



50° Aniversario de ALPA
XXV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal
Recife 07 al 10 de noviembre de 2016

Balanco de carbono em sistemas de produção animal: fontes de emissão e opções de mitigação

Ana Cláudia Ruggieri¹ e Abmael da Silva Cardoso²

Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, S/N - Vila Industrial, Jaboticabal - SP, 14884-900

Carbon balance in animal production systems: Emission sources and mitigation options

Abstract: Global climate change has intensified in recent years, the main cause of which is attributed to the increased concentration of greenhouse gases (GHGs) in the atmosphere. The three main GHGs are carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). Animal production operations can be a big emitter of these gases. The present paper reviews the main emission sources and mitigation options for these gases. Avoiding deforestation and including trees in production systems are the main alternatives for mitigating CO₂ emissions. The production of CH₄ can be reduced by including dietary ingredients that alter the rumen fermentation and, by lowering the age at slaughter of meat animals. The N₂O emissions can be reduced by increasing nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer management. Measuring the magnitude of GHG emissions and mitigation options represents a great opportunity for future research in animal science.

Key words: Carbon dioxide, Climatic change, Greenhouse gases, Methane, Nitrous oxide

Resumo: As mudanças climáticas têm se intensificado nos últimos anos. A principal causa destas mudanças no clima é atribuída ao aumento na concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Os três principais GEE são o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). As operações de produção animal podem ser grandes emissoras destes gases. Neste artigo revisamos as principais fontes de emissão e opções de mitigação destes gases. Evitar o desmatamento e incluir árvores nos sistemas de produção são as principais alternativas para a mitigação das emissões de CO₂. Enquanto a produção de CH₄ pode ser reduzida através da inclusão de ingredientes na dieta que alterem a fermentação no rumen e através da redução da idade ao abate dos animais. Já as emissões de N₂O podem ser abatidas através do aumento na eficiência de uso do nitrogênio e do manejo da adubação nitrogenada. Mensurar as magnitudes das emissões e opções de mitigação dos GEE constitui-se em grande oportunidade para os pesquisadores da ciência animal.

Palavras chave: Dióxido de carbono, Gases de efeito estufa, Metano, Mudanças climáticas, Óxido nitroso

Introdução

Desde 2001 ocorreram 15 dos 16 anos mais quentes já registrados na história. A média da temperatura global em 2015 foi a mais elevada desde

1880, ano em que se iniciou o registro de temperaturas na superfície da Terra (GISTEMP, 2016). Esses recordes de temperatura provocam um aumento do

Recibido: 2017-02-11. Aceptado: 2017-05-01

¹ Autor para la correspondencia: Ana Claudia Ruggieri acruggieri@fcav.unesp.br

¹ Professora assistente

² Pesquisador de pós-doutorado pelo Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD)



derretimento das calotas polares, dos processos de desertificação, prejuízos a biodiversidade e produção de alimentos.

A temperatura da terra é regulada por um mecanismo conhecido como efeito estufa. Parte da energia solar na forma de radiação atravessa a atmosfera e atinge a superfície terrestre, sendo absorvida ou refletida pela Terra, e uma fração desta radiação que é refletida pela superfície do planeta não retorna ao espaço, pois, é refletida novamente e absorvida pela camada de gases de efeito estufa (GEE) presentes na atmosfera gerando o aquecimento da atmosfera (IPCC, 2013). Portanto, se houver um aumento da radiação solar chegando ao planeta ou na camada de GEE pode levar a um aquecimento adicional da atmosfera. A hipótese de que o aumento da concentração de GEE é responsável pelo aquecimento adicional da atmosfera é amplamente aceita pela comunidade científica.

Os principais GEE são o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e o óxido nitroso (N_2O). A queima de combustíveis fósseis, de biomassa e o desmatamento são os principais responsáveis pelo aumento da concentração de CO_2 na atmosfera. Enquanto as emissões entéricas de CH_4 pelos ruminantes, seguidas pela produção de CH_4 em áreas alagadas ou pantanosas e emissão por térmitas são os principais responsáveis pelo aumento de CH_4 . Já o aumento da concentração de N_2O na atmosfera é ocasionado principalmente pelo uso de fertilizantes nitrogenados e emissões pelas excretas dos animais (IPCC, 2013).

