

Coletânea de Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Pecuária Brasileira

SENAR
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES
PÁTRIA AMADA BRASIL GOVERNO FEDERAL


1260

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento



Coletânea de Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Pecuária Brasileira

Missão do Mapa

Promover o desenvolvimento sustentável da agropecuária e a segurança e competitividade de seus produtos

Brasília
MAPA
2020

2020. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Todos os direitos reservados. Permitida reprodução desde que citada a fonte.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos, ideologia dos artigos e imagens desta obra são dos autores intelectuais que os produziram. O Mapa incentiva pesquisas no tema, e sua divulgação para esclarecimentos de conceitos, perspectivas e estratégias, com vista a atender as diversas demandas do setor produtivo nacional.

1ª edição. Ano 2020
Tiragem: 1.000

Equipe técnica

Coordenação: Eleneide Doff Sotta, Elvison Nunes Ramos, Fernanda Garcia Sampaio, Juan Vicente Guadalupe
Juliana Bragança Campos, Gallardo, Kátia Marzall, Mirella de Souza Nogueira Costa, Sidney Almeida Filgueira de Medeiros.

Organizadores

Dra. Eleneide Doff Sotta, Dra. Fernanda Garcia Sampaio e Mirella de Souza Nogueira Costa.

Revisores científicos

Capítulo 1 – Dra. Diana Signor

Capítulo 2 – Dr. Alexandre Berndt e Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Capítulo 3 – Dra. Ana Paula Packer, Dra. Leidiane Ferronato Mariani e Juliana Bragança Campos

Colaboradores

Andréa Nascimento de Araújo, Danielly Godiva Santana Molleta, Giovanna Lunkomoss de Christo e Lidiane Rocha de Oliveira Melo

Catalogação na Fonte

Dados internacionais de Catalogação-da-Publicação (CIP)
Catalogação na Fonte Biblioteca Nacional de Agricultura – BINAGRI

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.
Coletânea de fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da pecuária brasileira / Eleneide Doff Sotta, Fernanda Garcia Sampaio, Mirella de Souza Nogueira Costa (organizadoras) . – Brasília : MAPA/SENAR, 2020.

162 p. : il. color.
ISBN 978-65-86803-33-4

1. Agricultura Sustentável. 2. Agropecuária Tropical. 3. Mudança Climática. 4. Pecuária Brasileira. I. Secretaria Nacional de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. II. Título. AGRIS XXX

AGRIS P01
A01

Kelly Lemos da Silva CRB1-1880



APRESENTAÇÃO

O Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC) foi criado no contexto da implementação da Política Nacional de Mudanças Climáticas – PNMC (Lei nº 12.187/2009). O Plano ABC é um dos mais importantes instrumentos da atual política agropecuária do Brasil. Com o objetivo de ampliar a área de adoção de sistemas sustentáveis de produção, o Plano ABC apresenta o compromisso concreto do setor para o enfrentamento da mudança do clima entre outros, monitorando os resultados das ações de controle das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) relacionadas à agropecuária.

A agropecuária tem uma contribuição fundamental para a segurança alimentar. Adicionalmente, os avanços observados na adoção de sistemas sustentáveis de produção agropecuária são também fundamentais para promover o adequado equilíbrio entre a geração de renda e a sustentabilidade econômica e a conservação ambiental e o fornecimento de serviços ecossistêmicos. Atualmente, o setor agropecuário assume um importante papel nos esforços nacionais para o enfrentamento da mudança do clima, bem como o cumprimento do compromisso assumido pelo Brasil junto a Convenção-Quadro das Nações Unidas para a Mudança do Clima (UNFCCC, por sua sigla em inglês). Com uma sólida base cientifica e tecnológica, estratégia e instrumentos de política pública efetivos, e uma gestão que levou ao concreto envolvimento do setor produtivo, o Plano ABC vem apresentando resultados expressivos no que se refere ao aumento da produção agropecuária, alinhado com um controle da emissão bruta de Gases de Efeito Estufa (GEE). A implementação do Plano ABC permitiu que as emissões associadas ao setor agropecuário se mantivessem bem abaixo das metas estabelecidas inicialmente, e certamente muito abaixo do crescimento de emissões projetado sem interferência de uma política pública. Por meio do Plano ABC, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) tem sido capaz de cumprir com seu papel na promoção de uma agricultura mais sustentável e com capacidade de reduzir as emissões de GEE, garantindo a segurança na produção de alimentos, com redução da vulnerabilidade à mudança do clima, fortalecimento da resiliência e da capacidade de adaptação à crescente incerteza climática, contribuindo sustentavelmente para o aumento da produção e produtividade da agropecuária brasileira.

Cada nação dispõe da sua própria história, economia e trajetória de desenvolvimento, a qual está atrelada a um nível de emissões de GEE. Esse fato confirma o princípio das responsabilidades comuns, diferenciadas, porém, segundo a economia de cada país, conforme estabelecido pela UNFCCC. Ao mesmo tempo, enfatiza a importância de determinar fatores de emissão específicos que reflitam a realidade das condições ambientais e tecnológicas encontradas no Brasil. Estabelecer fatores de emissões nacionais e setoriais é essencial para uma quantificação mais precisa de suas emissões de GEE, permitindo informações adequadas à sociedade, nacional e internacional e, sobretudo, direcionar adequadamente o desenho da política setorial nacional de enfrentamento à mudança do clima.

As estimativas de emissões e, consequentemente, de sua redução, controle, e capacidade de remoção, são ainda elaboradas com muitas incertezas. Ainda que não seja possível eliminar uma incerteza intrínseca a um processo bastante dinâmico, é possível aperfeiçoar a precisão dessas estimativas através do uso de melhores dados e metodologias adequadas conforme características especificas de cada setor. Para tal, é importante a determinação de fatores de emissão específicos para a natureza de cada atividade e adequados para circunstâncias nacionais.

Atualmente, existem no Brasil diversos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos nas universidades e instituições de pesquisa, buscando estabelecer fatores de emissão específicos para os sistemas agrícolas nacionais. No entanto, grande parte da informação gerada não é de conhecimento amplo, observando-se, nesse sentido, uma dificuldade em acessá-la. Em consequência, também é difícil reconhecer o potencial que os resultados desses estudos, bem como das informações relacionadas, pode ter para sua utilização nos cálculos de emissões nacionais. Esse fato tem levado o país frequentemente a adotar, nos seus cálculos de emissões de GEE, fatores de emissão padrão do IPCC. Ainda que válidos em uma escala global, tais fatores foram desenvolvidos a partir das realidades edafoclimáticas e tecnológicas diferentes da realidade tropical e subtropical que caracteriza a diversidade de sistemas de produção agropecuária brasileiros. Assim, o potencial de emissão, remoção e controle de GEE pelas atividades agropecuárias nacionais não necessariamente está refletido nos números obtidos.

Com o intuito de promover uma interlocução entre os diversos atores nacionais, o MAPA elaborou a presente "Coletânea de Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Pecuária Brasileira", com a participação de diversos pesquisadores brasileiros que se dedicam ao tema. Esta publicação apresenta um retrato objetivo, ainda que não exaustivo, do atual estado da pesquisa em relação a definição tanto dos fatores de emissão específicos voltados às principais culturas e sistemas de produção do país, quanto das alternativas de manejo desenvolvidas para mitigação dos GEE.

As informações recolhidas nesta Coletânea provêm de insumos, de base cientifica, para o fortalecimento das estratégias do Plano ABC a uma pecuária sustentável, bem como para aprimorar a metodologia de quantificação de emissões e remoções de GEE do setor agrícola.

Agradecemos a todos os colaboradores e instituições que contribuíram com esta estratégia, desejando-lhes uma ótima leitura!

Tereza Cristina Corrêa da Costa Dias
Ministra da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ÍNDICE

INTRODUÇÃO **26**

Mecanismos de transparência e reporte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e as modulações de suas normas 18

A influência do manejo do rebanho para mitigação das emissões na pecuária 22

1. FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA PEQUENOS RUMINANTES **26**

Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de pequenos ruminantes no território nacional 28

Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e balanço de carbono em sistema de produção de caprinos no Bioma Caatinga 32

Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em sistemas de produção de cordeiros para carne no sul do Brasil 34

Emissões de metano entérico por caprinos e ovinos em sistemas de produção no bioma Caatinga 36

2. FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA GRANDES RUMINANTES **38**

Avaliação dos fatores de emissão e remoção de grandes ruminantes e a sua integração com a política agropecuária do Brasil 40

Quantificação de fatores de emissão de metano entérico em bovinos em pastejo 48

Taninos como aditivo alimentar para mitigação das emissões de metano em taurinos e zebuínos 50

Emissão de metano em bovinos produzidos em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) 52

Emissão de metano entérico de bovinos cruzados Canchim, Angus e Charolês, terminados em confinamento 54

Emissão de gases de efeito estufa em sistemas de produção de bovinos no Sul do Brasil 56

Oportunidades de mitigação de metano na produção de carne por meio do melhoramento animal 58

Pastejo rotativo em capim-elefante para vacas leiteiras: estratégias de pastejo, produtividade animal e emissões de metano entérico e óxido nitroso 60

Carne Carbono Neutro: testando as diretrizes em um estudo de caso 63

Balanço de gases de efeito estufa e pegada de carbono de bovinos de corte em três sistemas diferentes de manejo de pastagens no Brasil 64

Fatores de emissão de óxido nitroso de urina e esterco de bovinos em pastagens do subtrópico brasileiro 66

Quantificação de fatores de emissões diretos e indiretos de óxido nitroso 68

+PRECOCE – Eficiência e inovação na cadeia do novilho precoce integrando Pantanal e Cerrado 70

Níveis de metano e perdas energéticas em bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*) 72

Dados de fatores de emissão de metano proveniente da fermentação entérica de gado de corte e de leite no Brasil 74

3. REDE DE PESQUISA PECUS – DINÂMICA DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA 78

Rede Pecus 79

Emissão de metano entérico por garrotes Canchim em sistemas integrados de produção comparados com sistemas exclusivos de produção de recria-engorda 82

Emissões de metano entérico por bovinos de corte em pastagem natural com distintos níveis de intensificação 84

Emissão de metano entérico de bovinos em sistemas integrados no Meio-Norte do Brasil 86

Emissões de metano por bovinos de corte em pastagens temperadas e em sistemas integrados de produção agropecuária 88

Emissões de metano entérico em búfalas na Amazônia Oriental: metodologia Tier2 e hexafluoreto de enxofre (SF_6) 90

Emissão de metano entérico em búfalas suplementadas com torta de palmiste no bioma Amazônia 92

Emissão de óxido nitroso em pastagens tropicais de sistemas de produção de bovinos de corte 94

Modelagem das emissões de óxido nitroso de pastagens pura de gramínea e consorciada de gramínea com leguminosa no oeste da Amazônia brasileira 96

Dinâmica de gases de efeito estufa e a interface com a eficiência, qualidade dos alimentos e sustentabilidade em sistemas de produção agropecuários do bioma Mata Atlântica 98

Estoque de carbono orgânico e emissão de gases de efeito estufa do solo em área de campo nativo do bioma Pampa 100

Estoques de carbono no solo em sistemas pastoris para a produção leiteira 102

Estoques de carbono no solo em sistemas integrados no bioma Mata Atlântica 104

Estoques de carbono e humificação no solo em pastagens com diferentes níveis de intensificação no Brasil 106

Indicador de qualidade do solo em sistema pecuário integrado de baixa emissão de carbono no Bioma Amazônia 108

Modelagem estatística do carbono no solo em sistema de produção especializado de integração lavoura-pecuária-floresta em Paragominas-PA 110

Biomassa e estoque de carbono em árvores de eucalipto em sistemas integrados de produção pecuária 112

Sistemas de produção sustentáveis, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta 114

Potencial de serviços ambientais com uso de eucalipto em sistemas de produção integrados 116

Emissão de metano entérico de novilhas Nelore em sistemas integrados e extensivo 117

Emissões de gases de efeito estufa do solo em diferentes sistemas de produção animal no Cerrado brasileiro 118

Teores de carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta 119

3. FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA NÃO RUMINANTES 120

Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de não ruminantes no território nacional 122

Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) nos arranjos tecnológicos de produção e uso de biogás 130

Emissões de óxido nitroso provenientes da suinocultura 132

Emissões de gases de efeito estufa e amônia oriundas da criação de frangos de corte em múltiplos reúso da cama 134

Emissões de gases de efeito estufa durante o alojamento de frangos de corte sob cama reutilizada 138

Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte 140

Efeitos da intensidade e escala de produção sobre impactos ambientais na cadeia produtiva de carne de aves: avaliação do ciclo de vida de cenários – franceses e brasileiros – de produção de aves 142

Impactos ambientais no processo produtivo de frangos de corte 144

Estratégias para mitigação das emissões de óxido nitroso após aplicação de dejetos de animais e uréia em plantio direto no sul do Brasil 146

Compreendendo as emissões e remoções de gases de efeito estufa (GEE) em pisciculturas em tanques-rede em reservatórios 150

Emissão ou remoção: o enigma da maricultura no balanço de carbono azul 152

ANEXO – CONTINUAÇÃO BIBLIOGRÁFICA 154

SIGLAS

ACV	Análise do Ciclo de Vida
AND	Autoridade Nacional Designada
BTRs	Relatórios Bienais de Transparência
BUR	Relatórios Bienais de Atualização
CBDR	Responsabilidades Comuns, Porém Diferenciadas
CCN	Carne Carbono Neutro
CH_4	Metano
CMS	Consumo de Matéria Seca
CO_2	Dióxido de Carbono/Gás Carbônico
COP	Conferência das Partes
Default	Padrão
ETF	Estrutura de Transparência Aprimorada
EXT	Sistema Extensivo
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FE	Fator de Emissão e Remoção
GEE	Gases de Efeito Estufa
GPD	Ganho de Peso Diário
IAL	Pastagem Irrigada com Alta Lotação Animal
IE	Intensidade de Emissão
ILA	Abordagem Integrada da Paisagem (sigla em inglês; *Integrated Landscape Approach*)

ILP	Sistema de Integração Lavoura-Pecuária
ILPF	Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (sigla em inglês; *Intergovernamental Painel on Climate Change*)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MOS	Matéria Orgânica do Solo
N_2O	Óxido Nitroso
NATCOM	Comunicações Nacionais (sigla em inglês; *National Communications*)
NH_3	Amoníaco ou Amônia
PAG	Potencial de Aquecimento Global
PECUS	Projeto Dinâmica de Gases de Efeito Estufa em Sistemas de Produção da Agropecuária Brasileira
PNMC	Política Nacional sobre a Mudança do Clima
SF_6	Hexafluoreto de Enxofre (gás traçador)
SIPA	Sistemas Integrados de Produção Agropecuária
SISAVE	Sistema de Amostragem de Gases do Efeito Estufa na Avicultura
SPD	Sistema Plantio Direto
TEC	Toneladas Equivalente Carcaça
UNFCCC	Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (sigla em inglês; *United Nation Framework on Climate Change Convention*)
Ym	Fator de Conversão de Metano / Fermentação Entérica

INTRODUÇÃO

Em 2020, o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, denominado Plano ABC, completa dez anos desde a sua criação. O Plano ABC tornou-se uma referência para as políticas públicas promotoras de sustentabilidade no setor agropecuário, especialmente em um período no qual temas ambientais estão nas primeiras linhas de preocupações. Essas preocupações são ainda mais reforçadas, pois a falta de condições ambientais adequadas pode ameaçar a própria manutenção da capacidade de produção agrícola. A estratégia de ação do Plano ABC levou à implementação de iniciativas que têm por objetivo garantir os fundamentais ganhos econômicos aos produtores brasileiros, mas de forma intrinsecamente alinhada com o estabelecimento de sistemas de produção que permitam aumentar sua resiliência, garantindo sua capacidade de adaptação frente a impactos externos e que controlem também as emissões de gases de efeito estufa (GEE) associados ao setor. O Plano ABC, considerando seus objetivos e contextos, também se alinha com as preocupações de fortalecimento da sustentabilidade no processo de desenvolvimento nacional, em particular, na resposta aos desafios propostos internacionalmente através dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, em particular o ODS-2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável) e o ODS-13 (Ação contra a Mudança Global do Clima)[1].

Em estreita parceria com a comunidade científica, e fomentando o que há de mais eficiente quanto a tecnologias sustentáveis de produção, o Plano ABC tornou-se referência mundial em termos de política pública para adaptação à mudança do clima e para controle de GEE em sistemas de produção agropecuários no âmbito dos debates de mudança do clima. O Plano ABC é construído a partir de uma sólida base científica, resultado de mais de 40 anos de consistentes investimentos em pesquisa, incorporando propostas pioneiras de inovações e tecnologias sustentáveis para a agropecuária tropical.

A transformação no processo de produção no campo se deu através do fomento e adoção das tecnologias ABC com alta aceitação pelo setor produtivo permitindo alcançar as metas propostas para o período de 2010 a 2020. Muito do sucesso alcançado é reflexo da política territorial inovadora, que permitiu arranjos locais, os quais estabeleceram Grupos Gestores Estaduais para a criação de Planos ABC estaduais em todas as unidades da Federação.

Para a comunicação dos resultados de mitigação de emissões de GEE relacionados com a adoção dos sistemas e das tecnologias ABC, faz-se necessária a contabilização das emissões e remoções de GEE. A comunicação feita oficialmente no Inventário Nacional deve seguir as diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC, sigla em inglês). No âmbito da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC, ou UNFCCC, em inglês), as emissões agropecuárias são contabilizadas principalmente em dois setores: o 'Setor Agropecuária' (SA) e o 'Setor de Mudança de Uso da Terra'[2]. Para esses setores, as categorias de avaliação estão predeterminadas no âmbito das guias e diretrizes que orientam os respectivos inventários nacionais.

---

[1] Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos.

[2] Mais detalhes sobre este processo estão descritos nos textos de Mozzer & Bueno (p. 16) e Christo & Santos (p. 20), presentes nesta coletânea.

A precisão nas estimativas das emissões de GEE depende tanto da disponibilidade como da qualidade dos dados das atividades e de seus fatores de emissão e remoção (FE). As estimativas do 'Setor Agropecuária', no último Inventário Nacional, ainda foram realizadas utilizando principalmente fatores de emissão padrão (FEp) do IPCC (2006), os quais, introduzem um nível importante de incerteza nas estimativas do setor agropecuário por serem resultado de estudos realizados em sistemas agrícolas de clima temperado.

Com o intuito de melhorar a precisão das estimativas no setor agropecuário, várias instituições de pesquisa no País vêm trabalhando no desenvolvimento de FE específicos para condições tropicais. No entanto, a informação que tem sido gerada através das diferentes pesquisas se encontra muito dispersa e é muitas vezes pouco conhecida e/ou acessada por órgãos oficiais do governo responsáveis pela política do setor agropecuário.

A Coordenação Geral de Mudanças Climáticas (CGMC), do Departamento de Produção Sustentável e Irrigação, da Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), no âmbito do Projeto ABC e com o propósito de contribuir para a diminuição dessas incertezas, elaborou a presente publicação, intitulada "Coletânea dos Fatores de Emissão e Remoção de Gases de Efeito Estufa da Pecuária Brasileira.

Assim, a presente Coletânea tem como objetivo reunir os avanços do conhecimento científico em relação à geração de FE específicos para as condições nacionais e também às estratégias ou alternativas propostas pelos pesquisadores para controlar as emissões de GEE nos sistemas de produção, nas diferentes regiões do País. Os pesquisadores e os grupos de pesquisas nacionais foram convidados a apresentar seus dados conforme um roteiro orientador, gerando informações com uma linguagem mais técnica e menos científica, contendo ainda apontamentos de soluções e desafios para a temática. Os trabalhos recebidos trazem dados de emissões e remoções de GEE para os diferentes processos de fermentação entérica de pequenos e grandes ruminantes, de monogástricos, além da determinação dos fluxos de GEE em áreas de cultivo de peixes, ostras e mexilhões. A Coletânea foi então organizada considerando os grandes grupos de produção animal, resultando nos seguintes capítulos: I. Pequenos Ruminantes (ovinos e caprinos); II. Grandes Ruminantes (bovinos e bubalinos); e III. Não Ruminantes (aves, suínos, peixes e moluscos bivalves), nos quais se apresenta os resultados obtidos e implementados em diferentes projetos e iniciativas. Dessa maneira, o documento recolhe uma valiosa informação, de base científica, que, além de enriquecer a base de conhecimentos no tema das estimativas de GEE no setor agropecuário, tem o intuito de fortalecer os processos de discussão interinstitucional para a construção e/ou o aprimoramento das políticas direcionadas a garantir uma agricultura sustentável.

As informações recebidas mostram que há uma maior concentração de estudos para os grandes ruminantes, sendo os bovinos o grupo com maior contribuição de pesquisas, com mais de 70% dos trabalhos recebidos. Em função da representação da bovinocultura na agropecuária nacional e o peso dado aos processos de fermentação entérica na contabilização das emissões propostas nas diretrizes do IPCC, esforços direcionados a melhorar a compreensão das emissões de GEE em sistemas tropicais de produção tornam-se fundamentais. Os trabalhos com bovinocultura de

corte consideram os diferentes sistemas de produção, as principais raças criadas e as diversas regiões do Brasil. Há que se exaltar a enorme contribuição do Projeto Pecus, coordenado pela Embrapa, com expressiva contribuição de trabalhos recebidos criando um sub-capítulo dentro do capítulo de grandes ruminantes. Os esforços do Projeto Pecus, o estabelecimento da Rede Pecus de pesquisa e os demais trabalhos no tema, permitiram ao Brasil avançar na compreensão da dinâmica de GEE na pecuária tornado os processos de contabilização mais exatos. A exatidão na contabilização tem permitido melhor representar os ganhos de eficiência da pecuária brasileira e a diminuição das emissões por cabeça animal. Observa-se também uma clara tendência de trabalhos contabilizando emissões e remoções em sistemas integrados de produção considerando não somente as emissões dos animais, mas também o balanço de GEE do sistema de produção como um todo.

Destaca-se ainda a excelente contribuição de trabalhos realizados no Semiárido e no Sul do País para a ovinocaprinocultura gerando informações importantes que podem permitir ao Brasil reportar emissões mais próximas a realizade local. Os avanços importantes das contribuições vistas para suinocultura e frangos de corte e ainda o pioneirismo em compreender os processos de emissão e remoção da malacocultura também são destaques da Coletânea.

As particularidades na determinação de FE nacionais ao considerarem os sistemas de produção e as condições de manejo, de ambientes e das diferentes regiões do Brasil, demostram a importância de definir FE para as principais atividades pecuárias. Assim, contribui-se para eliminar as incertezas derivadas do uso de FEp do IPCC e consequentemente melhorar a acurácia das estimativas nacionais de GEE do setor pecuário.

Esse contexto mostra que é importante continuar investindo recursos para o desenvolvimento da pesquisa relacionada às estratégias de mitigação de GEE e, especificamente, à geração de FE, para, assim, consolidar a atual base de conhecimentos e, sobretudo, ampliá-la através da implantação de novos projetos de pesquisa.

Os resultados apresentados são provenientes de estudos realizados em diversas realidades e biomas brasileiros. A grande diversidade dos estudos apresentados e sua abrangência nacional permitem verificar a amplitude de como a temática está sendo tratada no Brasil, bem como o grande esforço já realizado e o volume de material disponível sobre o tema. Sabemos, entretanto, que a presente Coletânea não representa exaustivamente todas as pesquisas existentes dedicadas ao tema e que outros grupos de pesquisa também estão empenhados em contribuir nesse processo.

Apesar dos recentes avanços da pesquisa, ainda há uma grande demanda por dados que sejam obtidos por métodos reconhecidos pela comunidade científica e por quem possam subsidiar de forma técnica as melhores estratégias voltadas ao desenvolvimento sustentável da agropecuária. A proposta da coletânea é divulgar as informações de forma simples e acessível ao público, estimulando questionamentos e sugestões de novas estratégias, assim como a utilização dos dados científicos como subsídios para a tomada de decisões.

Embora os resultados do levantamento de informação não abranjam todo o universo da pesquisa que está sendo feita no País, eles sinalizam alguns aspectos de muita importância sobre o estado da produção científica, os quais podem vir a ser um insumo importante para o desenvolvimento

de políticas para uma agropecuária sustentável. Esses aspectos estão relacionados com a regionalização ou concentração geográfica da pesquisa, com o foco temático que está se seguindo e com a amplitude de valores dos FE de GEE para uma mesma categoria de emissão dentro de uma região específica.

A presente publicação é uma iniciativa do MAPA, apoiado pelos Ministérios das Relações Exteriores (MRE) e da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), em parceria com o Banco Mundial, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e o Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar), realizada no âmbito do Projeto ABC Cerrados. Seu resultado só foi possível graças à efetiva participação de pesquisadores e pesquisadoras que compartilharam seus trabalhos, com vistas a contribuir com a sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro.

Boa leitura!

Mecanismos de transparência e reporte da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e as modulações de suas normas

Gustavo Barbosa Mozzer[1]; Adriana Mesquita Corrêa Bueno[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

O Brasil foi o primeiro país a assinar a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), resultado da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992, a qual foi ratificada pelo Congresso Nacional em 1994. Igualmente, foi o primeiro país a estabelecer uma Autoridade Nacional Designada (AND) para a Convenção – o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

O principal compromisso decorrente da UNFCCC é a necessidade de transparência e reporte, que se traduz na estruturação de um sistema nacional para elaboração periódica de Comunicações Nacionais (NATCOM) e de Inventários Nacionais de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa (GEE) não Controlados pelo Protocolo de Montreal (conforme art. 4º e art. 12 da Convenção). Esse sistema também é fundamental para o armazenamento da base de dados e de recálculos e para a implementação de um processo contínuo de melhoria e refinamento,que possibilita o avanço dinâmico na qualidade dos inventários alinhado ao desenvolvimento do conhecimento científico e à disponibilidade de dados.

Para permitir análises e revisões técnicas transparentes e confiáveis, a Convenção estipula que os inventários empreguem, preferencialmente metodologias comparáveis, que são propostas pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e acordadas pela Conferência das Partes (COP). Os países desenvolvidos, referidos como Anexo I no contexto da UNFCCC, têm o compromisso adicional de apresentar seus inventários anualmente, além de passarem por um criterioso processo de revisão que inclui a sistematização dos dados necessários para a estimativa das emissões nacionais de GEE na forma de um padrão tabular comum: CRF (Common Reporting Format). A justificativa para a diferenciação no nível de compromissos adicional de países desenvolvidos, acordado no contexto da Convenção, foi justificada em razão da diferença histórica entre a contribuição de países Anexo I e dos Não Anexo I (países em desenvolvimento) nas emissões de GEE por meio do princípio das responsabilidades comuns, porém diferenciadas (CBDR), conforme art. 3º. Isto é, embora haja compromisso de todas as Partes de envidar esforços para estabilizar as concentrações de GEE na atmosfera, países Anexo I possuem uma responsabilidade superior àquela dos países Não Anexo I.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) é composto por cientistas de 195 países e, ao longo dos últimos 31 anos, desenvolveu três aprimoramentos das diretrizes metodológicas para a elaboração de inventários nacionais: i) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories; ii) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories e iii) 2006 IPCC *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Ademais, produziu outros documentos e

dois guias de boas práticas sobre incerteza e uso da terra e florestas (LULUCF). Em 2019, o IPCC propôs uma revisão das Diretrizes de 2006, intitulada 2019 Refinement to the 2006 IPCC *Guidelines on National Greenhouse Gas Inventories*[1].

