



ISSN:1984-2295

# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental

Patrícia Perondi Anção Oliveira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos - SP.

Artigo recebido em 09/09/2015 e aceito em 10/12/2015.

### RESUMO

O aquecimento global, acentuado por ações antrópicas de emissão de gases de efeito estufa, tem como consequência as mudanças climáticas, que causam muitos transtornos ambientais para a humanidade. A atividade pecuária produz gases de efeito estufa na forma de metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) principalmente, com tendência de aumento de emissão atrelado ao aumento da produção pecuária. A degradação de pastagens, o mais importante problema ambiental da pecuária, também pode contribuir para a emissão desses gases e pode levar à desertificação. Ações de mitigação dessas emissões podem amenizar o problema e devem ser observadas considerando-se o balanço de carbono dos sistemas de produção pecuários, onde, além da emissão de gases de efeito estufa, o sequestro de carbono é também considerado. Na pecuária, existe possibilidade de mitigação das emissões pela redução da emissão do CH<sub>4</sub> e do N<sub>2</sub>O, entretanto, o maior potencial de mitigação das emissões está no sequestro de carbono devido à recuperação das pastagens. Apesar disso, grande ênfase é dada aos aspectos envolvendo a emissão de CH<sub>4</sub> entérico pelos ruminantes e suas formas de mitigação. Também é importante ressaltar que a adoção das tecnologias que promovem a mitigação das emissões de gases de efeito estufa depende mais de questões econômicas do que da viabilidade técnica das ações de mitigação propostas.

Palavras-chave: pecuária, desertificação, degradação, metano, óxido nitroso.

## Greenhouse gases in brazilian livestock production systems and the importance of the carbon balance for environmental preservation

### ABSTRACT

Global warming is intensified by greenhouse gases emissions from human activities, resulting in climate change and causing many environmental disorders for humanity. The livestock produces greenhouse gases such as methane (CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) mainly and the increasing in emissions is linked to increased livestock production. The degradation of pastures had been the most important issue of livestock contributing to the greenhouse gases emissions and leading the desertification. Mitigation actions can reduce these emissions and the carbon balance of livestock production systems, which also considerate carbon sequestration besides the emission of greenhouse gases. Mitigating emissions of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O are possible in livestock but the carbon sequestration that occurs during the recovery of pasture is the greatest potential for mitigating greenhouse. Nevertheless, great emphasis can be found in literature related to the aspects involving the issue of enteric methane by ruminants and its methods of mitigation. Importantly, the adoption of technologies that promote mitigation of greenhouse gases emissions is most dependent of economic issues than technical feasibility of the mitigation actions proposed.

Keywords: livestock, desertification, degradation, methane, nitrous oxide.

\*E-mail para correspondência: [patricia.anchao-oliveira@embrapa.br](mailto:patricia.anchao-oliveira@embrapa.br)

### Introdução

As mudanças climáticas são foco de atenção e preocupação mundial, devido aos iminentes desastres ambientais nos seus diferentes graus de intensidade, como tempestades, enchentes, secas, elevação do nível do mar e

eventos extremos como tornados e furacões. As consequências desse processo são a fome, sede, prejuízos e desalojamento de famílias e a perda de áreas, quer seja por inundação ou por desertificação. O aquecimento global pode contribuir e acentuar essas mudanças climáticas. A emissão de gases de efeito estufa (GEE) por ações antrópicas contribui para o aquecimento

global e deve ser estudada profundamente de forma a diminuir seu impacto sobre o ambiente.

A atividade pecuária produz gases de efeito estufa na forma de metano (CH<sub>4</sub>), oriundo da fermentação entérica dos ruminantes, óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), devido ao uso de fertilizantes nitrogenados, e ambos os gases, a partir do manejo de dejetos e da deposição de dejetos sobre as pastagens (O'Mara, 2012). Em menor proporção também existe a emissão de CO<sub>2</sub> devido ao uso de combustíveis fósseis e de energia (O'Mara, 2012).

Globalmente, a tendência é de aumento da produção da pecuária, como consequência do aumento da demanda por alimentos, e das emissões de GEE associadas a esta atividade para os próximos quarenta anos, caso não seja realizada nenhuma ação de mitigação (O'Mara, 2012). No Brasil não é diferente. Estudos realizados pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento apontam que em 2018-2019 as exportações de carnes pelo Brasil poderão representar 60,6%, 89,7% e 21% do comércio mundial de carnes bovina, de frango e suína, respectivamente. Assim, as perspectivas são de que as produções dessas três *commodities* reunidas passarão das atuais 24,6 milhões para 37,2 milhões de toneladas em 2018 (MAPA, 2008). Uma das principais preocupações com relação a esse grande crescimento está relacionada aos possíveis impactos ambientais, o que certamente colocará em evidência o tratamento dispensado pelo nosso país em relação às questões ambientais.

No Brasil, em 2008 o CEPEA publicou o estudo "Pecuária de corte brasileira: impactos ambientais e emissões de gases efeito estufa (GEE)" elaborado por Zen et al. (2008), no qual são apontados os principais problemas ambientais da pecuária relatados por pesquisadores: a degradação dos sistemas ambientais, a degradação do solo, a emissão de GEE e a poluição de recursos hídricos.

No exterior, o tema também é discutido e um dos artigos mais debatidos foi "*LIVESTOCK'S LONG SHADOW: environmental issues and options*", (A extensa sombra da pecuária: questões ambientais e opções), publicado pela FAO em 2006. Esse trabalho permanece formando opinião, como pode ser visto no artigo "*Ruminants, climate change and climate policy*" (Ruminantes, mudanças e políticas climáticas), recentemente publicado por Ripple et al. (2014), em que são realizadas as estimativas das emissões futuras de GEE frente ao crescimento do rebanho mundial.

Ripple et al. (2014) afirmam que a emissão de GEE por ruminantes deveria receber

mais atenção do que a emissão realizada pelos outros setores porque, além de existir em 2011 um rebanho de 3,6 bilhões de ruminantes domésticos no mundo, com uma taxa de aumento de 25 milhões de ruminantes domésticos por ano nos últimos 50 anos, ainda há projeção de crescimento da produção anual de carne de 229 milhões de toneladas em 2000 para 465 milhões em 2050.