De acordo com a FAO (2014) em 2010 o setor da agropecuária, floresta e outros tipos de uso da terra foram responsáveis pela emissão de 10×10^9 Mg de CO_2 eq. Deste total aproximadamente 50% vieram da produção de alimentos e 38% do desmatamento.

Do total emitido pela agropecuária 40% provém da fermentação entérica, 16% das excreções de animais em pastagens, 13% do uso de fertilizantes sintéticos, 10% dos arrozais alagados, 7% do manejo de dejetos e 5% da queima de savanas. E, as emissões globais de GEE oriundas da atividade agropecuária cresceram 196% entre 1961 e 2011. O aumento da população humana e a conseqüente necessidade de produzir mais alimentos sugerem que estas emissões continuarão a crescer.

Em referência as emissões brasileiras, em 2010 o desmatamento respondeu por 42% das emissões de CO_2 , tendo, no entanto, apresentado uma redução drástica dentro do total emitido pelo país. Em relação ao ano de 2005 as emissões oriundas do desmatamento caíram 83%. A agropecuária é responsável por 74,5% do total de CH_4 emitido pelo país, e destes aproximadamente 88% é proveniente da fermentação entérica. Já em relação as emissões de N_2O o setor agropecuário é responsável por 80,8% do total emitido pelo Brasil, sendo 50,4% oriundo de emissões diretas e 30,4% indiretas. Dentre o total emitido pela agropecuária, 28% é proveniente das excreções de animais em pastagens e 8% do uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Portanto, os sistemas pastoris desempenham papel fundamental na emissão de CH_4 e N_2O (MCTI, 2016).

Devido a magnitude do setor de produção animal no Brasil, diversidade de regiões climáticas e sistemas de produção, um grande número de pesquisas visando quantificar, entender como ocorre, quais organismos envolvidos e modelar as emissões de GEE devem ser realizadas. Dessa forma, se caracteriza um campo de grandes oportunidades para os pesquisadores brasileiros. Com isso pretende-se discutir as principais vias de emissão e formas de mitigação do CO_2 , CH_4 e N_2O , e também o balanço de carbono em sistemas pastoris.

Emissão e sequestro de CO_2

As emissões de CO_2 na produção pecuária ocorre em três principais atividades. A principal é através do desmatamento. A supressão de vegetação para expansão da pecuária é grande responsável pela emissão de CO_2 . Para fins de comparação vamos calcular a emissão oriunda da supressão de uma área com 1ha com aproximadamente 350 m^3 de madeira. Apresentando está madeira uma densidade de 0,58 e 50% de carbono temos: $350 \times 0,58 \times 0,5 = 101,5$ Mg de C que convertido em CO_2 dá 372 Mg de CO_2 . Segundo cálculos de Cardoso *et al.*, (2016a) um bovino de corte adulto com 450 kg (1UA) emite o equivalente a 3,1 Mg de CO_2 por ano. Portanto, se

considerarmos uma lotação de 1 UA/ha, este mesmo animal levará 120 anos para emitir a mesma quantidade de GEE oriunda do desmatamento de 1ha de floresta tropical.

A segunda principal forma de emissão de CO_2 é através da oxidação da matéria orgânica em pastagens degradadas ou em processo de degradação. Com isso, a produção de biomassa de forragem não é suficiente para manter os estoques de carbono no solo (Braz *et al.*, 2013). E a terceira forma é através do uso de combustíveis fósseis para a produção pecuária, tais como óleos combustíveis, lubrificantes, plástico e outros derivados de petróleo

ou carvão. Além destas principais formas de emissão o CO₂ ainda é produzido quando ocorre queimada das pastagens.

É consenso entre os pesquisadores que o máximo de carbono estocado no solo, na forma de carbono orgânico do solo (COS), é atingido sobre vegetação florestal. Após a supressão da floresta um novo equilíbrio é atingido dependendo do uso da terra. O IPCC (2003) considera por exemplo, que este novo equilíbrio (*steadystate*) é atingido após 20 anos. Na Figura 1 são apresentados os possíveis cenários que podem ocorrer com o COS através dos diferentes usos e mudanças de uso da terra. Na conversão da área de floresta para pastagens o estoque de carbono decresce e, pode atingir um equilíbrio após vários anos (20 anos em média) que pode se manter dependendo do manejo ou até poderá haver incrementos como exemplo ao converter a área de pastagem para integração com lavoura (ILP) ou integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) entre os 20 e 40 anos. Mas poderá haver diminuição caso a área seja convertida em agricultura. Da mesma forma a área de floresta convertida em agricultura atinge um novo equilíbrio após 20 anos, que pode permanecer

estático, ou aumentar em função da mudança do uso da terra.

