

## **Avaliação dos fatores de emissão e remoção de grandes ruminantes e a sua integração com a política agropecuária do Brasil**

Mirella Nogueira de Souza<sup>1</sup>; Patrícia Perondi Anção Oliveira<sup>2</sup>; Alexandre Berndt<sup>2</sup>; Eleneide Doff Sotta<sup>3,4</sup>; Mariane Crespolini<sup>4</sup>; Katia Marzall<sup>4</sup>; Fernanda Garcia Sampaio<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Consultora autônoma – Especialista em Mudanças Climáticas e Agropecuária; <sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; <sup>3</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa; <sup>4</sup> Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

### **Relevância social e econômica**

A agropecuária é um setor extremamente relevante para a economia brasileira, contribuindo com 21% do PIB Nacional de 2019. Além da importância no PIB, no mesmo ano, mais de 43% das exportações totais do Brasil foram de produtos agropecuários. Com isso, mais de 18,2 milhões de pessoas foram empregadas, das quais 45,3% trabalhavam nas propriedades rurais (Cepea, 2020).

A produção pecuária é fundamental neste contexto, contribuindo com 31,5% do PIB do setor (Cepea, 2020). Também é muito relevante nas exportações, de um tímido exportador, em meados da década de 90, atualmente o Brasil é líder nas exportações de carne bovina. Cabe destacar, que menos de 25% do total produzido é destinado ao mercado internacional e, ainda assim, o País exporta 60% a mais do que a Austrália. Este que é o segundo maior exportador no comparativo mundial, direcionando quase 70% da produção para as exportações (Abiec, 2020).

Nas últimas duas décadas, a bovinocultura de corte e de leite tem se transformado positivamente. De 1997 a 2015, comparativo mais longo e com o último ano de dados disponíveis, o rebanho total de bovinos cresceu 33%, chegando a 213,5 milhões de cabeças. A produção de carne bovina cresceu 124,7% e a produção de leite 125,2% (IBGE, 2020). No mesmo período, a área de pastagem cresceu apenas 9% (Lapig/UFG, 2020). Com isso, comparando os dados do Lapig com os dados do IBGE, a produtividade da pecuária por área utilizada na bovinocultura de corte cresceu 107%.

Nessa breve introdução, cabe destacar que comparando 1997 com 2015, o aumento da fermentação entérica foi de 31% (Sirene/MCTIC, 2020). Ou seja, o aumento das emissões resultantes da produção de bovinos de corte e de leite foi muito próximo ao crescimento do rebanho. No entanto, nesse comparativo das bases de dados oficiais, verifica-se que houve uma grande redução das emissões totais por quilo de carne ou por litro de leite.

Proporcionar um produto que garanta a segurança alimentar, alinhado com as grandes tendências mundiais para o setor, como as mudanças climáticas, é muito estratégico. Neste sentido, esta Coletânea tem uma grande contribuição científica ao reunir diversos trabalhos, em diferentes regiões de um País continental como o Brasil, apresentando os fatores explicativos dessa redução das emissões por produção da pecuária.

### Avanços na contabilização de emissões

Em função dos processos naturais de ruminância, os bovinos emitem metano ( $\text{CH}_4$ ) para o ambiente. O  $\text{CH}_4$  é o gás mais relevante na contabilização das emissões no setor Agropecuária. Com isso, a fermentação entérica é uma das atividades mais representativa nos inventários nacionais de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) de países produtores.

Em países onde o tamanho do rebanho é significativo e também onde a pecuária é uma importante atividade econômica, espera-se expressiva contribuição do metano de origem entérica nas contabilizações totais de emissões de GEE.

Vale ressaltar ainda, que embora tenha um alto poder de aquecimento, o  $\text{CH}_4$  permanece na atmosfera por um tempo muito menor que outros GEE. Além disso, o  $\text{CH}_4$  entérico é um gás biogênico (de origem não fóssil). Portanto, é um carbono que naturalmente pode se reintegrar ao sistema através da fotossíntese.