Para melhor avaliar a pecuária e evitar distorções, chegando a conclusões que reflitam a realidade e tragam desenvolvimento ao setor, torna-se necessário observar a dinâmica de GEE nos sistemas de produção pecuários, levando-se em consideração todos os compartimentos dos sistemas produtivos (solo-planta-animal e atmosfera), e não somente as questões de emissão de GEE, uma vez que os componentes desses sistemas podem atuar como dreno dos GEE, sendo o sequestro de carbono, realizado pelas pastagens e pelas culturas eventualmente integradas nos sistemas de produção, o aspecto mais importante para mitigação das emissões de GEE nos sistemas de produção animal. Entretanto, para que essa condição seja alcançada, há necessidade de adoção de práticas adequadas às áreas cultivadas, pois dependendo do manejo essas áreas podem se tornar tanto fonte como dreno de GEE para a atmosfera (Ferreira et al., 2014).

Existe uma forte relação entre a emissão de GEE do solo e vegetação para a atmosfera, especialmente o CO<sub>2</sub>, e o processo de degradação das pastagens, que pode culminar em aumento da área de deserto mesmo em clima com menor déficit hídrico (Lal, 2001). O manejo inadequado das pastagens contribui para a emissão de GEE, especialmente pela exaustão da matéria orgânica do solo durante o processo de degradação (Lal, 2001). No Brasil, o deserto do Alemão no município de Santa Rita do Passa Quatro, estado de São Paulo, é um exemplo da formação de um deserto em local onde o déficit hídrico ocorre somente em alguns meses do ano. Tal fato ocorreu em consequência do manejo inadequado do solo (<http://www.santaritadopassaquatro.tur.br/deserto-do-alemao/>).

Felizmente esse processo pode ser revertido, pois várias formas de recuperação de pastagens têm a capacidade de aumentar o teor de matéria orgânica do solo, trazendo vários benefícios para o ecossistema da pastagem e prevenindo a degradação e desertificação das mesmas. A FAO, em 2009, enfatizou e reconheceu esse fato quando veiculou o artigo "*Grasslands: Enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation*" (Pastagens: aprovando seu potencial para contribuir com a mitigação dos gases de efeito

estufa) em que os pesquisadores sugerem que as pastagens manejadas adequadamente, tanto em relação à manutenção e/ou melhoria da fertilidade do solo quanto ao manejo correto da planta forrageira, seriam capazes de sequestrar grandes quantidades de carbono, realizando a mitigação a custos relativamente baixos e inclusive superando as emissões de GEE dos sistemas de produção animal. Dessa forma, os sistemas de produção pecuários não podem ser observados somente sob a ótica das emissões de GEE, mas devem ser observados também sob o contexto de balanço de carbono, onde o sequestro de carbono também deve ser considerado.

O objetivo desse artigo é ressaltar a necessidade de observações holísticas relacionadas à dinâmica de GEE na pecuária, apontando a importância de se melhorar o balanço de carbono desses sistemas de produção, tornando-os mais sustentáveis e evitando desordens ambientais, como a degradação das pastagens e a desertificação de áreas de produção.

## **Desenvolvimento**

### **A ineficiência zootécnica e a problemática ambiental da degradação das pastagens**

No Brasil, Primavesi (2007) ressalta que, dentre os desequilíbrios ambientais da atualidade relacionados às mudanças climáticas, a degradação das áreas agricultáveis é um dos pontos mais importantes, porque provoca a compactação, reduzindo a aeração dos solos, diminuindo a infiltração de água e aumentando a possibilidade de emissão de GEE, além de o solo descoberto favorecer o aumento da amplitude térmica que acelera ainda mais o processo de degradação.

No caso da Caatinga, um Bioma exclusivamente brasileiro, extensa parte de sua área encontra-se antropizada de forma imprópria, especialmente pelo manejo inadequado dos sistemas produtivos, com uso do fogo e agropecuária extensiva, culminando em solos extremamente degradados e em desertificação, com o ciclo de carbono alterado e emitindo GEE para atmosfera (Giongo et al., 2011). A Caatinga teve sua cobertura vegetal original e secundária reduzida de 460.063 km<sup>2</sup> para 443.121 km<sup>2</sup>, ou seja, o bioma sofreu uma perda aproximada de 2% entre 2002 e 2008 (CSR/IBAMA, 2010). Estima-se que a região Nordeste, que abriga a maior extensão de área com predominância do clima semiárido no Brasil, seja responsável pela emissão de 13% do CH<sub>4</sub> e 14% do N<sub>2</sub>O emitidos pelo setor brasileiro de agropecuária (MCTI, 2014).

A falta de correção do solo, de fertilização de manutenção e de controle da erosão, associados

ao manejo inadequado das plantas forrageiras, têm levado à degradação de milhões de hectares de pastagens (Oliveira, 2007). Na década de 90, Zimmer et al. (1994) já chamavam a atenção para o fato de que 30 milhões de hectares de pastagens de capim-brachiaria no Brasil estavam degradados e necessitavam de recuperação. Atualmente existem autores compilando informações de que 80% das pastagens cultivadas estão estabelecidas em solos degradados (Barcellos e Vilela, 2001; Kluthcouski e Aidar, 2003).

Entretanto, a estimativa do valor correto da área de pastagens degradadas no Brasil é desconhecida, mas há consenso de que o valor é bastante alto e seu conhecimento é imprescindível e fundamental para o planejamento da agricultura brasileira, pois a recuperação e intensificação dessas áreas de pastagens, bem como a adoção de sistemas integrados como a lavoura-pecuária, os sistemas silvipastoris e os sistemas agrossilvipastoris, permitem aumentar a capacidade de suporte animal e evitam a necessidade de abertura novas áreas destinadas à exploração com pastagens (Oliveira, 2007). Esse fato pode evitar a pressão de desmatamento sobre a floresta, permitir a diversificação das propriedades pecuárias, disponibilizar áreas para agricultura e agroenergia, colocar produtos pecuários mais próximos dos centros consumidores, além de melhorar a imagem nacional e internacional da pecuária brasileira, desgastada especialmente por sua associação com o desmatamento, emissão de GEE e mudanças climáticas.

Lal (2001) enfatiza que a mudança no uso da terra e a degradação do solo possuem uma contribuição importante no enriquecimento da atmosfera em CO<sub>2</sub>, sendo a degradação do solo especialmente importante para as regiões secas, onde a desertificação é um sério problema. Segundo o autor, a adoção de práticas inapropriadas para o uso do solo (superpastejo, falta de conservação do solo e consequente erosão e não conservação da água) e práticas sem preocupação com a manutenção da fertilidade do solo causam a depleção do estoque de carbono orgânico do solo e acentuam o processo de degradação e desertificação. Oliveira (2007) também enfatiza a correção e manutenção da fertilidade do solo e o manejo adequado das pastagens como forma de evitar a degradação e como meio de promover a recuperação das mesmas.