De acordo com Dias-Filho (2014) mais de 100 milhões de hectares de pastagens no Brasil apresentam algum estado de degradação. As pastagens degradadas não apresentam o potencial máximo de estoque de carbono no solo sobre este uso e, portanto, constituem-se em grande oportunidade para mitigar as emissões de CO₂. Na Tabela 1 são apresentados estudos nacionais onde se avaliou o potencial de sequestro de carbono recuperando pastagens degradadas. O ganho anual de COS variou de 0.2 a 2.95 Mg C/ha-ano com uma média de 0.98 Mg C/ha-ano. Ao convertermos em CO₂ temos um potencial médio de retirar da atmosfera 3.6 Mg de CO₂ por ano. Esta estratégia de mitigação das emissões de GEE através do sequestro de carbono pelo manejo adequado dos solos cultivados com pastagens consta da Contribuição Nacionalmente Determinada Pretendida (iNDC) do Brasil assumidas por ocasião do Acordo de Paris em 2015. O governo brasileiro também possui um plano denominado de "Agricultura de Baixo Carbono" que visa incentivar através de crédito agrícola a adoção pelos

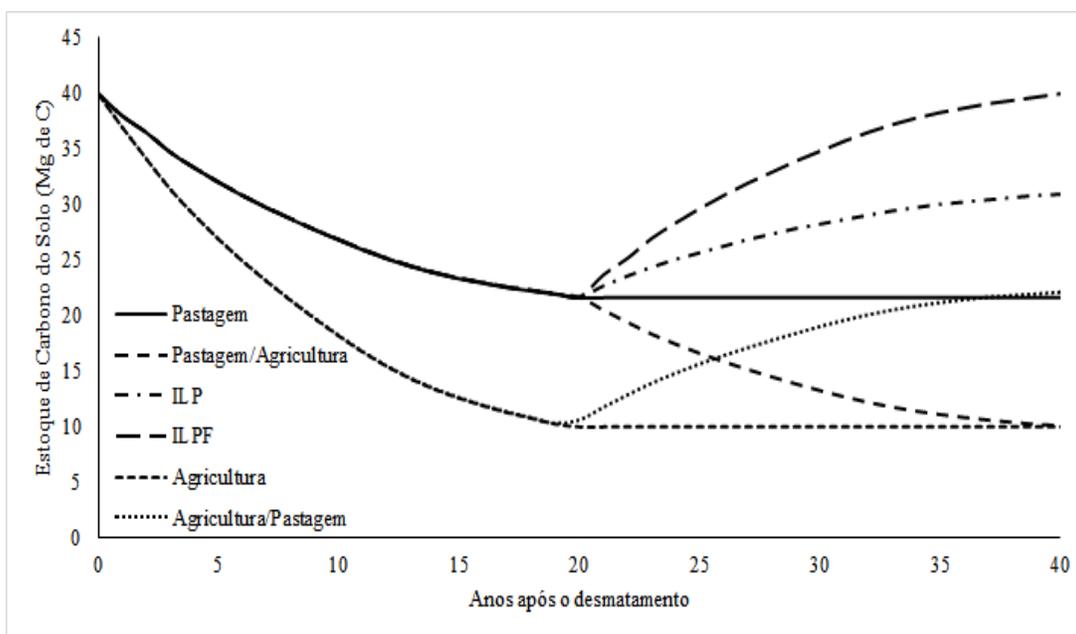


Figura 1. Variação nos estoques de carbono após a conversão da floresta em pastagem e agricultura. Após 20 anos as áreas de pastagem e agricultura atingem um novo equilíbrio nos estoques de carbono. A mudança do uso da terra de pastagens para sistemas de integração-lavoura-pecuária (ILP) e integração-lavoura-pecuária-floresta (ILPF), ou agricultura para pastagens podem provocar alterações nos estoques de carbono do solo (entre 20 e 40 anos).

