dick et al. 2015; Mazzetto et al. 2015; Oliveira et al. 2020). Essa prática é fundamental para viabilizar estratégias de intensificação sustentável e para potencializar os ganhos obtidos com a recuperação de pastagens e o manejo rotacional.

O manejo rotacional das pastagens complementa esse conjunto de práticas ao promover melhor aproveitamento da forragem disponível e maior estabilidade produtiva ao longo do tempo. Ao alternar áreas de pastejo e descanso, o manejo rotacional contribui para a manutenção da produtividade do solo, melhora o desempenho animal e cria condições favoráveis para o controle da lotação e para a recuperação de áreas degradadas. Essa prática reforça a integração entre decisões gerenciais e resultados produtivos e ambientais (Dick et al. 2015; Mazzetto et al. 2015; Oliveira et al. 2020; Zubieta et al. 2021). Além disso, cada hectare de pastagem bem manejada incorpora cerca de 2,5 toneladas de carbono ao solo por ano (Fronza et al. 2024)

Monitoramento e rastreamento da cadeia produtiva também são componentes centrais deste eixo. Essas práticas tornam possível rastrear animais e processos de produção através de diferentes estágios da cadeia de suprimentos de carne bovina, ajudando a assegurar conformidade com padrões ambientais, sanitários e de produção. Para produtores operando mais próximos aos estágios finais da cadeia, mecanismos mais fortes de monitoramento e rastreabilidade podem ajudar a assegurar que o gado passou previamente por fornecedores que adotam boas práticas e seguem padrões de sustentabilidade similares. Neste sentido, rastreabilidade fortalece a coordenação ao longo da cadeia produtiva e ajuda a alinhar decisões de gerenciamento no nível da propriedade com requerimentos de sustentabilidade mais amplos do mercado.

Ao mesmo tempo, a predominância de sistemas extensivos e com tecnologia relativamente baixa no setor pecuário brasileiro significa que medidas capazes de aumentar a produtividade podem incrementar significativamente a lucratividade da atividade. Enquanto parte desse ajuste pode ocorrer dentro das propriedades através do uso de terras produtivas já existentes, ele também cria incentivos econômicos mais amplos que atraem novos produtores para o setor. Em contextos em que a especulação de terras é puxada por expectativas de uso produtivo futuro, maiores retornos esperados da pecuária podem contribuir com desmatamento tanto legal quanto ilegal (Decamps sd; Assunção, Gandour e Rocha 2017). Por essa razão, o fortalecimento de sistemas de rastreabilidade se torna ainda mais crucial, enquanto uma ferramenta de monitoramento de práticas produtivas e também como um mecanismo que ajuda a prevenir a incorporação de novas áreas desmatadas às cadeias de produção. Em paralelo, tais esforços devem ser complementados por políticas robustas de comando e controle a fim de assegurar que ganhos de produtividade e de mitigação de metano se traduzam em resultados ambientais líquidos positivos.

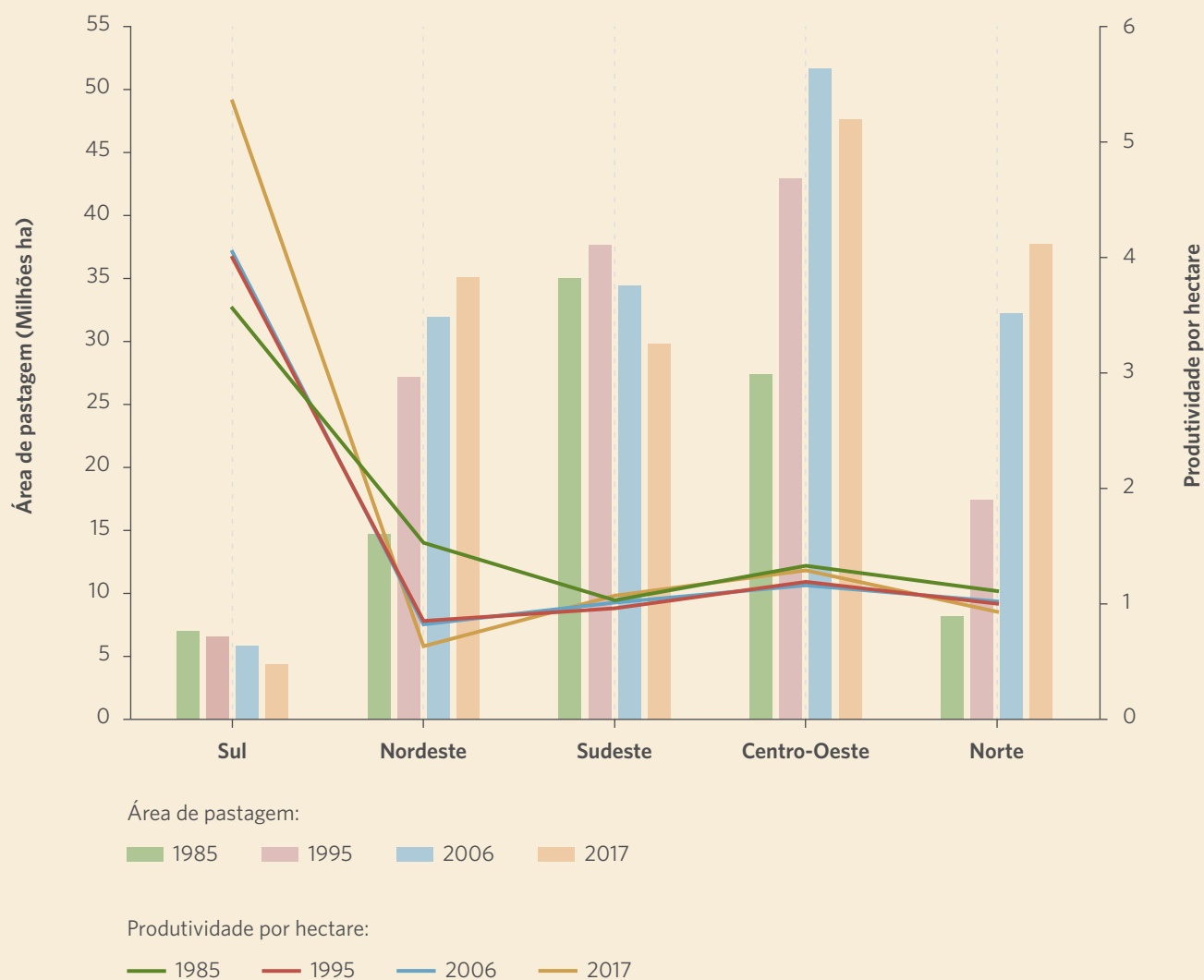
Em conjunto, as práticas de gestão do sistema produtivo demonstram que ganhos relevantes de produtividade e redução de emissões podem ser alcançados por meio de ajustes na forma como a atividade é organizada e conduzida. **Ao responder a sinais de mercado, adotar métricas de desempenho e integrar decisões ao longo da cadeia produtiva, a pecuária brasileira pode acelerar sua transição para sistemas mais eficientes, competitivos e ambientalmente sustentáveis.**

