

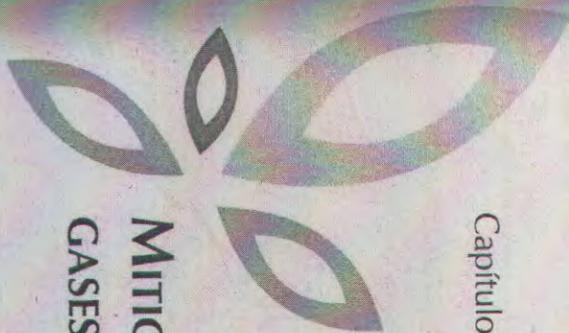
PROCI-2015.00155  
BER  
2014  
SP-PP-2015.00155

Mitigação da emissão de ...  
2014 SP-PP-2015.00155



CPPSE-23302-1

Capítulo 7



**MITIGAÇÃO DA EMISSÃO DE  
GASES DA PRODUÇÃO ANIMAL**

Alexandre Berndt  
Bruno José Rodrigues Alves  
Luis Gustavo Barioni  
Robert Michael Boddey

## INTRODUÇÃO

Qualquer atividade humana causa alteração no meio ambiente. Crises decorrentes dessas atividades dependem da gravidade das alterações causadas. As alterações podem ter impactos locais, regionais ou globais. Um exemplo atual das atividades locais impactando o globo é o aquecimento global decorrente do aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. As crises ambientais podem ser entendidas como conflitos de interesses entre a população crescente, a poluição causada por essa população e os recursos naturais, necessários à população e afetados por ela.

O homem vem causando impacto no meio ambiente desde a Pré-História, quando deixou de ser extrativista, passou a viver em grupos, inventou o fogo e aperfeiçoou a agricultura e a pecuária, fundamentais para o desenvolvimento das sociedades. Os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente ficaram mais evidentes durante a Revolução Industrial, no século 17, quando a industrialização e o consumo de carvão na Europa começaram a causar problemas nas cidades. Um exemplo clássico desse período foi a extinção de mariposas da espécie *Biston betularia* que apresentavam manchas claras e escuras para se camuflarem nos líquens das árvores. Com a revolução industrial, os troncos ficaram recobertos de fuligem, os pássaros passaram a enxergar e comer as mariposas com manchas brancas, favorecendo a multiplicação das populações de mariposas escuras (KETTLEWELL, 1959). Mais recentemente, nos últimos 30 anos, o valor e a importância dos recursos naturais passaram a ser maiores.

A principal causa do grande impacto no meio ambiente global é o aumento da população humana, que demanda cada vez mais os recursos naturais. As Nações Unidas estimam que a população do planeta atinja 9,3 bilhões em 2050. Essa população será mais rica, mais longeva e mais exigente em relação à qualidade dos alimentos. Até 2020 a demanda global por alimentos crescerá 20% (FAO, 2002) e o Brasil poderá atender à cerca de 40% desse incremento. A maior exigência do mercado envolverá aspectos de qualidade nutricional, responsabilidade social, bem-estar animal e sustentabilidade ambiental. Atualmente pode-se afirmar que há um desequilíbrio na disponibilidade de alimento no mundo, evidenciando discrepâncias claras entre populações subnutridas em contraste com grupos sofrendo de obesidade. O desafio futuro para a produção de alimentos será compatibilizar a necessidade de incremento de produção, impulsionado

pela maior demanda, associada à distribuição mais eficiente com menores desperdícios e à crescente preocupação com a preservação ambiental.

O apêndice 1 da *Declaração do Rio*, elaborada durante a Eco 92, tem como primeiro princípio que “os seres humanos estão no centro das preocupações com o desenvolvimento sustentável. Têm o direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza” (UNITED NATIONS, 1992).

A crescente produção de alimentos pode causar impactos nos cursos d'água (lixiviação, eutrofização, assoreamento, contaminação com defensivos, antibióticos, hormônios), no solo (erosão, contaminação) e na atmosfera (poluição por diversos contaminantes e emissões de GEE).

Na última década, o debate sobre as mudanças climáticas, causadas pela emissão de GEE e consequente aquecimento global, alcançou o setor agropecuário mundial. Em todo o planeta as nações identificaram que a produção de alimento, fundamental para o desenvolvimento das sociedades, também contribui com emissões de GEE. Apesar de a queima de combustíveis fósseis ser a maior fonte global de GEE, respondendo por mais de 60% das emissões antrópicas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2007), outros setores produtivos industriais e agropecuários também têm sua parcela de contribuição e podem contribuir para a redução das emissões.

O Brasil tem papel de destaque nesse cenário, pois possui uma extensa área territorial associada a uma condição climática favorável, uma boa competência produtiva e uma crescente preocupação com a sustentabilidade. Uma pecuária sustentável pode ser considerada quando não pratica desmatamento ilegal, trabalha com responsabilidade social, permite o lucro e sustento familiar digno, preserva áreas naturais, conserva a biodiversidade, usa a água de forma racional, evita a formação e recupera áreas com pastagens degradadas, conserva o solo e emite menos GEE. A recente definição das alterações no Código Florestal Brasileiro é importante nesse contexto.

## SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIOS NO BRASIL

O Brasil, por sua extensão territorial, diversidade edafoclimática, e desigualdades socioeconômicas regionais, apresenta grande

heterogeneidade nos sistemas de produção agropecuária. Além dos condicionantes regionais, as características dos sistemas produtivos são também visceralmente ligadas à adoção de tecnologia, sendo frequentes encontrar-se sistemas com níveis de produtividade bastante contrastantes em unidades produtivas vizinhas e com condições edafoclimáticas e topográficas semelhantes. Nesse aspecto, a bovinocultura apresenta amplitude de produtividade ímpar e, por sua versatilidade, é encontrada em todo o território nacional, tanto em sistemas que beiram o extraterritorialismo até em sistemas altamente tecnificados e produtivos. Tais sistemas apresentam enormes variações quanto à escala de produção, ao uso de insumos (fertilizantes, rações e produtos veterinários, sementes de forrageiras, combustíveis, energia elétrica, etc.) e ao nível de risco (de produção, preços, financeiros). Consequentemente, características tais como taxa de lotação, taxa de natalidade, taxa de ganho de peso dos animais, idade de abate e fluxos de GEE, entre outros fatores, apresentam intensos contrastes. A variação em taxa média de lotação agregada em nível municipal, apresentada na Figura 1, embora seja insuficiente para caracterizar a produtividade do sistema, indica a grande diversidade encontrada na nossa pecuária.

A produção de carne é a finalidade primária da maior parte do efetivo bovino brasileiro, o que se reflete na maior parte das emissões

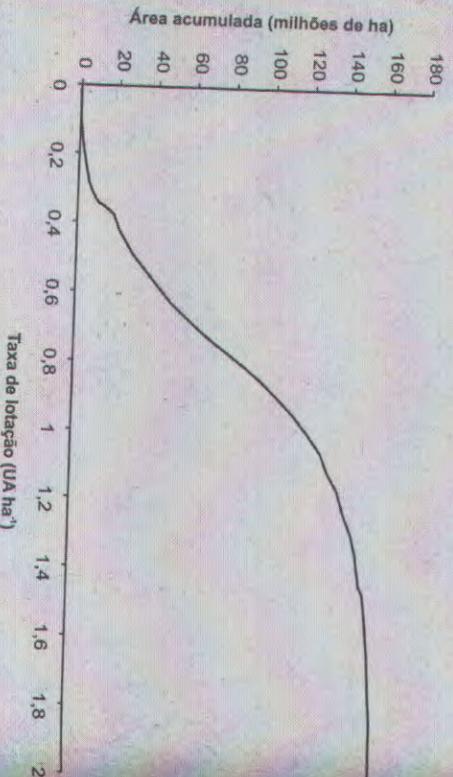


Figura 1. Taxa de lotação e área acumulada, agregados em nível municipal. Fonte: IBGE (2012).

entéricas estarem associadas a essa atividade (IBGE, 2013; MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2010). Assim, as alterações tecnológicas nos sistemas produtivos de bovinos de corte são peça chave para alterar a trajetória de emissões de toda a agropecuária brasileira e mesmo as do País como um todo, quando se considera a necessidade de aumentar os níveis de produtividade para atender à demanda por produtos agropecuários com baixas taxas de conversão de áreas nativas para a agropecuária (GOUVELLO et al., 2010).

Embora a avaliação de algumas estratégias mitigadoras prescindida da consideração de seus efeitos sistêmicos e não resultem em alterações estruturais nos sistemas produtivos (por exemplo, uso de aditivos nas dietas e uso de touros com mérito genético mais elevado), as opções atualmente disponíveis e de adoção factível, com maior potencial, envolvem alterações estruturais no sistema produtivo (isto é, que envolvem a adição ou exclusão de componentes e processos). Nesse contexto, as Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas (do inglês *Nationally Appropriate Mitigation Actions*) propostas pelo Brasil na COP 15 e operacionalizadas por meio do programa Agricultura de Baixo Carbono (ABC) pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) refletem, em grande parte, no que tange à bovinocultura, a adoção de sistemas produtivos mais intensivos, seja pela recuperação direta de pastagens ou pela integração lavoura-pecuária-floresta.