Tabela 1. Estoques de carbono (Mg C/ha) em solos cultivados com pastagens degradadas ou produtivas e taxa de acúmulo de carbono (Mg C/ha-ano).

Local	Argila (%)	Prof. (cm)	Estoque de C do solo		ΔC (Mg/ha-ano)	Referências
			Final (produtivo)	Inicial (degradado)		
Luz - MG	77	100	164.7	138.1	2,95	Braz <i>et al.</i> (2013)
Itaporã - MG	46	100	95.5	84.8	1,78	Braz <i>et al.</i> (2013)
Penápolis - SP	26	100	62	60.5	0.23	Braz <i>et al.</i> (2013)
Chapadão do Sul - MS	11	100	62.3	53	1,06	Braz <i>et al.</i> (2013)
Goiânia - GO	40	40	69.8	69.1	0,62	Freitas <i>et al.</i> (2000)
MT e RO	-	30	-	-	0,99	Maia <i>et al.</i> (2009)
Campo Grande - MS	36	20	-	-	0,2	Salton <i>et al.</i> (2011)
Média					0,98	

agropecuárias de sistemas e práticas que aumentem os estoques de carbono no solo.

Como citado acima o potencial de acúmulo de CO₂ pelo solo é limitado e segundo o IPCC(2003) atinge um novo equilíbrio após 20 anos. Após este período o sequestro as emissões de CO₂ são consideradas similares. No entanto, muitas são as oportunidades para os pesquisadores brasileiros contribuírem para o conhecimento nesta área. É necessário responder as seguintes perguntas:

- Qual é o potencial máximo de estoques de carbono nos diferentes tipos e usos dos solos nas diferentes condições climáticas?
- Os estoques de carbono sobre o mesmo sistema de produção e manejo se estabilizam mesmo aos 20 anos?
- Após este período os estoques de carbono poderiam continuar aumentando em uma camada do solo inferior à considerada pelo IPCC (mais de 30 cm de profundidade)?

A inclusão de componente arbóreo nos sistemas pastoris tem sido apontada como uma oportunidade de mitigar as emissões de CO₂ (Balbino *et al.*, 2011). No entanto, o carbono estocado na biomassa vegetal também atingirá uma fase de equilíbrio onde a quantidade de carbono fixada na madeira é similar as perdas de CO₂ pela respiração e decomposição no

sistema. O potencial de acúmulo de C na biomassa depende da espécie arbórea a ser cultivada, o espaçamento adotado e o tipo de solo. Alves, BJR, Cardoso, AS, Boddey, RM *et al.*, (em preparação) estimaram o potencial de mitigação das emissões de CO₂ em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta de capim-marandu com eucalipto para uso como moirão. Neste sistema foi considerado o arranjo arbóreo de fileiras triplas com espaçamento 3 x 2 m e 12 m entre faixas de eucalipto com três cortes a cada 7 anos.

A Figura 2 ilustra o potencial de mitigação das emissões de GEE pelo sistema de integração que segue um modelo linear-platô. Nos primeiros anos o total de CO₂ removido da atmosfera cresce linearmente e atinge um estado de equilíbrio aos 40 anos. O potencial de mitigação de CO₂ do sistema acima descrito é de 89 Mg CO₂/ha, o que significa que este sistema é capaz de compensar a emissão de 1 bovino de corte adulto (3.1 Mg/ha-ano) por 29 anos. Porém, não é capaz de compensar o emitido por supressão de uma floresta tropical nativa (372 Mg CO₂/ha). Investigar a capacidade de sequestro de CO₂ com diferentes componentes arbóreos (eucalipto, mogno, pinus, etc.) e nos diferentes sistemas de integração, assim como a meia vida da madeira constituem em oportunidades para realização de estudos nas diferentes regiões climáticas brasileira.