Por outro lado, Oliveira et al. (2014) ressaltam pontos positivos da pecuária, como o fato de o rebanho pecuário brasileiro, em especial os ruminantes, ser basicamente alimentado em seu

ambiente natural, garantindo grande conforto aos animais que não ficam contidos em confinamentos, sendo sua principal fonte de alimento as pastagens (IBGE, 2010), muitas vezes nativas, preservando a biodiversidade. Boa parte da evolução do setor pecuário brasileiro se deve às melhorias ocorridas nas pastagens, sendo que nas últimas quatro décadas houve um avanço muito grande da forma como as pastagens são tratadas dentro dos sistemas de produção. Alguns exemplos dos avanços ocorridos foram a adoção de pastagens cultivadas, a melhoria das pastagens nativas, o aumento da lotação animal e o ganho incremental na produtividade devido à melhoria da qualidade das pastagens.

Segundo Oliveira et al. (2014), em 1970 a área ocupada por pastagens naturais no Brasil era de 124,4 milhões de hectares e a de pastagens cultivadas era de 29,7 milhões de hectares. Em 2006 a situação já havia se invertido e as pastagens cultivadas ocupavam 101,4 milhões de hectares, enquanto as nativas ocupavam apenas 57,3 milhões de hectares. Com relação à lotação animal, em 1970, esse índice era de 0,51 cab/ha, enquanto em 2006 o valor dobrou atingindo 1,1 cab/ha.

Oliveira et al. (2014), discutindo dados do Censo Agropecuário 1970/2006, afirmam que, em termos de produção de leite, a melhoria na alimentação do rebanho, em especial nas pastagens, ajudou a aumentar a produção nacional. Entre os anos de 1980 e 2010, a produção de leite por vaca por ano dobrou, passando de 676 litros para 1.340 litros, como consequência de ganhos incrementais em fatores associados como o melhor manejo, sanidade e melhoramento genético. No mesmo período, com aumento de apenas 38% no número de vacas ordenhadas e queda de 6 milhões de hectares na área de pastagens, a produção nacional de leite foi triplicada, aumentando de 11,162 para 30,715 milhões de litros de leite por ano, refletindo todo o trabalho na melhoria das áreas de pastagens brasileiras.

Mas, apesar todos os avanços já realizados na pecuária no Brasil, o potencial de aumento de produção e produtividade das pastagens e dos índices zootécnicos dos sistemas de produção ainda é muito alto em relação à situação nacional atual, podendo contribuir em muito com o crescimento do agronegócio brasileiro de forma sustentável.

### **Emissões de gases de efeito estufa por sistemas de produção pecuários**

Globalmente, a pecuária é responsável por 8 a 10,8% da emissão de GEE (O'Mara, 2011). Tendo como base a análise de ciclo de vida (onde as emissões além da porteira são consideradas) a contribuição da pecuária está acima de 18% das emissões globais de GEE (O'Mara, 2011). A Ásia é a principal fonte de emissão de CH<sub>4</sub> entérico, mas a América Latina, a África, a Europa Ocidental e a América do Norte também são importantes emissores desse gás. Essas emissões são, em sua maioria, oriundas diretamente dos rebanhos ruminantes domesticados (O'Mara, 2011).

No Brasil, segundo informações apresentadas nas "Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa" (MCTI, 2014), as emissões totais de GEE brasileiras em 1.203.424 Gg de CO<sub>2</sub>eq., sendo 446.445 Gg de CO<sub>2</sub>eq. (cerca de 37%) relativa ao setor agropecuária e 175.685 Gg de CO<sub>2</sub>eq. (cerca de 15%) relativa ao setor mudanças do uso da terra e floresta.

Na Figura 1, podem-se observar as emissões brasileiras de GEE (CO<sub>2</sub>eq.) de 1990 até 2012. Neste período houve decréscimo na porcentagem de participação da mudança do uso da terra no total de emissões e, como consequência, a agricultura e a pecuária tornaram-se proporcionalmente os maiores emissores brasileiros de GEE, mesmo tendo aumentado muito pouco a emissão absoluta. O setor de energia apresentou praticamente a mesma emissão que o setor agropecuária, cerca de 37% das emissões totais estimadas, aumento que é atribuído à necessidade de uso de combustíveis fósseis para a geração de energia.

Das emissões relativas ao setor agropecuária, 38% são de N<sub>2</sub>O e 62% de CH<sub>4</sub>. As contribuições dos subsetores para a emissão do setor agropecuária em 2012 foram: 55,9% para a fermentação entérica, 35,9% para a emissão dos solos agrícolas, 4,8% para o manejo de dejetos animais, 1,9% para a cultura do arroz e 1,5% para a queima do algodão.

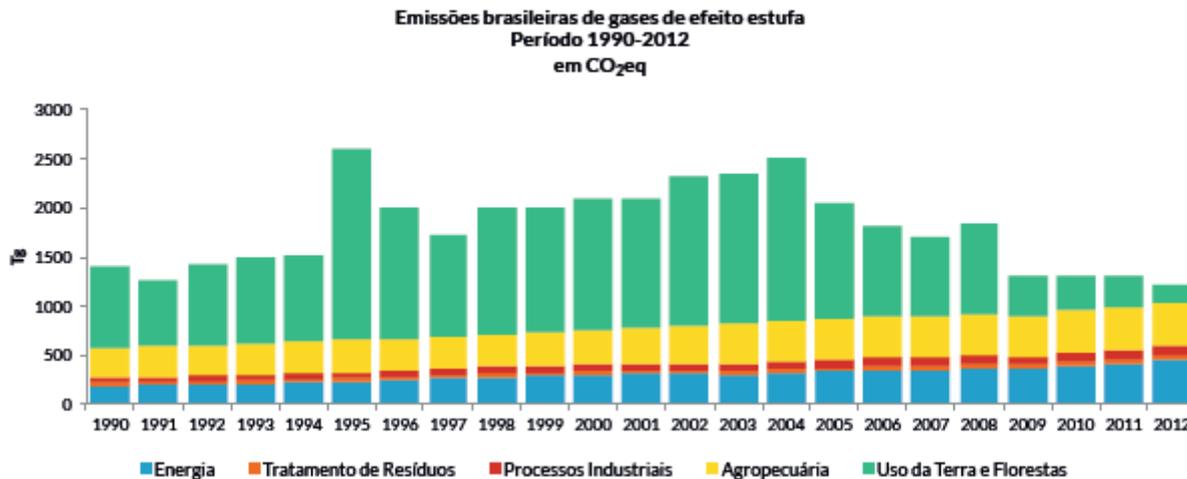


Figura 1. Emissões de gases de efeito estufa no Brasil, em CO<sub>2</sub>eq., entre os anos de 1990 e 2012. Tg = milhões de toneladas (MCTI, 2014)