Entre as alterações tecnológicas que geraram evolução das taxas de lotação, a adoção de pastagens plantadas em substituição às pastagens nativas até meados dos anos 1990 parece ter sido um aspecto preponderante, exceto para a região Sul do País (Figuras 2 e 3).

Observa-se, recentemente (particularmente entre os censos de 1996 e 2006), um aumento mais acentuado das taxas de lotação (Figura 3), que não segue a tendência de resposta prévia ao aumento das espécies plantadas. Outros indicadores importantes de adoção tecnológica, tais como a maior adoção de suplementos, confinamento de animais em terminação e, em menor grau, melhorias no manejo da pastagem e na fertilidade do solo (associados à integração com sistemas de lavouras, adubação direta e uso de leguminosas em consórcio), fazem-nos supor que essas tecnologias tenham impulsionado de forma decisiva o aumento das taxas de lotação das pastagens no Brasil.

Outro aspecto que chama a atenção com relação à variação na produtividade da bovinocultura de corte brasileira são os ganhos recentes em

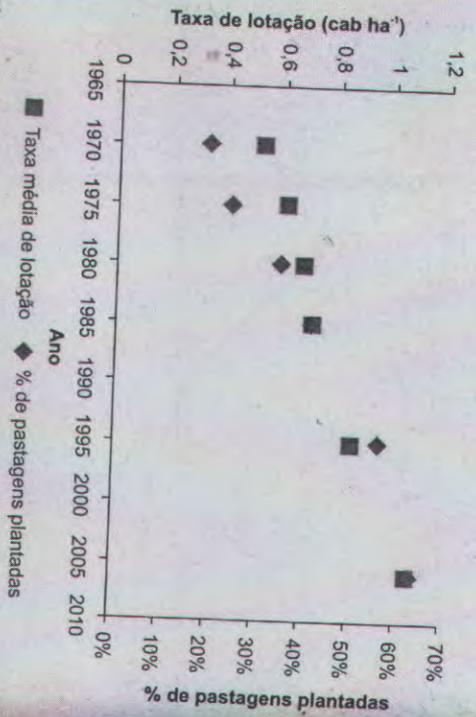


Figura 2. Evolução da proporção da área de pastagens nativas e taxa de lotação.  
Fonte: IBGE (2013).

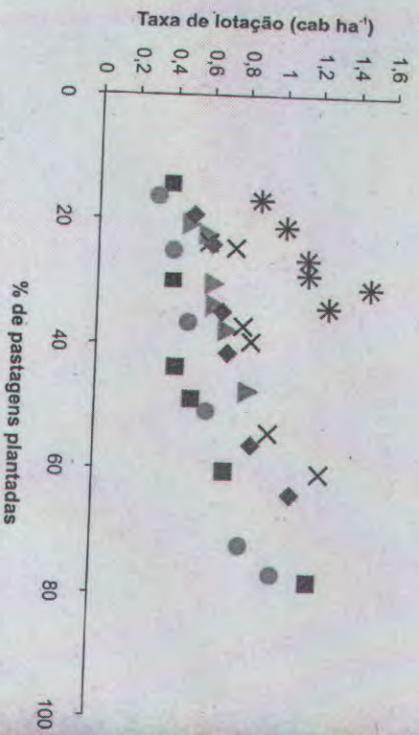


Figura 3. Relação entre a evolução histórica das taxas de lotação (1970 a 2006) e a porcentagem de pastagens plantadas por região geográfica do Brasil.  
Fonte: IBGE (2013).

termos de desempenho animal. A produtividade por animal manteve-se praticamente estagnada entre 1961 e 1985, variando entre 22 kg arroba-carcça cabeça<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 26 kg arroba-carcça cabeça<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com fraca tendência de elevação entre 1985 e 1990. Entretanto, a partir de 1990, a produtividade por animal disparou, passando de aproximadamente 28 kg arroba-carcça cabeça<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para 45 kg -carcça cabeça<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em apenas 17 anos (Figura 4). Esse ganho de mais de 60% em produtividade do rebanho certamente reflete, além do melhoramento genético dos animais, uma expressiva alteração dos sistemas produtivos, provavelmente em resposta a algumas das mesmas tecnologias apresentadas como responsáveis pelo aumento das taxas de lotação.

A tecnificação da pecuária brasileira repercutiu, portanto, em menor emissão líquida de GEE por unidade de produto do que sistemas menos

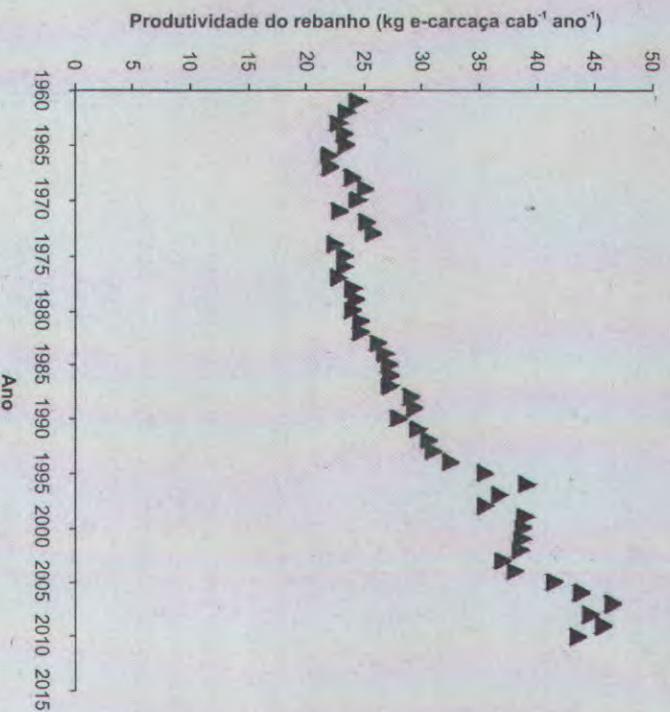


Figura 4. Produtividade do rebanho brasileiro no período de 1961 a 2010.  
Fonte: dados calculados a partir do Faostat (2012).

produtivos. Segundo as estimativas publicadas por Barioni et al. (2007) e por Gouvello et al. (2010), essa tendência deve se manter no futuro (Figura 5).

O estudo e a avaliação comparativa de sistemas produtivos requerem, via de regra, alguma forma de classificação ou categorização. Diversas abordagens e critérios podem ser adotados, dependendo do propósito do estudo. Frequentemente, a classificação é baseada no produto do sistema (por exemplo, leite ou corte; cria, recria, engorda ou ciclo completo). O nível de intensificação também é um critério muito adotado, podendo estar aninhado ou não na classificação anterior. Componentes e processos do sistema produtivo também podem ser critérios para categorizar os sistemas produtivos (por exemplo, sistemas agroflorestais, integração lavoura-pecuária, ciclo completo a pasto com engorda em confinamento). O contexto (como relevo, clima, região, bioma e possibilidade de inundação das pastagens) no qual o sistema se insere também pode ser utilizado para classificação.

É fácil demonstrar, a partir da breve discussão acima, que a aplicação de todos os critérios possíveis no processo de classificação de sistemas produtivos pode levar a uma "explosão combinatoria", gerando um número tão grande de classes (tendendo a classificar cada sistema produtivo como único) que comprometeria o propósito da classificação.

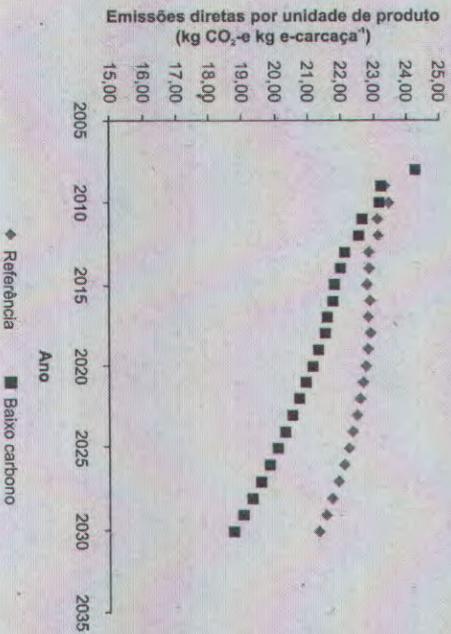


Figura 5. Projeção das emissões totais por unidade de produto para o Brasil.

Fonte: adaptado de Barioni et al. (2007).

Assim, é fundamental a definição dos critérios de classificação de acordo com os propósitos do estudo.

Quando dados censitários ou amostrais não estão disponíveis, a representação dos sistemas produtivos pode ser feita a partir de sistemas prototípicos. Em um estudo sobre estratégias de mitigação para o Brasil liderado pelo Banco Mundial (GOVELLO, 2010), nos quais os dados definitivos do Censo Agropecuário 2006/2007 não estavam disponíveis até o momento das análises, a abordagem de representação dos sistemas produtivos foi realizada por meio da construção de sistemas prototípicos. Os sistemas representados possuem os índices zootécnicos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Índices zootécnicos dos sistemas produtivos.