A estrutura do inventário é, basicamente, composta por: arranjos institucionais, documentação de métodos e dados, descrição de procedimentos de garantia e controle de qualidade (QA/QC), descrição de sistema de arquivo, análise de categorias-chave (KCA) e plano de melhorias. Ainda, o inventário é dividido em quatro setores: energia; processos industriais e uso de produtos (IPPU); tratamento de resíduos e agricultura, florestas e uso da terra (AFOLU). Para mensuração das emissões e remoções, um país deve identificar as atividades que contribuem com emissões ou remoções de GEE e estimar, por meio de fatores de emissão ou de remoção, o tamanho de cada uma dessas contribuições, além de potenciais sumidouros que colaborem para a remoção de GEE.

Dados de atividade é uma medida quantitativa de um nível de atividade que contribui para emissões de GEE; já os fatores de emissão ou remoção são coeficientes que relacionam os dados da atividade às emissões ou remoções inerentes. O princípio geral das guias metodológicas é permitir a extrapolação a partir de dados de atividade e fatores de emissão ou remoção, derivando em emissões ou remoções de GEE associadas a um processo ou uma operação.

Os cálculos de emissões e remoções envolvem três níveis hierárquicos de métodos que variam em complexidade de dados padrão e equações simples ao uso de dados e modelos específicos que acomodem as circunstâncias nacionais de cada país. O primeiro nível, ou Tier 1, representa o primeiro degrau neste plantel e tem o objetivo fundamental de viabilizar a estimativa de emissões quando muito poucas ou mesmo nenhuma informação esteja disponível. O cálculo de estimativas de emissões utilizando Tier 1 representa, sem sombra de dúvidas, a grande maioria das estimativas apresentadas em inventários de gases de efeito estufa e seu uso é considerado adequado salvo para categorias classificadas como chave[2] em razão do nível (valor relativo de emissões) ou da tendência. Em qualquer um destes casos o uso de métodos mais sofisticados é recomendado.

O cálculo de emissões utilizando Tier 1 foi concebido pelo IPCC para viabilizar estimativas conservadoras[3] de emissões de gases de efeito estufa para setores relevantes da economia. Nos guias metodológicos de 2006, as árvores de decisão apresentadas em cada um dos capítulos devem ser criteriosamente seguidas no processo de escolha metodológica e também durante a posterior fase de revisão. Por esta mesma razão, estimativas de remoções não podem ser feitas utilizando métodos Tier 1, haja visto que a postura mais conservadora, neste caso, é não contabilizar remoção alguma no inventário.

O Tier 2 representa o nível metodológico em que, dados de atividade ou fatores de emissões domésticos são utilizados para a estimativa das emissões. O uso de um método Tier 2 implica na substituição dos pressupostos conservadores adotados no nível anterior (Tier 1) por dados que sejam representativos e fidedignos da realidade nacional. Neste caso, Tier 2 representa a porta de entrada para uma avenida de complexificação e desagregações que podem ser feitas em razão da existência de dados domésticos e do interesse do país. Já o Tier 3 representa um nível mais sofisticado de análise[4] que variará de acordo com o setor e a categoria, mas, em geral, pode ser representado por estimativas de emissões baseadas em dados de modelos matemáticos ou estimativas baseadas em dados colhidos no nível das unidades fabris ou plantas instaladas.

---

1 A metodologia atualizada contribui para aprimorar o processo de transparência e geração de relatórios, garantindo que a metodologia usada para determinar esses inventários se baseie na ciência mais recente.

2 A análise de categorias-chave (KCA) é um exercício fundamental na preparação do inventário. Essa questão será detalhada mais abaixo.

3 Estimativas conservadoras sob a ótica da UNFCCC para inventários de gases de efeito estufa significam, no contexto da curva de distribuição dos dados, a franja superior contendo as observações com emissões mais expressivas.

4 O uso de métodos Tier 3, nos casos em que estimativas de emissões são calculadas com base em modelos, é notoriamente uma forma de preservar dados sensíveis, evitando, assim, a exposição aberta de fatores de emissões inerentes à aplicação do método Tier 2.

Cinco princípios estruturantes determinam a forma como inventários de GEE devem ser elaborados, em particular como fatores de emissões e de remoções devem ser estabelecidos assim como dados de atividade devem ser estruturados. Esses princípios também regem a forma como é operado todo o processo de revisão[5]. São eles: Transparência, Acurácia, Consistência, Comparabilidade e Completude (TACCC); i) a Transparência diz respeito à clareza das premissas e metodologias que devem ser claramente explicadas e documentadas; ii) a Acurácia envolve a precisão das estimativas de emissões e remoções, incluindo todos as medidas adotadas para a redução de incertezas; iii) a Consistência relaciona-se à natureza do conjunto de dados, com uma séria histórica consistente em que, preferencialmente, são utilizadas as mesmas metodologias e premissas na série temporal[6]; iv) a Comparabilidade descreve a necessidade de assegurar que as estimativas calculadas em um inventário sejam comparáveis entre as estimativas publicadas por outras Partes da Convenção em seus respectivos inventários; e v) a Completude determina que todas as fontes de emissões de GEE sejam inventariadas e reportadas.

Cada país deve estabelecer um ponto focal para desenvolver um sistema nacional de inventário e produzir as NATCOM; no Brasil a Coordenação Geral do Clima[7] (CGCL), do MCTI, exerce este papel[8]. É papel deste ponto focal estruturar os arranjos institucionais para o estabelecimento de uma equipe técnica capaz de assegurar a elaboração, o armazenamento e a organização das bases de dados. O sistema de arquivo[9] deve permitir o acesso às séries históricas e garantir a aplicação de procedimentos de controle de qualidade (QA/QC)[10] , análise de categorias-chave (KCA) e o plano de melhoria[11] do inventário .

O estabelecimento de um sistema de arquivo robusto que permita, de forma dinâmica, o acesso a todas as referências, metodologias, opiniões de especialistas, revisões e aos cálculos para toda a série histórica do inventário, é essencial para garantir a transparência e a consistência dos dados reportados. A KCA, por sua vez, é fundamental para apontar a necessidade de priorização de esforços e, particularmente, identificar áreas que devem ser inventariadas utilizando dados de atividade e fatores de emissão ou remoção específicos para o país. A execução de QA/QC é fundamental para a implementação de um processo contínuo de melhoria do inventário.

O Brasil tem conferido importância estratégica ao compromisso de apresentar suas comunicações nacionais; até o momento, já submeteu três NATCOM (2004[12], 2010[13] e 2016[14]), tendo o Inventário Nacional como anexo. Como parte dos arranjos institucionais estabelecidos para o desenvolvimento dos inventários nacionais do Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desempenham papel fundamental na pesquisa e coleta de dados voltados ao estabelecimento de dados de atividade e fatores de emissão e remoção. A compilação desses elementos e a preparação inicial do capítulo de agricultura do Inventário Nacional também estão sob responsabilidade do MAPA e da Embrapa, assim como apoiar o ponto focal do inventário em aspectos relacionados aos demais setores, quando necessário e oportuno.

---

[5] Revisões são conduzidas anualmente por equipes de peritos (ERT) organizados de forma equilibrada entre representantes de países Anexo I e não Anexo I. Existem três modelos de revisão: Revisões Centralizadas, em que equipes se reúnem na sede da UNFCCC, em Bonn, para revisar múltiplos inventários de uma só vez; Revisões in loco (in country) em que uma equipe de revisores se reúne no país para revisar detalhadamente o inventário e o sistema nacional; e Revisão no Escritório (Desk Review), quando por alguma razão um dos revisores não pode participar de uma das modalidades anteriores.

[6] As séries temporais têm início no ano base, determinado pelo país ou podem, alternativamente, iniciarem em qualquer tempo caso emissões dessa categoria não estejam presentes no ano base.

[7] Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/index.html.

[8] Uma categoria chave é aquela que é priorizada no sistema de inventário nacional porque sua estimativa influencia significativamente o inventário total de GEE de um país em termos de nível absoluto, tendência ou incerteza nas emissões e remoções (IPCC, 2006).

[9] No Brasil, o sistema de arquivos denomina-se Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) e é coordenado pelo MCTI. Disponível em: https://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/textogeral/sirene.html.

[10] O que diferencia o QA (garantia de qualidade) do QC (controle de qualidade) é que o primeiro é efetuado por avaliadores externos à equipe de inventário, enquanto que o QC é realizado de forma rotineira pela própria equipe encarregada pela elaboração do inventário nacional.

[11] O plano de melhoria tem por objetivo incrementar a qualidade dos cálculos e dados utilizados na compilação do inventário e contribui para o já mencionado processo contínuo de melhoria dos inventários.

[12] 1ª NATCOM – volume único Disponível em: https://unfccc.int/documents/66128.

[13] 2ª NATCOM – volumes 1 e 2 Disponível em: https://unfccc.int/documents/69067.

[14] 3ª NATCOM – volumes 1, 2 e 3 e Sumário Executivo Disponível em: https://unfccc.int/documents/66129.

Ao longo dos anos, o processo de negociação tratou de modular a forma original como as questões de Transparência e Comparabilidade foram tratadas no contexto da Convenção e, neste sentido, a COP 13, por meio do Caminho de Bali[15], estabeleceu em 2007 os relatórios bienais de atualização (BUR). O BUR objetiva reportar ações desenvolvidas em âmbito doméstico para controlar emissões de GEE, bem como necessidades e apoio recebido. Para países Anexo I, sua análise é feita por meio de avaliação e revisão internacional (IAR)[16]; já para países Não Anexo I, o processo é feito por meio de consulta e análise internacional (ICA)[17]. Desde então, o Brasil apresentou três BURs: em 2014[18], 2017[19] e 2019[20].

Com a entrada em vigor do Acordo de Paris[21], em 2020, um novo ciclo de modulação novamente buscará incrementar a Transparência e a Comparabilidade do mecanismo de reporte da Convenção, trata-se da Estrutura de Transparência Aprimorada (ETF). Este novo processo reduz a diferença existente entre Países Anexo I e Não Anexo I em termos de obrigações de revisão, instituindo um único modelo de revisão técnica de peritos (TER). O novo padrão deverá unificar o modelo de reporte em uma base de dados comum, definindo critérios compatíveis sob os quais os inventários serão tabulados de acordo com um Formato Tabular Comum (CTF). Adicionalmente, o processo de aumento global da ambição (GST), estruturado pelo Acordo de Paris, visará aprimorar a governança global, impondo dinamismo a um processo continuado de incremento da ambição assim exercendo pressão para que as Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs) reflitam a necessidade global de ambição e estimulem o incremento dos esforços domésticos.

Até janeiro de 2022, as Partes da Convenção deverão encaminhar seus últimos BURs, que serão analisados até o início de 2024, ano em que ocorrerá a transição para o modelo de reporte na forma da Estrutura de Transparência Aprimorada. A partir daí, todos os países deverão passar, periodicamente, a apresentar seus Relatórios Bienais de Transparência (BTRs). Nos próximos anos, os impactos políticos advindos do GST e da implementação do Acordo de Paris marcarão a transição para a ETF, que se traduzirá em novas obrigações de inventário e escrutínio do sistema nacional para países Não Anexo I. Portanto, é importante que o Brasil se prepare de forma robusta para continuar a implementar melhorias em seu inventário, consolidar o sistema nacional, gerar e sistematizar dados de atividades e fatores de emissão e remoção específicos, conformando-se com o CTF, planejar um processo contínuo de melhoria do inventário e preparar-se para os ciclos de revisão técnica do ETF.

Referência bibliográfica

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.). Japan: IGES, 2006.

Contato dos autores

Dr. Gustavo Mozzer
Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas – Embrapa;
e-mail: gustavo.mozzer@embrapa.br

Dra. Adriana Mesquita Corrêa Bueno
Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas – Embrapa;
e-mail: adriana.bueno@embrapa.br

[15] Disponível em: https://unfccc.int/process/conferences/the-big-picture/milestones/bali-road-map.
[16] International Assessment and Review Disponível em: https://unfccc.int/IAR.
[17] International Consultation and Analysis Disponível em: https://unfccc.int/ICA.
[18] 1º BUR Disponível em: https://unfccc.int/documents/180611.
[19] 2º BUR Disponível em: https://unfccc.int/documents/180612.
[20] 3º BUR Disponível em: https://unfccc.int/documents/193513.
[21] Disponível em:https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreem.

A influência do manejo do rebanho para mitigação das emissões na pecuária

Giovanna Lunkmoss de Christo[1]; Mauro Meirelles de Oliveira Santos[1]

1 Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento/Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações

O Brasil instituiu a Política Nacional sobre a Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei no 12.187/2009, que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas para 2020. Segundo o Decreto no 7.390/2010, que regulamenta[1] a PNMC, a projeção de emissões de GEE para 2020 foi estimada em 3,236 Gt CO_2e. Dessa forma, a redução correspondente aos percentuais estabelecidos para esse ano encontra-se entre 1,168 Gt CO_2e e 1,259 Gt CO_2e, respectivamente.

Como país signatário da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC, ou UNFCCC na sigla em inglês), e para atender a Política Nacional de Mudança do Clima, o Brasil tem como uma de suas principais obrigações a elaboração e atualização periódica do Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa Não Controlados pelo Protocolo de Montreal. O Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) é o órgão responsável por elaborar, atualizar e prover o reporte das emissões de GEE nacionais.

A elaboração do inventário segue como diretriz técnica básica, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), que traz orientações metodológicas para a elaboração de inventário nacionais. Dentro do Inventário, são contabilizadas as emissões de cinco setores: Energia, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU), Agropecuária, Uso da Terra, Mudança de Uso da Terra e Florestas (LULUCF) e Resíduos, trazendo uma visão geral das emissões dos principais setores econômicos do País. Um setor de destaque, é o setor Agropecuária, que em 2015 representou 31% das emissões nacionais em termos de CO_2e[2].

As emissões do setor Agropecuária compreendem as emissões de metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) de cinco subsetores, que são: Fermentação Entérica, Manejo de Dejetos, Cultivo de Arroz, Solos Manejados e Queima de Resíduos Agrícolas, sem contar os GEE indireto[3]. A partir do Quarto Inventário Nacional, que seguirá as metodologias do IPCC 2006, serão incorporados mais dois subsetores: Calagem e Aplicação de Ureia, responsáveis por emissões de dióxido de carbono (CO_2). O primeiro, era contabilizado no setor LULUCF; o segundo, no subsetor da indústria química, dentro do setor Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU). De modo geral, as estimativas do setor Agropecuária são calculadas a partir de dados nacionais como população e caracterização animal, consumo de fertilizantes sintéticos e orgânicos, produção

---

1 Substituído pelo Decreto 9.578, de 2018.

2 Métrica utilizada: GWP/SAR. Dados da 5ª Edição das Estimativas, que podem ser acessados em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/publicacao/index.html.

3 Monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx) e compostos orgânicos voláteis não metano (NMVOC) (IPCC, 2006).

agrícola, tecnologias utilizadas para o manejo de dejetos, entre outros. Dados das séries históricas, em sua maioria, são adquiridos de fontes oficiais, como do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O subsetor mais relevante dentro do setor Agropecuária é o de Fermentação Entérica, que em 2016 contribuiu com 57% das emissões totais do Setor, e 19% das emissões totais do País e é modulado, principalmente, pela quantidade de cabeças de bovinos (BRASIL, 2019). A fermentação entérica é parte natural do processo digestivo de animais ruminantes - bovinos, ovinos, caprinos, bubalinos e búfalos; não ruminantes - equinos, asininos, muares; e os monográsticos - suínos. A fermentação dos nutrientes alimentares é um processo anaeróbio efetuado pela microbiota ruminal (bactérias, protozoários e fungos), que converte os carboidratos celulósicos em ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente ácidos acético, propiônico e butírico, produzindo metano, que é expelido através do arroto animal. Há uma relação direta, porém complexa, entre a quantidade de metano expelido pelo animal com a quantidade e qualidade do seu alimento, o qual influenciará seu peso, sua produtividade e sua digestibilidade, entre outros fatores.

O Brasil vem avançando nas estimativas da Fermentação Entérica de bovinos, categoria animal mais representativa para o País, utilizando métodos mais apurados e mais detalhados para cálculo das emissões. Para isso, são considerados dados sobre taxa de digestibilidade, peso vivo do animal, ganho de peso diário (o que depende da fase de vida do animal), taxa de prenhez e teor de gordura do leite (para as vacas leiteiras), horas de trabalho (o que não se aplica ao Brasil), para se obter a quantidade de energia ingerida pelo animal, através do cálculo da quantidade de energia utilizada para manutenção, alimentação, lactação, trabalho, gestação e crescimento. Outro fator que influencia diretamente as emissões, na última fase do cálculo, é o fator de conversão de metano (Ym), que significa a fração da energia consumida convertida em metano durante a fermentação entérica animal. Essa fração varia de 2 a 12%, e dependerá da combinação de consumo de alimento e tipo de animal (IPCC, 2006).

Como forma de exemplificar a relação entre os parâmetros que influenciam no cálculo dos fatores de emissão de fermentação entérica, partiu-se da análise da variação de alguns parâmetros[4] utilizados no Quarto Inventário Nacional[5], tendo como base a categoria animal "vacas leiteiras de alta produção do estado de Minas Gerais", no ano de 2016 (Fator de Emissão calculado: 86,8 kg CH_4/cabeça/ano).

Os gráficos ilustram a relação entre cada parâmetro e o fator de emissão, com os demais parâmetros constantes. Pode-se observar que quanto maior for o peso, a produção de leite, a gordura no leite e o fator Ym[6], maior será o fator de emissão correspondente. Por outro lado, o aumento da digestibilidade o faz diminuir. Essa análise, em termos qualitativos, também se aplica a outras classes de bovinos (machos, fêmeas e de outras idades), entretanto, o que não se percebe aqui é a relação direta entre os parâmetros.

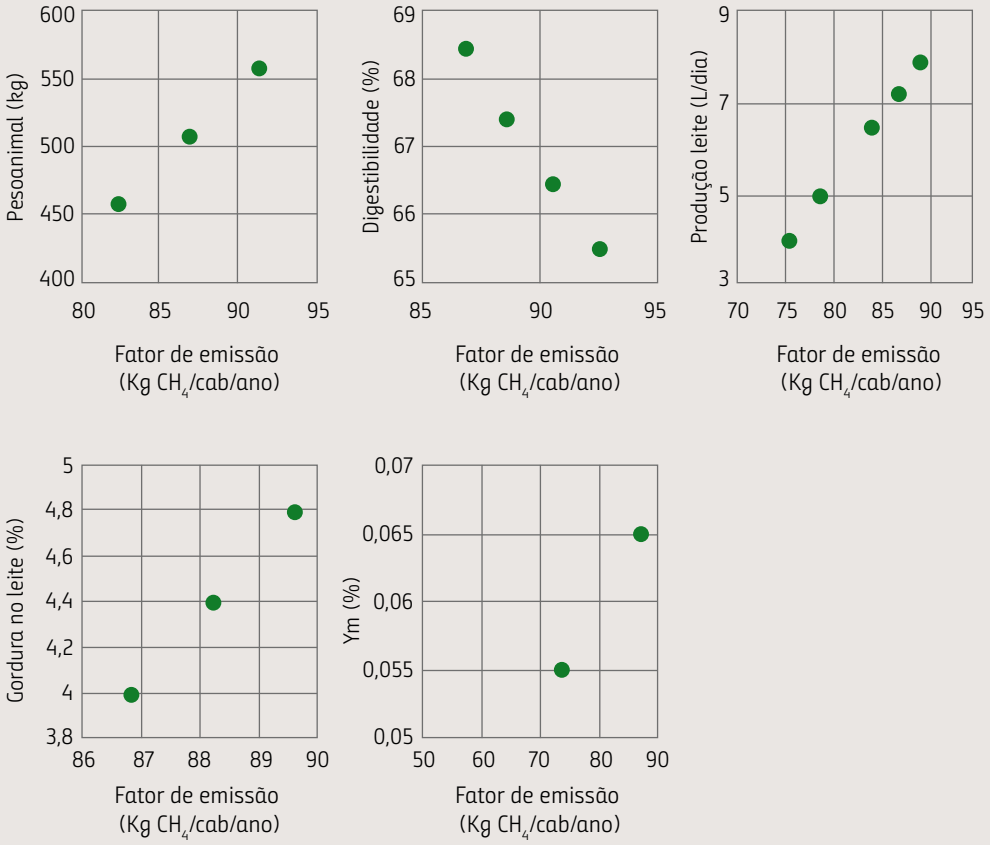
---

[4] Consideraram-se os seguintes valores, com base nos dados do inventário nacional: Digestibilidade (DE): 68,4%; Peso (W): 508 kg; Taxa de prenhez (PR): 60%; Produção de leite (MP): 7,24 L/dia; Gordura do leite (MF): 4,0%; Ganho de peso diário (WG): 0 kg/dia; Horas de trabalho mecânico (H): 0 h; Fator de conversão de metano (Ym): 6,5%.

[5] Para Metodologia utilizada para a estimativa de emissões de Fermentação Entérica no Quarto Inventário Nacional, baseada no IPCC (2006), e que traz algumas atualizações metodológicas em relação as edições anteriores. O IPCC (2006) recomenda a utilização de um fator Ym de 6,5% para a conversão da energia consumida em metano para o gado bovino que pasta normalmente, mas quando se alimenta no cocho com uma dieta de mais de 90% de concentrado, esse fator cai para 3,0%. O IPCC alerta que há dados esparsos para esse fator considerando pastos tropicais, como é o caso do Brasil.

[6]

Figura: Análise do impacto da variação de alguns parâmetros (individualmente) utilizados para calcular o fator de emissão de fermentação entérica, tendo como base a categoria animal de vacas leiteiras de alta produção, do estado de Minas Gerais em 2016



O exercício realizado no exemplo enseja a questão: "A produtividade estaria ligada a emissões menores?" Se os aumentos de peso, produção de leite e percentual de gordura no leite – o que significa maior produtividade – estão ligados a emissões maiores, a chave talvez esteja em se preocupar com a digestibilidade e o fator Ym. É necessário considerar quanto o aumento da digestibilidade (que influencia a diminuição das emissões) vai aumentar os fatores peso, produção de leite e percentual de gordura no leite (que influenciam o aumento das emissões), a fim de se ter uma relação clara entre produtividade e emissões. Além disso, é necessária uma pesquisa maior no Brasil sobre como o fator Ym é afetado pelos demais parâmetros, dentro da realidade brasileira.

É certo que a produtividade dos sistemas da pecuária está fortemente relacionada com a digestibilidade animal e esta, por sua vez, é influenciada pela quantidade e qualidade da gramínea consumida por cada animal. Desta maneira, pastagens degradadas, além de necessitarem de uma área maior para uso animal, possuem um menor aproveitamento. Ainda assim, a equação total entre produtividade e redução de emissões precisa do fator custo. Qual o investimento necessário para se aumentar a produtividade e reduzir emissões? Qual seria o ponto ótimo para cada tipo de manejo de bovinos?

Apesar dessas dúvidas, o Brasil tem se comprometido e avançado no aumento da produtividade animal e no aperfeiçoamento e na transparência das emissões estimadas em cada edição do Inventário Nacional, com a busca de novas pesquisas, uso de fatores e parâmetros que reflitam condições regionais, aplicação de metodologias mais atualizadas e elaboração de relatórios mais completos, permitindo assim uma acurácia maior das emissões nacionais e estimulando a continuidade de avanços científicos por parte de outros pesquisadores, contribuindo com o desenvolvimento científico nacional e mundial.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas para a Formação e Ações Estratégicas. Coordenação-Geral do Clima. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. 5. ed. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2019.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Japan: IGES, 2006.

Contato dos autores

Giovanna Lunkmoss de Christo – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e-mail: giovana.christo@mctic.gov.br

Mauro Meirelles de Oliveira Santos – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações; e-mail: mauro.santos@mctic.gov.br

1 FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA PEQUENOS RUMINANTES





Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de pequenos ruminantes no território nacional

Mirella Nogueira de Souza [1]; Diana Signor [2]; Eleneide Doff Sotta [3,4]; Katia Marzall [4]; Fernanda Garcia Sampaio [3,4].

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

A caprinocultura e a ovinocultura são atividades difundidas em todo território nacional, mas com grande concentração, em especial, do rebanho caprino, na região do Semiárido brasileiro. No Brasil, cerca de 90% do rebanho caprino e em torno de 60% do rebanho ovino está localizado na Região Nordeste, que compreende 92,5% da área semiárida do País.

De acordo com o Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a caprinocultura brasileira alcançou 8,26 milhões de cabeças, um crescimento de 16% do efetivo do rebanho, quando comparado ao Censo de 2006 (IBGE, 2006, 2017). Os maiores rebanhos de caprinos no Nordeste estão nos estados de Bahia, Piauí, Pernambuco e Ceará. Já o efetivo de rebanho ovino nacional, segundo o Censo de 2017, é de 13,7 milhões de cabeças, com redução de 2,8% quando comparado ao Censo de 2006. Na mesma região, a criação de ovinos concentra-se na Bahia, no Ceará e no Piauí.

Em função das características climáticas do Semiárido brasileiro e da rusticidade dos caprinos e ovinos, a criação animal é a grande vocação das áreas dependentes de chuva. Os rebanhos, principalmente de pequenos ruminantes, são criados basicamente em sistemas de produção extensivos baseados em pastejo em áreas de Caatinga na época chuvosa, associado ao uso de pastagens cultivadas adaptadas às condições climáticas da região, na época seca (VOLTOLINI *et al.*, 2011). Assim, os sistemas de produção animal desenvolvidos na região semiárida têm uma base fundamentada em ambientes silvipastoris. Além disso, Voltolini *et al.* (2011) indicam que, no Semiárido brasileiro, o cultivo de leguminosas para a produção de fenos ou silagens visando à alimentação dos animais na época seca do ano também é uma importante estratégia de convivência desses sistemas de produção com a seca. Alternativas como essa podem se traduzir também em pecuária de baixa emissão de carbono, alinhando-se, portanto, ao processo de modernização das práticas de manejo que já se observam em outras regiões do Brasil.