No Brasil, do efetivo de animais ruminantes, 88,62% são bovinos, seguidos por ovinos, caprinos e bubalinos (IBGE, 2010). A emissão de CH<sub>4</sub> entérico, que é resultado de um processo natural e intrínseco aos ruminantes (MCTI, 2014), aumenta com o aumento do rebanho nacional. O Primeiro Inventário das Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2004) estimou que as emissões totais de CH<sub>4</sub> entérico foram de 184,8 Gg de CO<sub>2</sub>eq./ano, enquanto que o Segundo Inventário Brasileiro das Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa (MCT, 2010) indicou emissões de metano entérico de 241,227 Gg de CO<sub>2</sub>eq./ano. Por sua vez, o Relatório das Estimativas Anuais de Gases de Efeito no Brasil (MCTI, 2013) apresentou emissões de CH<sub>4</sub> entérico da ordem de 246,569 Gg de CO<sub>2</sub>eq./ano em 2010. As três publicações estimaram rebanhos de 158.243.229; 207.156.696; 209.541.109 animais, respectivamente. Em 2010, a espécie bovina contribuiu com 96,8% das emissões de metano por fermentação entérica, sendo apenas de 3,2% a emissão de outras espécies animais.

Segundo revisão apresentada por Berndt et al. (2014), a produção de CH<sub>4</sub> depende da quantidade e da qualidade do alimento digerido, do tipo de animal, da quantidade e do grau de digestibilidade da massa digerida (MCT, 2006), assim como das várias modalidades e condições de sistemas de criação dos animais.

Estudos realizados no Brasil demonstram os benefícios da melhoria da digestibilidade da dieta de ruminantes, favorecendo a ingestão alimentar, ganho de peso e diluição das emissões de CH<sub>4</sub> por unidade de produto. A ausência de

estratégias de aprimoramento de manejo resulta em um fator médio de emissão de 59,5 kg CH<sub>4</sub>/animal bovino por ano. Os fatores de emissão sugeridos pelo IPCC (2006) para a América Latina são 63 kg CH<sub>4</sub>/animal por ano para vacas de leite e 56 kg CH<sub>4</sub>/animal por ano para outros bovinos, valores próximos aos encontrados em pesquisas no Brasil para essas mesmas espécies animais (Berndt et al., 2014).

Por outro lado, Berndt et al. (2014) enfatizam que estratégias de manejo da pastagem ou alimento volumoso, estratégias nutricionais (interferência direta no rúmen, a redução da população de micro-organismos metanogênicos, uso de aditivos) associados ao melhor desempenho animal resultam em um fator médio de emissão para bovinos de corte de 39,2 kg CH<sub>4</sub>/animal por ano, um valor 34,2 % menor do que a média dos animais produzidos sem estratégias de mitigação (59,5 kg CH<sub>4</sub>/animal por ano). Esses resultados indicam que há um grande potencial de mitigação das emissões de CH<sub>4</sub> sob as condições de produção de bovinos no Brasil (Berndt e Tomkins, 2013, citado por Berndt et al., 2014).

Devido a esse cenário, o mais recente desafio no sistema de produção de ruminantes é desenvolver dietas e estratégias de gestão que minimizem a produção relativa de CH<sub>4</sub> (kg de CH<sub>4</sub> / kg de carne ou leite), permitindo uma maior eficiência de produção e redução no impacto negativo da produção pecuária sobre o aquecimento global (Berndt et al., 2014).

De forma contrária, a emissão de N<sub>2</sub>O não tem se mostrado muito significativa nas condições brasileiras de pastagens, podendo em algumas

ocasiões, onde baixas doses de nitrogênio (N) são aplicadas em solos pobres em fertilidade, sequer chegar a emitir  $N_2O$  pelo processo de desnitrificação. Avaliando dois sistemas de produção, um baseado em pastagem extensiva sem nenhum tipo de adubação ou correção do solo (sistema extensivo) e outro em pastagens irrigadas e adubadas com 456 kg/ha de N por ano (20-05-20 + 5% S), parcelado em 12 aplicações, sendo seis da época das águas (36 kg de N/ha em cada aplicação) e seis da época da seca (33 kg/ha por aplicação) (sistema intensivo), Oliveira et al. (2013) observaram que o sistema extensivo apresentou durante a primavera menor emissão de  $N_2O$  do que o sistema intensivo. A magnitude das emissões foi muito baixa, representando, na pastagem intensiva, somente 0,01% da quantidade de N aplicada naquele ciclo de pastejo, valor muito abaixo do fator de emissão [Fator de emissão =  $(N-N_2O \text{ emitido com aplicação de fertilizante nitrogenado} - N-N_2O \text{ emitido sem aplicação de fertilizante nitrogenado}) * 100 / \text{quantidade de N aplicada}$ ] proposto pelo IPCC. Tal fenômeno pode ser atribuído às condições desfavoráveis à desnitrificação encontradas nos solos tropicais brasileiros, como baixa disponibilidade de N, solos estruturados e bem drenados, com boa porosidade e aeração (Oliveira et al., 2014).

Morais et al. (2013) avaliaram a emissão de  $N_2O$  durante 618 dias em uma área de capim elefante e encontraram perdas de apenas 726 g/ha de  $N-N_2O$  durante o plantio convencional do capim. Nesse período, depois dos ciclos de colheita, as emissões de  $N_2O$  foram de 173, 410 e 705 g/ha de  $N-N_2O$  para cada ciclo de crescimento, respectivamente, equivalente a um fator de emissão de 0,51% com um intervalo de confiança de 0,35–0,73%, quase metade do fator de emissão proposto pelo IPCC (1% da dose de N aplicada).