	Ciclo completo em pastagens degradadas	Ciclo completo em pastagens extensivas	Cria extensiva + recria suplementada e engorda em Integração Lavoura-Pecuária	Cria extensiva + recria suplementada e engorda em confinamento
Digestibilidade da dieta na cria (%)	56,0	62,0	62,0	62,0
Digestibilidade da dieta na recria (%)	58,0	60,0	60,0	60,0
Digestibilidade da dieta na engorda (%)	58,0	60,0	62,0	62,0
Produção de leite (l)	1.100	1.400	1.400	1.400
Período de lactação (meses)	7	7	7	7
Taxa de natalidade (%)	55	60	75	75
Mortalidade até 1 ano (%)	7	5	5	5
Mortalidade de 1 a 2 anos (%)	2	2	2	2
Mortalidade de 2 a 3 anos (%)	2	1	1	1

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Índice zootécnico	Ciclo completo em pastagens degradadas	Ciclo completo em pastagens extensivas	Cria extensiva + recria suplementada e engorda em Lavoura-Pecuária	Cria extensiva + recria suplementada e engorda em confinamento
Mortalidade acima de 3 anos (%)	1	1	1	1
Taxa de descarte de vacas (%)	15	15	15	15
Peso de vacas adultas (kg)	420	420	420	420
Relação touro:fêmea	1:30	1:30	1:30	1:30
Peso de carcaça de macho (kg)	230	250	250	265
Peso de carcaça de fêmea (kg)	200	200	200	200
Idade ao primeiro parto (meses)	36	30	30	30
Rendimento de carcaça de machos (%)	52	52	52	52
Rendimento de carcaça de fêmeas (%)	50	50	50	50
Peso ao nascer (kg)	30	32	32	32
Peso à desmama de machos (kg)	160	185	185	185
Peso no início da engorda (kg)	379	379	379	379
Ganho de peso na recria (kg d <sup>-1</sup> )	0,25	0,30	0,40	0,40
Ganho de peso na engorda (kg d <sup>-1</sup> )	0,40	0,60	0,60	1,20

Fonte: Gouvêlo et al. (2010).

A partir dos dados dos sistemas prototípicos definidos na Tabela 1, Gouvêlo et al. (2010) demonstraram que haveria necessidade de adoção de sistemas mais intensivos (Figura 6) para compatibilizar a demanda crescente por carne bovina e a impossibilidade de expansão da área de pastagens (em um cenário de referência) ou mesmo da redução da área de pastagens (em um cenário com expansão da cana-de-açúcar e desmatamento nulo). Em ambos os cenários é esperada uma queda das emissões associadas com a produção de carne bovina.

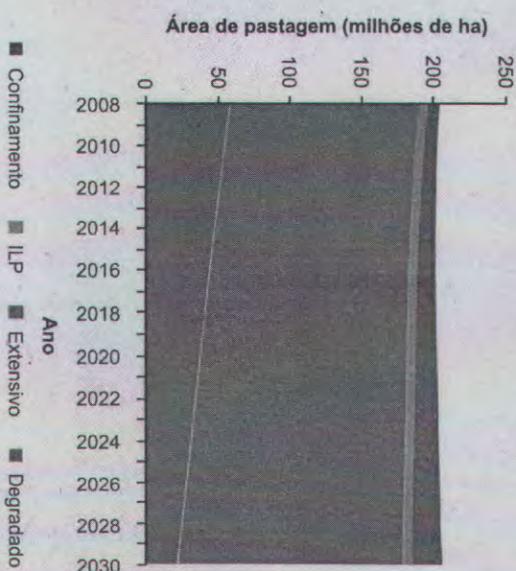


Figura 6. Variação da área de pastagens ocupada por tipo de sistema produtivo no cenário de não intervenção para redução de emissões.

Fonte: Gouvêlo et al. (2010).

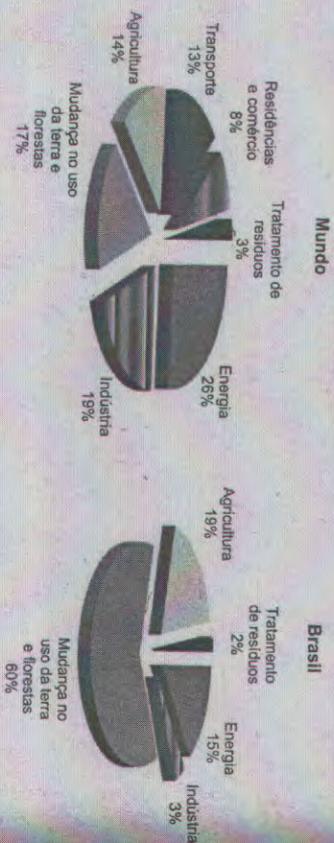
## EMISSIONES BRASILEIRAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA

De acordo com a segunda comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2010), referente ao ano de 2005, o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) respondeu por 74,7% de todas as emissões brasileiras, seguido pelo metano (CH<sub>4</sub>) com 17,3% e óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) com 7,7%, em CO<sub>2</sub> equivalentes.

Em sistemas agropecuários, os principais GEEs emitidos são o  $\text{CH}_4$  produzido pela fermentação entérica, pela produção de arroz irrigado, pela queima de biomassa e pelo manejo de dejetos; o  $\text{N}_2\text{O}$  decorrente da urina, da queima de biomassa e da fertilização com nitrogênio. O principal sumidouro ou dreno de GEE em sistemas agropecuários é o acúmulo de C no solo.

A agropecuária foi responsável por 19% das emissões nacionais, em termos de  $\text{CO}_2$  equivalentes (Figura 7). Entre as diferentes fontes de GEE oriundas da agropecuária, a emissão de  $\text{CH}_4$  pela fermentação entérica de ruminantes foi a mais significativa, respondendo por 63,2% de todo o  $\text{CH}_4$  emitido pelo setor. Na pecuária nacional em 2005, 94% do metano emitido foi de origem entérica e 6% de origem no estercó (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2010).

Em relação ao primeiro inventário de emissões (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2004), a emissão de  $\text{CH}_4$  aumentou 36,4% em relação ao ano-base de 1990. No mesmo período, a produção de carne no Brasil saltou de 5,028 milhões de toneladas em 1994 para 8,775 milhões de toneladas de equivalente carcaça em 2005, ou seja, um aumento de 74,5% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES, 2011). Esse incremento na produção de carne foi alcançado com melhores índices de produtividade, uma vez que a área ocupada por pastagens vem se mantendo estável com ligeira redução na última década, em torno de 160 milhões de hectares (IBGE, 2006). Os ganhos



**Figura 7.** Contribuição relativa de diferentes setores nas emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE) no mundo e no Brasil em 2005 ( $\text{CO}_2 \text{ eq.}$ ).

Fonte: Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) e Ministério da Ciência e Tecnologia (2010).

em produtividade foram maiores que o incremento nas emissões; consequentemente, a carne produzida em 2005 teve menor carga de emissões de GEE, ou “pegada de carbono”, por quilo de produto (carne ou leite).

Considerando a importância econômica e social da pecuária para a sociedade brasileira, é fundamental evitar que o foco nos GEEs ofusque a vital contribuição dos ruminantes em transformar palha, resíduos vegetais e subprodutos agroindustriais em proteínas animais de alto valor nutricional na forma de carne e leite.

## TECNOLOGIAS PECUÁRIAS PARA REDUZIR A PEGADA DE CARBONO DA CARNE

### ESTRATÉGIAS DE INTENSIFICAÇÃO E MANEJO

Existem diferentes estratégias para reduzir as emissões de GEE pela pecuária, envolvendo gerenciamento da atividade, manejo nutricional e reprodutivo. Alguns exemplos de estratégias para reduzir a emissão de metano por quilo de produto são: aumentar a eficiência de produção, diluindo as emissões por unidade de produto (carne ou leite); melhorar os índices produtivos e reprodutivos, reduzindo a idade do abate e idade ao primeiro parto e o intervalo entre partos; reduzir a quantidade de animais de reposição e aumentar a longevidade das matrizes; aumentar o mérito genético dos animais e das forrageiras; selecionar animais com melhor consumo alimentar residual (CAR); aperfeiçoar a formulação de dietas; utilizar aditivos e suplementos; melhorar a eficiência de conversão de alimentos; aperfeiçoar a oferta de água de qualidade; melhorar o manejo dos animais e das pastagens; aprimorar a sanidade animal (controle de parasitas, doenças e vacinas); buscar o bem-estar animal; reduzir a emissão de metano entérico, reduzindo as perdas de energia e emitindo menos GEE; adotar um manejo adequado para os dejetos, reduzindo a emissão de  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ , utilizando, por exemplo, biodigestores; praticar a agricultura e zootecnia de precisão, utilizando de forma racional e parcimoniosa os nutrientes nitrogenado, potássio e fósforo e macro e microminerais; buscar a intensificação sustentável, utilizando tecnologias adequadas ao ambiente tropical, como o plantio direto, pastagens bem manejadas, sistemas integrados com lavoura, pecuária e floresta; buscar eficiência energética e o uso de energias renováveis como eólica, solar e biocombustíveis (BEAUCHEMIN

et al., 2008; BERNDT, 2010; BOADI et al., 2004; HEGARTY et al., 2007; PERDOK; NEWBOLD, 2009).