Segundo o 3º Inventário Nacional de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa (IN), a ovinocaprinocultura participa da emissão de GEE por meio da fermentação entérica e da deposição dos dejetos dos animais sobre o solo. Ainda de acordo com o 3º IN, os ovinos e os caprinos estão enquadrados na categoria "outros animais", para os quais as emissões foram estimadas utilizando os fatores de emissão padrão (FEp) do IPCC. Conforme o "Guia do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa" (IPCC, 2006), o FEp Tier 1 de fermentação entérica de caprinos e ovinos para países em desenvolvimento equivale a 5 kg CH_4 /cabeça/ano, tendo como categoria para ovinos e caprinos os pesos médios de 45 kg e 40 kg, respectivamente. Porém, vale ressaltar que o próprio IPCC aponta uma incerteza na ordem de 30 a 50% para esses fatores de emissão. Para os cálculos de emissão em função da deposição de dejetos (fezes e urina), as emissões de CH_4,

segundo o IPCC (2006), devem ser estimadas com uso dos seguintes FEp: 0,22 kg CH_4 /cabeça/ano para caprinos e 0,20 kg CH_4 /cabeça/ano para os ovinos, com incertezas da ordem de 30%. Quanto ao N_2O, o Guia do IPCC propõe que as emissões sejam estimadas como equivalentes a 1% do nitrogênio depositado no solo via fezes e urina de caprinos e ovinos, embora o intervalo de confiança varie de 0,1 a 3%.

Signor *e Morais* (p. 32) avaliaram as emissões de GEE de solos de Caatinga nativa, de Caatinga sob pastejo de caprinos e de capim buffel pastejado, no Semiárido brasileiro, e afirmam terem registrado os maiores fluxos de CO_2 e de N_2O e os menores fluxos de CH_4 no solo em associação a eventos de precipitação. Os autores investigaram ainda fatores de emissão decorrentes das deposições de dejetos de caprinos sobre o solo, não observando alterações significativas nos fluxos de CO_2, N_2O e CH_4, uma vez que a reduzida umidade no solo no ambiente Semiárido limita a decomposição dos dejetos e a produção desses gases.

Monteiro *et al.* (p. 34) avaliaram diferentes sistemas de produção de cordeiros e de ovelhas no Sul do Brasil, estudando pastagens de verão e de inverno e seus efeitos sobre as emissões de metano entérico, bem como o efeito da deposição de dejetos dos ovinos sobre as emissões GEE do solo. Resultados preliminares mostram que a emissão bruta diária para os cordeiros desmamados e suplementados fica em torno de 14 g CH_4 dia^{-1}, enquanto para os cordeiros terminados sem desmame e sem suplementação, a emissão bruta diária varia de 10 g CH_4 dia^{-1} (em pastagens de inverno) a 6 g CH_4 dia^{-1} (em pastagens de verão). Também foram avaliadas ovelhas desmamadas, em lactação e gestantes. Nesse caso, a emissão bruta diária variou entre 18 g CH_4 dia^{-1} (ovelhas desmamadas) e 20 g CH_4 dia^{-1} (ovelhas em amamentação), em pastagens de inverno. Assim, afirmam haver, de modo geral, influência dos sistemas de criação das diferentes categorias sobre a emissão de metano entérico, a qual está relacionada também ao consumo de matéria seca total pelos animais.

No Semiárido brasileiro, Voltolini *et al.* (p. 34) mensuraram a emissão de metano entérico por caprinos machos, não castrados, criados em confinamento e alimentados com diferentes proporções de volumoso/concentrado na dieta. As emissões de CH_4 variaram de 4,4 a 11,3 kg CH_4 ano^{-1}. Os autores concluíram que a emissão de metano por unidade de peso corporal, peso metabólico e consumo de matéria seca reduziram linearmente com o aumento de concentrado na dieta, resultados que evidenciam a influência do manejo alimentar sobre as emissões entéricas dos caprinos.

Na mesma região Semiárida, Voltolini *et al.* (p. 36) avaliaram as emissões de metano entérico por ovelhas Lacaune x Santa Inês no início da lactação, em três sistemas de manejo: I) a pasto sem suplementação; II) a pasto com suplementação de milho grão moído; e III) a pasto com suplementação de caroço de algodão. Nesse caso, as estratégias de suplementação com concentrado não promoveram redução na emissão de metano entérico das ovelhas. Os autores deduzem que pastos de boa qualidade contribuem para menor emissão de metano entérico. De acordo com os autores, durante a época seca no Semiárido brasileiro, as emissões entéricas de metano por cabras adultas das raças Canindé e Repartido, recebendo suplementação a pasto, foram similares e variaram de 18 a 51 g CH_4 dia^{-1}.

Mesmo responsáveis pelas maiores emissões de metano para a atmosfera, os animais ruminantes podem ter a produção desse gás manejada, com intuito de diminui-la, por meio de fatores relacionados principalmente à alimentação.

Geralmente, alimentos que apresentam elevada digestibilidade levam a menor emissão de CH_4, do que dietas de baixa digestibilidade, mais fibrosas e com baixos teores de proteína bruta. Dessa forma, a oportunidade de consumo de pastagens de melhor qualidade pode otimizar o crescimento microbiano ruminal, o que afeta positivamente a eficiência da fermentação e diminui a produção de gás por unidade de carboidrato ingerido e fermentado (Berchielli *et al.*, 2012). Esse é um aspecto de destaque para a produção de ovinos e caprinos no Brasil, já que os principais rebanhos são criados

tendo a pastagem como importante fonte de alimento. Além disso, no Semiárido, a suplementação com alimentos de melhor qualidade na época de maior emissão (período seco) e o ajuste da quantidade de animais à oferta de forragem são ferramentas estratégicas para a mitigação das emissões de CH_4 entérico pelos rebanhos de pequenos ruminantes.

Em um contexto de mudança do clima e de aumento dos eventos extremos de seca em outras regiões do Brasil, essas informações se tornarão cada vez mais estratégicas para a sustentabilidade da agropecuária, não apenas no Nordeste, mas também no restante do país.

Referências bibliográficas

BOGGLIA, A.; PAOLOTTI, L.; CASTELLINI, C. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic- plus poultry production systems using life cycle assessment. World's Poultry Science Journal, v. 66, p. 95-114, 2010.

IBGE, Censo Agropecuário, 2006. Os dados podem ser acessados em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf

IBGE, Censo Agropecuário, 2017. Os dados podem ser acessados em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006. Acesso em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/.

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

VOLTOLINI, T. V; SANTOS, P. M; CAVALCANTE, A.C.R; PEZZAPANE, J. R.M; MOURA, M.S.B; SILVA, T.G.F; BETTIOL, G.M; CRUZ, P.G. (2011). Mudanças Climáticas Globais e a Pecuária: Cenários Futuros para o Semiárido Brasileiro. Revista Brasileira de Geografia Física 06. pg 1176-1196.



EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEES) E BALANÇO DE CARBONO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE CAPRINOS NO BIOMA CAATINGA

Diana Signor [1]; Salete Alves de Moraes [1].

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido

Essa pesquisa compreendeu duas ações: I) o monitoramento das emissões de CO_2, CH_4 e N_2O pelo solo no sistema silvipastoril Caatinga-Buffel-Leguminosas (CBL), preconizado pela Embrapa Semiárido; II) a determinação dos fatores de emissão de N_2O pela deposição de dejetos caprinos (fezes e urina) sobre o solo. Na primeira ação foram monitoradas as emissões dos três Gases de Efeito Esfufa (GEEs) nas duas áreas pastejadas pelos animais no sistema CBL: Caatinga pastejada e capim Buffel. Para fins de comparação, foram também monitoradas as emissões dos mesmos GEEs em uma área de Caatinga nativa. As avaliações foram feitas durante um ano, contemplando uma estação seca e uma estação chuvosa. Na segunda ação, foram realizados dois experimentos, um na época chuvosa (março e abril) e outro na época seca (outubro) para determinação dos fatores de emissão de N_2O em função da deposição das fezes e urina dos caprinos de raça Canindé e Repartido sobre o solo. No primeiro experimento foram comparadas as emissões de N_2O em função da deposição de diferentes doses de urina e de fezes sobre o solo (0%, 50%, 100% e 150% das quantidades produzidas por evento de micção e de defecação de um caprino). No segundo experimento, foram comparadas as emissões a partir apenas da dose correspondente a 100% das quantidades produzidas por evento de micção e de defecação de um caprino.

RESULTADOS

Monitoramento das emissões de GEEs no sistema silvipastoril CBL

- Os fluxos de CO_2 nas áreas variaram de -19.98 a 179,12 mg $C\text{-}CO_2$ m^{-2} h^{-1} e foram similares entre as áreas na maior parte do ano, com diferenças apenas nos meses mais chuvosos, sendo que nessa condição o menor valor foi observado na área de capim Buffel pastejado;
- Os fluxos de CH_4 variaram de -24,17 a 113,87 µg $C\text{-}CH_4$ m^{-2} h^{-1} e foram similares entre os usos ao longo do ano;
- Os fluxos de N_2O variaram de -510,79 a 343,15 µg $N\text{-}N_2O$ m^{-2} h^{-1} e também não houve diferenças entre as áreas;
- Os maiores fluxos de CO_2 e N_2O e os menores fluxos de CH_4 estão associados aos eventos de precipitação, demonstrando que a umidade do solo é o principal fator limitante às emissões de GEEs no semiárido brasileiro;
- As emissões acumuladas dos três GEEs avaliados nas áreas sob usos antrópicos (Buffel e Caatinga pastejada) foram inferiores às da área nativa ao longo do período de avaliação.

Ensaio experimental de fatores de emissão de dejetos caprinos

- Não foram observadas diferenças entre os fluxos de N_2O, CH_4 e CO_2 do solo em função dos tratamentos de urina e fezes aplicados em nenhuma das duas épocas avaliadas;
- As quantidades de nitrogênio adicionado via fezes e urina nesses experimentos, assim como a umidade do solo, não foram suficientes para garantir a produção e emissão de quantidades significativas dos gases estudados;
- Portanto, as condições de umidade do solo típicas da Caatinga limitam a decomposição dos dejetos e a produção desses gases;
- É provável que, em função da reduzida umidade no solo no ambiente Semiárido, seja necessário um tempo maior de observação em estudos dessa natureza para que ocorra a conversão de N orgânico a N mineral no solo durante a decomposição dos dejetos de caprinos e, em seguida o processo de desnitrificação, permitindo a observação e a mensuração de alterações nas emissões de GEEs do solo.

DESAFIOS

- Monitorar as emissões de GEEs a longo prazo nos sistemas de produção do Semiárido brasileiro;

- Compreender os mecanismos de formação de GEEs e sua relação com comunidades microbianas do solo nos sistemas de produção do Semiárido brasileiro;
- Gerar e validar modelos produtivos pecuários que tenham maior eficiência produtiva, promovam menores emissões de GEEs e contribuam com a adaptação dos sistemas de produção da região semiárida brasileira às alterações no clima;
- Implementar políticas públicas e ações que favoreçam a mitigação de GEEs nos sistemas de produção pecuários do Semiárido brasileiro.

SOLUÇÕES

- Estruturar laboratórios, instituições e grupos de pesquisa para a determinação das emissões GEEs nos sistemas de produção do Semiárido brasileiro;
- Implantar e monitorar sistemas de produção mais eficientes e sustentáveis;
- Disponibilizar resultados dessas ações de pesquisa para a formulação de políticas públicas.

DADOS PUBLICADOS EM:

MEDEIROS, T. A. F. Gases de efeito estufa do solo em um sistema silvipastoril de caprinos de corte no sertão pernambucano. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias no Semiárido) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2016.

SIGNOR, D.; MEDEIROS, T. A. F.; MORAES, S. A.; CORRÊA, L. C.; TOMAZI, M.; MOURA, M. S. B. Soil greenhouse gases emissions in a goat system production in dryland Caatinga Biome, Brazil. Artigo em preparação (2019).

Figura: Câmara de monitoramento das emissões de gases de efeito estufa no solo em área de capim Buffel.



Crédito: Diana Signor.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Salete Alves de Moraes

Embrapa Semiárido

e-mail: salete.moraes@embrapa.br

Dra. Diana Signor Deon

Embrapa Semiárido

e-mail:diana.signor@embrapa.br

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE CORDEIROS PARA CARNE NO SUL DO BRASIL

Alda Lúcia Gomes Monteiro[1]; Claudio José Araújo da Silva[2]; Alexandre Berndt[3]; Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho[4]; Ana Cláudia Ruggieri[5]; Cimélio Bayer[6]; Paulo César de Faccio Carvalho[6]; Leonardo Deiss[7]; Jonatas Tiago Piva[8]; Teresa Cristina Moraes Genro[9].

1 Universidade Federal do Paraná; **2** Universidade Tuiuti do Paraná; **3** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; **4** Universidade do Estado de Santa Catarina; **5** Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho; **6** Universidade Federal do Rio Grande do Sul; **7** Ohio State University; **8** Universidade Federal de Santa Catarina; **9** Empresa de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sul.

Esse projeto contemplou avaliações de emissão de metano entérico de ovinos e de fluxo de gases do solo, buscando mensurar e conhecer a dinâmica dos fluxos de gases em sistemas de produção da espécie ovina, mais comumente utilizados por produtores, a fim de calcular, a médio prazo, o balanço de carbono e o potencial de aquecimento global líquido em sistemas de produção de ovinos. Referente a emissão de metano dos animais, objetivou-se avaliar os diferentes sistemas de terminação de cordeiros em pastagem, como e se interferem na emissão de metano por ovinos e produzir valores de emissão para diferentes categorias animais (cordeiros – ao redor de 60 dias de idade e 25 kg de peso médio - ovelhas desmamadas, ovelhas em lactação e ovelhas gestantes). Os protocolos experimentais foram realizados nos anos de 2012, e entre 2014 a 2017. Os animais foram organizados em delineamento experimental em blocos ao acaso, ovelhas e cordeiros submetidos a dois tratamentos em pastagem. Os tratamentos (sistemas de produção) foram: cordeiros desmamados aos 60 dias e suplementados após desmame até o abate (1) e cordeiros sem desmame e sem suplementação até o abate (2). Esses sistemas de produção estão entre os comumente utilizados no sul do Brasil. As ovelhas que eram mães dos cordeiros desmamados foram avaliadas em piquetes separados, considerando a mesma pastagem. As espécies forrageiras predominantes foram a aveia preta (*Avena strigosa*) e o azevém anual (*Lolium multiflorum Lam.*) além de Tifton 85 e Paspalum spp, em alguns períodos do ano. O gás CH_4, mensurado a partir da técnica do gás traçador SF_6, foi coletado por meio de cilindros esvaziados a vácuo, com canga coletora ajustada à cabeça e corpo dos animais. As análises de CH_4 e SF_6 foram determinadas por cromatografia gasosa nos laboratórios parceiros, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2012) e da Universidade Estadual Paulista em Jaboticabal (2014- 2018). Emissões individuais e por kg de produto animal estão descritos nas teses e dissertações abaixo, publicadas, de forma detalhada. Além da emissão de gases dos animais, também foram mensuradas as emissões de GEE oriundos dos dejetos animais depositados no solo e o fluxo de gases N_2O e CH_4 do solo em áreas pastoris nos dois sistemas de produção de cordeiros, os quais também estão descritos nos resultados (ciclos produtivos de 2015 a 2018). A partir daí os resultados sobre estoques de carbono e nitrogênio no solo estão sendo trabalhados, assim como a estimativa de potencial de aquecimento global líquido. De maneira geral, pode-se dizer que os sistemas de criação de cordeiros influenciam o comportamento ingestivo, o consumo de matéria seca e a emissão de metano entérico de cordeiros e ovelhas das diferentes categorias. O conjunto de dados de emissão de gases de solo ainda estão sendo trabalhados.

RESULTADOS

A emissão bruta diária de metano para cordeiros com peso aproximado de 20 kg, desmamados e suplementados com ração concentrada após o desmame, foi ao redor de 10 a 15 g (em pastagens de verão e/ou inverno), com efeito do consumo de ração concentrada entre os sistemas. Para os cordeiros que foram terminados sem desmame e sem suplementação, a emissão bruta diária esteve ao redor de 6 g . No caso das ovelhas, a emissão bruta diária de metano variou entre 18 g (ovelhas desmamadas) e 20 g (ovelhas em amamentação), em pastagens de inverno. As espécies forrageiras, verão e inverno, influenciaram os níveis de emissão. Para ambas as categorias, ovelhas ou cordeiros, observou-se que a emissão esteve fortemente relacionada ao consumo de matéria seca total dos animais.

DESAFIOS

- Limitado recurso disponível, especialmente em equipamento (material permanente) ;
- Desafio na aplicação da metodologia para mensuração da emissão de metano de animais em pastagens, com uso do SF_6 (hexafluoreto de enxofre); a metodologia é sujeita a muitos fatores referentes ao meio, gerando variabilidade de resultados;
- Custo elevado para execução da pesquisa em campo e de análises laboratoriais;

- Limitado recurso para publicações em revistas internacionais de alto impacto;
- Limitado número de bolsas de Doutorado e de Pós Doutorado para as Universidades Federais, em período mais recente, o que limita o trabalho da equipe que desenvolve os projetos, que são de elevada exigência quanto à qualidade de recursos humanos.

SOLUÇÕES

- A solução buscada para viabilizar a realização da pesquisa, diante de volume limitado de recursos para material de consumo, material permanente e de bolsas, foi o trabalho em colaboração com equipes de outras universidades e da Embrapa:
- Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos – SP;
- Universidade Estadual de Santa Catarina (UDESC), Laboratório de Análises Químicas e Bromatológicas, Lages – SC;
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Curitibanos – SC;
- Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de Jaboticabal, Laboratório de Nutrição Animal, onde foram realizadas todas as análises cromatográficas das amostras de SF_6 coletadas no campo (mais de 300 análises);
- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Biogeoquímica Ambiental, Departamento de Solos, onde foram feitas todas as análises cromatográficas referentes às amostras de solo - gases (metano (CH_4), gás carbônico (CO_2), e Nitrato (N_2O) do solo.

DADOS PUBLICADOS EM:

FARO, A. M. C. F. Consumo de forragem e emissão de metano entérico em sistemas de produção de cordeiros em pastagens. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

HENTZ, F. Avaliação de produtividade e emissão de metano, resultado econômico e validação de sistemas de terminação de cordeiros. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PERES, M. T. P. Padrão de pastejo e emissão de metano ruminal por ovinos em sistemas de terminação em pastagens. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

Continuação no Anexo

Figura: Animais da espécie ovina no sistema de produção sem desmame



Crédito: Mylena T. P. Peres.

COORDENADOR DO PROJETO

Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro

Universidade Federal do Paraná

e-mail: aldaufpr@gmail.com

EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO POR CAPRINOS E OVINOS EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO NO BIOMA CAATINGA

Tadeu Vinhas Voltolini[1]; Salete Alves de Moraes[1]; Diana Signor Deon[1].

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Semiárido

Essa linha de pesquisa compreendeu três ensaios experimentais. O primeiro com o objetivo de avaliar o desempenho produtivo, o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e a emissão de metano de caprinos em confinamento alimentados com diferentes proporções de volumoso/concentrado na dieta. No segundo, objetivou-se avaliar o consumo de alimentos e nutrientes, o comportamento ingestivo, a produção de leite e a emissão de metano de ovinos mantidos em pastos de capim Tifton 85 recebendo diferentes estratégias de suplementação. No terceiro ensaio foram avaliados o consumo, a digestibilidade e a emissão de metano de cabras em pastejo na Caatinga nos períodos seco e chuvoso do ano. No ensaio experimental 1 foram utilizadas cinco proporções de volumoso/concentrado (100/0, 80/20, 60/40, 40/60 e 20/80), com base na matéria seca e 40 caprinos machos não castrados com peso corporal médio inicial de 13,3 kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições. O feno de Tifton 85 foi usado como forragem e o milho moído e o farelo de soja foram utilizados como concentrado. A técnica do gás traçador de hexafluoreto de enxofre foi utilizada para estimar as emissões de metano. O período experimental foi de 72 dias, incluindo 15 dias de adaptação. As avaliações da estimativa da emissão de metano foram iniciadas no 36° dia de confinamento. Para a estimativa do metano foram utilizados 10 animais (2 por tratamento). As coletas foram realizadas por cinco dias consecutivos, com troca das cangas a cada 24 horas. No ensaio experimental 2 foram utilizadas doze ovelhas Lacaune x Santa Inês, na 11a semana de lactação e 43,1 kg de peso corporal no início do estudo, mantidas em pasto irrigado de Tifton 85, em delineamento experimental quadrado latino quádruplo 3x3, com 12 animais, totalizando 36 observações para cada variável e com três ciclos experimentais de 21 dias. Apenas para a determinação da emissão de metano entérico foi utilizado o quadrado latino duplo 3x3 com seis animais e 18 observações. O período experimental teve duração de 63 dias dividido em três subperíodos de 21 dias. Avaliaram-se três dietas, sendo: I) Pasto: pastagem de capim irrigado Tifton 85 sem suplementação; II) C. Milho: Pastagem de capim irrigado Tifton 85 com suplementação concentrada a base de milho grão moído; III) C. Algodão: Pastagem de capim Tifton 85 irrigado com suplementação concentrada a base de caroço de algodão. Nesse estudo também foi usada a técnica do gás traçador de hexafluoreto de enxofre para estimar as emissões de metano. No terceiro ensaio experimental foram utilizadas 24 cabras adultas, 12 da raça Canindé e 12 do ecotipo Repartida distribuídas em delineamento experimental com arranjo em parcelas subdivididas sendo o genótipo (Canindé e Repartida) a parcela e a época do ano (seco e chuvoso) a subparcela, com três repetições por tratamento. No período seco as cabras foram suplementadas com concentrado. Utilizou-se a técnica do gás traçador de hexafluoreto de enxofre para estimar a emissão de metano.

RESULTADOS

Ensaio experimental 1

- O aumento na proporção de concentrado na dieta proporcionou maior ganho de peso e eficiência alimentar para os caprinos;
- A emissão de metano por unidade de peso corporal, peso metabólico e consumo de matéria seca reduziu linearmente com o aumento de concentrado na dieta;
- As emissões de metano dos cabritos em confinamento foram estimadas em 12,1 a 31,0 g/dia.

Ensaio experimental 2

- As estratégias de suplementação promoveram consumos totais de matéria seca similares. As ovelhas alimentadas exclusivamente com pastagens apresentaram maior consumo de forragem quando comparadas com as suplementadas;
- As estratégias de suplementação (concentrados a base de milho ou caroço de algodão) não influenciaram a emissão de metano entérica das ovelhas;
- As emissões de metano de ovelhas em pastagens de capim Tifton 85 sem o fornecimento de suplemento ou recebendo concentrado foram estimadas em 32,2 a 33,9 g/dia.

Ensaio experimental 3

- O consumo e a digestibilidade da dieta foram similares para os dois genótipos de cabras avaliados. Os consumos de matéria seca, matéria

orgânica e fibra em detergente neutro foram maiores no período seco. Em contrapartida, as digestibilidades da matéria seca e orgânica foram maiores no período chuvoso;

- As emissões de metano foram similares para os caprinos das raças Canindé e ecotipo Repartida, assim como no período seco e chuvoso;
- As emissões de metano de cabras quando em pastejo na Caatinga, variaram de 18 a 51 g/dia.

DESAFIOS

- Estruturar laboratórios, instituições e grupos de pesquisa para a determinação das emissões de metano e demais GEEs nos sistemas de produção do Semiárido brasileiro e promover ações que incentivem a formação de recursos humanos para atuação nessa área;
- Gerar e validar modelos produtivos pecuários que tenham maior eficiência produtiva, promovam menores emissões de GEE e contribuam com a adaptação dos sistemas de produção da região semiárida brasileira às alterações no clima;
- Implementar políticas públicas e ações que favoreçam a mitigação de metano e demais GEEs nos sistemas de produtivos pecuários do Semiárido brasileiro.

SOLUÇÕES

Ensaio experimental 1

- O aumento na inclusão de concentrado na dieta melhora o desempenho produtivo e reduz a emissão de metano de caprinos em confinamento;

Ensaio experimental 2

- O fornecimento de 500 g de concentrado a base de milho grão ou caroço de algodão não promoveu redução na emissão de metano de ovelhas mantidas em pastos de capim Tifton 85. Pastos de boa qualidade já contribuem para menor emissão de metano;

Ensaio experimental 3

- Cabras das raças Canindé e Repartida quando em pastejo na Caatinga nos períodos seco e chuvoso apresentam similar emissão de metano.

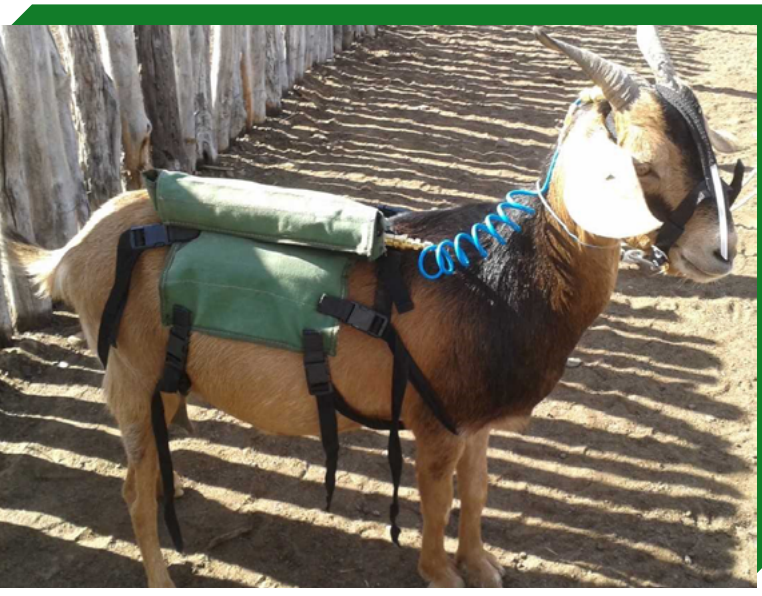
DADOS PUBLICADOS EM:

BARBOSA, A. L.; VOLTOLINI, T. V.; MENEZES, D. R.; MORAES, S. A.; NASCIMENTO, J. C. S.; RODRIGUES, R. T. S. Intake, digestibility, growth performance, and enteric methane emission of Brazilian semiarid non-descript breed goats fed diets with different forage to concentrate ratios. Tropical Animal Health and Production, v. 50, n. 2, p. 283-289, 2018.

GORDIANO, L. A. Emissão de metano por caprinos em pastejo na caatinga, nos períodos seco e chuvoso. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2015.

NOGUEIRA, G. H. M. S. M. F. Produção de leite e emissão de metano entérico de ovelhas mantidas em pastagens com diferentes suplementos. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias no Semiárido) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, 2019.

Figura: Caprino com aparato para a estimativa da emissão de metano.