Pecuária Extensiva no Brasil

A pecuária extensiva é o sistema produtivo predominante no Brasil e desempenha papel central na ocupação do território e na organização da atividade pecuária, em especial nas Regiões Norte e Centro-Oeste. Nesse sistema, os animais são criados majoritariamente a pasto, com baixo uso de insumos externos e forte dependência das condições naturais de solo, clima e vegetação. Como contraste, menos de 20% do gado brasileiro é criado em sistemas confinados. A ampla disponibilidade histórica de terras e a expansão da fronteira agropecuária contribuíram para a consolidação desse modelo, que hoje responde pela maior parte do rebanho bovino nacional e é particularmente relevante na Amazônia Legal.

Apesar de sua importância econômica e territorial, a pecuária extensiva brasileira é marcada por níveis muito baixos de produtividade. O país conta com uma taxa média de lotação em torno de 1,2 animal por hectare (ABIEC 2025). No Norte do Brasil, a taxa é ainda menor, correspondendo a cerca de 0,9 cabeça por hectare (Figura 6). Esse patamar é baixo mesmo em comparação internacional e reflete, em grande medida, a presença de pastagens degradadas, manejo inadequado do solo e uso ineficiente da terra.

Figura 6. Área de Pastagem e Taxa de Lotação das Regiões Brasileiras em Anos Censitários, 1985-2017



Fonte: CPI/PUC-Rio com dados do MapBiomas (2025) e do IBGE (1985, 1995/1996, 2006, 2017), 2026

Esse padrão produtivo tem implicações diretas para as emissões do setor, mas também para a dinâmica de uso do território. Em diversas regiões, especialmente na Amazônia, a criação de gado em sistemas de baixíssima intensidade tem sido historicamente utilizada como estratégia de ocupação e valorização fundiária. A manutenção de rebanhos pequenos, com baixa produtividade e reduzido investimento, funciona como uma forma de caracterizar a terra como produtiva, atendendo a exigências formais de uso e servindo como instrumento de especulação fundiária. Nesses casos, a atividade pecuária cumpre menos uma função produtiva e mais um papel de consolidação da posse da terra (Margulis 2003; e Reydon, Fernandes e Telles 2020).

Essa dinâmica estabelece uma conexão direta entre pecuária extensiva de baixa produtividade e desmatamento. A expansão do rebanho ocorre, muitas vezes, por meio da abertura de novas áreas, mesmo quando grandes extensões de pastagens já abertas apresentam baixo aproveitamento econômico. Esse modelo amplia a pressão sobre áreas florestais, ao mesmo tempo em que mantém a produtividade do setor aquém de seu potencial de terra (Margulis 2003; Reydon, Fernandes e Telles 2020).