As diferentes estratégias para reduzir as emissões de GEE pela pecuária devem ser avaliadas de forma conjunta para evitar que os possíveis benefícios de uma estratégia sejam anulados por outros efeitos negativos. Por exemplo, utilizar fertilizantes nitrogenados em pastagens pode aumentar a digestibilidade da forragem e reduzir a produção de metano entérico; entretanto, isso aumentará as emissões de  $N_2O$  resultantes do uso desses fertilizantes (BERNDT, 2010). Utilizar fontes de óleos em dietas de ruminantes pode reduzir a emissão de metano entérico; entretanto, isso reduzirá também a digestão da fração fibrosa, o que pode provocar posteriormente maior taxa de fermentação e emissão do estercor. A avaliação conjunta de todo o sistema de produção e a análise do ciclo de vida do produto permitem estimativas mais acuradas do balanço dos GEE.

Alguns estudos no Brasil buscaram mensurar e modelar matematicamente o balanço entre emissões e remoções de GEE na pecuária. As pesquisas mostram que, intensificando-se os sistemas de produção, pode-se reduzir a emissão entérica de  $CH_4$  por unidade de produto, no caso por quilo de carne, mesmo que a emissão de  $N_2O$  possa ser aumentada pelo uso de fertilizantes nitrogenados, seja para cultivo de grãos, seja para adubação de pastagens. Essa redução da emissão por unidade de produto está principalmente relacionada ao melhor aproveitamento do alimento e à redução da idade de abate. A estimativa geral de balanço de gases é bastante complexa e demanda muita pesquisa, inclusive sobre sistemas mais eficientes de produção, como silvipastoris e agrossilvipastoris, em que se busca um melhor aproveitamento dos gases emitidos pelas diferentes atividades.

Monteiro (2009) estimou as emissões de três sistemas de produção simulados, com ciclo completo, em uma área fixa de 1.000 ha totais e 800 ha de área útil, considerando portanto 20% de reserva legal e áreas de preservação permanente. Nessa área foram simulados sistemas com índices zootécnicos médios nacionais (MB), com manejo intensivo de pastagens (IP) e IP incorporado à terminação em confinamento (IPC). As emissões totais de GEEs foram maiores nos sistemas mais intensivos, fruído do maior uso de insumos. Analogamente, a produção de carne dos sistemas intensivos também foi significativamente maior. As emissões de  $CO_2eq$  por área aumentaram; entretanto, as emissões por quilo de carne diminuíram 29% ou 38% nos sistemas IP e IPC respectivamente,

comparados ao sistema médio brasileiro. A produção de grãos necessária para suplementação nutricional dos animais resulta em maiores emissões de GEE provenientes de combustíveis fósseis e de óxido nítrico; entretanto, o uso estratégico de grãos na fase final da terminação reduz a idade de abate e aumenta a produtividade do sistema de forma a diluir a emissão de GEE por quilo de carne, reduzindo a contribuição do sistema de produção para o aquecimento global.

Barioni et al. (2007) simularam três sistemas "melhorados" em relação a pastagens degradadas, obtendo redução nas emissões de  $CO_2eq$  por quilo de carcaça equivalente de -26% para pastagens manejadas, -37% para sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) e -40% em sistemas intensivos com terminação em confinamento.

Cardoso (2012) simulou o potencial de redução de emissões em três sistemas fixos com 100 animais cada, comparados com a referência de sistema em pastagem degradada, obtendo -14% para sistemas de pastejo extensivo, -25% para pastejo intensivo bem manejado e -33% para sistemas intensivos com terminação em confinamento, em termos de  $CO_2eq$  por quilo de carcaça equivalente.

## REDUÇÃO DA EMISSÃO DE METANO POR MEIO DA NUTRIÇÃO

Em termos de manejo nutricional e interferência direta no rúmen, há três estratégias principais para diminuir a produção de metano entérico: reduzir a produção de  $H_2$ , proporcionar drenos alternativos para o  $H_2$  já produzido e reduzir as populações de microrganismos metanogênicos (OBLIN, 1999). Diversos grupos de pesquisa nacionais e internacionais têm estudado o uso de diferentes estratégias, produtos e aditivos com o objetivo de reduzir as emissões de metano. Entre estes podem-se citar: manejo adequado de pastagens, uso de grãos e alimentos concentrados, processamento e conservação de forragens, uso de leguminosas, taninos e saponinas, óleos e gorduras saturadas e insaturadas, ionóforos, nitrato, leveduras, malato e fumarato, óleos essenciais e extratos vegetais (BERNDT, 2010).

As pesquisas nacionais conduzidas nestas áreas estudaram diferentes estratégias nutricionais, estimando o fator de emissão médio de 39,2 kg  $CH_4$  ano<sup>-1</sup>, valor 34,2% menor do que a média dos valores default de 59,5 kg  $CH_4$  ano<sup>-1</sup> (Tabela 2). Esses resultados indicam que há uma ampla gama de estratégias com potencial de mitigação em condições de produção no Brasil.

O potencial de mitigação das emissões de metano e óxido nítrico com a fixação de carbono no solo por meio da recuperação de áreas de pastagens degradadas, utilizando técnicas de manejo adequado e intenso de pastagens, pode ser ainda maior (BERNDT, et al., 2013).

**Tabela 2.** Pesquisas brasileiras relacionadas a diferentes estratégias para mitigação de metano entérico, avaliadas com a técnica do SF<sub>6</sub>.

Estratégia de manejo de pastagem ou alimento volumoso				
Tipo de estratégia	Modo de ação	Tecnologia utilizada	Fator de emissão (kg CH <sub>4</sub> ano <sup>-1</sup> )	Referência
Aumento da digestibilidade da dieta	Aumenta consumo de matéria seca (CMS), dilui emissão por quilo de matéria seca ingerida (MSI)	Pastagem exclusiva, bem manejada nas quatro estações do ano	56,4 ± 18,4	Demarchi et al. (2003a, 2003b)
		Silagem, feno, cana e ureia	65,3 ± 19,8	Magalhães et al. (2009)
Média		Fenos com idades de corte diferentes	49,3 ± 0,6	Nascimento et al. (2007) e Nascimento (2007)
			57,0 ± 8,0	
Porcentagem de mitigação <sup>(1)</sup>			4,2%	
Estratégia nutricional				
Tipo de estratégia	Modo de ação	Tecnologia utilizada	Fator de emissão (kg CH <sub>4</sub> ano <sup>-1</sup> )	Referência
Defaunação (elimina protozoários)	Remove protozoários, reduz produção de H <sub>2</sub>	Taninos (feno de leucina)	50,5 ± 4,8	Possenti (2006) e Possenti et al. (2008)
Drenos alternativos para o H <sub>2</sub> e aumento do crescimento microbiano	Aumenta propionato, drene H <sub>2</sub>	Silagem + uso de alimentos concentrados (grãos)	50,7 ± 4,5	Berchielli et al. (2003) e Pedreira (2004)

Continua...

**Tabela 2.** Continuação.

Estratégia nutricional				
Tipo de estratégia	Modo de ação	Tecnologia utilizada	Fator de emissão (kg CH <sub>4</sub> ano <sup>-1</sup> )	Referência
Inibição de microrganismos metanogênicos	Reduz a produção de CH <sub>4</sub>	Tanino + uso de alimentos concentrados (grãos) e ureia	21,5 ± 4,1	Oliveira (2005) e Oliveira et al. (2007)
		Cana-de-açúcar + uso de alimentos concentrados (grãos)	49,2 ± 8,5	Pedreira et al. (2009) e Pedreira (2004)
Média		Feno + ionóforo	26,2 ± 6,6	Balheiro Neto et al. (2009)
		Pastagem + suplementos minerais, proteicos	41,9 ± 1,0	Fontes et al. (2011)
Porcentagem de mitigação <sup>(1)</sup>		Pastagem + ácidos graxos insaturados (óleos vegetais)	35,1 ± 7,0	Carvalho et al. (2011)
		Confinamento + ácidos graxos insaturados (óleos vegetais)	33,1 ± 13,7	Berchielli et al. (2011)
		Cana-de-açúcar, nitrato e alimentos concentrados (grãos)	31,4 ± 5,2	Hulshof et al. (2012)
		Seleção para CAR	52,1 ± 1,6	Callman et al. (2012)
			39,2 ± 10,6	
			34,2%	

<sup>(1)</sup> Em relação à média dos valores default do IPCC, 56 kg animal<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e 63 kg animal<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

## REDUÇÃO DA EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO

As emissões de  $N_2O$  mais relevantes na pecuária nacional ocorrem pelos dejetos produzidos pelos animais, pelo uso de fertilizantes nitrogenados para a produção dos componentes da dieta do rebanho e pela decomposição dos resíduos vegetais. A produção de bovinos representa a principal fonte de  $N_2O$  no cenário nacional, respondendo por 69% das emissões totais desse gás na agropecuária (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2011). Pela dimensão do rebanho, a bovinocultura de corte é a que produz o maior impacto nas emissões de  $N_2O$  da pecuária, sendo um setor caracterizado por baixos índices de produtividade em função da baixa adoção de tecnologias e investimentos, frutos de um modelo econômico voltado em grande parte para reserva de capital (ocupação da terra) em detrimento dos ganhos com produtividade (BARCELLOS et al., 2008). O uso do fogo premeditado, adotado como estratégia de baixo custo no manejo das pastagens, assim como o fogo acidental, também contribui com parcela significativa das emissões de  $N_2O$  da pecuária (BUSTAMANTE et al., 2012), fonte que não tem sido relatada nos inventários nacionais de GEE.