Emissão e mitigação de CH₄

Em sistemas pastoris o CH₄ é produzido principalmente através da fermentação entérica e secundariamente pelas excretas. Durante a fermen-

tação entérica o CH₄ é produzido com um produto da respiração anaeróbica e serve como um importante removedor de elétrons dentro do

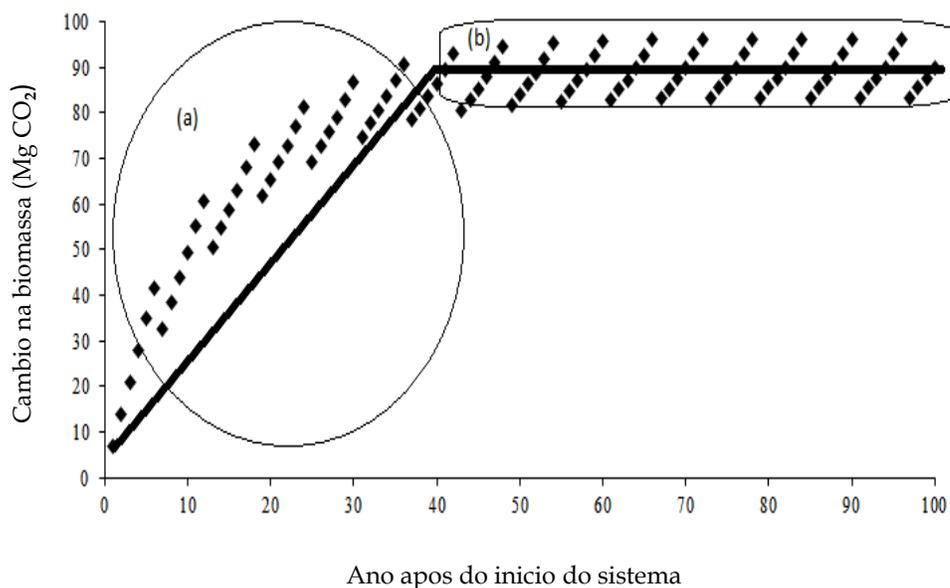


Figura 2. Acúmulo de carbono na biomassa de eucalipto (1 ha) em sistemas de integração lavoura-pecuária- floresta (cultivado em fileiras triplas 3 x 2m e 12 m entre fileiras). Na região (a) da figura observamos que o acúmulo de C é linear e atinge o valor máximo após 40 anos de adoção do sistema, e na região (b) verificamos um platô que representa uma fase de equilíbrio entre o CO₂ sequestrado e emitido pelo sistema.

rumem. A produção de CH₄ representa uma grande perda de energia durante a digestão dos alimentos, portanto reduzir a produção de CH₄ pode implicar no aumento da eficiência de uso de alimentos (Beauchemin *et al.*, 2008). O percentual de energia bruta ingerida convertida em CH₄ varia enormemente e para fins de inventários de gases e a taxa de conversão de CH₄ varia de 3,0% a 6,5% (IPCC, 2006).

Devido a importância da pecuária na emissão de CH₄ inúmeras opções de mitigação têm sido investigadas. Entre elas estratégias nutricionais, de manejo e genéticas. As principais opções de mitigação de CH₄ são apresentadas na Tabela 2.

Outra importante forma de emissão de CH₄ é através das excretas de bovinos. Após a excreção

das fezes micro-organismos metanogênicos conseguem sobreviver utilizando parte dos substratos presentes nas fezes produzindo CH₄. Essa emissão cessa rapidamente principalmente devido à redução da umidade das fezes (Holter, 1997). De acordo com o guia do IPCC o fator de emissão CH₄ *default* para fezes bovinas é de 1 kg CH₄/cabeça-ano. Recentes trabalhos quantificaram a emissão de gases por fezes bovinas (kg CH₄/cabeça-ano) são. Mazzetto *et al.*, (2014), 0.04 kg em Piracicaba-SP e 0.08 kg em Rondônia; Cardoso *et al.*, (2016b), um valor similar ao do IPCC (0.95 kg), e Cardoso *et al.*, (2017a), 0.54 kg na região Nordeste do estado de São Paulo.