Sordi et al. (2014) avaliaram os fatores de emissão de fezes e urina de bovinos em pastagens na região subtropical do Brasil e encontraram valores de 0,15% para fezes e 0,26% para urina, bem abaixo do fator de emissão de 2% proposto pelo IPCC para deposição de excretas sobre o solo. Lessa et al. (2014), também chegaram à conclusão de que é preciso rever os fatores de emissão de  $N_2O$  para as pastagens do Cerrado brasileiro.

Em 2009, na Conferência das Partes sobre mudança do clima (COP-15), que ocorreu em Copenhague, na Dinamarca, o Brasil se destacou com avançadas propostas voluntárias de “Ações de Mitigação Nacionalmente Adequadas” (NAMAs, da sigla em inglês), com as seguintes

metas para 2020, para o setor “agropecuária”: reduções de 83 a 104 Mt de  $CO_2eq.$  com recuperação de pastagens, de 18 a 22 Mt de  $CO_2eq.$  com integração lavoura-pecuária, de 16 a 20 Mt de  $CO_2eq.$  com plantio direto e de 16 a 20 Mt de  $CO_2eq.$  com fixação biológica de N (BRASIL, 2010).

Desta forma, os esforços para as mensurações das emissões de GEE e do sequestro de carbono na agropecuária revestem-se de muita importância, porque, além da importância para orientar a melhoria da eficiência da pecuária, esse valores serão a base para a comprovação do alcance das metas propostas.

### **A importância da mitigação dos gases de efeito estufa e da preservação ambiental.**

O manejo adequado dos solos degradados, especialmente nos processos de reforma ou recuperação de pastagens, por um lado promove, em curto prazo, aumento nas emissões de GEE tanto em função do revolvimento do solo quanto devido à aplicação de fertilizantes nitrogenados. Por outro lado, em longo prazo, essas práticas aumentam a quantidade de C armazenada no solo. Dessa forma para a avaliação da dinâmica de GEE nesses sistemas de produção, torna-se necessário considerar o balanço de C, que é a contabilidade entre as entradas (acúmulo de C) e saídas de GEE ( $N_2O$  e  $CH_4$ ) dos sistemas de produção em um determinado período de tempo, expresso em equivalente  $CO_2$ . Se o balanço de C for positivo, subentende-se que o sistema é benéfico ao meio ambiente, pois está havendo maior retenção do que emissão de GEE; se o balanço for negativo, há maior emissão do que a retenção dos GEE nos sistemas de produção, o que não é desejável.

O controle da desertificação e a recuperação dos solos e ecossistemas poderiam melhorar a qualidade do solo e o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, aumentar a quantidade de carbono armazenada no solo e na biomassa, além de promover a redução da emissão de C para a atmosfera (Lal, 2001).

O controle da desertificação e a recuperação dos solos são obtidos pelo estabelecimento de cobertura vegetal com espécies apropriadas, melhor eficiência de uso da água, usando a irrigação suplementar, inclusive de águas de reuso; desenvolvimento de uma estratégia de manejo integrado de nutrientes que enriqueçam o solo e adoção de sistemas de produção com controle da erosão e da salinização. Apesar dos custos com carbono advindos do uso de insumos, como combustíveis fósseis e fertilizantes, a adoção dessas práticas é importante para promover o sequestro de C no sistema. Com

a adoção de boas práticas nos sistemas de produção, o potencial total de sequestro de carbono em terras sob clima árido é de 0,9 a 1,9 Pg C/ano por 25 a 50 anos, antes que a taxa de sequestro de C fique inexpressiva (Lal, 2001). Além disso, o sequestro de C nos solos e ecossistemas tem inúmeros benefícios auxiliares, como o aumento de produtividade e a segurança alimentar, sendo necessário o estabelecimento de políticas públicas para facilitar a adoção de práticas recomendadas e para a precificação do carbono sequestrado (Lal, 2001).

O potencial de mitigação das emissões de GEE em escala global para agricultura foi avaliado no quarto relatório divulgado pelo IPCC (Smith et al., 2007, citado por O'Mara, 2011), que mostrou um potencial técnico de mitigação da ordem de 5.500 a 6.000 milhões de toneladas CO<sub>2</sub>eq./ano até 2030, comparado a uma emissão projetada para o mesmo ano de 8.200 milhões de toneladas CO<sub>2</sub>eq./ano. A maior parte desse valor (89%) está relacionada ao sequestro de C do solo. O potencial técnico de mitigação para o CH<sub>4</sub>, proveniente da fermentação entérica, manejo de dejetos e manejo das culturas de arroz, foi somente de 9% do total, ou aproximadamente 500 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq./ano. Menos da metade disso foi relativo à fermentação entérica.

Os solos da região Semiárida brasileira têm sido submetidos a intenso processo de degradação e desertificação, devido à atividade agropastoril extensiva, calcada em sistemas de manejo convencionais, associada à mudança de uso da terra (substituição da vegetação nativa por culturas), principalmente por meio de queimadas e da retirada de madeira. Isto tem reduzido os estoques de carbono no solo e aumentado a emissão de GEE para a atmosfera (Ferreira et al., 2014). Neste sentido, estratégias como a adoção de sistemas conservacionistas, baseados em menor ou nenhum revolvimento do solo, no aumento do aporte de resíduos vegetais e na rotação de culturas, além da implantação de pastagens e florestamento com espécies nativas, podem recuperar os estoques de C e mitigar as emissões de GEE nesse bioma (Ferreira et al., 2014).

Em pastagens sob manejo intensivo, observa-se ao longo dos anos aumento no teor de matéria orgânica e conseqüentemente da capacidade de troca de cátions do solo; assim, ocorrem por vezes teores maiores de matéria orgânica nas áreas de pastagem sob manejo intensivo do que na área de mata não antropizada localizada na mesma gleba (Oliveira et al., 2014). Isso acontece porque durante o manejo da pastagem há perdas de pastejo, representadas pelas folhas e pelas hastes quebradas,

envelhecidas e rejeitadas, além do resíduo de pós-pastejo e dos dejetos depositados pelos animais na superfície do solo (Oliveira et al., 2014). Outro fator importante que contribui para o aumento da matéria orgânica no solo sob pastagem é a incorporação de matéria orgânica oriunda do sistema radicular, uma vez que após o corte da planta verifica-se a morte de até 50% do sistema radicular (Moraes, 1991; Cecato et al., 2001).