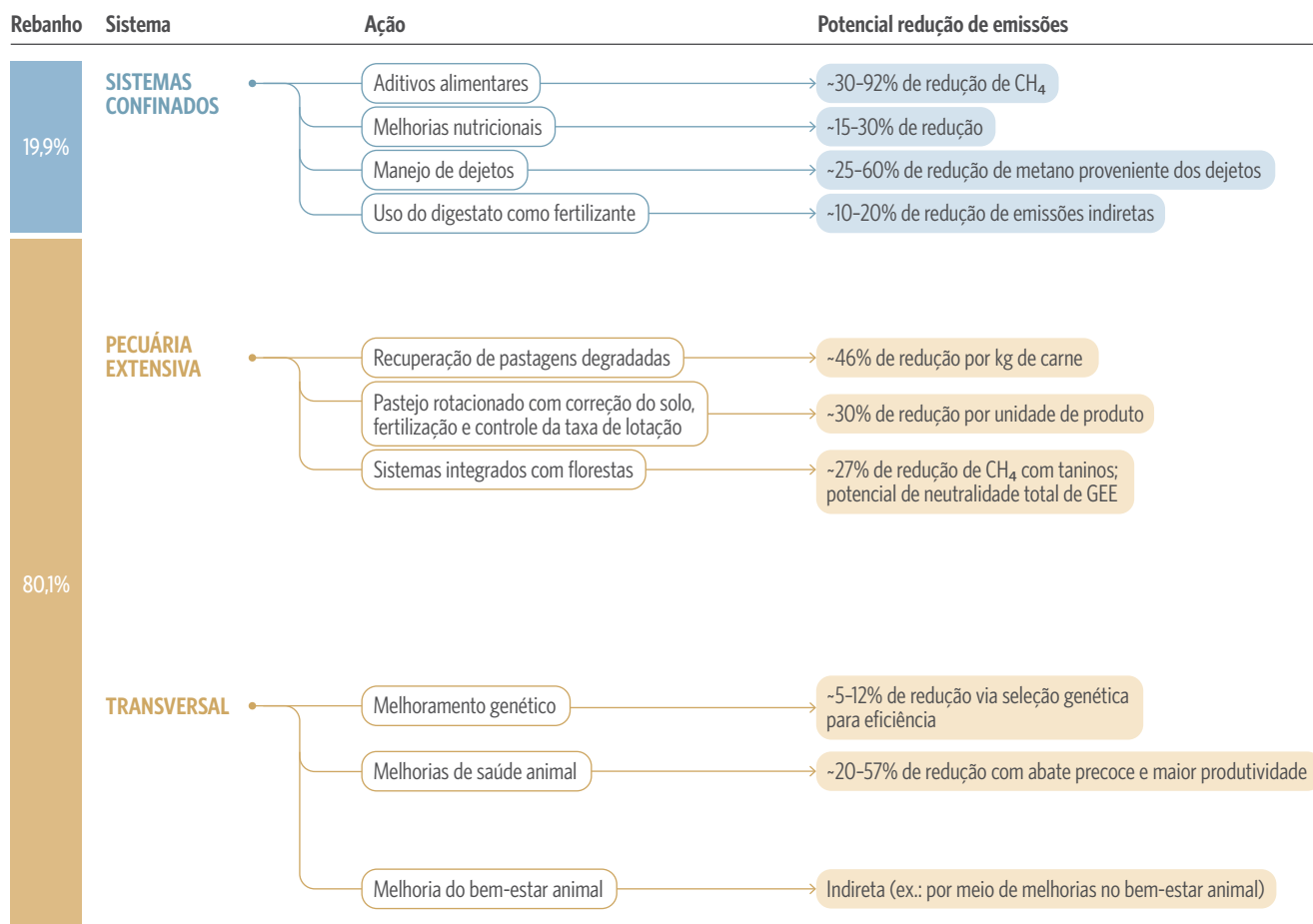
No entanto, essa mesma característica revela uma oportunidade central para a transformação da pecuária brasileira. **As áreas atualmente abertas para pastagem são suficientes para sustentar a expansão da produção pecuária e até mesmo o crescimento do rebanho sem a necessidade de desmatar um único hectare adicional (Assunção et al. 2025). Pastagens degradadas podem ser recuperadas e convertidas em áreas mais produtivas, seja para a intensificação da pecuária, seja para o cultivo agrícola, liberando espaço para outros usos e reduzindo a pressão por novas aberturas.**

Mesmo em sistemas extensivos, é possível aumentar de forma significativa a taxa de lotação e a produtividade por hectare por meio da recuperação de pastagens, da correção do solo, da adubação adequada e da adoção de práticas de manejo mais eficientes. Esses ajustes reduzem o tempo de permanência dos animais no sistema, diminuem as emissões relativas de metano e permitem produzir mais na mesma área, com ganhos econômicos e ambientais simultâneos (Assunção et al. 2025).

Nesse sentido, a pecuária extensiva não deve ser vista apenas como um desafio ambiental, mas como um dos principais vetores de transformação do setor. A elevação da produtividade em áreas já abertas é condição central para dissociar o crescimento da pecuária do desmatamento, transformar o uso do território e alinhar a atividade pecuária brasileira a uma trajetória sustentável e competitiva no longo prazo.

A Figura 7 sintetiza as ações identificadas que podem contribuir para a redução das emissões de metano ao mesmo tempo em que aumentam a produtividade na pecuária de corte. Para cada ação, são apresentados o potencial de mitigação associado, com base na literatura científica, e o sistema de produção pecuária em que sua implementação é mais adequada, demonstrando que existem oportunidades de mitigação em diferentes contextos produtivos.

Figura 7. Soluções para Reduzir as Emissões Brasileiras de Metano da Fermentação Entérica



Fonte: CPI/PUC-Rio, 2026

Políticas e Implementação

A implementação efetiva das soluções capazes de aumentar a produtividade e reduzir as emissões da pecuária brasileira depende de um arcabouço de políticas públicas capaz de coordenar incentivos, reduzir incertezas e ampliar a escala de adoção das práticas disponíveis. Nesse aspecto, o Brasil parte de uma base institucional sólida. **O país já acumula experiência relevante em políticas voltadas à mitigação de emissões de metano e dispõe de instrumentos consolidados que podem ser mobilizados de forma articulada, aproveitando sinergias com políticas agrícolas, ambientais e de desenvolvimento rural já existentes.**

Nos últimos anos, o tema do metano passou a ocupar espaço mais explícito na agenda climática nacional. O **Programa Metano Zero** representa um avanço importante ao reconhecer o metano como um gás estratégico para a política climática, em razão de sua elevada potência e de sua curta vida atmosférica. Além disso, contribui para abrir espaço político para a mitigação das emissões de metano como um componente legítimo e mais visível da agenda climática nacional. O programa estabelece diretrizes para a redução de emissões em setores-chave da economia brasileira, incluindo a agropecuária, e cria uma moldura institucional que permite orientar ações, alinhar políticas setoriais e sinalizar prioridades para o setor privado (MMA 2023). Ao mesmo tempo, no entanto, o programa é fortemente concentrado em resíduos, mesmo com a fermentação entérica sendo a maior fonte de emissões de metano no Brasil. Ainda que sua implementação prática dependa de instrumentos complementares, o Metano Zero consolida uma base conceitual e política que facilita a integração do tema às políticas agrícolas e ambientais já em vigor.