Emissão e mitigação de N₂O

O N₂O é o terceiro mais importante gás de efeito estufa. Seu poder de aquecimento é 310 vezes superior ao CO₂ em um horizonte de 100 anos (IPCC, 2003). Aproximadamente 70% do N₂O produzido pelos solos ocorrem através da nitrificação e desnitrificação mediada por micro-organismos. Recentemente, Butterbach-Bahl *et al.*, (2013) listaram os seguintes processo contribuem para formação do N₂O em solos:

1. Decomposição química da hidroxilamina durante a nitrificação autotrófica e heterotrófica;
2. Desnitrificação química do nitrito do solo e decomposição abiótica do nitrato de amônio na presença de luz e humidade;
3. Nitrificação-denitrificação dentro dos mesmos micro-organismos nitrificadores;
4. Associação nitrificação-desnitrificação por micro-organismos diferentes (produção de

Tabela 2. Opções de mitigação de CH₄ entérico avaliadas por diferentes autores

Estratégia	Autor
Aumentar a quantidade de grãos e alimentos concentrados na dieta.	Blaxter e Clapperton (1965)
Manejo intensivo de pastagens.	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
Processamento e conservação de forragens para reduzir o tamanho de partículas e aumentar a digestibilidade	Boadi <i>et al.</i> , (2004)
Aumentar o uso de leguminosas, explorando a presença de taninos, saponinas, compostos secundários, óleos essenciais, adição de óleos, gorduras saturadas e insaturadas, ionóforos, nitrato, leveduras, malato e fumarato.	Jordan <i>et al.</i> (2006); José Neto <i>et al.</i> (2015); Lage <i>et al.</i> (2016).
Melhorar os índices produtivos e reprodutivos (reduzir a idade do abate, ao primeiro parto e o intervalo entre partos).	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
Aumentar a longevidade das matrizes.	Knapp <i>et al.</i> , (2004)
Elevar o mérito genético dos animais e das forragens.	Beauchemin <i>et al.</i> , (2008)
Selecionar animais com melhor CAR (Consumo Alimentar Residual).	Berndt e Tomkins (2013)
Otimizar a formulação de dietas	Beauchemin <i>et al.</i> , (2008)

nitrato por oxidantes do nitrito, que é imediatamente desnitrificado *in situ* pelos desnitrificadores);

5. Desnitrificação conduzida por organismos capazes de utilizar óxidos de nitrogênio como aceptor de elétron alternativo sobre condições ambientais que limitam o O₂ disponível;
6. Co-desnitrificação do N orgânico com NO, e
7. Amonificação do nitrato ou redução dissimilatória do nitrato.

As principais estratégias de mitigação das emissões de N₂O visam aumentar a eficiência de uso do N pelos animais e pelas plantas e também evitar perdas de N no ambiente. As principais formas de mitigar as emissões de N₂O são apresentadas abaixo:

1. Manejo da pastagem visando reduzir a compactação do solo pelo uso de maquinário e pisoteio dos animais, aumentar a matéria orgânica do solo através da manutenção de resíduos culturais do pasto;
2. Aumentar a utilização do N pelos animais através do balanço entre proteína e energia metabolizável;
3. Melhorar o uso de N pelas forrageiras através do parcelamento da adubação nitrogenada e época de adubação;
4. Aumentar o uso de forrageiras leguminosas;
5. Reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados;
6. Evitar queimadas;

7. Utilizar fertilizantes protegidos ou com inibidores de urease;
8. Igualar a quantidade de N aplicado com a quantidade exigida pela forrageira;
9. Integrar a produção animal e vegetal;
10. Evitar aplicação de fertilizantes a lanço;
11. Utilizar fertilizantes de liberação controlada e inibidores de nitrificação.

No âmbito das emissões do N₂O, as oportunidades de pesquisa são a quantificação das emissões para obtenção de fatores de emissão locais que permitem o aumento da precisão dos inventários de GEE nacional, estaduais e regionais. Avaliação confirmatória dos mecanismos envolvidos na emissão consumo do N₂O em condições tropicais. Estudos de opções de mitigação através do aumento da eficiência do uso de N pelos animais e pelas pastagens.

Balanco de carbono

Através da soma entre as entradas e saídas de carbono em um sistema podemos obter o balanço de carbono. O balanço de carbono geralmente é apresentado em carbono equivalentes (CO₂eq), que constitui em transformar as emissões dos demais gases (CH₄, N₂O, etc.) em equivalentes de CO₂. De acordo com o IPCC (2003) em um horizonte de 100 anos o poder de aquecimento de uma molécula de CH₄ é equivalente a 21 vezes a de CO₂ e a de N₂O a 310 vezes a uma de CO₂.