Um exemplo da interferência positiva do melhor manejo e da correção e fertilização do solo em pastagens foi observado por Segnini et al. (2013), que avaliaram o sequestro de carbono em quatro sistemas de produção de bovinos de corte mantidos a pasto: pastagem sob manejo intensivo irrigado com alta lotação (adubação nitrogenada com 600 kg/ha de N), pastagem sob manejo intensivo de sequeiro com alta lotação (adubação nitrogenada com 400 kg/ha de N), pastagem sob manejo intensivo de sequeiro com lotação animal moderada (adubação nitrogenada com 200 kg/ha de N) e pastagem degradada, comparados com a Floresta Estacional Semidecidual no Bioma Mata Atlântica. O manejo adotado nos sistemas de produção afetou o estoque de C no solo nas camadas de 0 a 30 cm e de 0 a 100 cm de profundidade. Os maiores estoques de C foram observados para os sistemas sob manejo intensivo de sequeiro com alta e moderada lotação animal e o mais baixo estoque para a pastagem degradada em ambas as profundidades. Os estoques de carbono (0 a 100 cm) variaram de 99,2 Mg/ha de C na pastagem degradada a 142,4 Mg/ha de C na pastagem de sequeiro com média lotação animal, enquanto que na Floresta Estacional Semidecidual o valor foi de 115,5 Mg/ha. Nos sistemas de sequeiro de alta e moderada lotação animal foram observadas taxas de acúmulo de C na camada de 0 a 100 cm de 1,93 e 1,80 Mg/ha de C por ano, respectivamente, mostrando um favorável acúmulo de carbono nos sistemas mais intensificados.

A simulação de um balanço entre as emissões e as remoções de GEE num processo de recuperação direta de pastagem é apresentada na Tabela 1. É possível observar que o balanço é positivo, com um saldo de 7,68 Mg/ha de CO<sub>2</sub>eq. sequestrado anualmente, garantindo o abatimento das emissões dos animais, importante para a sustentabilidade da atividade pecuária (Oliveira et al., 2014). Além das emissões provenientes dos animais e do uso de fertilizantes, outras emissões também deveriam ser consideradas, como o trânsito de máquinas e equipamentos agrícolas, o que deve ser foco de futuros estudos (Oliveira et al., 2014).

O potencial de mitigação da emissão de N<sub>2</sub>O para as condições brasileiras necessita de mais informações, visto que, no momento os trabalhos estão focados na obtenção dos fatores de emissão desse gás. Zanata et al. (2010) avaliaram o impacto da aplicação de fertilizantes nitrogenados nos fluxos de N<sub>2</sub>O e CH<sub>4</sub> em um Gleissolo no Sul do Brasil, e obtiveram redução das emissões de N<sub>2</sub>O do solo pelo uso de fontes amoniacais e amídicas em detrimento de fontes nítricas. Os fertilizantes de liberação lenta e com inibidores de urease também são alternativas potenciais visando à mitigação das emissões de N<sub>2</sub>O para atmosfera (Snyder et al., 2009; Zanata et al., 2010).

Entretanto, opções de mitigação devem ser consideradas e mensuradas, como o uso de fontes alternativas de fertilizantes, uso de inibidores de urease, uso de inibidores de nitrificação, adoção de nutrição de precisão na dieta dos animais, especialmente no que tange ao correto balanceamento da proteína, adoção de pastejo rotacionado, melhorando a distribuição da deposição dos dejetos (fezes e urina) nas áreas de pastagens, conservação e manutenção da estrutura bem aerada dos solos, adoção de um programa de recomendação de fertilização nitrogenada que leve a menores perdas, dentre outros.

Tabela 1. Simulação de um balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEEs, considerando-se apenas os principais processos produtivos.

Tipo de vegetação	Tempo anos	Estoque	Estoque	Carbono	C emitido	Lotação	N <sub>2</sub> O	Diferença
		de C <sup>†</sup>	de C	sequestrado <sup>£</sup>	bovino <sup>€</sup>	Animal	emitido <sup>§</sup>	líquida
		Mg/ha	Mg/ha. ano	Mg CO <sub>2</sub> eq.	Mg CO <sub>2</sub> eq.	n/ha	Mg CO <sub>2</sub> eq.	Mg CO <sub>2</sub> eq.
Cerradão	0	129						
Pastagem Extensiva	27	174	1,7	6,1	0,975	1	0,88	4,3
Pastagem manejada	Bem 30	223	3,13	11,49	0,975	3	0,88	7,68

Fonte: Oliveira et al. (2014)

† estoque de C na profundidade de 0 a 100cm, segundo Segnini, et al. (2007)

£ usado o fator de conversão 3,67

€39 kg CH<sub>4</sub>/animal/ano, segundo Primavesi et al. (2012)

§39\*25=0,975 kg Mg CO<sub>2</sub> eq. /animal/ano, considerando-se um fator de correção de 25, oriundo do potencial de aquecimento 25 vezes maior do metano em relação ao gás carbônico (IPCC, 2007)

§3 kg N<sub>2</sub>O óxido nitroso/ha, 296\*3=0,88 t CO<sub>2</sub> eq./ha, considerando-se um fator de correção de 296 (IPCC, 2007).

O potencial de mitigação para o CH<sub>4</sub> entérico foi considerado em três grande categorias por Smith et al. (2007), citado por O'Mara (2011), sendo: (i) melhoria das práticas de alimentação (incluindo a substituição de forragens por concentrados, melhorando as forragens, incluindo leguminosas e mais fontes de gordura nas dietas); (ii) uso de aditivos e agentes de redução da emissão de CH<sub>4</sub> entérico, tais como somatotropina bovina, hormônios estimulante do crescimento, ionóforos e precursores de propionato (embora com pouca aceitabilidade e aplicabilidade em muitas regiões do mundo); (iii) bem como a longo

prazo, mudanças estruturais e de manejo e o melhoramento animal.

No Brasil, Berndt et al. (2014) enfatizam que as principais estratégias para a redução da emissão de CH<sub>4</sub> entérico envolvem: melhoria dos índices zootécnicos de produção e reprodução (redução da idade de abate, redução do intervalo entre partos, redução da idade a primeira cria); reduzindo a necessidade de matrizes sobressalentes e aumentando a longevidade reprodutiva das vacas; melhoria do mérito genético dos animais e das plantas forrageiras; utilização de aditivos e suplementos alimentares;

melhoria da conversão alimentar; melhoria do manejo dos animais e da pastagem e uso de água de boa qualidade, garantindo animais saudáveis, pois animais doentes emitem mais GEE e possuem seu desenvolvimento comprometido; e melhoria do bem-estar animal, livrando os animais de stress. Em termos de manejo nutricional e manipulação do rúmen, estratégias específicas devem ser consideradas como alternativas que sejam drenos para o  $H_2$  produzido pela fermentação entérica e redução da população de microrganismos metanogênicos como as Archaea devem ser consideradas (Joblin, 1999, citado por Berndt et al., 2014).