Uma das bases para mitigação de GEE na pecuária é a utilização de dietas de melhor qualidade, envolvendo fertilização nitrogenada, concentrados e sais proteínicos, o que implica maior quantidade de N circulando no sistema por excretas, resíduos e fertilizantes, e resultando em maiores emissões de  $N_2O$  do solo. No entanto, práticas que podem contribuir para reduzir as emissões de  $N_2O$  podem tornar o sistema de produção mais sustentável, ou com maior potencial mitigador de emissões de GEE.

Para a bovinocultura brasileira, as possibilidades de mitigação de  $N_2O$  podem ser agrupadas em estratégias para fertilizantes, manejo de pastagens e dos animais (Figura 8).

<p>Aumento de eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma e fonte de N</li> <li>• Revestimento da ureia e uso de inibidores de urease</li> </ul>	<p>Manejo de pastagens</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Produtividade</li> <li>• Leguminosas fixadoras de N</li> <li>• Eliminação do fogo</li> </ul>	<p>Componente animal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melhorar a genética</li> <li>• Uso de confinamento com manejo de dejetos</li> </ul>
---	--	---

Figura 8. Estratégias potenciais para mitigação de emissões de  $N_2O$  na bovinocultura.

## EFICIÊNCIA DE FERTILIZANTES

O impacto da fertilização nitrogenada na bovinocultura é difícil de ser estimado, pois as quantidades de fertilizantes usadas em pastagens não são identificadas em bases de dados oficiais, existindo estimativas de consumo entre 2,9 kg  $ha^{-1}$  a 3,6 kg  $ha^{-1}$  de NPK (BARCELLOS et al., 2008). No entanto, o aumento da dose de NPK e corretivos é uma das alternativas para elevar a produtividade das pastagens, seja pela fertilização direta da forrageira, ou indiretamente, por meio da fertilização de culturas associadas à pastagem, como na integração lavoura-pecuária, ou ainda com a inclusão do componente floresta (BALBINO et al., 2011). O uso de fertilizantes em lavouras cujos produtos são usados em silagens e concentrados também tende a aumentar. A emissão de  $N_2O$  decorre de perdas diretas e indiretas que ocorrem após a aplicação do fertilizante nitrogenado, as últimas relacionadas à volatilização de amônia e  $NO_x$ , lixiviação e escurimento superficial. Dessa forma, para mitigar as emissões de  $N_2O$  é necessário aumentar a eficiência da fertilização nitrogenada (menos perdas), que se traduziria em menores doses de fertilizantes requeridas para um mesmo resultado de produtividade. De acordo com a metodologia aceita para estimar as emissões de  $N_2O$ , publicada pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1996, 2006), a relação entre emissão de  $N_2O$  e dose de N fertilizante é direta.

Para uma mesma dose de N, a forma e a fonte do nutriente podem reduzir perdas, e aumentar a eficiência de utilização pelas plantas. A ureia é a fonte de N mais utilizada no País, principalmente pelos menores custos para o transporte de N por tonelada de fertilizante. No entanto, é uma fonte de N muito suscetível a perdas de N por volatilização de amônia por ser aplicada na superfície do solo, especialmente em pastagens e lavouras manejadas com plantio direto na palha. As maiores taxas de volatilização de amônia são favorecidas pela alta temperatura e umidade do solo, associadas à ausência de chuvas ou irrigação, nos dias que seguem a fertilização com ureia. Nessas condições, Martha Júnior et al. (2004) estimaram perdas de N entre 40% e 50% do N aplicado (40 kg N  $ha^{-1}$  a 120 kg N  $ha^{-1}$ ) em pastagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum*).

O parcelamento da fertilização nitrogenada é uma das práticas que aumentam o aproveitamento de N da ureia e de outras fontes de N. Villas-Boas et al. (1999) registraram aumentos de eficiência próximos de 100% do

uso de N da ureia somente com o parcelamento da dose de 100 kg N ha<sup>-1</sup> em dias de 50 kg N ha<sup>-1</sup>. A incorporação da ureia ao solo mecanicamente (SANGOL et al., 2003) ou com o manejo da irrigação (BLACK et al., 2007) também são estratégias que permitem reduzir radicalmente as perdas por volatilização de amônia. Estudos realizados em lavouras mostram que a substituição da ureia por outra fonte de N, como sulfato de amônio ou uma fonte nitrada, praticamente eliminariam as perdas de N por volatilização de amônia (LARA-CABEZAS et al., 1997), o que permitiria ganhos de eficiência ainda maiores. Costa et al. (2010) observaram maior resposta de braquiária Marandu ao uso de N na forma de sulfato de amônio do que ureia, sugerindo maior eficiência de fornecimento de N pela primeira fonte. Em casos especiais, como relatado por Primavesi et al. (2006), doses superiores a 500 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> na forma de nitrato de amônio, mesmo que parceladas, aumentaram significativamente a lixiviação de nitrato em pastagens de capim *Coast-cross* (*Cynodon dactylon*), sendo necessário avaliar os riscos de uso de altas doses de fertilizante.

Algumas modificações da ureia vêm sendo estudadas no Brasil, porém com estratégias diferentes de contenção das perdas de N. O recobrimento dos grânulos de ureia com polímeros cria uma barreira física, fazendo com que o N difunda de forma lenta para o solo, propiciando reduções de perdas de N por volatilização de amônia, próximas de 30% (LORENSINI et al., 2012; PEREIRA et al., 2009). O revestimento da ureia com inibidores da urease também tem mostrado resultados muito promissores, com reduções de perdas ainda superiores às da ureia revestida com polímero (PEREIRA et al., 2009). Mais recentemente, Werneck et al. (2012) mostraram que o uso de sulfato de amônio ou de inibidor de urease reduziu a volatilização de amônia, repercutindo em aumento da eficiência de uso de N. Também mostraram que a adição do mineral zeólita à ureia granulada permitiu a redução de perdas de N por volatilização em 20%, embora não tenha aumentado a eficiência de uso de N pela planta.

## MANEJO DE PASTAGENS

As emissões de N<sub>2</sub>O por efeito da forrageira são aquelas originadas da decomposição de seus resíduos no solo, embora seja muito difícil de ser contabilizada em função da quantificação de resíduos, e não tem sido incluída nos inventários nacionais de gases de efeito estufa. Por essa fonte, estima-se que, em média, 1,225% do total de N nos resíduos da forrageira

são emitidos como N<sub>2</sub>O (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2006). Embora os resíduos pareçam negativos para o sistema sob a ótica das emissões de N<sub>2</sub>O, são importantes para a manutenção da matéria orgânica do solo (sequestro de C), como será visto mais à frente. No entanto, é importante considerar que as raízes das pastagens sem dúvida contribuem majoritariamente para os estoques de C do solo, especialmente as raízes finas (GUO et al., 2007; TRUMBORE et al., 1995).

Como os animais têm preferência pelo pastejo de tecidos mais tenros, como as folhas, o manejo da pastagem pode ser feito de forma que a proporção de folhas em relação à forragem disponível seja máxima, o que pode ser conseguido com 95% de intercepção luminosa na ocasião de entrada dos animais para pastejo, correspondendo a maior proporção de folhas ou de material verde em relação ao material senescente (PAULINO; TEIXEIRA, 2010).

O consumo do material disponível sem excessivo pastejo, também deve ser considerado. Um estudo conduzido no sul da Bahia mostrou que o aumento da lotação animal de 2 cabeças ha<sup>-1</sup> para 4 cabeças ha<sup>-1</sup> reduziu a quantidade de N que recicla em uma pastagem de *Urochloa* (Syn. *Brachiaria humidicola*, embora com o aumento de 2 cabeças ha<sup>-1</sup> para 3 cabeças ha<sup>-1</sup> a redução não tenha sido expressiva (CANTARUTTI et al., 2002). Com base nesses resultados, Jantalia et al. (2006b) sugeriram que as pastagens apresentem uma capacidade suporte limite, regulada pela quantidade de N que circula no sistema por meio dos resíduos, a partir da qual o processo de degradação se inicia por limitação deste nutriente. A recuperação e/ou manutenção da capacidade produtiva pode ser conseguida com o fornecimento de fertilizante nitrogenado (OLIVEIRA et al., 2001), mas existe um custo em emissões de N<sub>2</sub>O, sendo importante considerar o apropriado manejo do fertilizante, como mencionado no tópico anterior.