Essa integração é particularmente viável no caso do **Plano Safra**, principal instrumento de política agrícola do país. Com grande escala, capilaridade territorial e histórico de adaptação a diferentes prioridades públicas, o Plano Safra já incorpora linhas de crédito voltadas à sustentabilidade, à recuperação de áreas degradadas e à intensificação produtiva, como o RenovAgro. No contexto da pecuária, esse instrumento pode ser utilizado para financiar práticas com impacto direto sobre a produtividade e as emissões, como recuperação de pastagens, sistemas integrados, melhorias nutricionais, genética e manejo. O crédito rural, ao reduzir o custo do capital e diluir riscos, desempenha papel central na viabilização econômica dessas soluções, especialmente para produtores que enfrentam restrições de liquidez ou elevada incerteza quanto ao retorno dos investimentos.

Programas como o **Caminho Verde Brasil** reforçam esse potencial ao articular crédito, regularização ambiental e estímulos à produção sustentável. O programa conta com um aporte inicial de aproximadamente R\$ 30 bilhões e o financiamento adicional está sendo mobilizado. Um exemplo complementar é o segundo leilão do programa Eco Invest Brasil, que mobiliza financiamento misto para apoiar a recuperação de terras degradadas alavancando recursos públicos através do capital privado, reduz o risco de investimentos e expande a disponibilidade de crédito para práticas agrícolas sustentáveis.

Ao combinar instrumentos financeiros com objetivos ambientais explícitos, essas iniciativas ajudam a alinhar incentivos econômicos a metas climáticas e de uso da terra. No caso da pecuária, essa articulação é particularmente relevante, pois permite promover ganhos de produtividade ao mesmo tempo em que se reduz a pressão por expansão da área e se enfrentam passivos ambientais históricos. A experiência acumulada com esse tipo de política demonstra a capacidade do Estado brasileiro de coordenar diferentes agendas por meio de instrumentos já consolidados.

Além das políticas públicas formais, iniciativas privadas de certificação e padrões voluntários vêm assumindo papel crescente na indução de mudanças no setor pecuário brasileiro. Esses mecanismos atuam ao longo da cadeia produtiva ao estabelecer critérios ambientais, sanitários e de rastreabilidade que condicionam o acesso a determinados mercados e segmentos de maior valor agregado. Em um contexto de exigências internacionais crescentes, tais iniciativas funcionam como instrumentos complementares à política pública, ao criar incentivos econômicos diretos para a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis.

No Brasil, dois exemplos centrais desse movimento são os protocolos de Carne Carbono Neutro e Carne Baixo Carbono, desenvolvidos no âmbito da pesquisa agropecuária nacional. Esses protocolos estabelecem parâmetros técnicos para a mensuração, redução e compensação das emissões associadas à produção de carne bovina, com foco especial nas emissões de metano. Ao definir critérios claros de elegibilidade, monitoramento e verificação, esses sistemas permitem diferenciar produtos no mercado com base em seu desempenho ambiental (Embrapa 2015; Embrapa 2020).

O protocolo de **Carne Carbono Neutro** está baseado na neutralização das emissões por meio da integração da pecuária com componentes florestais. A presença de árvores em sistemas integrados permite o sequestro de carbono suficiente para compensar as emissões geradas ao longo do ciclo produtivo, resultando em um produto com balanço neutro de carbono. Além dos benefícios climáticos, esse modelo está associado a ganhos colaterais relevantes, como melhoria do microclima, redução do estresse térmico dos animais e diversificação da produção (Embrapa 2015).

O protocolo de **Carne Baixo Carbono**, por sua vez, concentra-se na redução das emissões por unidade de produto, sem exigir a neutralização completa. Esse sistema valoriza práticas que aumentam a eficiência produtiva, como recuperação de pastagens, manejo adequado da alimentação, melhoria genética e redução da idade ao abate. Ao reduzir a intensidade das emissões, o protocolo incentiva transformações graduais e escaláveis, particularmente adequadas a sistemas extensivos que buscam elevar sua produtividade (Embrapa 2020).

Ambos os protocolos dialogam diretamente com estratégias de redução de emissões previamente discutidas e operam como mecanismos de sinalização econômica. Ao associar desempenho ambiental a acesso a mercados diferenciados, esses padrões voluntários reforçam incentivos para a adoção de práticas produtivas mais eficientes, mesmo quando as motivações iniciais estejam ligadas a exigências comerciais ou sanitárias. Nesse sentido, certificações privadas e políticas públicas podem atuar de forma complementar, ampliando o alcance e a efetividade das estratégias de mitigação de metano na pecuária brasileira.

Entre os instrumentos de política pública disponíveis, o crédito rural permanece como a principal alavanca para a transformação do setor. Seu desenho permite incorporar critérios ambientais de forma progressiva, seja por meio de linhas específicas, seja por meio de condicionantes associadas ao acesso aos recursos. No contexto da mitigação de metano, o crédito pode financiar investimentos em alimentação de maior qualidade, aditivos alimentares, manejo de dejetos, recuperação de pastagens e sistemas integrados, criando incentivos claros para a adoção dessas práticas. Ao mesmo tempo, o uso do crédito como instrumento de política permite aproveitar sinergias com objetivos já consolidados, como aumento da produtividade, inclusão produtiva e desenvolvimento regional.