A metodologia mais conhecida para avaliar o balanço de carbono é a análise de ciclo de vida,

onde se computa todas as emissões de GEE e possíveis sequestros em todo o ciclo de vida de um produto. Essa metodologia nos permite obter a intensidade de emissão de carbono por unidade de produto, por exemplo, kg de CO₂eq por litro de leite, quilo de carne, quilo de lã ou dúzia de ovos. Para realizar análises de ciclo de vida o pesquisador pode utilizar os guias do IPCC, o manual da organização internacional para padronização (ISO) conhecido como ISO 14001.

Recentemente foram publicados dois estudos nacionais avaliando a “pegada de carbono” da produção de carne bovina no Brasil. O primeiro avaliou o efeito da intensificação da produção de bovinos de corte no Brasil Central (Cardoso *et al.*, 2016b) e o segundo avaliou a pegada de carbono em três sistemas de produção, com pastagens

produtivas, pastagens degradadas e integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta (De Figueiredo *et al.*, 2016). Os resultados da pegada de carbono para a bovinocultura de corte do Brasil Central são apresentados na Tabela 3.

A análise de ciclo de vida é uma ferramenta poderosa para calcularmos a intensidade de emissões nos processos de produção de produtos tais como a carne ou leite. Com a publicação de levantamentos sistemáticos das emissões de GEE realizados nos últimos anos por diferentes biomas brasileiros pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Institutos estaduais de pesquisa e Universidades permitirá a realização de inúmeros estudos para calcular a pegada de carbono de carne, leite, lã e ovos para as diferentes regiões e sistemas de produção animal no Brasil.

Tabela 3. Pegada de carbono para diferentes sistemas de produção de bovinos de corte no Brasil Central

Sistema de Produção	Pegada de carbon (%)	Autores
intensivo	58.3	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
semi-intensivo	40.9	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
intensivo com leguminosas	29.6	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
intensivo	32.4	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
intensivo com terminação em confinamento	29.4	Cardoso <i>et al.</i> , (2016a)
pastagens degradadas	37.0	De Figueiredo <i>et al.</i> , (2016)
pastagens produtivas	18.8	De Figueiredo <i>et al.</i> , (2016)
integração lavoura-pecuária-floresta	25.2	De Figueiredo <i>et al.</i> , (2016)

Considerações Gerais

A emissão de gases de efeito estufa em geral é bem conhecida em climas temperados e se apresenta como uma grande oportunidade de pesquisa para os pesquisadores em regiões tropicais. As quantificações dos fatores de emissão dos GEE para as condições tropicais são necessárias para aumentar a acurácia dos inventários de gases nacionais e visam com isso entender os mecanismos envolvidos na produção desses gases.

A inclusão do carbono sequestrado pela biomassa ou pelo solo nos balanços de gases exige a realização de estudos de longo prazo e nos diferentes sistemas de produção possíveis com integração de diferentes espécies florestais. Por fim, para compararmos a eficiência ambiental de um sistema de produção animais devemos quantificar a intensidade de emissão por unidade de produto (kg de CO₂eq por kg de carne, leite, lã ou ovos) e constitui em uma vasta área de oportunidade para realização de estudos no Brasil.

Literatura Citada

Balbino, L. C., L. A. M. Cordeiro, V. Porfírio-da-Silva, A. Moraes, G. B. Martínez, R. C. Alvarenga, A. N. Kichel, R. S. Fontaneli, H. P. dos Santos, J. C. Franchini, J. C. e P. R. Galerani. 2011. Evolução tecnológica e arranjos

produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.* 46: 1.

Beauchemin, K. A., M. Kreuzer, F. O'Mara, and T. A. McAllister. 2008. Nutritional management for