Pastagens produtivas exploram o solo com maior intensidade, aproveitando melhor o N disponível do solo ou fornecido com fertilizantes, condição atingida quando os demais fatores de produção não são limitantes para o crescimento vegetal, como pH, disponibilidade de nutrientes essenciais, água, etc. Por exemplo, com a adequada utilização da calagem em pastos de capim-marandu [*Urochloa* (Syn. *Brachiaria*) *brizantha*, Oliveira et al. (2007) registraram aumentos de até 20% na eficiência de uso de N aplicado na forma de ureia. O uso da irrigação visando a manter adequado suprimento de água para a cultura também mostrou

efeitos significativos no aumento das quantidades de N acumuladas pelas pastagens (ANDRADE et al., 2009).

Alternativamente aos fertilizantes, o fornecimento de N para a pastagem pode ser conseguido com o uso de leguminosas em consórcio. Os resíduos da leguminosa, ricos em N fixado biologicamente, aumentam a disponibilidade do nutriente no solo para a gramínea em consórcio, além de haver uma maior oferta de forragem rica em proteína para os animais (CARVALHO, PIRES, 2008). Barcellos et al. (2008) revisaram artigos que mostram potenciais semelhantes de produção de pastagens consorciadas com leguminosas e fertilizadas com N com doses até 200 kg N ha<sup>-1</sup>. Além disso, algumas leguminosas, e também gramíneas forrageiras, apresentam concentração de taninos que podem contribuir para maior absorção do N da dieta pelo bovino (OLIVEIRA; BERCHIELLI, 2007).

Com adequado manejo, espera-se que haja eliminação do fogo para renovar as pastagens. Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), cada tonelada de matéria seca queimada emite 0,07 kg N<sub>2</sub>O para a atmosfera, além de grandes quantidades de metano. As queimadas ocorridas entre os anos de 2003 e 2008 significaram emissões calculadas em 0,57 Tg CO<sub>2</sub>eq. ano<sup>-1</sup> para o Brasil (BUSTAMANTE et al., 2012), dos quais aproximadamente 27% atribuídos à produção de N<sub>2</sub>O.

### O COMPONENTE ANIMAL

Os animais contribuem diretamente para emissões de N<sub>2</sub>O por meio de suas excretas. Embora as estimativas de emissões pela metodologia do Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) considere a quantidade total de N independente de serem fezes ou urina, resultados de pesquisa conduzida no Brasil indicam que a urina tem maior peso nesse processo (LESSA, 2010). Assim, a mitigação das emissões de N<sub>2</sub>O deve ser conseguida com a redução da quantidade de N excretada pelos animais.

A genética dos animais interfere na conversão do alimento em carne ou leite (EUCLIDES FILHO et al., 2003; FERNANDES et al., 2004), podendo proporcionar menor emissão de N<sub>2</sub>O por produto em função do maior ou menor aproveitamento do N da dieta pelos animais (VAN et al., 2007). Os resultados de avaliação de grupos genéticos feita por Euclides Filho et al. (2003) sugerem que o cruzamento terminal envolvendo três ou mais raças pode ser estratégico para obtenção de animais mais precoces com

alta conversão alimentar. A qualidade da dieta também é um componente que precisa ser ponderado nesse processo. Apesar disso, ainda é precoce fazer afirmações sobre o potencial mitigador para raças ou misturas de raças de bovinos.

A quantidade de N excretada pelos animais está diretamente relacionada com a quantidade de proteína ingerida (COLE et al., 2005; VAN et al., 2007), mas é inversamente proporcional à quantidade de energia metabolizável do alimento (VAN et al., 2007). Os microrganismos do rúmen são beneficiados com alimentos mais ricos em energia metabólica, transformando o N amoniacal em N microbiano, evitando assim que a amônia se difunda para o sangue e seja excretada pelo animal.

No Brasil ainda não existem estudos que tenham sido conduzidos para avaliar especificamente essas estratégias, e, por isso, as discussões apresentadas são tentativas.

### REMOÇÃO DE CARBONO NOS SOLOS

Os solos representam um dos maiores reservatórios de C do planeta, duas vezes maior do que o existente na atmosfera e três vezes maior do que o presente na vegetação. As quantidades existentes no perfil do solo são resultado líquido da deposição e decomposição de resíduos, e, dessa forma, a mudança de uso do solo altera o sentido do processo, levando à acumulação de C do solo ou à perda até que um nível de estabilidade da quantidade de C do solo seja novamente atingido (JOHNSTON et al., 2009).

As pastagens de braquiária, mais plantadas do País, apresentam elevada produção de resíduos aéreos (REZENDE et al., 1999; SANTOS et al., 2006) e radiculares (TRUJILLO et al., 2006), e quando implantadas em áreas do Bioma Cerrado tendem a elevar os estoques de C do solo acima dos níveis previamente encontrados sob a vegetação nativa enquanto produtivos (BRAZ et al., 2013; JANTALIA et al., 2006a). Em áreas do Bioma Amazônia, os resultados são mais conflitantes, alguns indicando que os estoques se estabilizam em níveis inferiores aos existentes sob a vegetação nativa (FEARNSIDE; BARBOSA, 1998), e outros que indicam o contrário (MAIA et al., 2009; TRUMBORE et al., 1995). No entanto, em todos os estudos, a perda de capacidade produtiva da pastagem implica redução dos estoques de C do solo.

A degradação da pastagem ocorre com ausência de manejo, destacando-se o superpastejo e reposição insuficiente de nutrientes, especialmente N e P (BODDEY et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2001). O uso do fogo é uma das práticas usadas pelos produtores que contribui para agravar o problema (JACQUES, 2003), pois o C dos resíduos e alguns nutrientes, como N e S, são emitidos para a atmosfera como gases.

As pastagens podem ser recuperadas com a reposição de nutrientes associadas e outras práticas que podem ser necessárias para favorecer o desenvolvimento das plantas. Em muitas situações, o N é o nutriente mais limitante, mas a fertilização com P e K juntamente com N permitem repostas ainda maiores de crescimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2001). A Tabela 3 traz resultados de acumulação de C em pastagens produtivas, obtidos da comparação de estoques de C no perfil do solo com pastagens degradadas.

**Tabela 3.** Variação anual dos estoques de C na comparação entre pastagens produtivas e degradadas, para diferentes localidades no Brasil.

Local	Varição do estoque de C (Mg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )	Referência
Luz, MG	2,95	Braz et al. (2013)
Itapora, MS	1,78	Braz et al. (2013)
Penápolis, SP	0,23	Braz et al. (2013)
Chapadão do Sul, MS	1,06	Braz et al. (2013)
Goiania, GO	0,62	Freitas et al. (2000 citado por FISHER et al., 2007) <sup>iii</sup>
Mato Grosso e Rondônia	0,89	Maria et al. (2009)
Paragominas, PA	1,60	Trumbore et al. (1995)
Itabela, BA	0,66	Tarré et al. (2001)
Itabela, BA	0,52	Costa et al. (2009)

<sup>iii</sup> Dados corrigidos para equivalência em massa de solo apresentados em Fisher et al. (2007). Uma taxa média próxima de 1,1 ( $\pm$  0,28) Mg C ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (ou de 3,67 Mg CO<sub>2</sub> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) é calculada a partir da Tabela 1, válida para pelo menos os dez primeiros anos da recuperação da pastagem degradada (BRAZ et al., 2013), pois se espera um declínio nas taxas de acumulação de C no solo com a aproximação do novo equilíbrio nas reservas de C do solo (JOHNSTON et al., 2009).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A crescente demanda mundial por alimentos de origem animal permitirá ao Brasil aumentar sua produção de carne e leite, além de expandir sua participação nos mercados internacionais. Essa maior produção de alimento deverá ocorrer por incrementos de produtividade em detrimento da expansão de novas áreas de pastagens. As estratégias de redução da emissão de gases de efeito estufa devem ser avaliadas no contexto dos sistemas integrados de produção, buscando uma análise mais ampla que contemple também as emissões e remoções dos componentes agrícolas e florestais.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C.; RODRIGUES, B. H. N.; MAGALHÃES, J. A.; CECON, P. R.; MENDES, F. M. A. Adução nitrogenada e irrigação dos caprins Tangola (*Brachyia sp.*) e Digitalia (*Digitalia sp.*): massa de forragem e recuperação de nitrogênio. *Revista Científica de Produção Animal*, Fortaleza, v. 11, p. 1-14, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. *Série histórica da produção pecuária brasileira*. 2011. Disponível em: Disponível em: <http://www.abiec.com.br/3\_rebanho.asp#>. Acesso em: 16 mar. 2012.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; SILVA, V. P.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 46, 2011.
- BALIEIRO NETO, G.; BERNDT, A.; NOGUEIRA, J. R.; DEMARCHI, J. J. A.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M. Monensin and protein supplements on methane production and rumen protozoa in bovine fed low quality forage. *South African Journal of Animal Science*, Petróia, v. 39, p. 280-283, 2009.
- BARCELLOS, A. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; MARTHA JUNIOR, G. B. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, p. 51-67, 2008.
- BARIONI, L. G.; LIMA, M. A.; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A. C. A baseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE

CONFERENCE, 2007, Christchurch. **Proceedings...** Christchurch, New Zealand, 2007. p. 32-33.