Como forma de seguir os processos estabelecidos nos Guias do IPCC para contabilização das emissões nos inventários nacionais, as emissões decorrentes da fermentação entérica podem ser contabilizadas com diferentes metodologias, variando: i) da multiplicação do tamanho do rebanho (em cabeças) versus FEp (Fatores de Emissão), utilizada em sua maioria por países que ainda não possuem FE definidos (tier 1); ii) contabilizações mais apuradas e precisas levando-se em conta as condições nacionais, onde são consideradas, dentre outros fatores, as categorias animais, a condição de criação, a finalidade da produção e a digestibilidade (tier 2); ou ainda iii) a medição das emissões em câmaras controladas ou por aparatos experimentais usados em condição natural (pastagens, por exemplo), em que o volume de gás emitido por animal é mensurado em diferentes condições (tier 3).

Além do  $\text{CH}_4$  entérico as emissões da pecuária também contabilizam de forma direta o  $\text{CH}_4$  decorrente da decomposição dos dejetos dos animais (fezes e urina) sob condições anaeróbicas, que variam conforme seu tratamento ou disposição, e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) advindos da deposição de dejetos diretamente no solo.

As emissões indiretas de dejetos na pecuária, decorrentes da lixiviação, também são contabilizadas, mas representam uma menor parcela. Um exemplo são as contabilizações de depósito direto de urina em pastagens e, indiretamente, o uso de dejetos animais como fertilizantes depositados em áreas de cultivos agrícolas. Da mesma forma que a fermentação entérica, as contabilizações de manejo de dejetos da pecuária podem utilizar-se de padrões do IPCC ou ser específicas às condições nacionais, variando em função de dados disponíveis no país.

De acordo com os Guias do IPCC (2006), para cálculo nos inventários nacionais de GEE o FEp de  $\text{CH}_4$  para bovinos de corte é de 56 kg de  $\text{CH}_4$  animal<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, considerando como referência um animal de 430 kg de peso corporal. Já para  $\text{N}_2\text{O}$  o FEp na forma direta são: de 1% do N aplicado na forma de fertilizantes perdido como  $\text{N}_2\text{O}$  (EF1) e de 2% do N excretado via urina e fezes emitido na forma de  $\text{N}_2\text{O}$  (EF3). Enquanto na forma indireta são: 1% do N volatilizado perdido como  $\text{N}_2\text{O}$  (EF4) e de 0,75% do N lixiviado emitido como  $\text{N}_2\text{O}$  (EF5).

Os percentuais de FEp do IPCC referem-se a valores estabelecidos por especialistas baseados em pesquisas realizadas até o ano de 2006. No entanto, é recomendado que cada país determine seus FE locais por região climática e sistemas de produção específicos para a correta estimativa da emissão de GEE.

Desta forma, o Brasil, nos últimos anos, vem trabalhando no aperfeiçoamento dos seus FE com foco na compreensão da influência do manejo do rebanho e da adoção de diferentes tecnologias particulares da agropecuária tropical. Subsidiado por muitos estudos conduzidos por pesquisadores e grupos de pesquisas em diferentes instituições, com suas respectivas produções científicas. Resultados destas pesquisas têm permitido o avanço na melhoria da contabilização das emissões nacionais.

Os trabalhos recebidos para o capítulo de grandes ruminantes demonstram uma diversidade de resultados de estudos realizados em todo território nacional. Além da definição de FE, os trabalhos demonstram ainda a influência de estratégias de manejo nas emissões de GEE, entregando um valioso material que permitirá ao Brasil continuar avançando na melhoria da eficiência dos sistemas de produção. Contribuindo assim para o crescimento sustentável da produção pecuária nacional, enquanto também entrega redução e controle de emissão de GEE.

### **Contribuições científicas para compreensão da dinâmica de emissões da bovinocultura**

As contribuições recebidas para compor o capítulo de grandes ruminantes da Coletânea tiveram representação relevante de avaliação das emissões entéricas de  $\text{CH}_4$  e de  $\text{N}_2\text{O}$  de bovinos de corte, de leite e de bubalinos. Devido à grande variedade de fatores e elementos que influenciam as emissões e ou remoções destes gases em cada sistema de produção, com as contribuições deste capítulo foi possível identificar algumas das questões e lacunas no conhecimento relativas à real contribuição dos sistemas de produção da pecuária brasileira para as emissões de GEE.