Crédito: Layse Gordiano

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Tadeu Vinhas Voltolini

Embrapa Semiárido

e-mail: tadeu.voltolini@embrapa.br

Dra. Salete Alves de Moraes

Embrapa Semiárido

e-mail: salete.moraes@embrapa.br

Dra. Diana Signor Deon

Embrapa Semiárido

e-mail: diana.signor@embrapa.br

2 FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA GRANDES RUMINANTES



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

Mirella Nogueira de Souza[1]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[2]; Alexandre Berndt[2]; Eleneide Doff Sotta[3,4]; Mariane Crespolini[4]; Katia Marzall[4]; Fernanda Garcia Sampaio[3,4]

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

Relevância social e econômica

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

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

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

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

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

Avanços na contabilização de emissões

Em função dos processos naturais de ruminação, os bovinos emitem metano (CH_4) para o ambiente. O CH_4 é o gás mais relevante na contabilização das emissões no setor Agropecuária. Com isso, a fermentação entérica é uma das atividades mais representativa nos inventários nacionais de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) de países produtores.

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

Vale ressaltar ainda, que embora tenha um alto poder de aquecimento, o CH_4 permanece na atmosfera por um tempo muito menor que outros GEE. Além disso, o CH_4 entérico é um gás biogênico (de origem não fóssil). Portanto, é um carbono que naturalmente pode se reintegrar ao sistema através da fotossíntese.

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

Além do CH_4 entérico as emissões da pecuária também contabilizam de forma direta o CH_4 decorrente da decomposição dos dejetos dos animais (fezes e urina) sob condições anaeróbicas, que variam conforme seu tratamento ou disposição, e o óxido nitroso (N_2O) advindos da deposição de dejetos diretamente no solo.

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

De acordo com os Guias do IPCC (2006), para cálculo nos inventários nacionais de GEE o FEp de CH_4 para bovinos de corte é de 56 kg de CH_4 $animal^{-1}$ ano^{-1}, considerando como referência um animal de 430 kg de peso corporal. Já para N_2O o FEp na forma direta são: de 1% do N aplicado na forma de fertilizantes perdido como N_2O (EF1) e de 2% do N excretado via urina e fezes emitido na forma de N_2O (EF3). Enquanto na forma indireta são: 1% do N volatilizado perdido como N_2O (EF4) e de 0,75% do N lixiviado emitido como N_2O (EF5).

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

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

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

Contribuições científicas para compreensão da dinâmica de emissões da bovinocultura

As contribuições recebidas para compor o capítulo de grandes ruminantes da Coletânea tiveram representação relevante de avaliação das emissões entéricas de CH_4 e de N_2O de bovinos de corte, de leite e de bubalinos. Devido à grande variedade de fatores e elementos que influenciam as emissões e ou remoções destes gases em cada sistema de produção, com as contribuições deste capítulo foi possível identificar algumas das questões e lacunas no conhecimento relativas à real contribuição dos sistemas de produção da pecuária brasileira para as emissões de GEE.

Sakamoto et al. (p. 54) destacam que, em função da diversidade de sistemas de produção, raças bovinas, grupos genéticos e das dietas, é difícil estabelecer coeficientes técnicos médios que representem todo o Brasil. Os autores estudaram a intensidade de emissões de CH_4 de bovinos cruzados Canchim, Angus e Charolês em confinamento em fase de terminação, mostrando que a diferente classificação por heterozigose influencia tanto as emissões de CH_4 quanto o desempenho dos animais.

Um olhar atento aos trabalhos apresentados demonstra haver estudos sendo realizados para diferentes sistemas de produção em diversas regiões do país. Por exemplo, no interior de São Paulo, Reis et al. (p. 46) vem quantificando emissões de CH_4 entérico em animais recriados em condições de pastagem com diferentes suplementos e estratégias de suplementação. Os autores apresentam estudos em que avaliaram emissões de CH_4 entérico para bovinos de corte a pasto, recebendo suplementação mineral. Verificaram que a produção de CH_4 obtidas, tanto em relação ao manejo do pasto quanto ao consumo alimentar residual, foram semelhantes ao FEp do IPCC.

Por outro lado, na região dos Cocais Maranhenses, Meio Norte do Brasil, Frota *et al.* (p. 84) avaliaram as emissões entéricas de bovinos ½ sangue Curraleiro-Pé-Duro x ½ Nelore em sistema silvipastoril de capim Mombaça com palmeiras de babaçu em comparação com pastagem em monocultivo. Os autores concluíram que as emissões de metano, de forma geral, variam de acordo com a época do ano, sendo influenciada pela qualidade da pastagem e pelo consumo animal, reportando emissões de 45 kg de CH_4 ano^{-1} no período seco e 70 kg de CH_4 ano^{-1} no chuvoso. O estudo destaca ainda que, em relação aos sistemas no período chuvoso, a intensidade de emissão no silvipastoril foi três vezes menor que em pleno sol, efeito potencializado ainda mais no período seco.

A relação com a época do ano também foi estudada por Ribeiro-Filho (p. 54) que apresenta um conjunto de estudos de emissão de GEE em diferentes sistemas de produção de bovinos de corte e leite no Sul do país. Em trabalho avaliando a inclusão de pasto anuais de inverno e de verão em dietas para vacas leiteiras. Os resultados indicam que a inclusão de pastos anuais de inverno, em dietas para vacas leiteiras cruza Holandês × Jersey, ingerindo ração total misturada, a base de silagem de milho, reduziu as emissões de CH_4 em mais de 25% devido a qualidade da forragem produzida. Nestas mesmas condições, a inclusão de pastos anuais de verão, aumentou a intensidade de emissão de CH_4 em menos de 5%.

A suplementação com extrato de *Acácia mearnsii* é também explorado por vários autores. Ribeiro-Filho (p. 54) constatou que esta suplementação para vacas leiteiras reduziu a intensidade de emissão em aproximadamente 40%. Enquanto, Perna Junior *et al.* (p. 50) avaliaram o uso de diferentes níveis de taninos (*A. mearnsii*) como aditivo alimentar em bovinos fêmeas Nelore e Holandesas e verificaram que os níveis utilizados do aditivo causaram redução linear da produção de CH_4 ruminal em ambas as raças, chegando a uma redução de 26% para a dose

mais elevada de tanino. Apesar dos autores apontarem a possibilidade do uso do extrato de *A. mearnsii* como aditivo, em baixas dosagens, para redução de produção de CH_4 ruminal para taurinos e zebuínos, eles salientam que a redução da digestibilidade da dieta com o aumento dos níveis de tanino contribui negativamente para a eficiência alimentar. Destacam também a importância de se encontrar um aditivo alimentar que reduza as emissões ao mesmo tempo que promova a melhora no desempenho animal.

Apesar de menos representativos no total do rebanho brasileiro, estudos envolvendo bubalinos também têm sido realizados do Brasil principalmente na região Norte. Amaral Junior *et al.* (p.90) avaliaram as emissões de CH_4 entérico de búfalas na Amazônia oriental consumindo diferentes níveis de torta de palmiste, e observaram um efeito linear decrescente na estimativa da emissão de CH_4 em função da inclusão do suplemento.

Com o objetivo de montar um banco de dados de registros individuais de emissão de metano entérico (CH_4, g/dia), ganho médio diário (GMD, kg/dia), consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e peso vivo (PV, kg), de bovinos Nelore após a desmama, Mercadante *et al.* (p. 58) apresentaram uma série de estudos de médias individuais de emissão de metano entérico em Nelores (peso variando de 365 a 468 kg) em sistemas a pasto suplementados e em confinamento. Os autores afirmam que há uma relação negativa entre as características de desempenho e eficiência alimentar e os valores de emissão de metano.

A avaliação de sistemas integrados de produção tem contribuído para o entendimento das interações e compensações dentro do próprio sistema. Figueiredo *et al.* (p. 64) defende que a conversão de pastagens degradadas para pastagens bem manejadas e a introdução de ILPF podem reduzir as emissões de GEE associados à produção de gado de corte em pastagens, em termos de kg de CO_2eq emitido por kg peso vivo produzido. Essa redução deve-se, principalmente, à melhoria das pastagens e aumentos na produção de gado e ao favorecimento do potencial técnico para sequestro de C no solo e na biomassa.

Porém, ainda há questões de produção pecuária em sistemas integrados a serem melhor estudadas. Guimarães Junior *et al.* (p. 114) apontam que os sistemas integrados, baseados em pastagem de primeiro ano, foram mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores para perda de energia da dieta via fermentação entérica e emissão de CH_4 por kg de MS ingerida. Os autores analisaram indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de Novilhas Nelore (279 Kg ± 21,4 de peso vivo) no bioma Cerrado nos sistemas: lavoura-pecuária, lavoura-pecuária floresta e pastagem em processo de degradação. Novilhas criadas em ILP emitiram mais metano por quilo de matéria seca ingerida e, por consequência, apresentaram maiores perdas de energia bruta na forma de metano (6,15% na seca e 8,65% no período chuvoso) frente aos demais sistemas estudados. As emissões de metano entérico foram afetadas pelos períodos do ano, com maior emissão bruta (g/dia e kg/ano) para a época da chuva.

Da mesma forma, Pontes *et al.* (p. 88) avaliaram o balanço entre as emissões de GEE e o acúmulo de carbono em dois sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA): integração lavoura-pecuária (ILP) vs. integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com duas doses de adubação nitrogenada. A emissão de CH_4 por unidade de área variou significativamente em função das variações na carga animal. Em termos de CO_2eq o estudo encontrou valores abaixo do que se encontra na literatura em sistemas ILP e ILPF, sugerindo uma maior eficiência de produção nos sistemas. A pesquisa salienta ainda o potencial de sequestro de C nas árvores, neutralizando a emissão de CH_4 nos sistemas integrados estudados.

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

Já em campos nativos no Sul do país, Genro *et al.* (p.84) avaliaram as emissões de CH_4 de novilhos de corte da raça Hereford durante a recria e a terminação, mantidos em pastagens naturais, com diferentes níveis de intensificação. Os autores destacam que os valores médios das emissões de CH_4 por animal estão abaixo dos valores propostos pelo IPCC para esta categoria de animais, que é de 70kg/ano.

Nesse sentido Oliveira *et al.* (2020) realizaram um experimento para investigar o balanço de C (t CO_2e./ha.ano), a intensidade de emissão de C (kg CO_2e./kg peso vivo ou carcaça), e a pegada de C (t CO_2e./ha.ano) em sistemas pastoris de produção de gado de corte, dentro da fazenda, considerando os insumos necessários para adotar as tecnologias dos diferentes graus de intensificação avaliados. Os resultados obtidos foram usados para calcular o número necessário de árvores a serem plantadas nos sistemas de produção para mitigar as emissões dos GEE em cada sistema avaliado. As emissões de GEE e o balanço de C foram calculados usando o potencial de aquecimento global dos GEE propostos no AR4 (IPCC, 2007) e no AR5 (IPCC, 2013) por dois anos. Quarenta e oito garrotes foram alocados nos quatro sistemas pastoris de produção: DP (Pastagem Degradada), IAL (Irrigado com alta lotação animal), SAL (Sequeiro com alta lotação), e SML (Sequeiro com media lotação). Os sistemas de sequeiro (SAL e SML) apresentaram as menores pegadas de C (-1,22 e 0,45 t CO_2e./ha.ano, respectivamente), com créditos de C para o SML, quando usado o GWP do AR4. O sistema IAL mostrou resultados menos favoráveis para a pegada de C por unidade de área (-15,71 t CO_2e./ha.ano), mas quando os resultados foram expressos por ganho de peso anual eles foram bem mais favoráveis (-10,21 kg CO_2e./kg peso vivo) por causa do alto ganho de peso obtido por unidade de área nesse sistemas de produção. Embora o sistema com pastagem degradada tenha apresentado um resultado intermediário para a pegada de C (-6,23 t CO_2e./ha.ano), o resultado foi o pior quando o índice foi expresso em relação ao ganho anual de peso vivo (-30,21 CO_2e./kg Peso Vivo), porque em adição à emissão de GEE dos animais nesse tipo de pastagem ainda houve emissão de GEE pela perda de matéria-orgânica dos solos e estoque de C. Em decorrência desses resultados os sistemas SML e SAL apresentaram um crédito de C equivalente ao crescimento de 6,27 e 1,08 árvores de eucalipto por garrote, enquanto o sistema degradado e o irrigado necessitariam do plantio de 63,89 e 29,11 árvores por garrote para mitigar suas emissões.

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

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

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

Em relação às emissões de N_2O, as condições climáticas das estações do ano são novamente apontadas como importante fator para definição de FE. Ruggieri *et al.* (p. 68) analisaram as emissões em sistemas de produção de bovinos em pastagens tropicais considerando o efeito das estações do ano, tipo de excreta, manejo do pasto e estratégias de adubação.

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

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

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

Principais desafios e soluções

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

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

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

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

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

gado produzido. As técnicas de manejo de pastagem também são importantes para pastagens naturais, que quando bem manejadas apresentam potencial para produzir carne de qualidade com menores valores de emissão de CH_4 (Genro *et al.*; p. 84).

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

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

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

Contabilizando as emissões da bovinocultura

As emissões de GEEs representam apenas parte das características dos sistemas de produção pecuários, pois é importante conhecer também os "outputs" ou produtos (carne, leite, lã ou trabalho) obtidos naquele sistema de produção. A intensidade de emissão, ou pegada de carbono, expressa em quilogramas de CO_2 equivalente emitido (kg CO_2eq) por quilograma de carcaça equivalente (kg CARCeq) produzida em um determinado modelo produtivo pode variar significativamente dependendo da metodologia de cálculo empregada e do nível de tecnologia adotado pelo produtor.

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

Entre 1997 e 2014, o rebanho bovino aumentou 32% (IBGE, 2018). A produção de metano apresentou um aumento de 29% (MCTIC, 2016). Entretanto neste mesmo período a intensidade de emissão (kg CO_2eq. / kg CARCeq) diminuiu devido a maior produtividade dos animais. Isso demonstra que o uso de tecnologias visando o aumento dos índices produtivos resulta em ações mitigatórias de GEE na pecuária.

Referências bibliográficas

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

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

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

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

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

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

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

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

Sirene/MCTIC – Sistema de Registro Nacional de Emissões – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2020 – Disponível em: https://sirene.mctic.gov.br/portal/opencms/paineis/2018/08/24/Participacao_de_gases_por_setor.html

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

QUANTIFICAÇÃO DE FATORES DE EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM BOVINOS EM PASTEJO

Ricardo Andrade Reis[1]; Ana Cláudia Ruggieri[1]; Abmael da Silva Cardoso[1].
1 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

O metano (CH_4) é o segundo gás de efeito estufa (GEE) mais importante em termos de quantidade. As emissões globais de CH_4 representam 15% do total de GEE emitidos para atmosfera. Sendo que, destes 15%, um quarto vem da emissão entérica dos ruminantes. O CH_4 é produzido em áreas alagadas, produção de arroz irrigado, pelos ruminantes e térmitas. Nos ruminantes sua produção se dá durante a fermentação das fibras. Os micro-organismos do grupo Archeas utilizam os íons H^+ derivados da digestão da fração fibrosa dos alimentos volumosos, produzindo glicose e CO_2 e assim produzirem CH_4. Trata-se de uma reação essencial, uma vez que, sem a drenagem dos íons, o pH do rúmen diminuiria levando a acidose ruminal e a paralisação do processo digestivo (IPCC, 2006).

O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo com mais de 220 milhões de cabeça. Desse modo, é de fundamental importância conhecer os fatores de emissão de CH_4 entérico destes animais. Mais de 90% da produção de bovinos de corte ocorre em pastagens de capins do gênero Brachiaria. De acordo com o guia do IPCC (2006) para inventários nacionais de GEE, o fator de emissão para bovinos de corte é de 56 kg animal^{-1} ano^{-1}. Como referência considera-se um animal de 430 kg de peso corporal.

Entre as avalições realizadas nos experimentos de recria de animais em pastagens realizadas no setor de Forragicultura e Pastagens da Unesp de Jaboticabal está a quantificação da emissão de CH_4 entérico utilizando a metodologia do gás traçador (BERNDT *et al.*, 2014). São realizadas avaliações de animais suplementados com sal mineral, suplemento convencionais e diferentes estratégias de suplementação com co-produtos ou aditivos. Uma vez que para a realização de inventários devemos utilizar dados originários de experimentos que simulem as características reais dos sistemas de produção neste documento apresentaremos os resultados dos tratamentos com suplementação mineral e suplementação convencional.

RESULTADOS

- As avaliações da produção de CH_4 entérico ocorrem desde 2012. No trabalho de Barbero *et al.* (2015) que avaliaram diferente alturas de manejo do capim marandu (15, 25 e 35 cm) a produção diária de CH_4 foi igual a 128 g animal^{-1} dia^{-1} nos animais de 335 kg de peso corporal. O fator de emissão obtido corrigindo para um animal de 430 foi de 60 kg animal^{-1} ano^{-1}. Portanto, muito próximo do fator de emissão preconizado pelo IPCC;

- Oliveira *et al.* (2018) também avaliaram as emissões de CH_4 entérico em bovinos de corte em função de baixo ou alto consumo alimentar residual. Nesse experimento, a produção diária de CH_4 foi igual a 98 g animal^{-1} dia^{-1} nos animais de 297 kg de peso corporal. O fator de emissão obtido, corrigindo de um animal de 430 kg, foi de 52 kg animal^{-1} ano^{-1}. Portanto, também próximo ao fator de emissão preconizado pelo IPCC;

- Estes valores referem se a animais em pastejo recebendo suplementação mineral. Atualmente, encontram-se em progresso avaliações considerando estratégias de adubação nitrogenada de pastagens e de suplementação que serão disponibilizadas em publicações científicas em breve.

DESAFIOS

- A metodologia de avaliação de CH_4 entérico utilizando a metodologia do gás traçador exige o treinamento dos animais as cangas e cabrestos, além de possuir inúmeras etapas. O principal desafio encontra-se em treinar uma equipe para calibração de cabrestos, cangas e cápsulas para utilização no campo e posterior análise em laboratório;
- No que se refere aos custos cada canga custava 300 reais; o tubo de permeação, 50 reais; e cada análise de CH_4 + SF_6 (hexafluoreto de enxofre), 60 reais. As análises são feitas em cromatografia gasosa. Assim, por exigir o cromatógrafo e custo elevado das análises, poucas equipes realizam esse tipo de estudo;
- Outro desafio está em realizar avalições em sistemas de produção uma vez que a metodologia não permite o transporte de amostras a longas distâncias.

SOLUÇÕES

- Foi quantificado o fator de emissão de CH_4 entérico para bovinos de corte em pastagens.

DADOS PUBLICADOS EM:

BARBERO, R. P.; MALHEIROS, E. B.; ARAÚJO, T. L. R.; NAVE, R. L. G.; MULLINIKS, J. T.; BERCHIELLI, T. T.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. Animal Feed Science and Technology, n. 209, p. 110-118, 2015.

OLIVEIRA, L. F.; RUGGIERI, A. C.; BRANCO, R. H.; COTA, O. L.; CANESIN, R. C.; COSTA, H. J. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Feed efficiency and enteric methane production of Nellore cattle in the feedlot and on pasture. Animal Production Science, v. 58, n. 5, p. 886-893, 2018.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp./public/2006gl/index.html.2006.

BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; PEREIRA, L. G. R.; RODRIGUES, P. H. M.; DE ALMEIDA, R. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FRIGHETTO, R. T. S.; OLIVEIRA, P. R. A. Diretrizes para avaliação da emissão de metano entérico com a técnica do gás traçador SF_6. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2014.



Figura: Animal utilizando canga.

Crédito: Abmael da Silva Cardoso.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Ricardo Andrade Reis

Universidade Estadual Paulista

e-mail: ricardo.reis@unesp.br

Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Universidade Estadual Paulista

e-mail: ana.ruggieri@unesp.br

Dr. Abmael da Silva Cardoso

Universidade Estadual Paulista

e-mail: abmael.cardoso@unesp.br

TANINOS COMO ADITIVO ALIMENTAR PARA MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE METANO EM TAURINOS E ZEBUÍNOS

Flavio Perna Junior[1]; Ricardo Galbiatti Sandoval Nogueira[1]; Roberta Ferreira Carvalho[1]; Eduardo Cuelar Orlandi Cassiano[1]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[1]

1 Universidade de São Paulo

Embora algumas estratégias alimentares tenham sido propostas para diminuir a emissão de metano (CH_4) provenientes de ruminantes, poucas têm mostrado diminuição persistente, principalmente in vivo. O objetivo do presente estudo foi avaliar o uso de diferentes níveis de taninos como aditivo alimentar para ruminantes como mitigador das emissões de CH_4 ruminal e dos dejetos. Utilizou-se o delineamento experimental quadrado latino 4x4 duplicado (4 períodos de 28 dias cada), em arranjo fatorial 2x4, sendo testados dois grupos distintos de bovinos (Holandesa [taurinos] e Nelore [zebuínos]) e quatro níveis de inclusão de taninos (extrato comercial de *Acacia mearnsii*, contendo 82,3% de taninos totais - equivalente em ácido tânico e 32,3% de taninos condensados - equivalente em leucocianidina) na dieta (0; 0,5; 1,0 e 1,5% da MS da dieta). Para avaliar a produção de CH_4 dos dejetos utilizaram-se biodigestores anaeróbios experimentais do tipo batelada, em delineamento inteiramente casualizado.

Os níveis utilizados do aditivo promoveram mudanças no comportamento de ruminação dos animais e apesar de causarem redução linear da digestibilidade dos nutrientes, mantiveram o equilíbrio entre a síntese e consumo de N-NH_3 ruminal, reduziram linearmente a síntese de proteína microbiana e a produção de CH_4 ruminal sem, contudo, reduzir a eficiência microbiana e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) para ambas as raças avaliadas. Através do modelo Broken-line encontrou-se o limiar de 0,72% de taninos na dieta como ponto de inflexão para iniciar a diminuição da produção de CH_4 ruminal. O processo de biodigestão dos dejetos não foi modificado pelo uso dos taninos, no entanto, as velocidades das produções de CH_4 e CO_2 foram influenciadas pela composição dos dejetos dos diferentes grupos de bovinos avaliados, sendo mais acentuada para os taurinos, podendo ser um fator positivo para redução do tempo de biodigestão. Adicionalmente, sugere-se considerar a questão ambiental, pois avaliando apenas o potencial de produção de biogás e por não ocorrer aumento da produção de GEE, este seria um fato positivo, por outro lado, do ponto de vista de geração de energia, este seria sem relevância. Em geral, níveis de extrato de *Acacia mearnsii* entre 0,5 e 1,0% da MS da dieta demonstraram ser indicativos de início de mudanças no processo metabólico ruminal, sendo sua utilização até níveis de 1,5% uma opção segura como aditivo alimentar para taurinos e zebuínos, no entanto, com forte efeito indireto sobre a metanogênse devido à redução da digestibilidade dos alimentos, cabendo uma avalição mais criteriosa dos seus efeitos sobre a produtividade animal. Portanto, os taninos podem ser utilizados como aditivos para manipulação da fermentação ruminal, sem apresentar efeitos compensatórios indesejáveis quanto à emissão de gases pelas fezes.

Figura: Efeito da adição de quatro níveis de taninos de A. mearnsii sobre a produção de CH_4 ruminal em grupos distintos de bovinos, utilizando-se o modelo Broken-line para demonstração do platô.

Crédito: Perna Junior (2018).

RESULTADOS

- A avaliação do metabolismo ruminal foi realizada através da técnica de fermentação ruminal *ex-situ* (RODRIGUES *et al.*, 2012; PERNA JUNIOR *et al.*, 2017), demonstrando redução linear da Produção de CH_4 ruminal (Figura), chegando a uma redução de 26% para a dose mais elevada. Também foi realizado um comparativo com os demais produtos da fermentação ruminal (Figura);

- A degradabilidade da FDN, da PB e a digestibilidade da dieta foram fortemente reduzidas com o aumento dos níveis de taninos na dieta, o que representa um efeito indireto sobre a metanogênese, ou seja, redução da produção de CH_4 devido à redução do aproveitamento do alimento no rúmen;

- Foi avaliado o comportamento ingestivo dos animais, sendo que para ambas as raças houve um aumento linear do número de eventos de ruminação (número de vezes que o animal manteve a atividade de ruminar ininterrupta), provavelmente devido ao efeito adstringente dos taninos quando ingeridos;

- O uso de taninos na alimentação de taurinos e zebuínos não interfere no potencial de geração de GEE quando avaliados por meio de biodigestores anaeróbios.

DESAFIOS

- Encontrar um aditivo alimentar natural que promova melhora do desempenho animal;
- Não afetar o consumo alimentar, devido ao efeito adstringente dos taninos;
- Promover melhora da fermentação ruminal sem gerar dejetos com maior potencial poluidor.

SOLUÇÕES

- O uso de extrato de *Acacia mearnsii* em baixas dosagens (0,72% da MS da dieta) pode ser uma opção para redução da produção de CH_4 ruminal para taurinos e zebuínos, no entanto a redução da digestibilidade da dieta com o aumento dos níveis de taninos contribui negativamente para a eficiência alimentar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

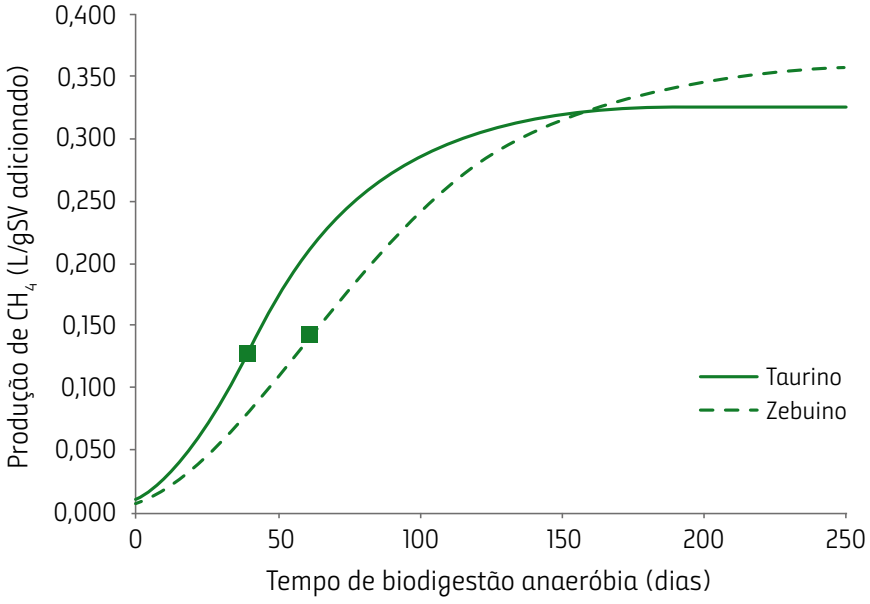
IMEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R. A study of the artificial bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. Journal of Agricultural Science, v. 88, n. 3, p. 645-650, 1977.