BEAUCHEMIN, K. A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; MCALLISTER, T. A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, n. 48, p. 21-27, 2008.

BERCHELLI, T. T.; FIORENTINI, G.; CARVALHO, I. P. C.; BERNDT, A.; FRIGIETTO, R. T. S.; CANESIN, R. C.; LAGE, J. F. Effects of lipid sources in steers performance and methane emission finished in feedlot. **Advances in Animal Biosciences**, Cambridge, v. 2, n. 2, Sept., p. 405-570, 2011.

BERCHELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; OLIVEIRA, S. G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGIETTO, R. T. S. Determinação da produção de metano e pH ruminal em bovinos de corte alimentados com diferentes relações volumoso: concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria: SBZ, 2003.

BERNDT, A.; TOMKINS, N. W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. **Animal**, Cambridge, v. 7, p. 363-372, 2013. DOI: 10.1017/S1751131113000670.

BERNDT, A. Estratégias nutricionais para redução de metano. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 4, 2010, Estância de São Pedro **Anais...** Estância de São Pedro: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010. p. 295-306.

BLACK, A. S.; SHERLOCK, R. R.; SMITH, N. P. Effect of timing of simulated rainfall on ammonia volatilization from urea, applied to soil of varying moisture content. **Journal of Soil Science**, Oxford, v. 38, p. 679-687, 2007.

BOADI, D.; BENCHAAAR, C.; CHIQUETTE, J.; MASSE, D. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, n. 84, p. 319-335, 2004.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R.; URQUILAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BRAS, S. P.; URQUILAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; GUIMARÃES, A. P.; SANTOS, C. A.; SANTOS, S. C.; MACHADO PINHEIRO, E. F.; BODDEY, R. M. Soil carbon stocks under productive and degraded Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrados. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, p. 914-928, 2013.

BUSTAMANTE, M. M. C.; NOBRE, C. A.; SMERALDI, R.; AGUIAR, A. P. D.; BARIONI, L. G.; FERREIRA, L. G.; LONGO, K.; MAY, P.; PINTO, A. S.; OMETTO, J. P. H. B. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, Dordrecht, 17 Mar. 2012. DOI 10.1007/s10584-012-0443-3.

CALLIMAN, A. P. M.; GRION, A. L.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J. J. A. de A.; MERCADANTE, M. E. Z. Correlação da emissão diária de metano entérico e características de crescimento e eficiência alimentar de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49, 2012, Brasília, DF. **A produção animal no mundo em transformação**: anais. Brasília, DF: SBZ, 2012. 1 CD-ROM.

CANTARUTTI, R. B.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; CADISCH, G.; RESENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; BRAGA, J. M.; GOMEDE, J. A.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUILAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of grazing intensity and the presence of a forage legume on nitrogen dynamics in Brachiaria pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, Dordrecht, v. 64, p. 257-271, 2002.

CARDOSO, A. da S. **Avaliação das emissões de gases de efeito estufa em diferentes cenários de intensificação de uso das pastagens no Brasil Central**. 2012. 83 f. (Dissertação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Leguminosas tropicais herbáceas em associação com pastagens. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 57, p. 103-113, 2008.

CARVALHO, I. P. C. de; BERCHELLI, T. T.; BERNDT, A.; FRIGIETTO, R. T. S. Effect of lipid sources on methane emission of beef cattle at pasture using the SF<sub>6</sub> tracer technique. **Advances in Animal Biosciences**, [Cambridge], v. 2, n. 2, p. 405-570, Sept. 2011.

COLE, N. A.; CLARK, R. N.; TODD, R. W.; RICHARDSON, C. R.; GUEYE, A.; GREENE, L. W.; MCBRIDE, K. Influence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emissions from beef cattle manure. **Journal of Animal Science**, New Delhi, v. 83, p. 722-731, 2005.

COSTA, K. A. P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I. P. Doses e fontes de nitrogênio na recuperação de pastagens do capim-marandu. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 192-199, 2010.

COSTA, O. V.; CANTARUTTI, R. B.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M.; NACIF, P. L. S.; FARIA, J. C. Estoque de carbono do solo sob pastagem em área de Tabuleiro Costeiro no Sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 1137-1145, 2009.

DEMARCHI, J. J. A. A.; LOURENÇO, A. J.; MANELLA, M. Q.; ALLEONI, G. F.; FRIGUETTO, R. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. Daily methane emission at different seasons of the year by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu: preliminary results. In: WORLD CONFERENCE ON ANIMAL PRODUCTION, 9.; REUNIÃO LATINOAMERICANA DE PRODUÇÃO ANIMAL, 18., 2003, Porto Alegre. [Anais...]. Porto Alegre: World Association of Animal Production, 2003a. 1 CD-ROM.

DEMARCHI, J. J. A. A.; LOURENÇO, A. J.; MANELLA, M. Q.; ALLEONI, G. F.; FRIGUETTO, R. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A. Preliminary results on methane emission by Nelore cattle in Brazil grazing *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. In: INTERNATIONAL METHANE AND NITROUS OXIDE MITIGATION CONFERENCE, 3., 2003, Beijing, CN. *Proceedings...* Beijing: China Coal Information Institute, 2003b. p. 80-84.

EUCLIDES FILHO, K.; FIGUEIREDO, G. R.; EUCLIDES, V. P. B.; SILVA, L. O. C.; ROCCO, V.; BARBOSA, R. A.; JUNQUEIRA, C. E. Desempenho de diferentes grupos genéticos de bovinos de corte em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 32, p. 1114-1122, 2003.

FAO. *World agriculture: towards 2015/2030*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002. 97 p.

FAOSTAT. 2012. Disponível em: <[www.faostat3.fao.org](http://www.faostat3.fao.org)>. Acesso em: 11 jun. 2012.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Soil carbon changes from conversion of forest to pasture in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 108, p. 147-166, 1998.

FERNANDES, H. J.; PAULINO, M. F.; MARTINS, R. G. R.; VALADARES FILHO, S. C.; TORRES, R. A.; PAIVA, L. M.; MORAES, G. F. B. K. Ganho de peso, conversão alimentar, ingestão diária de nutrientes e digestibilidade de garrotes não-castrados de três grupos genéticos em recría e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, p. 2403-2411, 2004.

FISHER, M. J.; BRAZ S. P.; SANTOS, R. S. M. dos; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Another dimension to grazing systems: soil carbon. *Tropical Grasslands*, Brisbane, v. 41, p.65-83, 2007.

FONTES, C. A. A.; COSTA, V. A. C.; BERNDT, A.; FRIGUETTO, R. T. S.; VALENTE, T. N. P.; PROCESSI, E. F. Emissão de metano por bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim mombaça (*Panicum maximum* cv. Mombaça). II Emissão por Mcal de energia líquida ingerida e por kg de ganho. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. Encontro... Belém: SBZ, 2011.

GOUVELLO, C.; SORES-FILHO, B. S.; NASSAR, A. *Estudo de baixo carbono para o Brasil. Uso da terra, mudanças do uso da terra e floresta*. Washington, Banco Mundial, 2010. 288 p.

GUO, L. B.; WANG, M.; GIFFORD, R. M. The change of soil carbon stocks and fine root dynamics after land use change from a native pasture to a pine plantation. *Plant and Soil*, The Hague, v. 299, p. 251-262, 2007.

HEGARTY, R. S.; GOOPY, J. P.; HERD, R. M.; MCCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*. Champaign, v. 85, p. 1479-1486, 2007.

HULSHOF, R.; BERNDT, A.; GERITS, W. J. J.; DIJKSTRA, J.; ZIJDERVELD, S. M. van; NEWBOLD, J. R.; PERDOK, H. B. Dietary nitrate supplementation reduces methane emission in beef cattle fed sugarcane based diets. *Journal of Animal Science*, Champaign, 90, 2317-2323, 2012. DOI: 10.2527/jas.2011-4209.

IBGE. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

IBGE. *Censo agropecuário 2006*. Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 2006. 777 p.

INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Greenhouse gas inventory programme: guidelines for national greenhouse gas inventories*. Hayama: Institute for Global Environmental Strategies, 2006. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>>. Acesso em: 19 June 2012.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2007: the physical science basis*. In: ISOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K. B.; TIGNOR, M.; MILLER, H. L. (Ed.). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p.

INTERNATIONAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Guidelines for national greenhouse gas inventories*, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/invst.html>>. Acesso em: 19 June 2012.

JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 33, p. 177-181, 2003.

JANTALIA, C. P.; OLIVEIRA, O. C. de; LENGGRUBER, J. de A.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. O nitrogênio como elemento chave para evitar a degradação das pastagens e suas implicações na produção de gases de efeito estufa. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto Alegre: Gêneseis, 2006b. p. 201-296.