Berndt, et. al. (2014), elaboraram uma revisão de estratégias nutricionais e de manejo para reduzir a emissão de  $CH_4$  entérico e o efeito sobre a produção animal potencial. As estratégias incluem uso de manejo intensivo de pastagem, uso de grãos e alimentos concentrados na dieta dos animais, processamento adequado das forragens conservadas de modo a aumentar sua digestibilidade, uso de leguminosas, de taninos, saponinas, compostos secundários, óleos essenciais, adição de óleos e gorduras saturadas ou insaturadas, ionóforos, nitrato, leveduras, malato e fumarato.

O'Mara (2011) enfatiza as implicações econômicas para a problemática da dinâmica de GEE e relata que existem tecnologias para a mitigação desses gases, mas elas são limitadas e há implicações de custo que restringem o seu uso. Esse fato destaca a necessidade de desenvolvimento de formas de computar esses custos para garantir a adoção das tecnologias já existentes. Em muitos casos, as tecnologias para a mitigação da emissão de GEE possuem potencial técnico maior que o potencial econômico e esse processo é dependente do preço que pode ser pago pela tonelada de  $CO_2$ -eq. mitigado. Para o  $CH_4$ , cujo potencial de mitigação seria de 500 milhões de toneladas de  $CO_2$ -eq./ano (metade desse valor é representado pelo  $CH_4$  entérico), ao preço de US\$20/tonelada de  $CO_2$ -eq., o potencial de mitigação seria reduzido a menos que 150 milhões de toneladas de  $CO_2$ -eq./ano (O'Mara, 2011). No caso da melhoria das pastagens degradadas, que têm o maior potencial de redução de emissão de GEE pelo sequestro de carbono (cerca de 800 milhões de toneladas de  $CO_2$ -eq./ano), os custos envolvidos são bastante elevados. A um preço de US\$20/tonelada de  $CO_2$ -eq., o potencial de mitigação pela melhoria das pastagens seria reduzido a menos de 200 milhões de toneladas de  $CO_2$ -eq./ano (O'Mara, 2011).

## Conclusão

A degradação de pastagens, o mais importante problema ambiental da pecuária, também pode contribuir para a emissão de GEE e pode levar à desertificação. Ações de mitigação dessas emissões podem amenizar esse problema e devem ser observadas considerando-se o balanço de carbono dos sistemas de produção pecuários. Na pecuária, existe possibilidade de mitigação das emissões de GEE pela redução da emissão do  $CH_4$  e do  $N_2O$ , entretanto, o maior potencial de mitigação está no sequestro de carbono que ocorre durante a recuperação das pastagens. Apesar disso, grande ênfase é dada aos aspectos envolvendo a emissão de  $CH_4$  entérico pelos ruminantes e suas formas de mitigação. Esse fato tem levado à publicação de artigos científicos com visão restrita em importantes meios de comunicação científica. A adoção das tecnologias que promovem a mitigação das emissões de GEE depende, especialmente, de questões econômicas e não somente da viabilidade técnica das ações de mitigação propostas.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelo financiamento do projeto 562861/2010-6,

À Embrapa pelo financiamento da rede de pesquisa PECUS,

À CAPES pelo financiamento do projeto CAPES x EMBRAPA de bolsas de estudo a alunos de pós-graduação.

## Referências

- Barcellos, A.deO., Vilela, L., 2001. Restabelecimento da capacidade produtiva de pastagens por meio da introdução de *Stylosantes guianensis* cv. Mineirão. Embrapa Cerrado, Planaltina. (Embrapa Cerrado. Comunicado técnico, 65).
- Berndt, A., Alves, B.J.T., Barioni, L.G., Boddey, R.M., 2014. Mitigação da Emissão de Gases da Produção Animal, in: Palhares, J.C.P., Gebler, L. (Eds.), Gestão Ambiental na Agropecuária. Embrapa, Brasília, pp. 285-318.
- BRASIL, 2010. Nota nº 31, de 29 de janeiro. Disponível:  
[http://www.mre.gov.br/portugues/imprensa/nota\\_detalhe3.asp?ID\\_RELEASE=7811](http://www.mre.gov.br/portugues/imprensa/nota_detalhe3.asp?ID_RELEASE=7811) Acesso: 12 abr. 2010.
- Cecato, U., Cano, C.C.P., Bortolo, Herling, V.R., Canto, M.W. do, Castro, C.R. de C., 2001. Teores de carboidratos não-estruturais, nitrogênio total e peso de raízes em *coastcross-1* (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) pastejado por ovinos. Revista Brasileira de Zootecnia 30, 644-50.