PERNA JUNIOR, F.; CASSIANO, E. C. O.; MARTINS, M. F.; ROMERO, L. A.; ZAPATA, D. C. V.; PINEDO, L. A.; MARINO, C. T.; RODRIGUES, P. H. M. Effect of tannins-rich extract from Acacia mearnsii or monensin as feed additives on ruminal fermentation efficiency in cattle. Livestock Science, n. 203, p. 21-29, 2017.

RODRIGUES, P. H. M.; PINEDO, L. A.; SOLORZANO, L. A. R.; PERNA JUNIOR, F.; MARTINS, M. F.; CASTRO, A. L.; GODOY, G. L. A.; MARINO, C. T. Descrição da metodologia ex-situ de estudo da fermentação ruminal (micro-rúmen) com vistas à mensuração da produção de metano. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília. Anais [...]. Brasília: [S. n.], 2012.

DADOS PUBLICADOS EM:

PERNA JUNIOR, F. Taninos como aditivo alimentar para mitigação das emissões de metano em ruminantes. 2018. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.



COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo

e-mail: pmazza@usp.br

EMISSÃO DE METANO EM BOVINOS PRODUZIDOS EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA (SIPA)

Alda Lúcia Gomes Monteiro[1]; Thales Baggio Portugal[1] Anibal de Moraes[1]; Alexandre Berndt[2]; Cimélio Bayer[3]; Paulo César de Faccio Carvalho[3]

1 Universidade Federal do Paraná; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa; Pecuária Sudeste; 3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

A crescente emissão de Gases do Efeito Estufa (GEE), causada principalmente por ações antrópicas, tem influenciado as mudanças climáticas, afetando diretamente os ecossistemas, através do aquecimento global. Um dos grandes desafios da humanidade é produzir alimentos de maneira mais sustentável, do ponto de vista econômico e ambiental. Relacionar a alta produção de alimentos com a diminuição dos impactos ambientais é um desafio para a atual geração. A pecuária caracteriza-se por ser uma atividade emissora de gases, mas com potencial de mitigar o efeito dos GEE, removendo-os da atmosfera ou reduzindo as emissões através do manejo do solo e das pastagens. Nesse contexto, os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) foram considerados pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) como modelos de produção sustentável, contribuindo, assim, para redução das emissões de GEE por unidade de produto agropecuário, aumentando os estoques de carbono no solo, a eficiência na ciclagem de nutrientes e qualidade do solo, preservando, ainda, os recursos naturais e o meio ambiente.

Com objetivo de contribuir para o entendimento sobre as emissões ruminais de metano por bovinos em pastejo em diferentes arranjos de SIPA em uma área de preservação ambiental, foi conduzido um experimento no Núcleo de Inovações Tecnológicas em Agropecuária (NITA), entre julho de 2017 e fevereiro 2018 (ano 1) e de setembro de 2018 a março de 2019 (ano 2). O NITA está situado na Fazenda Experimental do Canguiri, Pinhais – PR, pertencente à Universidade Federal do Paraná (UFPR), com coordenadas geográficas aproximadas: 25º24'4.31''S de latitude e 49º 7'15.02''O de longitude, 918 m de altitude. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com três repetições e quatro tratamentos, sendo eles: Pecuária (PEC), Pecuária-Floresta (PF), Lavoura-Pecuária (LP) e Lavoura-Pecuária-Floresta (LPF). Em todos os tratamentos, a planta forrageira predominante no inverno foi a aveia (*Avena sativa*) e no verão, o *Megathyrsus maximus* cv. Aries. O tratamento PEC foi o único em monocultivo, tendo apenas a presença do componente pecuário. Nos tratamentos LP e LPF foram utilizados o sistema "ley farming", com um ano de lavoura (*Zea mays*) antecedendo dois anos de pasto (2017 e 2018). O componente arbóreo do PF e LPF foi plantado em 2013, com espaçamento de 14 m entre linhas e 4 m entre plantas, com *Eucalyptus benthamii*. Foram utilizados novilhos castrados da raça Angus, com peso vivo inicial de 154,78 kg ± 35,22 kg e 10 meses de idade no ano 1 e 241,19 kg ± 50,31 kg e 16 meses de idade no ano 2. Em cada tratamento foram utilizados três animais testes (unidade amostral). Foram avaliadas as emissões de metano (CH_4) pelos bovinos em pastejo através da metodologia do SF_6, o consumo de forragem a pasto, a digestibilidade da forragem consumida e a produtividade animal. Os resultados das emissões de CH_4 serão expressas em g de CH_4.animal.dia^{-1}, g de CH_4.kg de GPV^{-1}, g de CH_4.MS ingerida^{-1}, g de CH_4.PV^{-1} e g de CH_4.hectare.dia^{-1}. As análises estão sendo realizadas no Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

RESULTADOS

As emissões brutas diárias de metano dos bovinos de corte produzidos em SIPA variaram entre 130 a 220 g, com maiores emissões em pastagens de verão em comparação ao inverno. Sistemas de produção de bovinos que sucederam a lavoura de milho (LP e LPF) apresentaram menores emissões de metano por ganho de peso vivo e por área, em pastagens de verão. A rotação entre lavoura para a produção de grãos e as pastagens para produção de bovinos pode ser considerada como estratégia, visando a possibilidade de menor emissão de gás metano pelos animais.

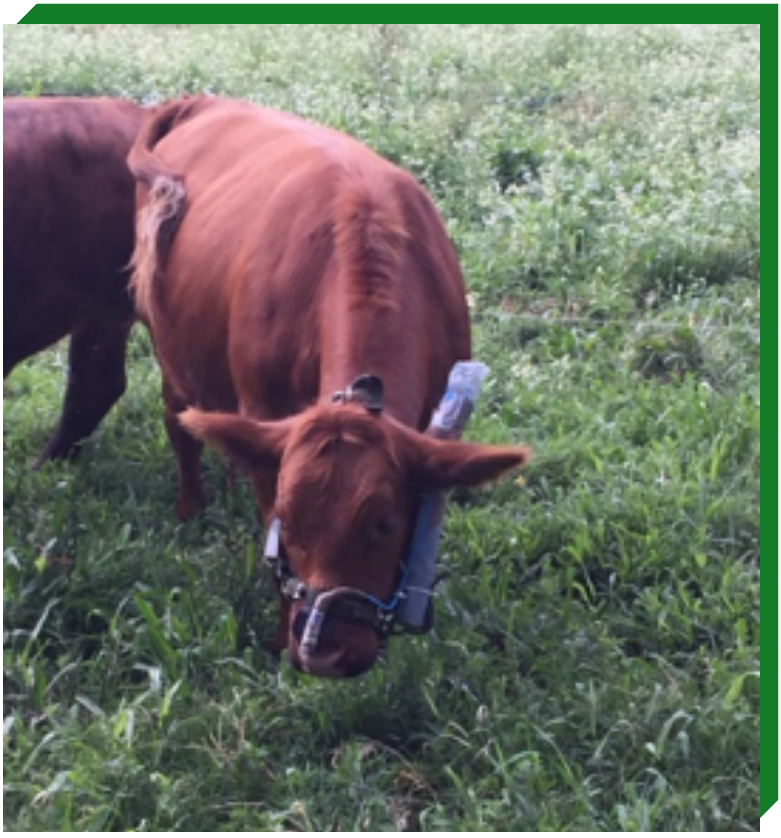
DESAFIOS

- Limitado recurso disponível para execução dos protocolos experimentais;
- Variabilidade de resultados, referentes ao uso da metodologia de medição de emissão de metano de animais em pastagens, com uso do SF_6 (hexafluoreto de enxofre);
- Limitado recurso para publicações em revistas internacionais de alto impacto;
- Limitado número de bolsas de Doutorado e de Pós-Doutorado para as universidades federais, em anos recentes, o que limita o trabalho da equipe que desenvolve os projetos, que são de elevada exigência quanto à qualidade de recursos humanos.

SOLUÇÕES

- Trabalho conjunto com outras insituições e equipes do brasil e de outros países, buscando otimizar o uso de recursos humanos e materiais;
- Atuação de equipes multidisciplinares buscando melhores resultados na aplicação de metodologias de maior complexidade.

Figura: Novilhos castrados da raça Angus utilizando cangas para medição de metano.



Crédito: Thales Baggio Portugal.

COORDENADOR DO PROJETO

Dra. Alda Lúcia Gomes Monteiro

Universidade Federal do Paraná

e-mail: aldaufpr@gmail.com

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS CRUZADOS CANCHIM, ANGUS E CHAROLÊS, TERMINADOS EM CONFINAMENTO

Leandro Sannomiya Sakamoto[1,2]; Paulo de Méo Filho[1,2]; Egleu Diomedes Marinho Mendes[1]; Maurício Melo de Alencar[1]; Rymer Ramiz Tullio[1]; Fábio Borba Ferrari[3]; Paulo Roberto Leme[2]; Alexandre Berndt[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 2 Universidade de São Paulo; 3 Universidade Estadual Paulista.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as intensidades de emissão de CH_4 de bovinos cruzados em confinamento na fase de terminação. Foram avaliados 63 animais cruzados provenientes de vários grupos genéticos, agrupados em proporção de Adaptado de 25,00% e 37,50% (1A), de 43,75% e 50,00% (2A) e de 56,25%, 62,50%, 68,75% e 75% (3A), em proporção de Bos taurus: 31,25%, 50,00%, 56,25% e 75,00%, e segundo a porcentagem de Heterozigose: 50,00% e 62,50% (1H), 81,25% (2H), e 100% (3H). A mensuração do metano foi através dos cochos automatizados (Greenfeed). Todos os animais avaliados eram castrados. O consumo foi mensurado através do equipamento GrowSafe. Foram registrados dados de desempenho animal (peso vivo, ganho de peso, conversão alimentar), de carcaça (área de olho de lombo do músculo Longissimus, espessura de gordura, peso de carcaça quente (PCQ) e rendimentos de carcaça (RendC) e do ganho (RendG)) e variáveis relacionadas ao metano. Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do programa SAS 9.3.

RESULTADOS

Os agrupamentos dos animais confinados apresentaram diferenças nas variáveis de desempenho, porém apenas a classificação pela heterozigose apresentou diferenças nas variáveis de metano. Animais 3H apresentaram melhores resultados de desempenho em relação aos animais 1H. Para as variáveis relacionadas a carcaça, não houve diferença no PCQ ($p = 0,5842$), porém animais 2H apresentaram maior rendimento cárneo que animais 1H ($p = 0,0177$), e carcaça mais magra que os demais ($p = 0,0007$). Em relação ao metano, animais 2H apresentaram melhores resultados em comparação aos animais 3H, porém os dois grupos apresentaram uma IE calculada pelo RendC menor que animais 1H ($p = 0,0173$). Apesar das diferenças encontradas entre os grupos genéticos estudados, é importante avaliar o sistema como um todo, como a produção de dejetos, entre outros e não apenas a emissão de metano dos animais.

DESAFIOS

Considerando a grande diversidade dos sistemas de produção, das raças bovinas, dos grupos genéticos e das dietas dos animais é difícil estabelecermos coeficientes técnicos médios que representem todo o Brasil. Porém como ainda são poucos os trabalhos de avaliação da emissão de metano entérico e sua intensidade de emissão no país, isso acaba se tornando um valor de referência para os demais países ao redor do mundo. Por isso há a necessidade de mais pesquisas e estudos para a obtenção de dados confiáveis de acordo com cada região ou sistema de produção. O grande potencial do país em produzir alimentos é, algumas vezes, visto de forma negativa pela sociedade devido às falhas de comunicação e carência de publicações evidenciando as melhorias alcançadas ao longo de décadas. A aplicação de tecnologias como o melhoramento genético e manejo de pastagens com objetivo de aumentar a produtividade refletem em menor impacto sobre o ambiente visto que a produção de carne brasileira é principalmente realizada a pasto. Diante do exposto o que motivou a execução deste trabalho foi a desmistificação da visão improdutiva ou não sustentável da produção pecuária brasileira através de resultados obtidos com rigor científico, com o objetivo específico de avaliar e entender o equilíbrio entre o aumento da produtividade e a minimização dos impactos ambientais, principalmente através da emissão de GEE pelos ruminantes.

SOLUÇÕES

- Para definir qual grupo genético bovino utilizar, é importante verificar os que melhor se encaixam em sua estrutura visando uma produção sustentável;
- É importante avaliar a emissão de metano de mais bovinos de diferentes grupos genéticos.

DADOS PUBLICADOS EM:

BERNDT, A.; MÉO FILHO, P.; SAKAMOTO, L. S.; MORELLI, M. Técnicas para mensurar emissão de metano em bovinos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 4., 2018, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: FAMEV-UFU, 2018. p. 85-96.

SAKAMOTO, L. S. Intensidades de emissão de gás metano de bovinos Nelore terminados a pasto e cruzados em confinamento. 2018. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

SAKAMOTO, L. S.; BERNDT, A.; VILAS BOAS, D. F.; MÉO FILHO, P.; MENDES, E. D. M.; TULLIO, R. R.; GUILARDI, J. H.; ANDRADE, L. L.; CARDOSO, R. D.; LEME, P. R. Crossbred performance of genetic groups and sex different. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 53., 2016, Gramado. Anais [...]. Gramado: [S. n.], 2016.

Continuação no Anexo

Figura: Bovinos cruzados em confinamento em baias coletivas em coleta de dados individuais de consumo e emissão de metano entérico utilizando os equipamentos GrowSafe e GreenFeed, respectivamente.



Crédito: Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos-SP

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Alexandre Berndt

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: alexandre.berndt@embrapa.br

EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS NO SUL DO BRASIL

Henrique Mendonça Nunes Ribeiro Filho[1]
1 Universidade do Estado de Santa Catarina

Desde 2012 o Grupo de Pesquisa Nutrição de Ruminantes em Pasto, da UDESC/Lages, iniciou parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Embrapa Pecuária Sudeste com o objetivo de avaliar as emissões de metano (CH_4) de origem entérica em bovinos de corte e de leite. Em todos os experimentos foi utilizada a técnica do hexafluoreto de enxofre (SF_6). Inicialmente foram avaliadas as emissões de CH_4 em novilhos em crescimento da raça Charolês pastejando capim elefante anão com ou sem acesso ao pasto de uma leguminosa de clima tropical (amendoim forrageiro), na cidade de Ituporanga (SC). Na sequência, foram conduzidos ensaios utilizando vacas leiteiras em lactação, da raça Holandês ou cruza Holandês × Jersey, na cidade de Lages (SC), com destaque às avaliações dos efeitos da inclusão da forragem pastejada (capim milheto ou azevém anual) em dietas para vacas recebendo ração total misturada (RTM) e do uso de diferentes tipos de suplementos (silagem ou grão de milho) ou de aditivo alimentar (extrato tanífero de *Acácia mearnsii*), para vacas leiteiras em pastejo. Atualmente, está sendo conduzido um experimento de longo prazo (previsão de duração: 15 anos) com medidas das emissões dos gases de efeito estufa (GEE: CO_2, CH_4 e N_2O) e o sequestro de carbono em função do tipo da dieta e do uso do solo em sistemas de produção de leite utilizando vacas mestiças (Holandês × Jersey). Os tratamentos experimentais são a ausência do pastejo (milho para silagem sucedido por forragem anual de inverno para confecção de feno ou pré-secado), milho para silagem sucedido por forragem anual de inverno para pastejo, forragem anual de inverno sucedida por forragem anual de verão (ambas sob pastejo) e pasto perene de inverno. As emissões dos GEE a partir do solo e das excretas dos animais são avaliadas ao longo de cada ano e os estoques de carbono no solo a cada três anos. A estimativa global da emissão de gases de efeito estufa expressa em equivalentes CO_2 por unidade de produto nos diferentes sistemas produtivos, bem como a exigência em energia de origem fóssil, expressa em GJ / kg de produto, serão quantificados utilizando a metodologia de Análise de Ciclo de Vida.

RESULTADOS

- Bovinos em crescimento da raça Charolês, pastejando capim-elefante anão com acesso a pastos de leguminosa, na Região do Alto Val do Itajaí (SC), aumentaram as emissões de (CH_4 g/dia) em função do aumento no consumo diário de MS. Entretanto, a produção de CH_4 (g/kg MS consumida) e as intensidades de emissão (g/kg de produto), permaneceram inalteradas (ANDRADE *et al.*, 2016);

- A suplementação com extrato tanífero de *Acácia mearnsii* para vacas leiteiras cruza Holandês × Jersey, em pasto de capim milheto + 6 kg concentrado/animal dia, na Região do Planalto Serrano (SC), reduziu a intensidade de emissão em aproximadamente 40% (ALVES; DALL-ORSOLETTA; RIBEIRO-FILHO, 2017);

- A suplementação com grão de milho ou silagem de milho para vacas leiteiras em pastos anuais de inverno, tipicamente utilizados no Sul do Brasil, reduziu a produção de CH_4 (g/kg MS consumida) em 26 e 10%, respectivamente, mas não alterou a intensidade de emissão (DALL-ORSOLETTA *et al.*, 2019);

- A inclusão de pastos anuais de inverno, em dietas para vacas leiteiras cruza Holandês × Jersey, ingerindo ração total misturada (RTM), a base de silagem de milho, na Região do Planalto Serrano (SC), reduziu as emissões de CH_4 em mais de 25% devido a qualidade da forragem produzida (DALL-ORSOLETTA *et al.*, 2016; CIVIERO *et al.*, em preparação);

- A inclusão de pastos anuais de verão em dietas para vacas leiteiras cruza Holandês × Jersey, ingerindo RTM, na Região do Planalto Serrano (SC), aumentou a intensidade de emissão de CH_4 em menos de 5% (CIVIERO *et al.*, em preparação).

DESAFIOS

- Uso da técnica do SF_6 ao invés de equipamentos como o "Green Feed" para estimativas das emissões de metano de origem entérica;

- Obtenção de financiamento para aquisição de materiais e equipamentos visando à coleta de amostras e análises laboratoriais;

- Obtenção de fatores de emissão locais para a elaboração de inventários de ciclo de vida e domínio completo sobre a metodologia de Análise do Ciclo de Vida (ACV) (MATTHEWS; HENDRICKSON; MATTHEWS, 2015), de acordo com normas ISO (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006), incluindo a aquisição de programas computacionais que disponibilizem bases internacionais de dados.

SOLUÇÕES

- A inclusão de leguminosas forrageiras em sistemas de produção de bovinos pode contribuir para a mitigação da emissão de GEE em função de redução do uso de adubos nitrogenados;
- A otimização do uso da forragem pastejada em sistemas de produção de bovinos pode contribuir para mitigação da emissão global de GEE em sistemas de produção de bovinos, mas os reais impactos desta prática no País ainda precisam ser quantificados por meio de ACV;
- Utilizar a metodologia de ACV, incluindo a avaliação de diferentes cenários por meio de análises de sensibilidade, com o objetivo de propor sistemas com menor pegada de carbono e uso de combustível fóssil por kg de produto final.

DADOS PUBLICADOS EM:

ALVES, T. P.; DALL-ORSOLETTA, A. C.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. The effects of supplementing Acacia mearnsii tannin extract on dairy cow dry matter intake, milk production, and methane emission in a tropical pasture. Tropical Animal Health and Production, n. 49, p. 1663-1668, 2017.

ANDRADE, E. A.; ALMEIDA, E. X.; RAUPP, G. T.; MIGUEL, M. F.; DE LIZ, D. M.; CARVALHO, P. C. F.; BAYER, C.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Herbage intake, methane emissions and animal performance of steers grazing dwarf elephant grass v. dwarf elephant grass and peanut pastures. Animal, v. 10, n. 10, p. 1684-1688, 2016.

DALL-ORSOLETTA, A. C.; ALMEIDA, J. G. R.; CARVALHO, P. C. F.; SAVIAN, J. V.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Ryegrass pasture combined with partial total mixed ration reduces enteric methane emissions and maintains the performance of dairy cows during mid to late lactation. Journal of Dairy Science, v. 99, n. 6, 2016.

DALL-ORSOLETTA, A. C.; OZIEMBLOWSKI, M. M.; BERNDT, A.; RIBEIRO-FILHO, H. M. N. Enteric methane emission from grazing dairy cows receiving corn silage or ground corn supplementation. Animal Feed Science and Technology, v. 253, p. 65-73, May 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.05.009.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ISO – The International Standards Organisation. ISO 14040: Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. v. 2006, p. 1-28, 2006.

ISO – The International Standards Organisation.– ISO 14044: Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines. v. 2006, p. 46, 2006.

MATTHEWS, H. S.; HENDRICKSON, C. T.; MATTHEWS, D. H. Life cycle assessment: quantitative approaches for decisions that matter. [S. l.]: MATLAB, 2015.

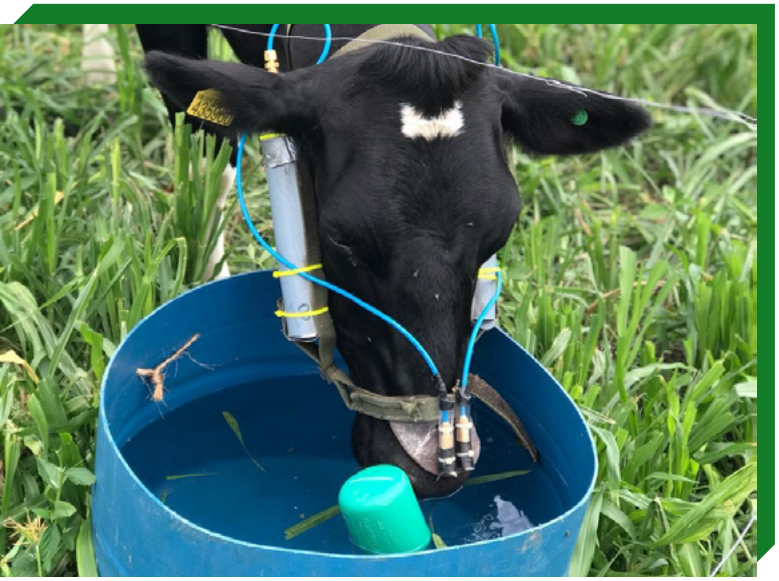


Figura: Medida da emissão de CH_4 de origem entérica utilizando a técnica do hexafloureto de enxofre (SF_6) em vacas leiteiras pastejando capim-milheto

Crédito: Maurício Civiero.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Henrique M. N. Ribeiro Filho

Universidade do Estado de Santa Catarina

e-mail: henrique.ribeiro@udesc.br

OPORTUNIDADES DE MITIGAÇÃO DE METANO NA PRODUÇÃO DE CARNE POR MEIO DO MELHORAMENTO ANIMAL

Maria Eugênia Zerlotti Mercadante[1]; Renata Helena Branco[1]; Joslaine Noely dos Santos Gonçalves Cyrillo[1]; Roberta Carrilho Canesin[1]; Sarah Figueiredo Martins Bonilha[1]; Leandro Sannomiya Sakamoto[1]; Sarah Bernades[1]; Luana Lelis Souza[1]; Alexandre Berndt[2]; Lucia Galvão de Albuquerque[3]

1 Instituto de Zootecnia, Centro Avançado de Pesquisa de Bovinos de Corte; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

O objetivo da linha de pesquisa é montar um banco de dados de registros individuais de emissão de metano entérico (CH_4, g/dia), ganho médio diário (GMD, kg/dia), consumo de matéria seca (CMS, kg/dia) e peso vivo (PV, kg), de bovinos Nelore após a desmama, para estudos fenotípicos, genético-quantitativos e genômicos de características relacionadas à emissão de metano entérico e suas associações com características de desempenho e de eficiência alimentar. Os experimentos foram realizados em 2011, 2012, e 2018, e serão relatados a seguir. A obtenção de registros individuais de CH_4 e das demais características em bovinos Nelore após o desmame está prevista até 2023.

Em todos os experimentos, a emissão de metano entérico foi determinada individualmente para cada animal, durante 5 a 7 dias consecutivos, utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), como descrito por Johnson e Johnson (1995), e adaptado por Primavesi *et al.* (2004) e Deighton *et al.* (2014). A emissão de metano (g/dia) de cada animal é a média dos 5 a 7 dias de coleta de CH_4. Os animais avaliados eram contemporâneos (diferença de idade de até 90 dias) e provenientes de um mesmo rebanho puro de origem, nascidos e criados em Sertãozinho, SP (21º10' latitude Sul, 48º5' longitude Oeste). Os sistemas de produção avaliados foram bovinos em crescimento em confinamento e em pastagem.

RESULTADOS

- Cota *et al.* (2014) Consumo de matéria seca individual (CMS) e peso vivo foram determinados em 47 animais (22 machos e 25 fêmeas), com média de idade de 396 dias e peso vivo de 356 kg. Dieta composta de silagem de milho (54% da matéria seca), feno de braquiária (10% da MS), milho moído (22% da MS), farelo de soja (12%), ureia e sal mineral, com 14% de proteína bruta e 70% de NDT. Os mesmos 47 animais foram para pastagem de braquiária (com suplementação de 0,5 kg/animal/dia. Pastagem: 9% proteína bruta, 68% NDT), com média de idade de 468 dias e peso vivo de 371 kg. Média dos registros individuais em confinamento: peso vivo = 356 kg; CMS = 8,98 kg/dia; CH_4 = 104 g/dia; CH_4/CMS = 12 g CH_4/kg MS; CH_4/peso vivo = 0,29 g CH_4/kg peso vivo. Média dos registros individuais em pastagem: peso vivo = 371 kg; CMS = 6,67 kg/dia; CH_4 = 98,4 g/dia; CH_4/CMS = 15,7 g CH_4/kg MS; CH_4/peso vivo = 0,26 g CH_4/kg peso vivo;

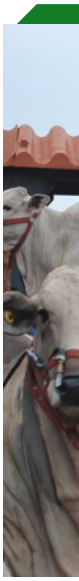
- Mercadante *et al.* (2015). Consumo de matéria seca individual (CMS) e ganho médio diário (GMD) foram determinados em 46 animais (23 machos e 23 fêmeas), com média de idade de 365 dias, peso vivo de 285 kg e GMD de 0,750 kg/dia. Dieta composta de feno de braquiária (44,5% da matéria seca), milho moído (32,2% da MS), torta de algodão (21,4% da MS), ureia e sal mineral, com 13% de proteína bruta e 70% de nutrientes digestíveis totais (NDT). Média dos registros individuais em confinamento: GMD = 0,750 kg/dia; CMS = 6,00 kg/dia; CH_4 = 143 g/dia; CH_4/CMS = 24 g CH_4/kg MS; CH_4/GMD = 197 g CH_4/kg GMD;

- Sakamoto *et al.* (2019) e Souza *et al.* (2019). Consumo de matéria seca individual (CMS) e ganho médio diário (GMD) foram determinados em 70 machos, com média de idade de 434 dias, peso vivo de 342 kg, e GMD de 0,825 kg/dia. Dieta composta de silagem de milho (54% da matéria seca), feno de braquiária (10% da MS), milho moído (22% da MS), farelo de soja (12%), ureia e sal mineral, com 13% de proteína bruta e 67% de NDT. Média dos registros individuais em confinamento: GMD = 0,825 kg/dia; CMS = 8,00 kg/dia; CH_4 = 199 g/dia; CH_4/CMS = 25 g CH_4/kg MS; CH_4/GMD = 241 g CH_4/kg GMD.