- JANTALIA, C. P.; TÁRRE, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de *Brachiaria*. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARCO, F. A. O. (Ed.). *Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto Alegre: Genesis, 2006a. p. 157-170.
- JOBLIN, K. N. Ruminant acetogens and their potential to lower ruminant methane emissions. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, n. 50, p. 1307-1313, 1999.
- JOHNSTON, A. E.; POULTON, P. R.; COLEMAN, K. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy*, New York, v. 101, p. 1-57, 2009.
- KETTLEWELL, H. B. D. Darwin missing evidence. *Scientific American*, New York, v. 200, p. 48-53, 1959.
- LARA-CABEZAS, W. A. R.; KORNDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de  $N-NH_3$  na cultura de milho: II. Avaliação de fontes sólidas e fluidas em sistema de plantio direto e convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, p. 489-496, 1997.
- LESSA, A. C. R. **Produção de óxido nítrico e volatilização de amônia derivados da aplicação de urina e fezes bovina em pastagens sobre Latossolo em Goiás**. 2010. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica.
- LORENSINI, F.; CERETTA, C. A.; GIROTTI, E.; CERINI, J. B.; LOURENZI, C. R.; CONTI, L.; TRINDADE, M. M.; MELO, G. W.; BRUNETTO, G. Lixiviação e volatilização de nitrogênio em um Argissolo cultivado com videira submetida à adubação nitrogenada. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, 2012.
- MAGALHÃES, K. A.; REIS, R. A.; CASAGRANDE, D. R.; CARDOZO, M. V.; FURLAN, D. A.; MIGUEL, M. C. V.; BERCHIELLI, T. T. Utilização da técnica do gás traçador  $SF_6$  para medição do metano ruminal em novilhos zebuínos alimentados exclusivamente com forrageiras tropicais 1. *REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 46., 2009. Maringá. [Anais...]. Paraná: SBZ, 2009.
- MAIA, S. M. F.; OGLE, S. M.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondônia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 149, p. 84-91, 2009.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; VILELA, L.; PINTO, T. L. F.; TEIXEIRA, G. M.; MANZONI, C. S.; BARIONI, L. G. Perda de amônia por volatilização em pastagem de capim-Tanzânia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 33, p. 2240-2247, 2004.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Segunda comunicação nacional do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF: MCT, 2010. 280 p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima**. Brasília, DF: MCT, 2004. 274 p.
- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Inventário brasileiro de emissões antropicas 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**. Brasília, DF: MCT, 2011. Disponível em: <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310922.html>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- MONTEIRO, R. B. N. C. **Desenvolvimento de um modelo para estimativas da produção de gases de efeito estufa em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.
- NASCIMENTO, C. F. M. **Emissão de metano por bovinos Nelore ingerindo *Brachiaria brizantha* em diferentes estádios de maturação**. 2007. 65 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária - Nutrição Animal) - Universidade de São Paulo - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga.
- NASCIMENTO, C. F. M.; DEMARCHEL, J. J. A. A.; BERNDT, A.; RODRIGUES, P. H. M. Methane emissions by Nelore beef cattle consuming *Brachiaria brizantha* with different station of maturation. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 2007, Christchurch. *Proceedings...* Christchurch, 2007. p. 64-65.
- OLIVEIRA, O. C. de; OLIVEIRA, I. P. de; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; MIRANDA, C. H. B.; VILELA, L.; URQUIAGA, S. Response of degraded pastures in the Brazilian Cerrado to chemical fertilisation. *Pasturas Tropicais*, Colômbia, v. 23, p. 14-18, 2001.
- OLIVEIRA, P. P. A.; TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, W. S. Balanço do nitrogênio ( $^{15}N$ ) da uréia nos componentes de uma pastagem de capim-marandu sob recuperação em diferentes épocas de calagem. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, 2007. Disponível em: <<http://www.rbz.ufrv.br/rbz/visao/site/index.php>>. Acesso em: 20 dez. 2007.
- OLIVEIRA, S. G. **Caracterização nutricional de silagens de sorgo com variação no teor de tanino em bovinos de corte**. 2005. 129 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Potencialidades da utilização de taninos na conservação de forragens e nutrição de ruminantes: revisão. *Archives of Veterinary Science*, Universidade Federal do Paraná, v. 12, p. 1-9, 2007.

- OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T.; PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M. A. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 135, n. 3, 2007.
- PAULINO, V. T.; TEIXEIRA, E. M. L. C. Sustentabilidade de pastagens: manejo adequado como medida redutora da emissão de gases de efeito estufa. *PUBVET*, Curitiba, v. 4, n. 24, 2010.
- PEDREIRA, M. S. *Estimativa da produção de metano de origem ruminal por bovinos tendo como base a utilização de alimentos volumosos: utilização da metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF6)*. 2004. 162 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Unesp Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- PEDREIRA, M. S.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M. A.; FRIGHETTO, R. T. S.; OLIVEIRA, S. G.; BERCHIELLI, T. T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 66, n. 6, p. 742-750, 2009.
- PERDOK, H.; NEWBOLD, J. Reducing the carbon footprint of beef production. *Nutrition for Tomorrow*, Campinas, 2009.
- PEREIRA, H. S.; LEÃO, A. F.; VERGINASSI, A.; CARNEIRO, M. A. C. Ammonia volatilization of urea in the out-of-season corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 33, p. 1685-1694, 2009.
- POSSENTI, R. A. *Efeitos de dietas com Leucaena leucocephala com ou sem adição de Saccharomyces cerevisiae na digestão, fermentação, protozoários e produção de metano no rúmen em bovinos*. 2006. 100 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- POSSENTI, R. A.; FRANZOLINI, R.; SCHAMMANS, E. A.; DEMARCHI, J. J. A. A.; FRIGUETTO, R. T. S.; LIMA, M. A. Efeitos de dietas contendo *Leucaena leucocephala* e *Saccharomyces cerevisiae* sobre a fermentação ruminal e a emissão do gás metano em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 37, n. 8, p. 1509-1516, 2008.
- PRIMAVESI, O.; PRIMAVESI, A. C.; CORRÊA, L. A.; SILVA, A. G.; CANTARELLA, H. Lixiviação de nitrato em pastagem de coarctross adubada com nitrogênio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa-MG, v. 35, p. 683-690, 2006.
- REZENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R. B.; BRAGA, J. M.; GOMIDE, J. A.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; TARRÉ, R. M.; MACEDO, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; CADISCH, G.; GILLER, K. E.; BODDEY, R. M. Litter deposition and disappearance in *Brachiaria* pastures in the Atlantic forest region of the South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Dordrecht, v. 54, p. 99-112, 1999.

- SANGOL, L.; ERNANI, P. R.; LECH, V. A.; RAMPARZZO, C. Volatilização de  $N-NH_3$ , em decorrência da forma de aplicação de uréia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. *Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 33, p. 687-692, 2003.
- SANTOS, R. S. M. dos; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Avaliação da Produtividade Primária Aérea Líquida de Três Espécies de *Brachiaria* sob diferentes taxas de lotação. In: ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). *Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa*. Porto Alegre: Gênese, 2006. p. 133-156.
- TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effects of the presence of a forage leguminous on nitrogen and carbon levels in soils under *Brachiaria* pasture in the Atlantic Forest region of the South of Bahia, Brazil. *Plant and Soil*, The Hague, v. 234, p. 15-26, 2001.
- TRUJILLO, W.; FISHER, M. J.; LAL, R. Root dynamics of native savannah and introduced pastures in the Eastern Plains of Colombia. *Soil & Tillage Research*, Amsterdam, v. 87, p. 28-38, 2006.
- TRUMBORRE, S. E.; DAVIDSON, E. A.; CAMARGO, P. B. DE; NEPSTAD, D. C.; MARTINELLI, L. A. Belowground cycling of carbon in forests and pastures of Eastern Amazonia. *Global Biogeochemical Cycles*, Washington, v. 9, p. 515-528, 1995.
- UNITED NATIONS. *Conference on environment and development at Rio de Janeiro*. 1992. Disponível em <<http://www.unep.org/Documents/Multilingual/Default.asp?documentid=78&articleid=1163>>. Acesso em: 2 ago. 2013.
- VILLAS-BÔAS, R. L.; BOARETTO, A. E.; BULL, L. T.; GUERRINI, I. A. Parcelamento e largura da faixa de aplicação da uréia na recuperação do nitrogênio pela planta de milho. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, p. 1177-1184, 1999.
- WERNECK, C. G.; BREDA, F. A.; ZONTA, E.; LIMA, E.; POLIDORO, J. C.; BALIEIRO, F. C.; BERNARDI, A. C. C. Volatilização de amônia proveniente de uréia com zeólita natural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 47, p. 466-470, 2012.
- YAN, T. J. P.; T. W. J.; AGNEW, R. E.; MAYNE, C. S. Prediction of nitrogen excretion in feces and urine of beef cattle offered diets containing grass silage. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 85, p. 1982-1989, 2007.