- CSR/IBAMA. 2010. Centro de Sensoriamento Remoto do INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por Satélite. Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. CRS/IBAMA, Brasília. Disponível: [http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/caatinga/relatrio\\_tcnico\\_caatinga\\_72.pdf](http://siscom.ibama.gov.br/monitorabiomas/caatinga/relatrio_tcnico_caatinga_72.pdf). Acesso: 02 maio 2015.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. Livestock's Long Shadow: environmental issues and options. FAO, Roma. Disponível: <http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.htm>. Acesso: 15 out. 2015.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009. Grasslands: enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation. FAO, Rome. Disponível: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/FinalUNFCCCgrassland.pdf>. Acesso: 16 jul. 2010.
- Ferreira, A.C.C., Leite, L.F.C., Araújo, A.S.F., Eisenhauer, N., 2014. Land-use type effects on soil organic carbon and microbial properties in a semi-arid region of northeast Brazil. *Land Degradation & Development* (Print). DOI: 10.1002/ldr.2282.
- Giongo, V., Cunha, T.J.F., Mendes, A.M.S., Gava, C. A.T., 2011. Carbono no sistema solo-planta no Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia Física* 4, 1233-1253.
- Holter, J.B., Young, A.J., 1992. Nutrition, feeding and calves: methane prediction in dry and lactating Holstein cows. *Journal Dairy Science* 75, 2165-2175.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários - Brasil - 1970/2006. Disponível: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/defaulttab\\_censoagro.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/defaulttab_censoagro.shtm). Acesso: 15 out. 2015.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories.. Agriculture, Forestry and Other Land Use. v. 4. Hayama, Japan.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Climate Change 2007: Mitigation Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- Kluthcouski, J., Aidar, H., 2003. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: Kluthcouski, J., Stone, L.F., Aidar, H. (Eds.), *Integração Lavoura-Pecuária*. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antonio de Goiás, pp.182-224.
- Lal, R. 2001. Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Climate Change* 51, 35-72.
- Lessa, A.C.R., Madari, B.E., Paredesa, D.E., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R., 2014. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 190, 104–111.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 2008. Projeções do Agronegócio – Brasil – 2008/09 a 2018/19. Disponível: [http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/projecoes%20do%20agronegocio.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/projecoes%20do%20agronegocio.pdf). Acesso: 15 out. 2015
- McAllister, T.A., Okine, E.K., Mathison, G.W., Cheng, K.J., 1996. Dietary, environmental and microbiological aspects of methane production in ruminants. *Canadian Journal Animal Science* 76, 231-243.
- MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2004. Brazil's Initial Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change. MCT, Brasília.
- MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência: Emissões de Metano pela Pecuária. MCT, Brasília.
- MCT. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010. Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal - Parte II da Segunda Comunicação Nacional do Brasil. Disponível: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>. Acesso: 15 out. 2015.
- MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2013. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. MCTI, Brasília. Disponível: [http://www.mct.gov.br/upd\\_blob/0226/226591.pdf](http://www.mct.gov.br/upd_blob/0226/226591.pdf). Acesso: 13 mar. 2015.
- MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2014. Estimativas anuais de

- emissões de gases de efeito estufa no Brasil. MCTI, Brasília.
- Moraes, A., 1991. Produtividade animal e dinâmica de uma pastagem de pangola (*Digitaria decumbens*, Stent) e trevo branco (*Trifolium repens*, L.) submetida a diferentes pressões de pastejo. Tese (Doutorado). Porto Alegre, UFRGS.
- Morais, R.F., Boddey, R.M., Urquiaga, S., Jantalia, C.P., Alves, B.J.R., 2013. Ammonia volatilization and nitrous oxide emissions during soil preparation and N fertilization of elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Soil Biology & Biochemistry* 64, 80 - 88.
- O'Mara, F. P., 2011. The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology* 166-167, 7-15
- O'Mara, F. P., 2012. The role of grasslands in food security and climate change. *Annals of Botany* 110, 1263-1270
- Oliveira, P.P.A., 2007. Recuperação e reforma de pastagens, in: Pedreira, C.G.S., Moura, J.C.de, Silva, S.C.da, Faria, V.P.de. (Eds.), *Produção de Ruminantes em Pastagens*. FEALQ, Piracicaba, pp. 39-73.
- Oliveira, P.P.A., Alves, T.C., Pedroso, A.deF., Marques, R., Passeri, L.F., Pezzopane, J.R.M., Berndt, A. Nitrous oxide emissions from different dairy cattle production systems with tropical pastures during the Brazilian spring. *Advances in Animal Biosciences* 4, 501.
- Oliveira, P.P.A., Bernardi, A.C.deC., Alves, T.C., Pedroso, A.deF., 2014. Evolução na recomendação de fertilização de solos sob pastagens: eficiência e sustentabilidade na produção pecuária, in: Valadares Filho, S.deC, *O Encontro do Boi Verde-amarelo*. UFV, Viçosa, pp. 289-344.
- Primavesi, O., 2007. A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global. Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos. (Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, 72).
- Primavesi, O., Berndt, A., Lima, M.A., Frighetto, R.T.S., Demarchi, J.J.A.A., Pedreira, M.S., 2012. Produção de gases de efeito estufa em sistemas agropecuários, in: Lima, M.A., Boddey, R.M., Alves, B.J.R., Machado, P.L.O.deA., Urquiaga, S. (Eds Tecs.) *Estoques de Carbono e Emissões de Gases de Efeito Estufa na Agropecuária Brasileira*. Embrapa, Brasília, pp. 239-270.
- Ripple, W.J., Smith, P., Haberl, H., Montzka, S.A., McAlpine, C., Boucher, D.H., 2014. Commentary: Ruminants, climate change and climate policy. *Nature Climate Change* 4, 2-5. Disponível: [www.nature.com/natureclimatechange](http://www.nature.com/natureclimatechange). Acesso: 13 mar. 2015
- Segnini, A., Martin Neto, L., Primavesi, O., Milori, D.M.B.P., Silva, W.T.L. da, Simões, M.L., 2007. Sequestro de carbono em solos com gramíneas. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Circular Técnica, 41).
- Segnini, A., Oliveira, P.P.A., Otaviani Junior, P.L., Xavier, A.A.P., Ferreira, E.J., Sperança, M.A., Pezzopane, J.R.M., Milori, M.B.P., Martin Neto, L., 2013. Assessing soil carbon stocks and accumulation rates in Brazilian livestock production systems. *Advances in Animal Biosciences* 4, 339.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., Fixen, P.E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133, 247-266.
- Sordi, A., Dieckowa, J., Bayer, C., Albuquerque, M. A., Pivac, J.T., Zanatta, J.A., Tomazi, M., Rosab, A.M., Moraes, A., 2014. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 190, 94-103.
- USEPA. Environmental Protection Agency, 1990. Methane emissions and opportunities for control. Workshop results of Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Zanatta, J.A., Bayer, C., Vieira, F.C.B., Gomes, J., Tomazi, M., 2010. Nitrous oxide and methane fluxes in South Brazilian Gleysol as affected by nitrogen fertilizers. *Revista Brasileira da Ciência do Solo* 34, 1653-1665.
- Zen, S.de, Barioni, L.G., Bonato, D.B.B., Almeida, M.H.S.P.de, Ritti, T.F., 2008. Pecuária de Corte Brasileira: impactos ambientais e emissões de gases de efeito estufa (GEE). Disponível: [www.cepea.esalq.usp.br](http://www.cepea.esalq.usp.br). Acesso: 24 abr. 2009.
- Zimmer, A.H., Macedo, M.C.M., Barcellos, A.deO., Kichel, A.N., 1994. Estabelecimento e recuperação de *Brachiaria*, in: Peixoto, A.M.; Moura, J.C.de, Faria, V.P.de. (Eds.), *Manejo da Pastagem Brachiaria*. FEALQ, Piracicaba, pp.153-208.