A articulação entre crédito rural e assistência técnica é crucial para garantir que os recursos mobilizados resultem em mudanças efetivas nos sistemas produtivos. Isso porque o principal desafio na pecuária não é a falta de tecnologias, mas a difusão e adaptação de soluções já conhecidas às realidades locais (Groeger e Zylberberg 2025). Nesse sentido, uma assistência técnica orientada para a disseminação de boas práticas produtivas e de manejo pode reduzir assimetrias de informação, aumentar a eficiência dos investimentos financiados pelo crédito rural e acelerar a adoção de soluções com impacto direto sobre produtividade e emissões.

A mensuração completa esse conjunto de instrumentos ao fornecer a base para o monitoramento, a avaliação e o aperfeiçoamento das políticas. A capacidade de medir emissões, desempenho produtivo e resultados ambientais é essencial para orientar decisões públicas, conferir credibilidade às iniciativas e criar mecanismos de incentivo baseados em desempenho. No contexto da pecuária, sistemas de mensuração robustos são também condição necessária para atender exigências de mercados internacionais, viabilizar certificações e estruturar mecanismos financeiros associados a resultados ambientais.

Além das iniciativas de âmbito nacional, o Brasil acumula experiências relevantes em políticas públicas subnacionais voltadas à redução das emissões associadas à pecuária.

Os estados Mato Grosso, Pará e Mato Grosso do Sul, por exemplo, vêm implementando programas próprios de desenvolvimento agropecuário sustentável, frequentemente em articulação com secretarias estaduais de agricultura e meio ambiente, bancos públicos e agências de extensão rural. Essas iniciativas incluem programas estaduais de recuperação de pastagens, incentivos à integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, ações vinculadas ao Cadastro Ambiental Rural (CAR) e ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), além de estratégias regionais alinhadas a compromissos climáticos subnacionais. Em muitos casos, esses esforços contam com a participação de instituições como a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), empresas estaduais de pesquisa agropecuária e parcerias com o setor privado, criando arranjos institucionais que favorecem a adoção de práticas de menor emissão e maior produtividade, ainda que com escopo e alcance heterogêneos entre estados.

Apesar do amplo conjunto de políticas, programas e iniciativas em curso, persistem lacunas estruturais relevantes na transformação da pecuária brasileira. Uma proporção elevada das pastagens permanece degradada, indicando que instrumentos como o Plano Safra, o RenovAgro e iniciativas voltadas à recuperação de áreas produtivas ainda enfrentam limitações de escala, focalização ou execução. De forma semelhante, sistemas integrados de produção, como a integração lavoura-pecuária e lavoura-pecuária-floresta, apresentam difusão ainda restrita, apesar de seu reconhecido potencial produtivo e ambiental. Esses desafios revelam dificuldades em transformar diretrizes técnicas amplamente consensuais em adoção efetiva em larga escala.

Outras lacunas estão associadas a dimensões específicas do sistema produtivo que permanecem pouco endereçadas por políticas públicas. Há pouca ênfase explícita em estratégias voltadas à eficiência alimentar do rebanho e ao melhoramento genético, áreas nas quais predominam iniciativas privadas e soluções pontuais. Persistem também desafios relacionados à idade relativamente elevada ao abate, à baixa produtividade leiteira e à participação ainda limitada de sistemas mais intensivos, como o confinamento. **No campo ambiental, embora existam avanços no financiamento de tecnologias de manejo e tratamento de dejetos, seu uso permanece restrito.** Adicionalmente, **existe uma grande lacuna de políticas voltadas ao bem-estar animal**, apesar de sua relevância para o desempenho produtivo, a redução indireta de emissões e o acesso a mercados exigentes. Por fim, **a rastreabilidade da produção bovina permanece limitada**, sendo hoje impulsionada sobretudo por iniciativas privadas de certificação, ainda insuficientes para promover transformações sistêmicas.¹

¹ Para uma discussão sobre a estratégia de substituição de proteínas, ver Langley, India e Reyes Tirado. *Methane Abatement in Brazilian Cattle*. Climate Bonds Initiative, 2026.

Em conjunto, as experiências e instrumentos demonstram que o Brasil já dispõe de uma base institucional sólida para enfrentar o desafio das emissões de metano na pecuária, embora existam lacunas em políticas de incentivo a melhorias animais, abate precoce e atenção ao bem-estar animal. O país possui experiência prévia na formulação e implementação de políticas voltadas à mitigação desse gás e conta com instrumentos consolidados capazes de induzir mudanças produtivas em larga escala. **O desafio não é criar novas políticas do zero, mas aprofundar, articular e direcionar instrumentos já existentes, aproveitando sinergias com políticas agrícolas, ambientais e de desenvolvimento rural. Ao fazê-lo, o Brasil pode transformar sua experiência acumulada em uma estratégia consistente de liderança global sustentável no setor pecuário.**