Sakamoto et al. (p. 54) destacam que, em função da diversidade de sistemas de produção, raças bovinas, grupos genéticos e das dietas, é difícil estabelecer coeficientes técnicos médios que representem todo o Brasil. Os autores estudaram a intensidade de emissões de  $\text{CH}_4$  de bovinos cruzados Canchim, Angus e Charolês em confinamento em fase de terminação, mostrando que a diferente classificação por heterozigose influencia tanto as emissões de  $\text{CH}_4$  quanto o desempenho dos animais.

Um olhar atento aos trabalhos apresentados demonstra haver estudos sendo realizados para diferentes sistemas de produção em diversas regiões do país. Por exemplo, no interior de São Paulo, Reis et al. (p. 46) vem quantificando emissões de  $\text{CH}_4$  entérico em animais recriados em condições de pastagem com diferentes suplementos e estratégias de suplementação. Os autores apresentam estudos em que avaliaram emissões de  $\text{CH}_4$  entérico para bovinos de corte a pasto, recebendo suplementação mineral. Verificaram que a produção de  $\text{CH}_4$  obtidas, tanto em relação ao manejo do pasto quanto ao consumo alimentar residual, foram semelhantes ao FEp do IPCC.

Por outro lado, na região dos Cocais Maranhenses, Meio Norte do Brasil, Frota et al. (p. 84) avaliaram as emissões entéricas de bovinos  $\frac{1}{2}$  sangue Curraleiro-Pé-Duro x  $\frac{1}{2}$  Nelore em sistema silvipastoril de capim Mombaça com palmeiras de babaçu em comparação com pastagem em monocultivo. Os autores concluíram que as emissões de metano, de forma geral, variam de acordo com a época do ano, sendo influenciada pela qualidade da pastagem e pelo consumo animal, reportando emissões de 45 kg de  $\text{CH}_4$  ano<sup>-1</sup> no período seco e 70 kg de  $\text{CH}_4$  ano<sup>-1</sup> no chuvoso. O estudo destaca ainda que, em relação aos sistemas no período chuvoso, a intensidade de emissão no silvipastoril foi três vezes menor que em pleno sol, efeito potencializado ainda mais no período seco.

A relação com a época do ano também foi estudada por Ribeiro-Filho (p. 54) que apresenta um conjunto de estudos de emissão de GEE em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte e leite no Sul do país. Em trabalho avaliando a inclusão de pasto anuais de inverno e de verão em dietas para vacas leiteiras. Os resultados indicam que a inclusão de pastos anuais de inverno, em dietas para vacas leiteiras cruza Holandês x Jersey, ingerindo ração total misturada, a base de silagem de milho, reduziu as emissões de  $\text{CH}_4$  em mais de 25% devido a qualidade da forragem produzida. Nestas mesmas condições, a inclusão de pastos anuais de verão, aumentou a intensidade de emissão de  $\text{CH}_4$  em menos de 5%.

A suplementação com extrato de *Acácia mearnsii* é também explorado por vários autores. Ribeiro-Filho (p. 54) constatou que esta suplementação para vacas leiteiras reduziu a intensidade de emissão em aproximadamente 40%. Enquanto, Perna Junior et al. (p. 50) avaliaram o uso de diferentes níveis de taninos (*A. mearnsii*) como aditivo alimentar em bovinos fêmeas Nelore e Holandesas e verificaram que os níveis utilizados do aditivo causaram redução linear da produção de  $\text{CH}_4$  ruminal em ambas as raças, chegando a uma redução de 26% para a dose

mais elevada de tanino. Apesar dos autores apontarem a possibilidade do uso do extrato de *A. mearnsii* como aditivo, em baixas dosagens, para redução de produção de CH<sub>4</sub> ruminal para taurinos e zebuínos, eles salientam que a redução da digestibilidade da dieta com o aumento dos níveis de tanino contribui negativamente para a eficiência alimentar. Destacam também a importância de se encontrar um aditivo alimentar que reduza as emissões ao mesmo tempo que promova a melhora no desempenho animal.

Apesar de menos representativos no total do rebanho brasileiro, estudos envolvendo bubalinos também têm sido realizados do Brasil principalmente na região Norte. Amaral Junior *et al.* (p.90) avaliaram as emissões de CH<sub>4</sub> entérico de búfalas na Amazônia oriental consumindo diferentes níveis de torta de palmiste, e observaram um efeito linear decrescente na estimativa da emissão de CH<sub>4</sub> em função da inclusão do suplemento.