DESAFIOS

- Mensurar individualmente a emissão de metano entérico em alguma fase da vida produtiva do bovino, em grande número de bovinos, levando-se em conta a alta complexidade da técnica e alto custo de execução;

- Estudos genéticos sempre requerem grande número de animais avaliados para emissão de metano entérico individual na mesma fase produtiva do animal;



- Obtenção de financiamento para continuidade das pesquisas até a obtenção de respostas consistentes, tanto em agências estaduais e federais de fomento à pesquisa, como na iniciativa privada representada nessa cadeia por proprietários de rebanhos de seleção e pelas companhias de comercialização de genética bovina.

SOLUÇÕES

- Dieta de melhor qualidade promove menor perda de energia na forma de metano;
- A técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) para medir a emissão de metano entérico individual tem sido aperfeiçoada, requerendo menor número de dias para coleta;
- Consumo de matéria seca, ganho de peso, peso vivo e emissão de CH_4 são correlacionados. Entretanto, há variação na emissão de CH_4 independente de CMS, GMD e peso vivo, ou seja, animais contemporâneos de mesmo desempenho tem variação na emissão de CH_4.

DADOS PUBLICADOS EM:

COTA, O.; FIGUEIREDO, D. M.; BRANCO, R. H.; MAGNANI, E.; NASCIMENTO, C. F.; OLIVEIRA, L. F.; MERCADANTE, M. E. Z. Methane emission by Nellore cattle subjected to different nutritional plans. Tropical Animal Health and Production, v. 46, n. 7, p. 1100-1106, 2014.

MERCADANTE, M. E. Z.; CALIMAN, A. P. M.; CANESIN, R. C.; BONILHA, S. F. M.; BERNDT, A.; FRIGHETTO, R. T. S.; MAGNANI, E.; BRANCO, R. H. Relationship between residual feed intake and enteric methane emission in Nellore cattle. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 44, p. 255-262, 2015.

SAKAMOTO, L. S.; SOUZA, L. L.; BENFICA, L. F.; CYRILLO, J. S. G.; BERNDT, A.; ALBUQUERQUE, L. G.; MERCADANTE, M. E. Z. Feed efficiency and enteric methane emission of Nellore cattle. In: GREENHOUSE GAS AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 7., 2019, Foz do Iguaçu.

SOUZA, L. L.; SAKAMOTO, L. S.; BENFICA, L. F.; BIS, F. C.; MERCADANTE, M. E. Z.; SILVA, J. A. I. V; ALBUQUERQUE, L. G. Efeito da técnica do gás traçador SF_6 para mensuração de metano entérico sobre consumo e comportamento ingestivo de bovinos de corte em crescimento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 13., 2019, Salvador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

DEIGHTON, M. H.; WILLIAMS, S. R. O.; HANNAH, M. C.; ECKARD, R. J.; BOLAND, T. M.; WALES, W. J.; MOATE, P. J. A modified sulphur hexafluoride tracer technique enables accurate determination of enteric methane emissions from ruminants. Animal Feed Science and Technology, v. 197, p. 47-63, 2014.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. Journal of Animal Science, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETO, R. T. S.; PEDREIRA, M. S.; LIMA, M. A.; BERCHIELLI, T. T.; DEMARCHi, J. J. A. A.; MANELLA, M. Q.; BARBOSA, P. F.; JOHNSON, K. A.; WESTBERG, H. H. SF_6-tracer technique for bovine ruminal methane field measurements: adaptations to Brazilian conditions. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. (Documento 39).



Figura: Bovinos em confinamento em baia coletiva em coleta de emissão de metano individual. Técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre.

Crédito: Instituto de Zootecnia, SAA-SP.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Maria Eugênia Zerlotti Mercadante

Instituto de Zootecnia, Centro Avançado de Pesquisa de Bovinos de Corte

e-mail: mezmercadante@gmail.com e maria.mercadante@sp.gov.br

Dra. Lucia Galvão de Albuquerque

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias

e-mail: galvao.albuquerque@unesp.br

PASTEJO ROTATIVO EM CAPIM-ELEFANTE PARA VACAS LEITEIRAS: ESTRATÉGIAS DE PASTEJO, PRODUTIVIDADE ANIMAL E EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO E ÓXIDO NITROSO

Guilhermo Francklin de Souza Congio[1]; Marina Miquilini[3]; Marília Barbosa Chiavegato[2]; Sila Carneiro da Silva[3]
1 Corporação Colombiana de Investigação Agropecuária; 2 The Ohio State University; 3 Universidade de São Paulo.

Os sistemas baseados em pastagem desempenham papel importante na produção de leite em climas temperados (CHAPMAN, 2016) e tropicais (SANTOS *et al.*, 2014) e, assim, são essenciais para atender a demanda crescente de alimentos (GODFRAY *et al.*, 2010; ALEXANDRATOS E BRUINSMA, 2012). O aumento da produção deve estar atrelado com a intensificação sustentável dos sistemas agrícolas por meio de práticas que minimizem os impactos ambientais (ROYAL SOCIETY, 2009; GARNETT E GODFRAY, 2012). Atualmente, o sistema de produção de leite é considerado o segundo maior emissor de GEE dentre os sistemas de produção. O metano (CH_4) entérico, o principal gás de efeito estufa desses sistemas (AGUIRRE-VILLEGAS *et al.*, 2017), é produto da fermentação ruminal e sua produção é influenciada pelo consumo de alimentos e composição química da forragem (JANSSEN, 2010). O segundo principal GEE é o óxido nitroso (N_2O) proveniente do solo, formado pela desnitrificação incompleta ou nitrificação nos solos sob pastagem (WRAGE *et al.*, 2001; SAGGAR *et al.*, 2013). A alternativa para intensificar os sistemas de produção, sem aumento do uso de insumos, é por meio de estratégias de manejo do pastejo que otimizem a utilização da forragem e o consumo de matéria seca digestível a fim de melhorar o uso da terra e mitigar os impactos ambientais (MUÑOZ *et al.*, 2016; GREGORINI *et al.*, 2017).

Nesse contexto, foram desenvolvidos dois experimentos em área não irrigada de capim elefante (*Pennisetum purpureum Schum. cv. Cameroon*) manejado sob lotação intermitente por bovinos leiteiros (vacas HPB × Jersey) na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP), em Piracicaba, SP, Brasil. O primeiro experimento (dezembro de 2015 a abril de 2016) comparou duas metas pré-pastejo (95% e máxima interceptação luminosa do dossel durante a rebrotação; IL95% e ILMáx, representadas pelas alturas de 100 e 135 cm do dossel forrageiro, respectivamente), ambas com severidade de desfolhação de 50%. Foi identificado a influência das metas pré-pastejo na estrutura do pasto, valor nutritivo da forragem, consumo de matéria seca (CMS), produção de leite, taxa de lotação, emissões de metano entérico de vacas HPB × Jersey e o fluxo de óxido nitroso do solo. As emissões de CH_4 entérico foram estimadas diariamente durante o período experimental por meio do hexafluoreto de enxofre (JOHNSON E JOHNSON, 1995) e para os fluxos gasosos do solo foram coletadas amostras de solo durante dois períodos ao longo do período experimental (P1 = 01/08/2016 a 22/01/2016 e P2 = 25/02/2016 a 10/03/2016), que foram medidas através da metodologia de câmara estática fechada não ventilada, atualizada pela Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases (KLEIN; HARVEY, 2015).

Uma vez que a meta pré-pastejo ideal foi estabelecida no primeiro experimento (IL95%), o segundo experimento (janeiro a março de 2017) foi realizado na mesma área com o critério de manejo de 95% de interceptação luminosa do dossel e severidade de desfolhação de 50%, e avaliou a influência de dois horários de alocação de novos piquetes aos animais (manhã e tarde) sobre a composição química da forragem, consumo de matéria seca, produção e composição do leite, e emissões de CH_4 entérico de vacas HPB × Jersey.

RESULTADOS

- Em comparação com a meta ILMáx, a meta IL95% proporcionou mais ciclos de pastejo, com um menor período de ocupação dos piquetes pelos animais e um menor período de descanso;
- ILMáx e IL95% apresentaram produção de forragem semelhante, porém a meta IL95% produziu mais folhas e menos colmos comparado com a meta ILMáx, o que pode explicar o maior valor nutritivo (maior teor de proteína bruta e menores teores de fibra em detergente ácido e lignina) encontrado para essa estratégia de manejo;
- A meta IL95% apresentou menores perdas de forragem por pastejo, ou seja, apresentou maior eficiência de pastejo, e isso determinou uma taxa de lotação 33% superior relativamente à meta ILMáx. A oferta de forragem foi maior para ILMáx, porém o consumo foi maior para IL95%, que apresentou também produção de leite por vaca 15% superior;
- A emissão de metano entérico foi semelhante para ILMáx e IL95%, porém a intensidade de emissão (relação entre metano entérico emitido e a produção de leite) e a produção de metano (relação entre o metano emitido e o consumo) foi menor para as vacas consumindo forragem produzida utilizando a meta de manejo IL95%;

- A produtividade de leite (produção de leite por hectare) foi 52% maior para as vacas nos pastos manejados com a meta IL95% (170 e 112 kg / ha.dia para IL95% e ILMáx, respectivamente) e, como apresentaram maior taxa de lotação, apresentaram maior emissão de metano entérico por hectare. Porém, considerando a quantidade de leite produzida e a emissão de metano entérico, quando comparada a meta ILMáx, a meta IL95% apresentou produção de leite 16% maior por kg de metano entérico emitido por hectare;

- A meta IL95% proporcionou menor intensidade de emissão de N_2O (relação entre emissão média de N_2O por hectare e a produção de leite por hectare) relativamente à meta ILMáx (0,34 e 0,57 g N-N_2O/kg leite.ha.dia, para IL95% e ILMáx respectivamente), emitindo 40% menos N_2O por kg de leite;

- A emissão de metano do solo, oriundo principalmente da decomposição de fezes dos animais, representou menos de 1% da emissão total e, em alguns casos, foi negativa, indicando a ação das bactérias metanotróficas do solo;

- A meta IL95% apresentou maior emissão de gases total, porém, quando considerada a produtividade de leite, apresentou intensidade de emissão de gases 20% menor que a da meta ILMáx;

- Adotando a meta IL95% e comparando o horário de troca de piquetes para os animais (manhã e tarde), a forragem da tarde apresentou maiores teores de matéria seca (MS), carboidratos solúveis e amido, e menores teores de fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA). Apesar do teor semelhante de proteína bruta (PB), a forragem da manhã apresentou maior relação entre carboidratos não fibrosos (CNF) e proteínas digestíveis. Não houve diferença entre consumo de forragem e produção de leite, porém houve maior produção de proteína e caseína e menor excreção de nitrogênio ureico no leite para os animais que consumiram forragem dos piquetes trocados no período da tarde. Não houve diferença para as emissões de metano entérico comparando os dois períodos de alocação dos animais.

DESAFIOS

- Em sistemas de produção de leite em pastagens de clima temperado, normalmente é recomendado a adição de insumos como fertilizantes nitrogenados e rações concentradas para aumentar a produtividade. Visto que essa prática resulta em um custo ambiental, os resultados deste trabalho indicam a possibilidade de intensificar os sistemas de produção de leite em pastagens de clima tropical através da adoção de estratégias adequadas de manejo (boas práticas de manejo do pastejo), desde que níveis mínimos de fertilidade do solo sejam assegurados à pastagem. No entanto, existe escassez de resultados gerados em estudos feitos em sistemas de produção de leite em ambientes tropicais para associar, além das fontes de GEE, o sequestro e o armazenamento de carbono por pastagens para, dessa forma, obter estimativas mais precisas do balanço de carbono;

- As pastagens tropicais possuem enorme potencial para aumentar o carbono orgânico do solo e assim compensar as emissões de GEE (BRAZ *et al.*, 2013; ABDALLA *et al.*, 2018). Além disso, espécies forrageiras tropicais, quando submetidas a alta intensidade de pastejo em regiões úmidas e quentes, são mais propensas a aumentar o carbono orgânico do solo quando comparado com manejos de baixa intensidade (ABDALLA *et al.*, 2018). Nesse contexto, o desafio de obter pesquisas que englobem análise do sequestro e estoque de carbono no solo é crucial para obter estimativas mais precisas do balanço de carbono, a fim de determinar e encorajar estratégias de mitigação a serem adotadas pelos produtores.

SOLUÇÕES

- Otimização de processos ecológicos para intensificação do sistema de produção de leite em pastagens de clima tropical, ou seja, sem o aumento de recursos externos (fertilizantes e suplementos externos), mas com o uso eficiente dos recursos existentes (radiação solar, água da chuva, pastagem, fertilizante, suplemento);

- O manejo estratégico da pastagem, representado pela meta pré-pastejo IL95% associada a alocação dos animais para um novo piquete durante a tarde, determina melhor valor alimentar de pastagens tropicais e, consequentemente, maior produtividade de leite, o que configura um melhor uso do solo e maior aporte de proteína animal a um crescente mercado consumidor. Adicionalmente, mitiga os principais impactos ambientais típicos de sistemas de produção de leite como emissão de CH_4 entérico e óxido nitroso pelo solo, bem como melhora a eficiência do uso de nitrogênio pelas vacas;

- O monitoramento da altura é uma solução prática e confiável para a adoção de estratégias de manejo pelo produtor, permitindo a intensificação sustentável em sistemas de produção de leite em pastagens de clima tropical. Adicionalmente, o manejo estratégico é uma prática de fácil adoção e sem custos que aumenta a rentabilidade dos sistemas produtivos.

DADOS PUBLICADOS EM:

CONGIO, G. F. S. Rotational stocking management on elephant grass for dairy cows: grazing strategies, animal productivity, enteric methane and nitrous oxide emissions. 2018. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

CONGIO, G. F. S *et al.* Strategic grazing management and nitrous oxide fluxes from pasture soils in tropical dairy systems. Science of The Total Environment, v. 676, p. 493-500, 2019.

CONGIO, G. F. S *et al.* Strategic grazing management towards sustainable intensification at tropical pasture-based dairy systems. Science of the Total Environment, v. 636, p. 872-880, 2018.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABDALLA, M.; HASTINGS, A.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L.; EVANS, C. D.; JONES, M. B.; REES, R. M.; SMITH, P. Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. Agric. Ecosyst. Environ., n. 253, p. 62-81, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.10.023.

AGUIRRE-VILLEGAS, H. A.; PASSOS-FONSECA, T. H.; REINEMANN, D. J.; LARSON, R. A. Grazing intensity affects the environmental impact of dairy systems. J. Dairy Sci., n. 100, p. 6804-6821, 2017. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.201612325.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World Agriculture Towards 2030/2050. Rome: FAO, 2012. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/esa/Global_persepctives/world_ag_2030_50_2012_rev.pdf.

Continuação no Anexo

Figura 1: Vacas HPB × Jersey em pasto de capim-elefante manejados no tratamento de IL95%.



Crédito: Guilhermo F. S. Congio.

Figura 2: Vacas HPB × Jersey em pasto de capim-elefante manejados no tratamento de IL95%.



Crédito: Guilhermo F. S. Congio.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Sila Carneiro da Silva

Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

e-mail: siladasilva@usp.br

CARNE CARBONO NEUTRO: TESTANDO AS DIRETRIZES EM UM ESTUDO DE CASO

Roberto Giolo de Almeida[1]; Rodrigo da Costa Gomes[1]; Vanderley Porfírio-da-Silva[2]; Fabiana Villa Alves[1]; Gélson Luís Dias Feijó[1]; André Dominghetti Ferreira[1]; Edilson Batista de Oliveira[2]; Davi José Bungenstab[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Corte; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas.

A Carne Carbono Neutro (CCN) é um novo conceito para a produção sustentável de carne bovina nos trópicos desenvolvido pela Embrapa. O conceito CCN, lançado em 2015, é baseado em sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris que são capazes de neutralizar as emissões de metano por meio da produção de madeira das árvores implantadas, além de proporcionar melhor conforto térmico aos animais em pastejo. O objetivo deste trabalho é apresentar o primeiro estudo de caso da aplicação das diretrizes CCN em uma fazenda comercial, com resultados sobre produção animal, características da pastagem, parâmetros do microclima, produtividade de madeira, qualidade da carne e neutralização das emissões de metano dos animais em pastejo. O estudo foi realizado em uma fazenda localizada no bioma Cerrado, em Mato Grosso do Sul, com clima do tipo Aw e em um Neossolo Quartzarênico. Foi selecionada uma área com sistema silvipastoril, implantada em 2010, com Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã (89%) e B. dictyoneura (11%), e com árvores de eucalipto, clone I-144 de Eucalyptus urophylla x E. grandis e clone VM-01 de E. urophylla x E. camaldulensis, com espaçamento de 10 m entre renques de duas fileiras, de 3 m entre fileiras dentro do renque e 2 m entre as árvores da fileira [(arranjo 3 m × 2 m) x 10 m], totalizando 769 árvores/ha. Vinte e dois novilhos Nelore, com 437 kg de peso vivo inicial e 27 meses de idade, foram avaliados durante o período de dezembro de 2015 a maio de 2016, totalizando 154 dias, seguindo-se as diretrizes CCN.

RESULTADOS

A taxa de lotação foi ajustada para a manutenção das condições adequadas da pastagem, mantida sob condições de elevado sombreamento, e variou de 0,4 a 0,5 unidade animal/ha. A pastagem foi manejada a uma altura entre 31 e 48 cm, proporcionando uma disponibilidade de forragem variando de 2.395 a 3.603 kg/ha (de matéria seca). O protocolo nutricional (pastagem mais suplementação) possibilitou aos animais um ganho de peso médio diário de 490 g com ganho de peso vivo de 75,5 kg no período, apresentando características adequadas da carcaça como: peso de carcaça de 274,6 kg, grau de maturidade ≤ 4 dentes definitivos e escore de gordura dorsal de 3,2; além de características adequadas referentes à qualidade da carne como pH, cor e maciez. Em relação às variáveis microclimáticas que compõem o índice de temperatura e umidade (ITH) – indicador de conforto térmico –, o sistema silvipastoril apresentou condição térmica mais favorável aos animais em pastejo (índices variando de 77 a 83), em comparação às áreas adjacentes com pastagem em pleno sol (índices variando de 80 a 84).

No plano de manejo das árvores, foi considerado um desbaste de 50% no 6º ano e corte final das árvores remanescentes no 12º ano. O incremento médio anual estimado (IMA), para árvores de seis anos, atingiu 30 m3/ha/ano. Esse valor de IMA foi usado no software SIS Eucalipto para estimar a quantidade de carbono fixado pelas árvores remanescentes (toras de madeira) no ano 12. A emissão de metano entérico dos animais em pastejo foi estimada em 0,63 t CO_2eq/ha/ano, enquanto que a quantidade de carbono fixado na madeira serrada foi estimada em 5,35 t CO_2eq/ha/ano, após 11 anos de pastejo – considerando-se que os animais entram em pastejo após um ano do estabelecimento das árvores. Portanto, é possível neutralizar as emissões de GEEs de bovinos mantidos no sistema com um excedente de carbono de 4,72 t de CO_2eq/ha/ano. As diretrizes CCN são de fácil implantação em condições de uma fazenda comercial e permitem a produção de carne com qualidade e com a neutralização de metano em sistemas silvipastoris.

DADOS PUBLICADOS EM:

ALMEIDA, R. G.; GOMES, R. C.; SILVA, V. P.; ALVES, F. V.; FEIJÓ, G. L. D.; FERREIRA, A. D.; OLIVEIRA, E.; BUNGENSTAB, D. J. Carbon neutral brazilian beef: testing its guidelines through a case study. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 277-281.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

BALANÇO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E PEGADA DE CARBONO DE BOVINOS DE CORTE EM TRÊS SISTEMAS DIFERENTES DE MANEJO DE PASTAGENS NO BRASIL

Eduardo Barretto de Figueiredo[1]; Susantha Jayasundara[2]; Ricardo de Oliveira Bordonal[3]; Telma Teresinha Berchielli[3]; Ricardo Andrade Reis[3]; Claudia Wagner-Riddle[2]; Newton La Scala Jr[3].

1 Universidade Federal de São Carlos; 2 University of Guelph; 3 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

Sistemas Integrados (SI) foram identificados como uma estratégia eficiente de manejo da terra para restaurar áreas degradadas em todo o mundo, aumentando, assim, a produção de grãos e carne bovina e proporcionando potencial técnico para o sequestro de carbono (C) no solo e nas árvores como uma opção para compensar as emissões de CH_4 da produção do gado.

O objetivo do nosso estudo é estimar o balanço de gases de efeito estufa (GEE) e a pegada de C para bovinos de corte (ciclo de engorda) em três cenários de produção contrastantes em pastagem de Brachiaria no Brasil: I) Pastagem degradada (PD); II) Pastagem manejada (PM); e III) Sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), apresentando novas alternativas de uso da terra como estratégia de mitigação de GEE. As emissões totais de GEE em escala de área foram maiores em PM (84.541 kg CO_2eq ha^{-1}), seguidas pelo ILPF (64.519 kg CO_2eq ha^{-1}) e PD (8004 kg CO_2eq ha^{-1}) durante um período de 10 anos. A maior pegada de C para bovinos de corte foi para o sistema PD, 18,5 kg CO_2eq por kg PV (peso vivo), seguidos por 12,6 kg CO_2eq por kg PV em ILPF e 9,4 kg CO_2eq por kg PV em PM, sem levar em consideração o potencial de sequestro de C no solo em PM (C solo) e ILPF (C solo e eucalipto). Considerando o potencial de sequestro de C no solo em PM e ILPF, a pegada de carbono em bovinos de corte pode ser reduzida para 7,6 e -28,1 kg CO_2eq por kg PV em PM e ILPF, respectivamente. A conversão de pastagens degradadas para pastagens bem manejadas e a introdução do sistema ILPF podem reduzir as emissões associadas de GEE em termos de kg CO_2eq emitido por kg de gado produzido, aumentando a produção de carne, madeira e grãos. Essa redução deve-se principalmente à melhoria das pastagens e aumentos na produção de gado e ao favorecimento do potencial técnico para sumidouros de C no solo e na biomassa para compensar as emissões relacionadas ao gado.

RESULTADOS

- A necessidade de terras agrícolas para a produção de um kg de peso vivo (LWG) de carne bovina (fator de ocupação do solo por um período de 10 anos) foi de 230 m^2 kg^{-1} LWG no sistema PD, 22,9 m^2 kg^{-1} LWG em ILPF e 11 m^2 kg^{-1} LWG em PM, indicando considerável potencial de economia de terra no sistema PM e ILPF em comparação com a produção de gado de corte no cenário de PD. Apesar do valor de ocupação do solo ter sido maior em ILPF do que em PM, é importante destacar que o sistema ILPF tem potencial para produzir, além do gado de corte, três tipos de grãos (milho, sorgo e soja, totalizando aproximadamente 24,2 Mg ha^{-1}) e madeira de eucalipto (26 m3), durante o ciclo de produção de 10 anos dentro da mesma unidade de área de terra;

- Embora o cenário de PD tenha apresentado as menores emissões totais por unidade de área de terra, não é possível reduzir a pegada de C da pecuária nesse sistema, que ocupa grandes áreas com baixo rendimento e altas emissões de GEE por kg de produto, em comparação com sistemas de produção mais intensivos, como PM e ILPF;

- A intensificação dos sistemas de produção pecuária pode contribuir para evitar mais desmatamentos, como resultado de um menor fator de ocupação do solo nesses sistemas.

DESAFIOS

- Esforços adicionais devem ser realizados para obter uma melhor compreensão de um manejo mais intensivo de pastagens em diferentes sistemas produtivos, como PM e ILPF, suas interações com emissões associadas de GEE e seu potencial de sequestro de C na biomassa e no solo.

SOLUÇÕES

- A conversão de pastagens degradadas para pastagens bem manejadas e a introdução de ILPF podem reduzir as emissões de GEE associados à produção de gado de corte em pastagens, em termos de kg de CO_2eq emitido por kg peso vivo produzido, aumentando a produção de carne, grãos e madeira. Essa redução deve-se, principalmente, à melhoria das pastagens e aumentos na produção de gado e ao favorecimento do potencial técnico para sequestro de C no solo e na biomassa.

DADOS PUBLICADOS EM:

FIGUEIREDO, E. B. de. *et al.* Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. Journal of Cleaner Production, v. 142, p. 420-431, 2017.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CHAPLOT, V.; VOLKOFF, B.; VICTORIA, R. L.; MELILLO, J. M.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. C. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. Geoderma, v. 123, p. 51-68, 2004. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.027.

CERRI, C. E. P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D. S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R. L.; CERRI, C. C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon. Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., n. 67, 1879-1887, 2003. DOI: http://dx.doi.org/10.2136/sssaj2003.1879.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: the physical science basis. In: SOLOMON, S. *et al.* (ed.). Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, US: Cambridge University Press, 2007. p. 996.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (eds.). Japan: IGES, 2006. p. 664.

Figura: Sistema ILPF localizado na Embrapa São Carlos



Crédito: Eduardo Barretto de Figueiredo.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Eduardo Barretto de Figueiredo

Universidade Federal de São Carlos (UFSCar)

e-mail: eduardofigueiredo@ufscar.br

FATORES DE EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO DE URINA E ESTERCO DE BOVINOS EM PASTAGENS DO SUBTRÓPICO BRASILEIRO

Jeferson Dieckow[1]; Priscila Simon[1]; André Sordi[2]; Josiléia Acordi Zanatta[3]; Cecile Klein[4]; Cimélio Bayer[5]; Jonatas Thiago Piva[6]; Aníbal de Moraes[1]

1 Universidade Federal do Paraná; 2 Universidade do Oeste de Santa Catarina; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas; 4 AgResearch Invermay; 5 Universidade Federal do Rio Grande do Sul; 6 Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O objetivo do trabalho foi quantificar o fator de emissão de nitrogênio na forma de óxido nitroso (FE) de urina e de esterco bovinos (vacas leiteiras Holandês e Jersey) aplicados em pastagens de capim quicuio (*Pennisetum clandestinum*), braquiária (*Brachiaria humidicola*) e capim áries (*Panicum maximum*) num Cambissolo Háplico do Sul do Brasil (Pinhais-PR). A hipótese central é que os fatores de emissão desses dejetos no subtrópico brasileiro são menores que o valor default 2% (EF3) proposto pelo IPCC (2006 Guidelines). Três estudos foram conduzidos entre 2011 e 2017. No estudo 1, foi avaliado o FE em três volumes de urina (0,5; 1,0 e 1,5 vezes o volume médio de 1,97 L/urinação) e três massas frescas de esterco (0,5; 1,0 e 1,5 vezes a massa média de 3.37 kg/defecação) no verão, inverno e primavera de 2011, na pastagem de quicuio. No estudo 2, somente uma dose de urina (1,70 L) e de esterco (2,30 kg fresco) foi testada, nas quatro estações de 2014, e na mesma pastagem. No verão 2016/17, no estudo 3, a dose de urina de 2,00 L/urinação foi aplicada em pastagem de braquiária e em pastagem de áries, sob a hipótese adicional que a emissão na braquiária é menor devido a um possível efeito inibitório da nitrificação (braquilactonas exudadas por raízes). Os dejetos foram aplicados em microparcelas circulares de 33 cm de diâmetro (0.083 m2), mas no estudo 3 foram em microparcelas retangulares de 34 × 52 cm (0.18 m^2). Cada microparcela foi delimitada por uma estrutura metálica (base metálica) ancorada 5 cm no solo antes do início de cada estudo. A emissão de óxido nitroso (N_2O) a partir dos dejetos foi monitorada pelo método da câmara estática fechada (altura 30 cm e revestida com manta de alumínio para isolamento térmico), em várias sessões durante 60-90 dias após a aplicação, encerrando-se quando o fluxo de N_2O retornava e permanecia no nível basal. Em cada sessão de coleta de amostra de ar, uma amostra era retirada aos 0, 15, 30 e 45 minutos após o acoplamento (fechamento) da câmara sobre a base metálica. Amostras eram retiradas com seringas de polipropileno e transferidas para frascos de 12 mL (Exetainer, Labco). A concentração de N_2O nas amostras foi determinada por cromatografia gasosa (captura de elétron).