Recomendações de Política Pública

- **Tratar o metano como uma prioridade estratégica na política climática para o setor pecuário.** O metano responde por cerca de um quarto das emissões do Brasil, tendo a fermentação entérica como sua principal fonte. Trata-se também de um gás de efeito estufa altamente potente, o que o torna especialmente relevante para a agenda climática brasileira. Além disso, há uma oportunidade importante para o setor, uma vez que diversas medidas de mitigação podem, ao mesmo tempo, reduzir emissões e aumentar a produtividade.
- **Melhorar a coordenação e o uso estratégico dos instrumentos de política já existentes,** incorporando explicitamente metas de redução de metano em instrumentos consolidados, como o Plano Safra. O Brasil já dispõe de um amplo conjunto de políticas agrícolas, ambientais e financeiras capazes de apoiar a mitigação de metano. Uma melhor articulação entre esses instrumentos, aliada à priorização mais clara de práticas de maior impacto, pode ampliar sua efetividade sem a necessidade de criar novos marcos de política pública.
- **Fortalecer a articulação entre crédito rural, assistência técnica e desempenho mensurável.** A principal barreira à transformação muitas vezes não é a falta de tecnologias disponíveis, mas a dificuldade de implementá-las de forma eficaz em contextos produtivos diversos. Combinar apoio financeiro com assistência técnica, vinculando ambos a indicadores claros de desempenho, pode aumentar as taxas de adoção e melhorar a efetividade do uso de recursos públicos.
- **Direcionar o crédito rural e políticas correlatas para sistemas produtivos que conciliem ganhos de produtividade e redução de emissões.** Isso inclui ampliar a escala e a efetividade da recuperação de pastagens degradadas, fortalecer a disseminação de sistemas integrados, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, e expandir o apoio a melhorias nutricionais, bem como à saúde e ao bem-estar animal. A combinação de crédito com assistência técnica, monitoramento e critérios claros de elegibilidade pode aumentar a efetividade desses instrumentos, elevar a lotação em áreas já abertas, diversificar fontes de renda, melhorar o acesso a mercados e reduzir a pressão sobre a fronteira agrícola.
- **Fortalecer a rastreabilidade e o monitoramento ao longo da cadeia produtiva da pecuária.** Sistemas mais robustos de rastreabilidade podem garantir que padrões de sustentabilidade sejam cumpridos não apenas pelos produtores finais, mas em toda a cadeia. Isso é fundamental para atender às exigências de mercado, aumentar a transparência e alinhar incentivos entre os diferentes elos da produção.

Referências

- Alam, M. A. et al. "Long-term substitution of synthetic fertilizer by cattle manure: Effects on carbon footprint, carbon sequestration, and yield in a double rice system". *Environmental Technology & Innovation* 38 (2025): 104173. [bit.ly/4uxyFH9](https://doi.org/10.1080/17513758.2025.2471173).
- Arndt, C. et al. "Full adoption of the most effective strategies to mitigate methane emissions by ruminants can help meet the 1.5 °C target by 2030 but not 2050 net zero targets". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119, nº 48 (2022): e2201834119. [bit.ly/42VmeZO](https://doi.org/10.1073/pnas.2201834119).
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (ABIEC). *Beef Report 2025*. São Paulo: ABIEC, 2025. [bit.ly/4rgp85C](https://www.abiec.org.br/pt-br/relatorio-beef-report-2025).
- Assunção, Juliano J. et al. *Carbon prices and forest preservation over space and time in the Brazilian Amazon*. Working Paper nº 2023-86, 2025. [bit.ly/4lOhPQ3](https://www.ipea.gov.br/pt-br/publicacoes/working-papers/2023-86).
- Assunção, Juliano, Clarissa Gandour e Rudi Rocha. *The Next Step Towards Climate Change Mitigation: Improving Productivity of Brazil's Agricultural Lands*. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2017. [bit.ly/3Pnv0MZ](https://www.cpi-initiative.org/publications/the-next-step-towards-climate-change-mitigation-improving-productivity-of-brazil-s-agricultural-lands).
- Baca-González, V. et al. "Are Vaccines the Solution for Methane Emissions from Ruminants? A Systematic Review". *Vaccines* 8, nº 3 (2020): 460. [bit.ly/49x1CL6](https://doi.org/10.3390/v8030460).
- Bica, R. et al. "Methane emissions and rumen metabolite concentrations in cattle fed two different silages". *Scientific Reports* 12 (2022): 5441. [bit.ly/4a7Ltf0](https://doi.org/10.1038/s41598-022-13441-2).
- Bragança, A., P. Newton, A. Cohn, J. Assunção, C. Camboim et al. "Extension services can promote pasture restoration: Evidence from Brazil's low carbon agriculture plan". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 119 (2022): e2114913119. [bit.ly/4a6Q1C4](https://doi.org/10.1073/pnas.2114913119).
- CEIC Data. *Share of Agribusiness in Brazil's GDP: Livestock Sector*. sd. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4rjitrj](https://ceicdata.com.br/pt-br/indicadores/agricultura/industria-agricola).
- Clarity and Leadership for Environmental Awareness and Research (CLEAR). *The Biogenic Carbon Cycle and Cattle*. 2020. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4ac7kSu](https://clearcoalition.org/publications/the-biogenic-carbon-cycle-and-cattle).
- Congio, G. F. de S. et al. "Enteric methane mitigation strategies for ruminant livestock systems in the Latin America and Caribbean region: A meta-analysis". *Journal of Cleaner Production* 315 (2021): 128136. [bit.ly/42V5GkG](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128136).
- Cruz, Gabriela M. da, Victor M. Cardoso e Leandro Gilio. *O caso "Boi China": como questões comerciais podem se tornar instrumentos de incentivo à produção sustentável*. São Paulo: Insper Agro Global, 2025. [bit.ly/48LPeXx](https://www.insperagro.com.br/pt-br/publicacoes/o-caso-boi-china).
- Decamps, Marie-Louise. *Shifting Landscapes: The Impact of Agricultural Innovation on Deforestation*. Northwestern University, nd. [bit.ly/4bUMuYG](https://www.northwestern.edu/library/theses/2019/decamps-marie-louise).
- de Haas, Y. et al. "Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emissions through genomic selection". *Journal of Dairy Science* 94, nº 12 (2011): 6122–6134. [bit.ly/4uufeyU](https://doi.org/10.3181/journal.111).