Com o objetivo de montar um banco de dados de registros individuais de emissão de metano entérico (CH<sub>4</sub>, g/dia), ganho médio diário (GMD, kg/dia), consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e peso vivo (PV, kg), de bovinos Nelore após a desmama, Mercadante *et al.* (p. 58) apresentaram uma série de estudos de médias individuais de emissão de metano entérico em Nelores (peso variando de 365 a 468 kg) em sistemas a pasto suplementados e em confinamento. Os autores afirmam que há uma relação negativa entre as características de desempenho e eficiência alimentar e os valores de emissão de metano.

A avaliação de sistemas integrados de produção tem contribuído para o entendimento das interações e compensações dentro do próprio sistema. Figueiredo *et al.* (p. 64) defende que a conversão de pastagens degradadas para pastagens bem manejadas e a introdução de ILPF podem reduzir as emissões de GEE associados à produção de gado de corte em pastagens, em termos de kg de CO<sub>2</sub>eq emitido por kg peso vivo produzido. Essa redução deve-se, principalmente, à melhoria das pastagens e aumentos na produção de gado e ao favorecimento do potencial técnico para sequestro de C no solo e na biomassa.

Porém, ainda há questões de produção pecuária em sistemas integrados a serem melhor estudadas. Guimarães Junior *et al.* (p. 114) apontam que os sistemas integrados, baseados em pastagem de primeiro ano, foram mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores para perda de energia da dieta via fermentação entérica e emissão de CH<sub>4</sub> por kg de MS ingerida. Os autores analisaram indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de Novilhas Nelore (279 Kg ± 21,4 de peso vivo) no bioma Cerrado nos sistemas: lavoura-pecuária, lavoura-pecuária-floresta e pastagem em processo de degradação. Novilhas criadas em ILP emitiram mais metano por quilo de matéria seca ingerida e, por consequência, apresentaram maiores perdas de energia bruta na forma de metano (6,15% na seca e 8,65% no período chuvoso) frente aos demais sistemas estudados. As emissões de metano entérico foram afetadas pelos períodos do ano, com maior emissão bruta (g/dia e kg/ano) para a época da chuva.

Da mesma forma, Pontes *et al.* (p. 88) avaliaram o balanço entre as emissões de GEE e o acúmulo de carbono em dois sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA): integração lavoura-pecuária (ILP) vs. integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com duas doses de adubação nitrogenada. A emissão de CH<sub>4</sub> por unidade de área variou significativamente em função das variações na carga animal. Em termos de CO<sub>2</sub>eq o estudo encontrou valores abaixo do que se encontra na literatura em sistemas ILP e ILPF, sugerindo uma maior eficiência de produção nos sistemas. A pesquisa salienta ainda o potencial de sequestro de C nas árvores, neutralizando a emissão de CH<sub>4</sub> nos sistemas integrados estudados.

É importante ressaltar a grande contribuição de estudo que avaliam a emissão de GEE em sistemas integrados de produção e a pasto. Bergier *et al.* (p.70) afirmam que a emissão entérica de bovinos da raça Nelore produzidos em pastagens de fazendas localizadas em planícies inundáveis (caso do Pantanal) pode ser considerada nula frente ao balanço das emissões das paisagens.

Já em campos nativos no Sul do país, Genro *et al.* (p.84) avaliaram as emissões de CH<sub>4</sub> de novilhos de corte da raça Hereford durante a recria e a terminação, mantidos em pastagens naturais, com diferentes níveis de intensificação. Os autores destacam que os valores médios das emissões de CH<sub>4</sub> por animal estão abaixo dos valores propostos pelo IPCC para esta categoria de animais, que é de 70kg/ano.