- enteric methane abatement: A review. *Aust. J. Exp. Agric.* 48: 21.
- Berndt, A and N. W. Tomkins. 2013. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal* 7: 363.
- Blaxter, K. L., and L. Clapperton. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *Br. J. Nutr.* 19: 511.
- Boadi, D., C. Benchaar, J. Chiquette, and D. Massé. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. *Can. J. Anim. Sci.* 84: 319.
- Braz, S. P., S. Urquiaga, B. J. R. Alves, C. P. Jantalia, A. P. Guimarães, C. A. dos Santos, S. C. dos Santos, E. F. M. Pinheiro, R. M. Boddey. 2013. Soil carbon stock under productive and degraded *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 77:914.
- Butterbach-Bahl, K., E. M. Baggs, M. Dannenmann, R. Kiese, and S. Zechmeister-Boltenstem. 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transaction of The Royal Society B* 368:20130122
- Cardoso A. S., B. J. R. Alves, S. Urquiaga, and R. M. Boddey. 2016b. Effect of volume of urine and mass of feces on N₂O and CH₄ emissions of dairy cow excreta in a tropical pasture. *Anim. Prod. Sci.* 46:1.
- Cardoso, A. S., A. Berndt, A. Leytem, B. J. R. Alves, I. D. N. de Carvalho, L. H. de Barros Soares, S. Urquiaga, and R. M. Boddey. 2016a. Impact of the intensification of beef production in Brazil on greenhouse gas emissions and land use. *Agricultural Systems* 143:86.
- Cardoso, A. S., S. C. Oliveira, E. R. Januszkiewicz, L. F. Brito, E. S. Morgado, and A. C. Ruggieri. 2017. Effect of season on ammonia, nitrous oxide and methane emission factors for beef cattle excreta and urea fertilizer applied to tropical pasture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* (no prelo).
- de Figueiredo, E. B., S. Jayasundara, R. de Oliveira Bordonal, T. T. Berchielli, R. A. Reis, C. Wagner-Riddle, and N. La Scala Jr. 2016. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. *J. Cleaner Prod.* (in press).
- Dias-Filho, M. B. 2014. Diagnóstico das pastagens no Brasil. *Embrapa Amazônia Oriental.* 36 p.
- FAO. 2014. Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, Forestry and Other Land Use. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org>. Accessed Oct 04, 2016.
- Freitas, P. L., P. Blancaneaux, Gavinelli, M. C. Larrélarrouy e C. Feller. 2000. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesq. Agropec. Bras.* 35:157.
- GISTEMP Team, 2016: GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP). NASA Goddard Institute for Space Studies. <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>. Accessed Oct 04, 2016.
- Holter, P. 1997. Methane emissions from Danish cattle dung pats in the field. *Soil Biol. Biochem.* 29:31.
- IPCC, 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Stocker, T. F., D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P. M. Midgley (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.* H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, and K. Tanabe. (Ed.) Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, IGES, Japan.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry.* Penman, J., M. Gytarsky, T. Hiraiishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, and F. Wagner, (Eds.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Kanagawa, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.html>.
- Jordan, E., D. K. Lovett, F. J. Monahan, J. Callan, and B. Flynn. 2006. Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 84:162.
- Lage, J. F., E. San Vito, R. A. Reis, E. E. Dallantonia, L. R. Simonetti, I. P. C. Carvalho, A. Berndt, M. L. Chizzotti, R. T. S. Friguetto, and T. T. Berchielli. 2016. Methane emissions and growth performance of young Nelore bulls fed crude glycerine- v. fibre-based energy ingredients in low or high concentrate diets. *J. Agric. Sci.* 154:1280.
- Knapp, J. R., G. L. Laur, P. A. Vadas, W. P. Weiss, and J. M. Tricarico. 2014. Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *J. Dairy Sci.* 97:3231.
- Maia, S. M. F., S. M. Ogle, C. E. P. Cerri, and C. C. Cerri. 2009. Effect of grassland management on soil carbon sequestration in Rondonia and Mato Grosso states, Brazil. *Geoderma* 149:84.
- Mazzetto, A. M., A. S. Barneze, B. J. Feigl, J. W. Van Groenigen, O. Oenema, and C. C. Cerri. 2014. Temperature and moisture affect methane and nitrous oxide emission from bovine manure patches in tropical conditions. *Soil Biology Biochem.* 76:242.
- MCTI. 2016. Third national communication of Brazil to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasil. p. 333.
- Neto, A. J., J. D. Messana, A. F. Ribeiro, E. S. Vito, L. G. Rossi, and T. T. Berchielli. 2015. Effect of starch-based supplementation level combined with oil on intake, performance, and methane emissions of growing Nelore bulls on pasture. *J. Anim. Sci.* 93:2275.
- Salton, J. C., J. Mielniczuk, C. Bayer, A. C. Fabrício, M. C. M. Macedo, e D. L. Broch. 2011. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesq. Agropec. Bras.* 46, 1349.