- Dick, M. et al. "Life cycle assessment of beef cattle production in two typical grassland systems of southern Brazil". *Journal of Cleaner Production* 96 (2015): 426–434. [bit.ly/4wgxy04](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). *Carne carbono neutro: protocolo de certificação da Embrapa para carne bovina com neutralização de emissões de GEE no sistema de produção*. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2015. [bit.ly/4qquaMh](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Embrapa. *Carne Baixo Carbono: diretrizes técnicas para produção sustentável com redução de emissões de GEE na pecuária de corte brasileira*. Brasília, DF: Embrapa Gado de Corte, 2020. [bit.ly/3ZFdFAJ](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Fernandes, A. C. et al. "Transcriptional response to an alternative diet on liver, muscle, and rumen of beef cattle". *Scientific Reports* 14 (2024): 13682.
- Figueiredo, E. B. et al. "Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil". *Journal of Cleaner Production* 142, nº 1 (2017): 420–431.
- Fronza, E. E. et al. "Carbon sequestration potential of pastures in Southern Brazil: A systematic review". *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 48 (2024): e0230121. [bit.ly/4weK9kr](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Fouts, Julia Q. et al. "Enteric Methane Mitigation Interventions". *Translational Animal Science* 6, nº 2 (2022). [bit.ly/4dtG6Jz](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Groeger, A., e Zylberberg, Y. "Why don't farmers grow more profitable crops?" *VoxDev*. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4rlgIKf](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Hegarty, Roger S. et al. *An Evaluation of Evidence for Efficacy and Applicability of Methane Inhibiting Feed Additives for Livestock*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) e New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC), 2021. [bit.ly/4eEOPvz](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- He, Z. et al. "The impact of organic fertilizer replacement on greenhouse gas emissions and its influencing factors". *Science of the Total Environment* 905 (2023): 166917. [bit.ly/4dja3eq](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Hristov, A. N. et al. "An inhibitor persistently decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, nº 34 (2015): 10663–10668. [bit.ly/4tYD71S](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. 2023. [bit.ly/4d8E1S3](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Kaewpila, C. et al. "Improving ensiling characteristics by adding lactic acid bacteria modifies in vitro digestibility and methane production of forage-sorghum mixture silage". *Scientific Reports* 11 (2021): 1968. [bit.ly/3RtnKjv](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Khanum, S. et al. "Cross-reactivity of antibodies to different rumen methanogens demonstrated using immunomagnetic capture technology". *Frontiers in Microbiology* 13 (2022): 9181. [bit.ly/48NZ37d](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).
- Kinley, R. D. et al. "Mitigating the carbon footprint and improving productivity of ruminant livestock agriculture using a red seaweed". *Journal of Cleaner Production* 259 (2020): 120836. [bit.ly/48Ossya](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.08.044).

Kowalczyk-Juśko, A. et al. "Reduction of Greenhouse Gas Emissions by Replacing Fertilizers with Digestate". *Journal of Ecological Engineering* 24, nº 4 (2023): 312-319. [bit.ly/4d8EQdB](https://doi.org/10.1016/j.jee.2023.100888).

Langley, India and Reyes Tirado. *Methane Abatement in Brazilian Cattle*. Climate Bonds Initiative, 2026.

Lassen, J. e G. F. Difford. "Review: Genetic and genomic selection as a methane mitigation strategy in dairy cattle". *Animal* 14, supl. 3 (2020): s473-s483. [bit.ly/4njm0VV](https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100000).

Lluch, P. et al. "Current Available Strategies to Mitigate Greenhouse Gas Emissions in Livestock Systems: An Animal Welfare Perspective". *Animal* 11, nº 2 (2017): 274-284. [bit.ly/4waMAo5](https://doi.org/10.1016/j.animal.2017.01.005).

Macedo, M. C. M. "Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal". In *Anais do 18º Simpósio sobre Manejo da Pastagem*. Piracicaba: FEALQ, 2001, p. 257-283. [bit.ly/4ez2diY](https://doi.org/10.1016/j.animal.2017.01.005).

Maia, S. M. F. et al. "Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso, Brazil". *Geoderma* 149, nº 1-2 (2009): 84-91. [https://bit.ly/4whluKT](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.03.005).

Manzanilla-Pech, C. I. V. et al. "Selecting for feed efficient cows will help to reduce methane gas emissions". *Frontiers in Genetics* 13 (2022): 885932. [bit.ly/4eyAm2q](https://doi.org/10.3389/fgen.2022.885932).

Margulis, Sergio. *Causas do desmatamento da Amazônia brasileira*. Brasília: Banco Mundial, 2003. [bit.ly/4wl3iRW](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.03.005).

Mavisoy, H. et al. "Using silvopastoral systems for the mitigation of greenhouse gas emissions from livestock in the Colombian Amazon". *Agroforestry Systems* 98 (2024): 337-352. [bit.ly/3R7UMW8](https://doi.org/10.1007/s10641-024-01000-0).

Mazzetto, A. M. et al. "Improved pasture and herd management to reduce greenhouse gas emissions from a Brazilian beef production system". *Livestock Science* 175 (2015): 101-112. [bit.ly/3PezLIG](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.005).

Medeiros, Sérgio R. de, Rodrigo da Costa Gomes e Davi J. Bungestab, eds. *Nutrição de bovinos de corte: Fundamentos e aplicações*. Brasília, DF: Embrapa, 2015. [bit.ly/41bn4RD](https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.05.005).

Meng, X. et al. "Greenhouse gas balances and yield-scaled emissions for storage and field application of organic fertilizers derived from cattle manure". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 345 (2023): 108327. [bit.ly/4wfkZIP](https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108327).

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). *Programa Metano Zero*. 2023. [bit.ly/4ql9K2O](https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108327).

Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC). *Comex Stat - Estatísticas de Comércio Exterior*. 2026. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4bXVNsA](https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108327).

Miranda, Evaristo E. de. *Brasil em Relevô*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2011. [bit.ly/3Od44yz](https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108327).