Nesse sentido Oliveira *et al.* (2020) realizaram um experimento para investigar o balanço de C (t CO<sub>2</sub>e./ha.ano), a intensidade de emissão de C (kg CO<sub>2</sub>e./kg peso vivo ou carcaça), e a pegada de C (t CO<sub>2</sub>e./ha.ano) em sistemas pastoris de produção de gado de corte, dentro da fazenda, considerando os insumos necessários para adotar as tecnologias dos diferentes graus de intensificação avaliados. Os resultados obtidos foram usados para calcular o número necessário de árvores a serem plantadas nos sistemas de produção para mitigar as emissões dos GEE em cada sistema avaliado. As emissões de GEE e o balanço de C foram calculados usando o potencial de aquecimento global dos GEE propostos no AR4 (IPCC, 2007) e no AR5 (IPCC, 2013) por dois anos. Quarenta e oito garrotes foram alocados nos quatro sistemas pastoris de produção: DP (Pastagem Degradada), IAL (Irrigado com alta lotação animal), SAL (Sequeiro com alta lotação), e SML (Sequeiro com media lotação). Os sistemas de sequeiro (SAL e SML) apresentaram as menores pegadas de C (-1,22 e 0,45 t CO<sub>2</sub>e./ha.ano, respectivamente), com créditos de C para o SML, quando usado o GWP do AR4. O sistema IAL mostrou resultados menos favoráveis para a pegada de C por unidade de área (-15,71 t CO<sub>2</sub>e./ha.ano), mas quando os resultados foram expressos por ganho de peso anual eles foram bem mais favoráveis (-10,21 kg CO<sub>2</sub>e./kg peso vivo) por causa do alto ganho de peso obtido por unidade de área nesse sistemas de produção. Embora o sistema com pastagem degradada tenha apresentado um resultado intermediário para a pegada de C (-6,23 t CO<sub>2</sub>e./ha.ano), o resultado foi o pior quando o índice foi expresso em relação ao ganho anual de peso vivo (-30,21 CO<sub>2</sub>e./kg Peso Vivo), porque em adição à emissão de GEE dos animais nesse tipo de pastagem ainda houve emissão de GEE pela perda de matéria-orgânica dos solos e estoque de C. Em decorrência desses resultados os sistemas SML e SAL apresentaram um crédito de C equivalente ao crescimento de 6,27 e 1,08 árvores de eucalipto por garrote, enquanto o sistema degradado e o irrigado necessitariam do plantio de 63,89 e 29,11 árvores por garrote para mitigar suas emissões.

De acordo com Oliveira *et al.* (2020), sistemas pecuários baseados em pastagens degradadas devem ser evitados. Possuem baixa produtividade e alto impacto ambiental, especialmente quando se considera a intensidade da pegada de C. Além disso, esses sistemas não utilizam a terra de forma racional. A recuperação e intensificação das pastagens dos sistemas pecuários simultaneamente melhoram o sequestro de C e a mitigação de GEE, e, em adição, ainda tem um efeito poupa-terra.

Volk *et al.* (p. 98) conduziram atividades de pesquisa que caracterizam o estoque de carbono e nitrogênio orgânico e a emissão de GEE do solo e as relações com a vegetação e o manejo dos animais. Foram avaliadas as emissões em área de campo nativo com novilhos da raça Hereford em pastagem natural, pastagem natural fertilizada e pastagem natural fertilizada sobressemeada com azevém. Os pesquisadores encontraram que há uma relação positiva entre o estoque de C e N no solo com a massa de raízes, indicando que o correto manejo do pastejo dos animais conduz ao aumento da produção de raízes e dos estoques de C e N orgânico no solo.

O mesmo é observado por Segnini *et al.* (p.106) que mostra o potencial de mitigação de emissões de GEE em função do manejo intensivo de pastagens tropicais, afirmando que os índices de humificação mostraram a presença de C mais lábil em pastagens com maior acúmulo de C, indicando o acúmulo recente de matéria orgânica decorrente do adequado manejo da pastagem.

Em relação às emissões de N<sub>2</sub>O, as condições climáticas das estações do ano são novamente apontadas como importante fator para definição de FE. Ruggieri *et al.* (p. 68) analisaram as emissões em sistemas de produção de bovinos em pastagens tropicais considerando o efeito das estações do ano, tipo de excreta, manejo do pasto e estratégias de adubação.

Os especialistas apontam para a diferença de fatores de emissão em função do tipo de excreta (fezes ou urina) e influência da estação climática nos fatores de emissão da urina, sendo que, na estação chuvosa, a emissão é maior do que na seca. Os autores indicam também o fator de emissão da urina de 0,67% e de fezes de 0,41% do N aplicado, bem abaixo dos 2% preconizados pelo IPCC.