RESULTADOS

- No estudo 1, o FE médio para urina (entre as três estações) diminuiu com o aumento do volume de urina, de 0,33% em 0,5 vezes o volume de urinação para 0,19% em 1,5 vezes o volume de urinação, possivelmente devido a maior percolação da urina no solo com a maior dose. Por outro lado, o FE médio para esterco foi 0,19%, 0,12% e 0,14% para 0,5, 1,0 e 1,5 vezes a massa fresca por defecação. Em média geral, o FE para urina foi 0,26% e para esterco 0,15%, sendo o maior FE na urina atribuído a maior disponibilidade do N-uréia da urina que as formas orgânicas não solúveis do esterco;
- No estudo 2, o FE médio entre as quatro estações foi 0,34% para urina e 0,11% para esterco;
- No estudo 3, o FE para urina foi 1,06% na pastagem de braquiária e 1,33% na pastagem de áries, indicando um possível efeito da braquiária em reduzir a emissão de N_2O;
- Os três estudos evidenciaram que o FE da urina (0,26 -1,33 %) e o FE do esterco (0,11 - 0,15%) no subtrópico brasileiro foram menores do que o valor default 2% (EF3) proposto pelos Guidelines do IPCC 2006;
- Além disso, o FE do esterco foi menor do que o FE da urina.

DESAFIOS

- Revisão do valor de FE default 2% (EF3) para urina e esterco para o subtrópico; e, por ser o FE do esterco menor do que o FE da urina, essa revisão deve considerar também a desagregação do FE para urina e esterco.

SOLUÇÕES

- Próximas ações: Conduzir novos estudos no sentido de reduzir os FEs de urina e esterco através do emprego de inibidores de nitrificação (naturais ou sintéticos) e da melhoria das condições estruturais do solo sob pastagem.

DADOS PUBLICADOS EM:

SIMON, P. L. Plant use as alternative to curb nitrous oxide emissions from cattle urine patches in subtropical and temperate systems. 2019. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) -- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

SIMON, P. L.; DIECKOW, J.; KLEIN, C. A. M. de; ZANATTA, J. A.; WEERDEN, T. J. van der; RAMALHO, B.; BAYER, C. Nitrous oxide emission factors from cattle urine and dung, and dicyandiamide (DCD) as a mitigation strategy in subtropical pastures. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 267, p. 74-82, 2018.

SORDI, A.; DIECKOW, J.; BAYER, C.; ALBURQUERQUE, M. A.; PIVA, J. T.; ZANATTA, J. A.; TOMAZI, M.; ROSA, C. M. da; MORAES, A. de. Nitrous oxide emission factors for urine and dung patches in a subtropical Brazilian pastureland. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 190, p. 94-103, 2014.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Jeferson Dieckow

Universidade Federal do Paraná

e-mail: jefersondieckow@ufpr.br

QUANTIFICAÇÃO DE FATORES DE EMISSÕES DIRETOS E INDIRETOS DE ÓXIDO NITROSO

Ana Cláudia Ruggieri[1]; Ricardo Andrade Reis[1]; Abmael da Silva Cardoso[1]
1 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

O óxido nitroso (N_2O) é um potente gás de efeito estufa (GEE). Seu poder de emissão é 265 vezes maior do dióxido de carbono (CO_2). A produção de N_2O em sistemas de produção de bovinos ocorre derivadas das fezes e urina dos animais e da adubação das pastagens com fertilizantes nitrogenados. A emissão de N_2O é considerada direta quando originária do N da excreta ou do fertilizante e indireta quando ocorre posteriormente do N que foi volatilizado ou lixiviado (IPCC, 2006).

Para a correta estimativa das emissões de N_2O em inventários de emissão deste gás necessitamos conhecer quanto N é excretado pelos animais, as emissões diretas e indiretas do gás, consequentemente a quantidade de N que foi volatilizada ou lixiviada no sistema em questão. De acordo com o guia do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC) de 2006 os fatores de emissão para N_2O são: o EF1 de 1% do N aplicado na forma de fertilizantes perdido como N_2O, o EF3 de 2% do N excretado via urina e fezes emitido na forma de N_2O e indiretamente o EF4 de 1% do N volatilizado perdido como N_2O e o EF5 de 0,75% do N lixiviado emitido como N_2O, sendo estes dois últimos fatores de emissões indiretos de N_2O. Além deste fatores de emissão temos os fatores de emissão referentes a volatilização de N onde 10% do N aplicado na forma de fertilizante seria volatilizado (FracGASF) e 20% do originário de fezes e urina dos animais (FracGASM), enquanto que 30% do N seria lixiviada (FracLEACH).

Os percentuais acima se referem a valores default que foram estabelecidos por especialistas baseadas em pesquisas realizadas até o ano de 2006. Cada país deve realizar a quantificação dos seus fatores de emissão locais por região climática e sistemas de produção específicos para a correta estimativa da emissão de GEE. Nossa linha de pesquisa tem como objetivo quantificar os fatores de emissão da aplicação de fertilizantes nitrogenados em pastagens e excretas de animais. As avaliações se iniciaram em julho de 2012 e prosseguem até o presente. Inicialmente foram avaliadas as emissões em sistemas de produção de bovinos em pastagens considerando o efeito das estações de ano, tipo de excreta, manejo do pasto e estratégias de adubação.

Estas avaliações serão estendidas para outras espécies em estudos futuros.

As avaliações de N_2O são realizadas continuamente utilizando a metodologia das câmaras estáticas. A emissão de N_2O considerando o tipo de excreta e estação do ano foram realizadas entre 2012 e 2014 e as medidas em função da aplicação de fertilizante ureia entre 2015 e 2016. Já as perdas de N na forma de amônia (NH_3) são realizadas utilizando a metodologia das câmaras estáticas semi-abertas. Cada avaliação é realizada pelo período mínimo de 21 dias.

RESULTADOS

- Os fatores de emissão diferem de acordo com o tipo de excreta bovina (fezes *versus* urina) e por estação climática;
- O fator de emissão da urina foi 0,67%; e fezes, 0,41% do N aplicado, bem abaixo dos 2% preconizados pelo IPCC;
- Durante a estação chuvosa o fator de emissão da urina é igual a 1,02% do N excretado e na estação seca igual a 0,32%;
- Nas fezes as emissões são similares nas duas estações sendo igual a 0,41% do N excretado via fezes;
- Já em relação a adubação nitrogenada (EF1) o fator de emissão obtido no período de 2012 a 2014 foi igual a 1,00% confirmando o fator de emissão default do IPCC;
- As avaliações das emissões objetivando avaliar o fator de emissão da ureia no período de 2015 a 2016 resultaram em um fator de emissão de 0,92% no primeiro ano e 1,08% no segundo ano, portanto, confirmando as avaliações dos dois anos anteriores e o fator de emissão do IPCC;

- No que se refere a volatilização de amônia das excretas (EF_4) houve diferenças entre estação do ano na urina. Durante as águas as perdas de N foram iguais a 6,3% e nas secas 14,2%. Já nas fezes a perda média anual foi 6,6%;
- A volatilização de amônia do fertilizante ureia foi de 17% (EF_5).

DESAFIOS

- O custo de execução de experimentos visando a obtenção de fatores de emissão é muito alto;
- O treinamento de equipe para realização de coletas, análises e interpretação dos dados demanda cerca de quatro meses;
- Um experimento para obtenção de fatores de emissão de N_2O necessita obrigatoriamente de dois anos de avaliação; e, em cada avaliação, deve-se coletar no mínimo quatro amostras. Um experimento com quatro tratamentos resulta em mais de 4.000 amostras anuais que são analisadas em cromatografia gasosa;
- Os cálculos são complexos para obtenção correta dos fluxos e fatores de emissão;
- Os desafios futuros são a obtenção de fatores de emissão das excretas de outras espécies (caprinos, equinos e ovinos) e diferentes fontes de adubos nitrogenados.

SOLUÇÕES

- Os cinco anos de pesquisa alcançaram fatores de emissão específicos para urina e fezes de bovinos e adubação nitrogenada de pastagens com ureia.

DADOS PUBLICADOS EM:

CARDOSO, A. S.; OLIVEIRA, S. C.; JANUSCKIEWICZ, E. R.; BRITO, L. F.; MORGADO, E. S.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Seasonal effects on ammonia, nitrous oxide, and methane emissions for beef cattle excreta and urea fertilizer applied to a tropical pasture. Soil Tillage Research, n. 192, p. A-H, 2019.

RUGGIERI, A. C.; RAPOSO, E.; BRITO, L. F. de; ARAUJO, T. L. R.; OLIVEIRA, L. F.; VERSUTI, J.; CARDOSO, A. S.; REIS, R. A. N_2O emissions factor from urea application in an intensive tropical grassland. In: CONFERENCIA DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS AGROPECUARIOS DE LATINAOAMÉRICA, 3., 2017, Colonia de La Estanzuela. Libro de Resúmenes [...]. Montevideo: INIA, 2017. v. 1. p. 97.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006. Disponível em: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp./public/2006gl/index.html.



Figura: Câmaras estáticas utilizadas para coleta de N_2O utilizado no estudo.

Crédito: Abmael da Silva Cardoso.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Ana Cláudia Ruggieri

Universidade Estadual Paulista

e-mail: ana.ruggieri@unesp.br

Dr. Ricardo Andrade Reis

Universidade Estadual Paulista

e-mail: ricardo.reis@unesp.br

Dr. Abmael da Silva Cardoso

Universidade Estadual Paulista

e-mail: abmael.cardoso@unesp.br

+PRECOCE – EFICIÊNCIA E INOVAÇÃO NA CADEIA DO NOVILHO PRECOCE INTEGRANDO PANTANAL E CERRADO

Ivan Bergier[1]; Urbano Gomes Pinto de Abreu[1]; Luiz Orcírio Fialho de Oliveira[1]; Michely Tomazi[2]; Fernando Rodrigues Teixeira Dias[1]; Eriklis Nogueira[1]; Juliana Corrêa Borges-Silva[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pantanal; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste.

A produção pecuária de cria no Bioma Pantanal é fonte importante de fornecimento de bezerros para os sistemas de recria e engorda do Bioma Cerrado, tornando necessário o estudo das emissões de metano em cada fase e em cada bioma para a correta avaliação das emissões de gases de efeito estufa da cadeia produtiva de gado de corte. A emissão entérica de bovinos da raça Nelore produzidos em pastagens de fazendas localizadas em planícies inundáveis (caso do Pantanal) pode ser considerada nula frente ao balanço das emissões das paisagens, uma vez que, na ausência do gado, essas pastagens seriam em boa medida convertidas em metano via herbivoria de ruminantes nativos, via fermentação em solos anaeróbios ou via emissão de metano pirogênico (queimadas). As emissões entéricas devem ser consideradas nulas para taxas de lotação extensivas (até 0,5 UA*/ha na média anual) ou incremental em proporção ao aumento da taxa de lotação dentro dos limites de intensificação sustentável (aumento de oferta de forragem).

* 1 UA (Unidade Animal) equivale a 450 kg ou 37,5 arrobas.

RESULTADOS

- Em síntese, para fazendas inundáveis de bovinocultura no Pantanal ou em áreas análogas:
- As emissões entéricas são nulas para taxas de lotação de 0,2 a 0,5 UA/ha;
- Computa-se as emissões entéricas líquidas (bovinos a mais) com os fatores de emissão diária de 141 g (outono/inverno) a 323 g (primavera/verão) de CH_4 (Oliveira *et al.*,2016) para taxas de lotação > 0,5 UA/ha.

Tabela 1: Emissões de metano difusivo de paisagens inundáveis e não inundáveis na Fazenda São Bento

Paisagem	Área (hectares)	Área (%)	Range do fator de emissão (mg $CH_4.m^{-2}\ h^{-1}$)		Fluxos integrados por área (Mg $CH_4.y^{-1}$)		Referência
Florestas	885,5	10	-0,013	-0,002	-1,0	-0,2	Bergier *et al.* (2019)
Pastagem pouco inundada	2.010,4	22	-0,013	-0,002	-2,2	-0,4	Bergier *et al.* (2019)
Macrófitas aquáticas	607,5	7	6,327	10.,423	336,7	554,5	Bergier *et al.* (2019)
Planícies fluviais	1.501,3	16	6,327	10,423	832,1	1.370,4	Bergier *et al.* (2019)
Campos inundados	3.185,9	35	6,327	10,423	1.765,7	2.908,0	Bergier *et al.* (2019)
Áreas alagadas	584,5	6	6,327	10,423	324,0	533,7	Bergier *et al.* (2019)
Águas abertas	138,1	2	0,292	9,917	3,5	119,9	Alvalá and Kirchhoff (2000)
Estradas	291,8	3	-	-	-	-	Bergier *et al.* (2019)
Total	9.205	100	-	-	3.258,9	5.487,4	Bergier *et al.* (2019)

Crédito: própria autoria.

DESAFIOS

- Reduzir e mitigar as emissões de amônia e de outros gases de efeito estufa nos sistemas de produção pecuários. (Portfólio CARNES)

SOLUÇÕES

- Metodologia de mitigação de emissão entérica (nula até 0,5 UA/ha ou sustentável >0,5 UA/ha) para fazendas inundáveis no Pantanal.

DADOS PUBLICADOS EM:

BERGIER, I. *et al.* Could bovine livestock intensification in Pantanal be neutral regarding enteric methane emissions? Science of the Total Environment, v. 655, p. 463-472, 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALVALÁ P.C., KIRCHHOFF V.W.J.H. (2000) Methane Fluxes from the Pantanal Floodplain in Brazil: Seasonal Variation. In: van Ham J., Baede A.P.M., Meyer L.A., Ybema R. (eds) Non-CO_2 Greenhouse Gases: Scientific Understanding, Control and Implementation. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9343-4_6

OLIVEIRA, L. O. F. *et al.* Comparison of methane emissions by cattle pastures in the Pantanal, between two seasons of the year. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Brasília: Embrapa, 2016. p. 73-74.

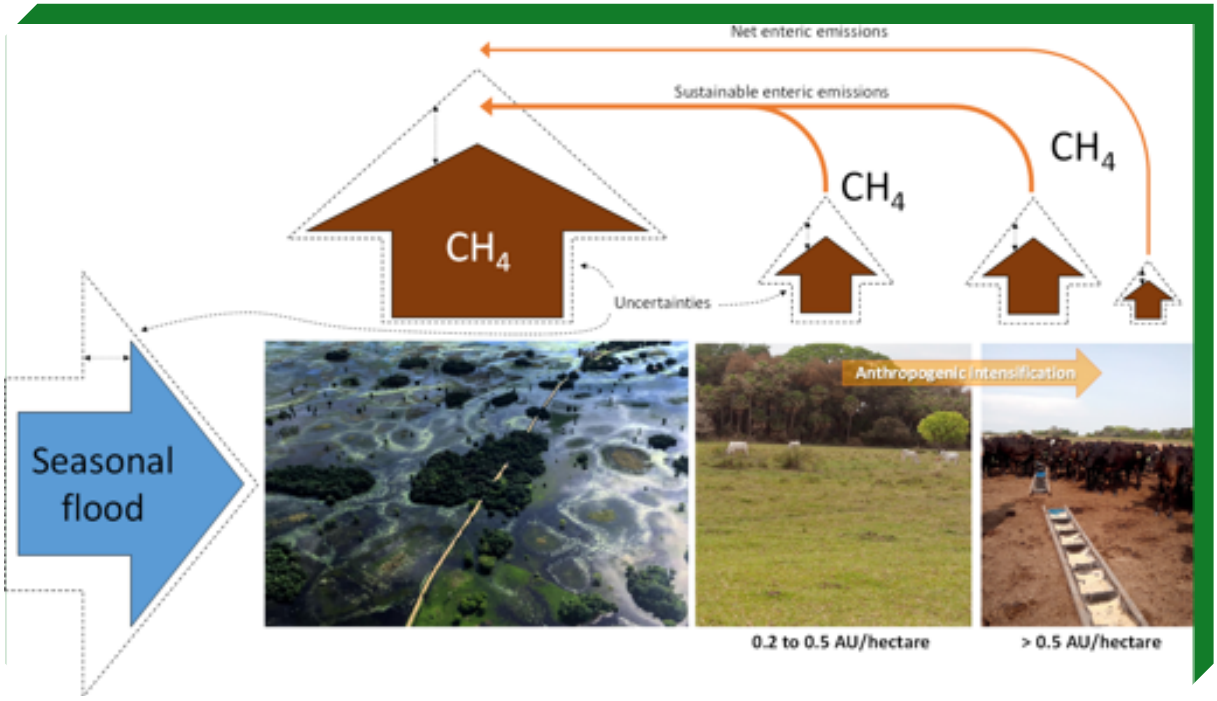
COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Juliana Correa Borges Silva

Embrapa Pantanal

e-mail: juliana.correa@embrapa.br

Figura 1: Dinâmica dos fluxos de CH_4 por paisagens inundáveis e bovinos de gado de corte (Nelore) no Pantanal



Crédito: Ivan Bergier.

NÍVEIS DE METANO E PERDAS ENERGÉTICAS EM BOVINOS DE CORTE, SUPLEMENTADOS OU NÃO, EM PASTAGEM DE CAPIM MOMBAÇA (*PANICUM MAXIMUM CV. MOMBAÇA*)

Carlos Augusto de Alencar Fontes[1] (in memoriam), Alexandre Berndt[2], Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto[3], Viviane Aparecida Carli Costa[4], João Gomes de Siqueira[5], Karina Zorzi[6](in memoriam), Elizabeth Fonsêca Processi[1], Tiago Neves Pereira Valente[5]

1 Universidade Estadual do Norte Fluminense; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio Ambiente; 6 Bolsista PNPD/CAPES; 5 Doutoranda Universidade Estadual do Norte Fluminense.

Avaliou-se o impacto da suplementação proteico-energética na emissão de metano (CH_4) de novilhos, durante a recria, em pastagem de capim-mombaça. Os tratamentos avaliados foram: T0 – Apenas suplementação mineral; T1 – Suplementação proteico-energética. Utilizou-se a técnica do gás traçador interno hexafluoreto de enxofre (SF_6) para estimar a emissão diária de CH_4. Foram utilizados 20 animais, sendo dez de cada tratamento, em dois ensaios, com medição de CH_4 em cinco dias consecutivos. Na análise estatística dos dados de emissão de CH_4, utilizou-se a metodologia de modelos mistos para medidas repetidas do SAS. Os animais foram também avaliados quanto à eficiência de utilização do alimento, utilizando-se como critério o consumo alimentar residual (CAR). Animais suplementados e não suplementados não diferiram (P>0,05) quanto à produção diária de metano e quanto à perda total diária de energia na forma de CH_4. Entretanto, quando a perda de energia foi expressa em g/kg de matéria seca consumida (21,51 vs. 29,76 g/kg) e como porcentagem da energia bruta (EB) ingerida (6,36 versus 8,59 %), os animais suplementados tiveram menores perdas (P<0,05) que os não suplementados. Animais de alto, médio e baixo CAR não diferiram (P>0,05) quanto aos níveis de emissão de metano (total ou por kg de matéria seca – MS ingerida). Assim, conclui-se que: a suplementação com concentrado age de forma efetiva na mitigação da emissão de metano; e que diferenças no CAR não podem ser atribuídas a diferenças nos níveis de emissão de metano.

RESULTADOS

- Não houve efeito substitutivo da forragem pelo concentrado;
- Não houve diferença no consumo de forragem;
- Houve maior consumo de matéria seca nos animais suplementados;
- Não houve diferença nas emissões diárias de metano (g/dia)
- Houve menores perdas de energia nos animais suplementados.

DESAFIOS

- Avaliar o impacto da suplementação proteico-energética na emissão de metano (CH_4) de novilhos, durante a recria em pastagem de capim-mombaça.
- Estruturar e capacitar a equipe da UENF para realizar coletas de metano com a técnica do SF_6.

SOLUÇÕES

- A suplementação com concentrado em animais em pastejo tem efeito mitigador da emissão de metano.

DADOS PUBLICADOS EM:

FONTES, C.A.A.; BERNDT, A.; FRIGHETTO, R.T.S.; COSTA, V.A.C.; SIQUEIRA, J.G; ZORZI, K.; PROCESSI, E.F.; VALENTE, T.N.P. Níveis de metano e perdas energéticas em bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de capim mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*). 49ª. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Anais..., Brasília. 2012.

Figura 1: Garrotes em pastejo.



Créditos: Alexandre Berndt

Figura 2: Garrotes em confinamento.



Créditos: Alexandre Berndt

Tabela 1: Consumo de concentrado, consumo forragem, consumo total de MS, consumo diário de EB, produção diária de CH_4, produção de CH_4 por Kg de MS ingerida, perda de energia no CH_4 e porcentagem de perda da energia bruta ingerida na forma de CH_4, de bovinos de corte suplementados ou não.

Variável	Tratamento		
	Suplementado	Não suplementado	Pr>F
Consumo de Forragem (kg/dia)	3,84 ± 0,15	3,95 ± 0,16	0,6368
Consumo de concentrado (kg/dia)	1,63 ± 0,05	0,07 ± 0,05	<0,0001
Consumo total de MS (kg/dia)	5,47 ± 0,16	4,02 ± 0,17	<0,0001
Consumo de energia bruta (EB) (Mcal/Kg)	24,57 ± 0,82	17,46 ± 0,82	<0,0001
Produção diária de CH_4 (g/dia)	116,8 ± 4,70	112,74 ± 4,59	0,5437
Produção de CH_4 por Kg de MS ingerida (g/kg)	21,51 ± 1,51	29,76 ± 1,48	0,001
Perda de energia na forma de CH_4 (Mcal/dia)	1,55 ± 0,08	1,45 ± 0,08	0,377
Perda de energia por CH_4 (% da EB ingerida)	6,36 ± 0,61	8,59 ± 0,61	0,0184

COORDENADORES DO PROJETO

Prof. Dr. Carlos Augusto de Alencar Fontes

Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

e-mail: cafontes@uenf.br (in memoriam)

DADOS DE FATORES DE EMISSÃO DE METANO PROVENIENTE DA FERMENTAÇÃO ENTÉRICA DE GADO DE CORTE E DE LEITE NO BRASIL

Magda Aparecida de Lima[1]; Odo Primavesi[2]; Márcio dos Santos Pedreira[6]; João José Assumpção de Abreu Demarchi[3]; Telma Terezinha Berchielli[4]; Simone de Oliveira; Rosana A. Possenti[3]; Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto[1], Alexandre Berndt[2]; Marcelo Manella[3]; Raul Franzolin[5]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio Ambiente; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Instituto de Zootecnia; 4 Universidade Estadual Paulista; 5 Universidade de São Paulo; 6 Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

O metano é produzido como resultado do processo digestivo natural dos herbívoros ruminantes, ocorrendo no rúmen como resultado de uma relação simbiótica entre ruminantes e a microbiota ruminal composta por bactérias, protozoários e fungos. Grandes ruminantes são, pois, os principais responsáveis por emissões de metano. No Brasil, os bovinos correspondem a cerca de 84% da produção pecuária (89% bovinos de corte e 11% leiteiros). Predominam sistemas de produção extensivos e o rebanho principal nacional é composto por gado zebuíno (*B. indicus*), dos quais o Nelore é a raça mais numerosa (80%), criado em sistemas predominantemente extensivos (Lima *et al*., 2010).

Dado a importância destes animais na produção pecuária brasileira, reuniu-se um conjunto de parcerias para a mensuração e determinação da emissão de metano por bovinos e, consequentemente, gerando os primeiros fatores de emissão obtidos sob condições de campo no país. A equipe deste projeto foi responsável pela introdução da técnica do traçador SF_6, no início de 2001, por meio de uma parceria estabelecida com a US.EPA, com a vinda de desenvolvedores desta técnica (Drs. Kristen Johnson e Hal Westberg, da State Washington University) para o treinamento da equipe. Esta técnica foi posteriormente adaptada e amplamente adotada por outros projetos de várias instituições nacionais, gerando mais dados de fatores de emissão de metano por bovinos e outros ruminantes.

No âmbito do projeto AGROGASES, Demarchi *et al*. (2016) relataram os primeiros resultados sobre o potencial de emissão de metano para bovinos de corte (raça Nelore) em condições brasileiras. Esses autores indicaram um efeito sazonal nas emissões de metano, refletindo as condições qualitativas da pastagem nas estações seca e úmida no sudeste brasileiro. Nesses estudos, a taxa de conversão de metano ou perdas de energia bruta ingerida foi estimada em média em 6,8% (5,0% a 9,1%), próxima da média global de 6,5% (Dong et al., 2006).

Pedreira *et al*. (2009) e Primavesi *et al*. (2014) relataram, por sua vez, os primeiros resultados nacionais sobre o potencial de emissão de metano por bovinos de leite em condições tropicais brasileiras. Vários experimentos foram conduzidos, entre os quais, envolvendo a comparação entre sistemas de produção intensiva e extensiva de gado de leite (animais da raça Holstein e mestiços zebuínos), indicando pouca diferença nas emissões de metano nas estações de verão e outono. No verão, as vacas holandesas em lactação e vacas secas emitiram, respectivamente, 147 kg metano ano^{-1} e 101 kg metano ano^{-1}, enquanto que as mestiças em lactação e vacas secas emitiram, respectivamente, 121 kg metano ano^{-1} e 107 kg metano ano^{-1}. No outono, as vacas holandesas em lactação e vacas secas emitiram, respectivamente, 139 kg metano ano-1 e 94 kg metano ano^{-1}, enquanto as mestiças lactantes e vacas secas emitiram, respectivamente, 108 kg metano ano^{-1} e 86 kg metano ano^{-1} (Primavesi *et al*., 2004). Para estimar a quantidade de matéria seca ingerida, realizou-se também estudos em confinamento com controle de ingestão. Aliada à necessidade de maior precisão na obtenção de dados de consumo para, finalmente, se obter os fatores de emissão, foram realizados estudos com volumosos suplementares (cana-de-açúcar) para a estação seca.