Monteiro, A. et al. "Crop-livestock-forestry systems as a strategy for mitigating greenhouse gas emissions and enhancing the sustainability of forage-based livestock systems in the Amazon biome". *Science of the Total Environment* 906 (2024): 167396. [bit.ly/4da6lxQ](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.167396).

- Muntari, M. et al. "PSXI-5 Impact of Different Vaccine Formulations in Reducing Methane Production in Beef Cattle". Trabalho apresentado no *Journal of Animal Science*, Supplement 3, 2023, p. 598-599. [bit.ly/4uu48d9](https://doi.org/10.1093/jas/skac049).
- Oliveira, D. C. et al. "Changes in soil carbon and soil carbon sequestration potential under different types of pasture management in Brazil". *Regional Environmental Change* 22 (2022): 87. [bit.ly/49hJoNE](https://doi.org/10.1007/s11367-022-02000-0).
- Oliveira, P. P. A. et al. "Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome)". *Animal* 14, supl. 3 (2020): s427-s437. [bit.ly/4uDtZja](https://doi.org/10.1017/S1753475420000000).
- Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). *FAOSTAT - Produção Pecuária*. sd. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4k8d8kb](https://doi.org/10.18356/1136770220000000).
- Parnian-khajehdizaj, F. e S. Moharramnejad. "Forage maize type influences on methane emissions, nutrient degradation, and fermentation profiles in ruminants". *Scientific Reports* 15 (2025): 19433. [bit.ly/4f1J7SO](https://doi.org/10.1038/s41598-025-01943-3).
- Pattey, E. et al. "Quantifying the reduction of greenhouse gas emissions as a result of composting dairy and beef cattle manure". *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 72, nº 2 (2005): 173-187. [bit.ly/4f74CBt](https://doi.org/10.1007/s10646-005-0000-0).
- Pellegrino Cerri, C. E. et al. "Integrated crop-livestock-forestry systems to mitigate climate change and improve land use in Brazil." *Science of the Total Environment* 779 (2021): 146183.
- Reydon, Bastiaan P., Vitor B. Fernandes e Tiago S. Telles. "Land governance as a precondition for decreasing deforestation in the Brazilian Amazon". *Land Use Policy* 94 (2020): 104313. [bit.ly/4wg3eCJ](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104313).
- Sabia, E. et al. "Effect of slaughter age on environmental efficiency on beef cattle in marginal area including soil carbon sequestration: A case of study in Italian Alpine area". *Science of the Total Environment* (2024): 170798. [bit.ly/4d9BNlh](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170798).
- Segnini, A. et al. "Soil carbon stock and humification in pastures under different levels of intensification in Brazil". *Scientia Agricola* 75, nº 6 (2018): 473-481. [bit.ly/3R8ct80](https://doi.org/10.1590/S0034-73452018000600000).
- Setoguchi, A. et al. "Carbon footprint assessment of a whole dairy farming system with a biogas plant and the use of solid fraction of digestate as a recycled bedding material". *Resources, Conservation & Recycling Advances* 15 (2022): 200115. [bit.ly/4wfKGCz](https://doi.org/10.1016/j.rccadv.2022.200115).
- Shields, Sara e Geoffrey Orme-Evans. "The Impacts of Climate Change Mitigation Strategies on Animal Welfare". *Animals* 5, nº 2 (2015): 361-394. [bit.ly/3QM2gy9](https://doi.org/10.3390/ani5020361).
- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). *Dados do SEEG*. Versão 13, 2025. Data de acesso: 29 de janeiro de 2026. [bit.ly/4t3aPDj](https://doi.org/10.18356/1136770220000000).
- Smith, Paul E. et al. "Enteric Methane Research and Mitigation Strategies for Pastoral-Based Beef Cattle Production Systems". *Frontiers in Veterinary Science* 9 (2022). [bit.ly/42pkYht](https://doi.org/10.3389/fvets.2022.891111).
- Symeon, George K. et al. "Manure management as a potential mitigation tool to eliminate greenhouse gas emissions in livestock systems". *Sustainability* 17, nº 2 (2025): 586. [bit.ly/42RKEDx](https://doi.org/10.3390/su17020586).

Taylor, R. F. et al. "Bioeconomic and greenhouse gas emissions modelling of the factors influencing technical efficiency of temperate grassland-based suckler calf-to-beef production systems". *Agricultural Systems* 183 (2020): 102860. [bit.ly/4nf1KEX](https://doi.org/10.1016/j.agsys.2020.102860).

Thompson, L. R. e J. E. Rowntree. "Methane Sources, Quantification, and Mitigation in Grazing Beef Systems". *Applied Animal Science* 36, n° 4 (2020): 556–573. [bit.ly/4uF9xOR](https://doi.org/10.1016/j.apan.2020.04.001).

Wanapat, M. et al. "Potential use of seaweed as a dietary supplement to mitigate enteric methane emission in ruminants". *Science of the Total Environment* 931 (2024): 173015. [bit.ly/4dvjRmE](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173015).

Yu, Guanghui et al. "A Review of 3-Nitrooxypropanol for Enteric Methane Mitigation from Ruminant Livestock". *Animals* 11, n° 12 (2021): 3540. [bit.ly/4dg6NAh](https://doi.org/10.3390/ani11123540).

Zehetmeier, M. et al. "Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach". *Animal* 6, n° 1 (2012): 154–166. [bit.ly/4tFyfOh](https://doi.org/10.1017/S1753430211000500).

Zubieta, Ángel Sánchez et al. "Does Grazing Management Provide Opportunities to Mitigate Methane Emissions by Ruminants in Pastoral Ecosystems?". *Science of the Total Environment* 754 (2021): 142029. [bit.ly/4urpjMU](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.142029).

climatepolicyinitiative.org