Diekcow *et al.* (p. 66) quantificaram o FE de nitrogênio na forma de  $N_2O$  de urina e de esterco bovinos (vacas leiteiras Holandês e Jersey) aplicados em pastagens de capim quicuío (*Pennisetum clandestinum*), braquiária (*Brachiaria humidicola*) e capim áries (*Panicum maximum*) num Cambissolo Háplico do Sul do Brasil (Pinhais-PR), e encontrou que o FE do esterco foi menor que o FE da urina. Os autores apontam a necessidade de revisão do FEp 2% (EF3) para urina e esterco para o subtropical uma vez que há diferença entre FE de urina e esterco, necessitando desagregá-los.

Os diversos estudos aqui reunidos demonstram a importância de unir esforços para avançar mais rapidamente e obter resultados que representem a variedade de sistemas existentes no país. A dificuldade de disposição de recursos financeiros para arcar com despesas inerentes ao desenvolvimento de estudos, bem como o quadro reduzido de recursos humanos, foram obstáculos recorrentemente citados pelos autores. Apesar disso, estas dificuldades têm levado os inúmeros pesquisadores, espalhados pelo país, a trabalharem em grupo para otimizar o uso dos equipamentos e mão de obra capacitada.

### Principais desafios e soluções

As pesquisas, em diversas áreas, devem ser fomentadas com o intuito de alavancar estratégias que aumentem a produtividade e a sustentabilidade da pecuária, ao mesmo tempo em que contribuam para a redução das emissões de GEE. Nossos principais desafios apontados pelos diferentes grupos de pesquisa estiveram relacionados aos métodos de determinação de emissões de GEE, os altos valores e a exigência de capacidade técnica.

Assim, vale destacar que os estudos apresentados, provenientes de diversas instituições de pesquisa, demonstram que o Brasil precisa continuar investindo recursos para dar continuidade e aperfeiçoamento às pesquisas e inovações na área. Além disso, outros desafios foram apontados, como a necessidade de se encontrar aditivos que diminuam emissão de metano ruminal sem diminuir o desempenho animal ou influenciar nas emissões por dejetos. Também foi destacada a necessidade de esforços adicionais para uma melhor compreensão de manejo mais intensivo de pastagens, em diferentes sistemas produtivos e seu potencial de sequestro de C na biomassa e no solo; a necessidade de englobar a análise do sequestro e estoque de carbono no solo para se obter estimativas mais precisas do balanço de carbono; e de realizar estudos nas diferentes condições e regiões do país.

Uma das grandes contribuições dos trabalhos apresentados nessa coletânea são apontamentos de soluções tecnológicas que contribuem para a melhoria da produtividade do sistema de produção agropecuário, além de mitigar as emissões de GEE. Dentre as soluções disponibilizadas podemos destacar o melhoramento genético e manejo adequado de pastagens como estratégias que permitem aumentar a produtividade e a eficiência dos rebanhos.

O manejo adequado das pastagens foi apontado como elemento crucial para controle das emissões de GEE na bovinocultura. Conforme Congio *et al.* (p. 60) o manejo estratégico da pastagem, representado pela meta pré-pastejo, determina melhor valor alimentar de pastagens tropicais, maior produtividade de leite, melhor uso do solo e adicionalmente, mitiga as emissões de  $CH_4$  entérico e  $N_2O$  pelo solo. Os mesmos autores apontam o monitoramento da altura das pastagens como solução prática, fácil, barata e confiável para aumentar a rentabilidade dos sistemas produtivos e diminuir as emissões.

A recuperação de pastagens degradadas com a adoção de tecnologias adequadas de manejo também foi apontada por Figueiredo *et al.* (p. 64) que destaca que a introdução do sistema ILPF nas áreas recuperadas pode reduzir as emissões associadas de GEE emitido por kg de

gado produzido. As técnicas de manejo de pastagem também são importantes para pastagens naturais, que quando bem manejadas apresentam potencial para produzir carne de qualidade com menores valores de emissão de  $\text{CH}_4$  (Genro *et al.*; p. 84).

Alternativas para intensificar os sistemas de produção, com aumento mínimo e racional do uso de insumos e recursos naturais, por meio de estratégias de manejo nutricional da dieta dos animais (uso de alimentos concentrados, aditivos e suplementos entre outros) e da pastagem (introdução de leguminosas nos sistemas de produção, uso eficiente das fertilizações, melhoramento genético buscando forragem de melhor qualidade), podem otimizar a utilização da forragem e o consumo de matéria seca digestível a fim de melhorar o uso dos recursos naturais e ao mesmo tempo mitigar os impactos ambientais.

Além do mais, o correto manejo da conservação e fertilização do solo são fundamentais para promover o aumento da produção de biomassa das plantas, prática que estimula o sequestro de carbono, retirando o dióxido de carbono da atmosfera por meio do incremento da fotossíntese. Assim, aumenta o acúmulo de carbono no solo, fato que abate as emissões de gases de efeito estufa. De modo geral, como afirmado por Berndt *et al.* (p. 98) sistemas de produção pecuário mais intensificados produzem mais carne com uma mesma intensidade de emissão de metano.

A intensificação sustentável da produção tem sido a principal estratégia brasileira para fomentar tecnologias de produção que levem a adoção de sistemas de produção mais eficientes. Assim, a produção de alimentos, fibras e energia alcança o tripé da sustentabilidade. No aspecto econômico, reduz o custo marginal de produção, melhorando a rentabilidade do produtor e o incentiva a continuar adotando as boas práticas. No aspecto social, além de empregar mais pessoas, também tende a qualifica-las, gerando diversas externalidades positivas para a região. Isto, sem mencionar a maior estabilidade de preços ao longo do ano. E, no aspecto ambiental, aumenta a produção em áreas já antropizadas, contribuindo também para a redução da intensidade das emissões.

### **Contabilizando as emissões da bovinocultura**

As emissões de GEEs representam apenas parte das características dos sistemas de produção pecuários, pois é importante conhecer também os "outputs" ou produtos (carne, leite, lã ou trabalho) obtidos naquele sistema de produção. A intensidade de emissão, ou pegada de carbono, expressa em quilogramas de  $\text{CO}_2$  equivalente emitido ( $\text{kg CO}_2\text{eq}$ ) por quilograma de carcaça equivalente ( $\text{kg CARCeq}$ ) produzida em um determinado modelo produtivo pode variar significativamente dependendo da metodologia de cálculo empregada e do nível de tecnologia adotado pelo produtor.

Em relação à emissão bruta de metano ( $\text{kg/ano}$ ), a produção brasileira vem aumentando ao longo dos anos, devido ao aumento do rebanho de bovinos no país, que, por sua vez, tem garantido a segurança alimentar do Brasil e de diversos países do mundo.

Entre 1997 e 2014, o rebanho bovino aumentou 32% (IBGE, 2018). A produção de metano apresentou um aumento de 29% (MCTIC, 2016). Entretanto neste mesmo período a intensidade de emissão ( $\text{kg CO}_2\text{eq. / kg CARCeq}$ ) diminuiu devido a maior produtividade dos animais. Isso demonstra que o uso de tecnologias visando o aumento dos índices produtivos resulta em ações mitigatórias de GEE na pecuária.

### Referências bibliográficas

ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Perfil da Pecuária no Brasil 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP – PIB do Agronegócio – Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use (vol. 4). Disponível em: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, GE, CHE.

LAPIG/UFG – Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – Universidade Federal de Goiás – Atlas de Pastagem, 2020. Disponível em: <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/atlas-digital-das-pastagens-brasileiras>.

MCTIC – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Terceira Comunicação Nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Brasília: MCTI, 2016. v. 3.

Sirene/MCTIC – Sistema de Registro Nacional de Emissões – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020 – Disponível em: [https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Participacao\\_de\\_gases\\_por\\_setor.html](https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Participacao_de_gases_por_setor.html)

OLIVEIRA, P. P. A., BERNDT, A., PEDROSO, A. F., ALVES, T. C., PEZZOPANE, J. R. M., SAKAMOTO, L. S., HENRIQUE, F. L.; RODRIGUES, P. H. M. (2020). Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome). *Animal*, 1-11 doi:10.1017/S1751731120001822