Os dados de fatores de emissão de metano por ruminantes apresentados nesta coletânea foram gerados pelos projetos "Influência do manejo da produção animal sobre a emissão de metano em bovinos de corte" (MCT/Embrapa/FAT/APTA), "Improvements of national inventories on methane emission from ruminants (US. EPA - Environmental Protection Agency/Embrapa) e "Dinâmica de carbono e emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas de produção agropecuária, florestal e agroflorestal Brasileiros – AGROGASES". Os fatores de emissão encontram-se publicados na Base de Dados de Fatores de Emissão de Gases de Efeito Estufa (EFDB) do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), a partir de 2020 (https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef_id.php).

RESULTADOS

- Em estudo utilizando silagem de sorgo, corrigida com uréia e 60% da matéria seca em concentrado, verificou-se que a inclusão de concentrado à dieta,

independentemente do híbrido de sorgo utilizado, propiciou aumento na eficiência de utilização da energia, refletida pela menor perda de metano em relação à ingesta de energia bruta. A menor produção de metano por unidade de matéria seca ingerida, associada à correlação negativa entre coeficiente de digestibilidade ruminal e emissão de metano, mostrou que se deve maximizar a utilização dos alimentos pelos animais com o fornecimento de dietas que possuem melhor qualidade nutricional (Oliveira *et al.*, 2007; Primavesi *et al.,* 2004).

- Testando níveis crescentes de concentrado na matéria seca de dietas à base de silagem de sorgo, verificou-se que a silagem sem concentrado propiciou uma menor emissão de metano em relação ao peso vivo dos animais, e que a adição de 30% de concentrado à dieta levou a um aumento máximo das emissões, sugerindo que outras variáveis devem influir no processo de emissão de metano, especialmente o consumo e o desempenho animal. Verificou-se, entretanto, uma redução na emissão de metano por unidade de matéria seca e energia digestível ingerida.

- Segundo Pedreira *et al.* (2009), a emissão máxima de metano (150,9 g dia^{-1}) ocorreu com uma proporção de 36,6% de concentrado na dieta. Com 60% de concentrado, a emissão de metano apresentou tendência de queda, em função do menor teor de fibra na dieta, além da possível alteração na composição da população microbiana do rúmen.

- Por sua vez, a melhoria na qualidade da dieta pode ocorrer sem o uso de grãos, utilizando estádios iniciais de maturação das forrageiras gramíneas ou de forrageiras com metabolismo C3, cm menos fibra e maior fração digestível, como leguminosas, promovendo melhor padrão de fermentação entérica e redução da emissão de metano (Possenti *et al*., 2008). O nível mais alto de leucena na presença de levedura (*Sacharomyces cerevisae*) promoveu melhor padrão de fermentação, com aumento na produção de ácido propiônico e redução na emissão de metano.

- Esses e outros experimentos foram conduzidos no âmbito dos projetos acima referenciados, sendo que maiores detalhes podem ser obtidos em artigos publicados. Nas Tabelas são apresentados, respectivamente, dados de fatores de emissão para diferentes categorias de gado de corte e de leite, sob distintos tratamentos de dietas e estações do ano, acompanhadas das correspondentes referências bibliográficas.

SOLUÇÕES

- Recomenda-se maximizar a utilização dos alimentos com o fornecimento de dietas que possuem melhor qualidade nutricional.

- A melhoria na qualidade da dieta pode ocorrer sem o uso de grãos, utilizando estádios iniciais de maturação das forrageiras gramíneas ou de forrageiras com metabolismo C3, com menos fibra e maior fração digestível, como leguminosas, promovendo melhor padrão de fermentação entérica e redução da emissão de metano.

DADOS PUBLICADOS EM:

Possenti, R.A.; Franzolin, R.; Schammas, E.A.; Demarchi, J.J.A.A.; Frighetto, R.T.S.; Lima, M.A. 2008. Efeitos de dietas contendo Leucaena leucocephala e Saccharomyces cerevisae sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. 8, p. 1509-1516.

Demarchi, J. J. A. de A.; Manella, M. Q.; Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Frighetto, R. T. S.; Romero, L. A.; Berndt, A.; Lima, M. A. de. 2016. Effect of seasons on enteric methane emissions from cattle grazing Urochloa brizantha. Journal of Agricultural Science, Toronto, v. 8, n. 4, p. 106-115.

Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Berndt, A.; Lima, M. A. de; Frighetto, R. T. S.; Demarchi, J. J. A. de A.; Pedreira, M. dos S.; Berchielli, T. T.; Oliveira, S. G. de. 2014. Greenhouse gas production in agricultural systems: Groundwork for an inventory of methane emissions by ruminants. In: Boddey, R. M. et al. (Ed.). Carbon stocks and greenhouse gas emissions in Brazilian agriculture. Brasília, DF: Embrapa. Chapter 8 (epub).

Oliveira, S. G.; Berchielli, T. T.; Pedreira, M. S.; Primavesi, O.; Frighetto, R.; Lima, M. A. 2007. 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, NL, v. 135, n. 3-4, p. 236-248.

Pedreira, M. dos S.; Oliveira, S. G. de; Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Lima, M. A. de; Frighetto, R. T. S.; Berchielli, T. T. Methane emissions and estimates of ruminal fermentation parameters in beef cattle fed different dietary concentrate levels. Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v. 42, n. 1, p. 592-598, 2013.

Pedreira, M.S.; Primavesi, O.; Lima, M.A.; Frighetto, R.; de Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.66, n.6, p.742-750, November/December 2009.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Demarchi, J. J. A. de A.; Manella, M. Q.; Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Frighetto, R. T. S.; Romero, L. A.; Berndt, A.; Lima, M. A. de. Effect of seasons on enteric methane emissions from cattle grazing Urochloa brizantha. Journal of Agricultural Science, Toronto, v. 8, n. 4, p. 106-115. 2016.

Dong, H.; Mangino, J.; Mcallister, T. A.; Hatfield, J. L.; Jonhnson, D. E.; Lassey, K. R.; Lima, M. A. de; Romanovskaya, A. Emissions from Livestock and Manure Management-Agriculture, Forestry and Other Land Use, v.4, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Japan: IGES, 2006.

Lima, M. A. de, Pessoa, M. C. P. Y., Neves, M. C., & Carvalho, E. C. de. Emissões de metano por fermentação entérica e manejo de dejetos de animais. Segundo inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa relatórios de referência (p. 120). Ministério da Ciência e Tecnologia: Brasília, DF. 2010.

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, NL, v. 135, n. 3-4, p. 236-248. 2007.

Pedreira, M.S.; Primavesi, O.; Lima, M.A.; Frighetto, R.; de Oliveira, S.G.; Berchielli, T.T. Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.66, n.6, p.742-750, November/December 2009.

Pedreira, M. dos S.; Oliveira, S. G. de; Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Lima, M. A. de; Frighetto, R. T. S.; Berchielli, T. T. Methane emissions and estimates of ruminal fermentation parameters in beef cattle fed different dietary concentrate levels. Revista Brasileira de Zootecnia, Brasília, v. 42, n. 1, p. 592-598, 2013.

Possenti, R.A.; Franzolin, R.; Schammas, E.A.; Demarchi, J.J.A.A.; Frighetto, R.T.S.; Lima, M.A. 2008. Efeitos de dietas contendo Leucaena leucocephala e Saccharomyces cerevisae sobre a fermentação ruminal e a emissão de gás metano em bovinos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 37, n. 8, p. 1509-1516.

Primavesi, O.; Frighetto, R.T.S.; Pedreira, M. S.; Lima, M.A.; Berchielli, T.T.; Barbosa, P.F. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.3, p.277-283, mar. 2004.

Primavesi, O. M. A. S. P. R.; Berndt, A.; Lima, M. A. de; Frighetto, R. T. S.; Demarchi, J. J. A. de A.; Pedreira, M. dos S.; Berchielli, T. T.; Oliveira, S. G. de. Greenhouse gas production in agricultural systems: Groundwork for an inventory of methane emissions by ruminants. In: Boddey, R. M. et al. (Ed.). Carbon stocks and greenhouse gas emissions in Brazilian agriculture. Brasília, DF: Embrapa. Chapter 8 (epub), 2014.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Magda Aparecida de Lima

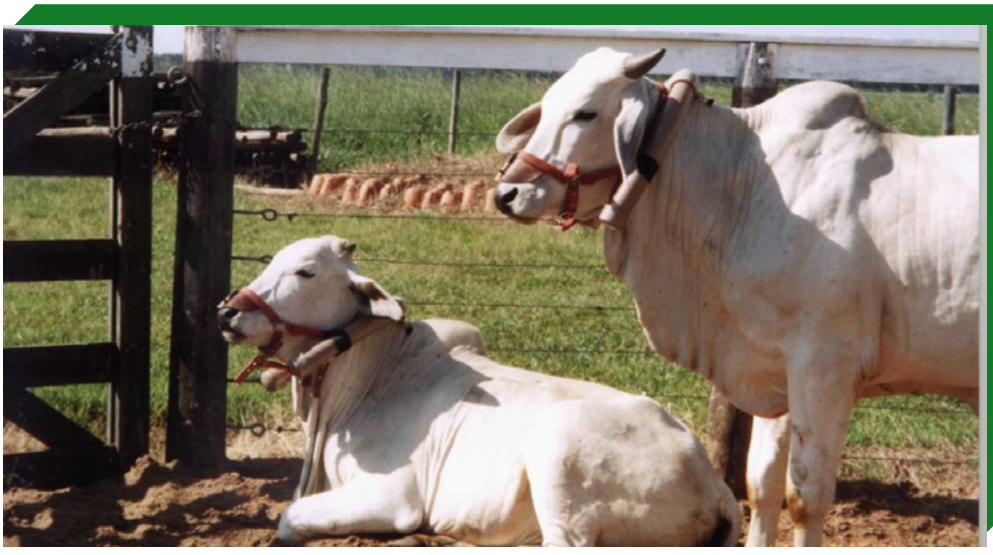
Embrapa Meio Ambiente

e-mail: magda.lima@embrapa.br

Dr. Odo Primavesi

Embrapa Pecuária Sudeste

Figura 1: Experimento pioneiro de mensuração de metano por fermentação entérica em bovinos de corte da raça Nelore em Nova Odessa, SP.



Créditos: Magda Lima

Figura 2: Experimento de mensuração de metano por fermentação entérica em gado leiteiro mestiço (Holstein ×Gir) em Sao Carlos, SP.



Créditos: Odo Primavesi

Descrição do sistema	Fator de emissão (kg animal^{-1} ano^{-1})	Referência
Bovinos mestiços adultos com 80% de feno de capim de *Cynodon dactylon*, cultivar coast-cross, com 20% de Leucaena, sem levedura.	53,86	Possenti *et al.*, 2008.
Bovinos mestiços com 50% de feno de gramíneas da cultivar coast-cross de *Cynodon dactylon*, com 50% de Leucaena, sem fermento.	47,04	Possenti *et al.*, 2008.
Bovinos mestiços adultos com 80% de feno de gramíneas, 20% de Leucaena e 10% de levedura.	49,17	Possenti *et al.*, 2008.
Bovinos mestiços adultos com 50% de feno de capim, 50% de Leucaena e 10% de levedura.	51,72	Possenti *et al.*, 2008.
Novilhos Nelore de 18 meses no inverno (estação seca).	37,41	Demarchi *et al.*, 2016.
Novilhos Nelore de 18 meses na estação da primavera (estação chuvosa).	48,18	Demarchi *et al.*, 2016.
Novilhos Nelore de 18 meses no verão (estação chuvosa).	80,63	Demarchi *et al.*, 2016.
Novilhos Nelore de 18 meses no outono (estação seca).	58,39	Demarchi *et al.*, 2016.
Bovinos Nelore machos castrados, em confinamento, com dieta de *Brachiaria brizantha* em três estádios de desenvolvimento (15 dias).	48,55	Primavesi *et al.*, 2014.
Bovinos Nelore machos castrados, em confinamento, com dieta de *Brachiaria brizantha* em três estádios de desenvolvimento (45 dias).	48,91	Primavesi *et al.*, 2014.
Bovinos Nelore machos castrados, em confinamento, com dieta de *Brachiaria brizantha* em três estádios de desenvolvimento (90 dias).	50,37	Primavesi *et al.*, 2014.
Silagem de tanino inferior sorgo + ureia (LTSU)	18,08	Oliveira *et al.*, 2007.
Silagem de tanino inferior sorgo + concentrado (LTSC)	24,32	Oliveira *et al.*, 2007.
Silagem de tanino alto sorgo + ureia (HTSU)	17,98	Oliveira *et al.*, 2007.
Silagem de tanino superior de sorgo + concentrado (HTSC)	25,71	Oliveira *et al.*, 2007.
Bovinos de corte alimentados com silagem de sorgo e 0% de concentrado (Consumo de matéria seca: 5,5 kg.dia^{-1}), em confinamento.	45,70	Pedreira *et al.*, 2013.
Bovinos de corte alimentados com silagem de sorgo e 30% de concentrado (Consumo de matéria seca: 7,9 kg.dia^{-1}), sob confinamento.	54,71	Pedreira et al., 2013.
Bovinos de corte alimentados com silagem de sorgo e 60% de concentrado (Consumo de matéria seca: 8,7 kg.dia^{-1}), em confinamento.	51,25	Pedreira *et al.*, 2013.

Obs. Os estudos utilizaram a técnica de mensuração do gás traçador de hexafluoreto de enxofre (SF_6), conforme descrito por Johnson *et al.* (1994, 2007) e adaptado por Primavesi *et al.* (2004).

REDE DE PESQUISA PECUS – DINÂMICA DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA

REDE PECUS

Devido ao questionamento da participação da pecuária brasileira na emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e no aquecimento global e pelas lacunas no conhecimento relativas à real contribuição do setor, foi prospectada pela Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), pertencente ao MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), uma demanda sobre o real papel da pecuária brasileira na dinâmica dos GEE nacionais.

Para atender a essa demanda, a Embrapa realizou esforços para a articulação, coordenação e financiamento parcial de um projeto em rede nacional abrangendo várias instituições de pesquisa para tratar da dinâmica dos gases de efeito estufa em sistemas de produção da agropecuária brasileira, envolvendo sistemas de produção típicos e alternativos com diferentes espécies de animais destinados à pecuária em seis biomas brasileiros. Várias instituições de fomento à pesquisa aderiram à iniciativa e aprovaram auxílios à pesquisa e bolsas para estudantes desenvolverem seus projetos nessa temática. A iniciativa privada, especialmente por meio de associações de técnicos, produtores e criadores e de cooperativas também realizaram esforços tanto no apoio à pesquisa quanto na divulgação dos resultados, especialmente o apoio aos eventos abordando essa temática.

A Rede de pesquisa PECUS foi concebida para produzir as informações necessárias, de forma imparcial e utilizando métodos padronizados internacionalmente, com vistas a dar suporte ao governo brasileiro na elaboração de políticas e negociações internacionais.

O objetivo geral do projeto PECUS é contribuir para a competitividade e sustentabilidade da pecuária brasileira através do planejamento, desenvolvimento e organização de pesquisas que estimaram a participação dos sistemas de produção agropecuários na dinâmica de GEE, visando a subsidiar políticas públicas e alternativas de mitigação. O projeto também gerou informações, que podem ser usadas para o aprimoramento de normas e mecanismos de garantia da qualidade, segurança e rastreabilidade dos produtos pecuários.

Considerando-se a diversidade da paisagem brasileira e dos sistemas de produção, a complexidade dos aspectos a serem avaliados e a necessidade de medidas realizadas por longos períodos de tempo, houve necessidade da concepção da rede de pesquisa, de forma interinstitucional, com equipes multidisciplinares e projetos repetidos de longa duração nos principais biomas brasileiros (Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal, Pampa).

A rede PECUS foi composta por doze projetos componentes, sendo que seis realizaram a avaliação do balanço entre as emissões antrópicas de GEE e os sumidouros de carbono dos vários sistemas de produção da pecuária inseridos nos principais biomas brasileiros. Nesses projetos componentes foi avaliada a dinâmica GEE em sistemas de produção da agropecuária de pequenos e grandes ruminantes em pastagens e em confinamento, bem como de criação de suínos e aves em granjas.

O projeto componente Rumen gases "Avanço conceitual em diagnóstico e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes no Brasil" analisou soluções para a emissão de metano entérico. O objetivo foi avançar conceitualmente em metodologias de avaliação e estratégias de mitigação de metano entérico em ruminantes no Brasil, além de montar estrutura de laboratórios multiusuários que apoiaram as pesquisas da rede.

Quatro projetos componentes específicos foram responsáveis pelo armazenamento dos dados primários de forma organizada, integrada e sistematizada, por estudos de modelagem biofísica, por avaliação dos aspectos econômico-sociais e por estudos geoestatísticos, que possibilitaram a análise conjunta dos resultados e a prospecção de cenários futuros.

Os principais resultados já obtidos pela Rede de pesquisa foram a publicação de documentos nacionais e internacionais, contendo a estimativa da contribuição de vários sistemas de produção brasileiros na dinâmica dos GEEs, indicando sistemas de produção mais competitivos e sustentáveis, levando-se em conta o potencial de mitigação das pastagens e do componente arbóreo dos sistemas melhorados e ainda apontando práticas nutricionais, ingredientes ou aditivos que diminuem a emissão entérica de metano.

Outro produto significativo da Rede foi o fornecimento de resultados organizados e analisados de forma a atender às necessidades do inventário nacional de emissões e remoções antrópicas de GEE, provendo parâmetros em melhor grau de aproximação (Tier), evitando o uso de padrões de fatores de emissão de GEE internacionais (default), muitas vezes inadequados para as condições brasileiras.

A seguir, são apresentados resultados referentes a pesquisas executadas com grandes ruminantes, no âmbito do projeto PECUS.

RESULTADOS

- Obtenção de fatores de emissões e remoções de GEE para as condições brasileiras:
  - » Fatores de emissão de dejetos animais (fezes e urina de bovinos, caprinos, ovinos, suínos e aves) em condições confinadas e em criações a pasto;
  - » Fatores de emissão de metano ruminal de bovinos, bubalinos, caprinos e ovinos;
  - » Fatores de emissão de GEE e amônia em granjas de suínos e aves;
  - » Levantamento de estoques de carbono no solo e das taxas anuais de sequestro de carbono em pastagens e lavouras de sistemas de produção pecuários exclusivos ou integrados;
  - » Levantamento dos estoques de carbono do fuste e taxas anuais de sequestro de carbono por árvores dos sistemas integrados de produção envolvendo a pecuária.
  - » Práticas de manejo para melhorar o sequestro de Carbono:
    - » Recuperação de pastagens degradadas;
    - » Manejo adequado das pastagens;
    - » Manejo adequado do solo (conservação e fertilidade do solo);
    - » Uso e melhoria da eficiência da fertilização nitrogenada.
    - » Uso de sistemas integrados de produção.
- Práticas na nutrição animal para redução do metano entérico:
  - » Suplementação proteico/energética;
  - » Uso de grãos e alimentos concentrados;
  - » Uso de leguminosas na alimentação animal;
  - » Uso de aditivos com potencial para reduzir aemissão de metano entérico.

DESAFIOS

- Combinar as estratégias de mitigação prospectadas nos componentes em separados (planta, animal, solo) nos sistemas de produção para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e aumento do sequestro de carbono;
- Procurar constantemente a inovação tecnológica para diminuir os fatores de emissão da pecuária brasileira, aumentar as taxas de sequestro de carbono para a mitigação da emissão dos GEE, garantindo a sustentabilidade da pecuária, mas mantendo concomitantemente a competitividade econômica da pecuária brasileira;
- Os próximos passos são o fortalecimento de ferramentas para a tomada de decisão que estão sendo construídas e/ou adaptadas às condições brasileiras, que irão permitir a integração dos aspectos ambientais e econômicos a estudos a serem usados nas tomadas de decisão do setor pecuário.

SOLUÇÕES

- Continuar investindo em inovação de pesquisa e desenvolvimento para a geração de informações científicas nacionais sobre práticas de produção agropecuária que diminuam as emissões de GEE e permitam a adoção de sistemas sustentáveis de produção.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dra. Ana H. B. M. Fernandes

Líder do projeto componente Pantanal, Embrapa Pantanal

e-mail: ana.marozzi-fernandes@embrapa.br

Dr. André de Faria Pedroso

Líder do projeto componente Mata Atlântica (ruminantes e monogástricos), Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

Dr. Luís Gustavo Barioni

Líder do projeto componente Modelagem Biofísica e Simulação, Embrapa Informática Agropecuária

e-mail: luis.barioni@embrapa.br

Dr. Luiz Gustavo R. Pereira

Líder do projeto componente Rumengases, Embrapa Gado de Leite

e-mail: luiz.gustavo@embrapa.br

Dr. Marcos Cezar Visoli

Líder do projeto componente Organização de dados, Embrapa Informática Agropecuária

e-mail: marcos.visoli@embrapa.br

Dra. Maria do Carmo R. Fasiaben

Líder do projeto componente Avaliação Econômica, Embrapa Informática Agropecuária

e-mail: maria.fasiaben@embrapa.br

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Líder do projeto componente Cerrado, Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

Dra. Salete Alves de Moraes

Líder do projeto componente Caatinga, Embrapa Semiárido

e-mail: salete.moraes@embrapa.br

Dra. Sandra Furlan Nogueira

Líder do projeto componente GEOPECUS, Embrapa Monitoramento por Satélite

e-mail: sandra.nogueira@embrapa.br

Dra. Teresa Cristina Genro

Líder do projeto componente Pampa, Embrapa Pecuária Sul

e-mail: cristina.genro@embrapa.br

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR GARROTES CANCHIM EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO COMPARADOS COM SISTEMAS EXCLUSIVOS DE PRODUÇÃO DE RECRIA-ENGORDA

Leandro Sannomiya Sakamoto[1,2]; Alexandre Berndt[2]; Amanda P. Lemes[2,3]; Kauê Mahlmeister[2]; Daniella F. Vilas Boas[2]; Paulo de Méo Filho[1,2]; José Ricardo M. Pezzopane[2]; Sérgio N. Esteves[2]; Alberto Carlos de Campos Bernardi[2]; André De F. Pedroso[2]; Teresa Cristina Alves[2]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[2]

1 Universidade de São Paulo; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

O uso de sistemas integrados tem aumentado recentemente, com benefícios econômicos e ambientais, pela melhoria de uso dos recursos naturais e a recuperação das áreas degradadas. Além disso, os sistemas com inclusão do componente arbóreo proporcionam bem estar animal e alimento de melhor qualidade, podendo melhorar a eficiência alimentar e interferir na emissão de metano entérico. O objetivo desse estudo foi medir a emissão de metano entérico de garrotes Canchim (raça sintética 5/8 Charolês) alocados em sistemas integrados de produção. O experimento foi realizado na Embrapa Pecuária Sudeste em São Carlos-SP, onde foram avaliados 30 machos castrados (18 meses de idade e peso médio de 335 kg) distribuídos em cinco sistemas de produção de recria-engorda: pastagens manejadas intensivamente (INT), integração pecuária floresta ou silvopastoril (IPF), integração lavoura-pecuária ou agropastoril (ICL), integração lavoura pecuária floresta ou agrossilvipastoril (ILPF) e o sistema extensivo (EXT). Cada sistema de produção possuía duas repetições de área, contendo aproximadamente 3 ha cada uma, divididos em seis piquetes, com período de ocupação de seis dias e trinta dias de período de descanso, exceto a pastagem extensiva que não era dividida em piquetes por ser manejada com lotação contínua. A emissão do metano entérico foi realizada em fevereiro de 2015, usando a técnica do traçador SF_6, durante cinco dias consecutivos, com troca dos aparatos a cada 24 horas. As concentrações do CH_4 and SF_6 foram determinadas por cromatografia gasosa para estimar o fluxo de emissão do metano entérico. Os dados foram analisados usando o PROC MIXED do SAS (Statistical Analysis System, version 9.3) e as médias foram comparadas usando o teste ded Tukey ($P < 0.05$).

Tabela: Emissão de metano entérico em diferentes sistemas de produção

Variável	Tratamentos					Média	P
	Intensivo (SI)	Silvipastoril (IPF)	Agropastoril (ILP)	Agrossivipastoril (ILPF)	Extensivo (EXT)		
Peso Vivo (Kg)	333,2	333,0	342,7	343,7	327,2	336,0	0,93
CH_4 (g/dia)	198,1	202,1	198,4	180,3	190,1	198,8	0,88
CH_4 (kg/ano)	72,3	73,8	72,4	65,8	69,4	72,58	0,88
CH_4 (g/Kg peso vivo)	0,596	0,610	0,579	0,527	0,586	0,593	0,74

Crédito: própria autoria.

RESULTADOS PRELIMINARES

- Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para as médias de peso vivo (LW – kg) constatando-se variação de peso entre 330 a 347,2 kg;
- Para as emissões de CH_4 entérico nos diferentes sistemas de produção avaliados foram observadas semelhanças entre as médias para CH_4 (g/d), CH_4 (kg/ano) e CH_4 LW (g CH_4/kg LW) com respectivas médias de emissão entre todos os tratamentos de 198,83 g/dia, 72,58 kg/ano e 0,593 g CH_4/kg LW.

DESAFIOS

- Realizar a integração dos dados para o tempo de experimentação, que foi de dois anos.

SOLUÇÕES

- Conhecer a emissão de metano entérico de garrotes da raça Canchim em sistemas de produção integrados.

DADOS PUBLICADOS EM:

SAKAMOTO, L. S.; BERNDT, A.; LEMES, A. P.; MAHLMEISTER, K.; VILAS BOAS, D. F.; MÉO FILHO, P.; PEZZOPANE, J. R. M.; ESTEVES, S. N.; BERNARDI, A. C. C.; PEDROSO, A. F.; ALVES, T. C.; OLIVEIRA, P. P. A. Enteric methane emissions of Canchim steers in five crop-livestock-forest integrated system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS – TOWARDS SUSTAINABLE INTENSIFICATION, 3., 2015, Brasília.

Figura: Garrotes Canchim em sistemas integrados



Crédito: Alexandre Berndt.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Pedroso Faria

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO POR BOVINOS DE CORTE EM PASTAGEM NATURAL COM DISTINTOS NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO

Teresa Cristina Moraes Genro[1]; Leandro Bochi da Silva Volk[1]; Alexandre Berndt[2]; Paulo Cézar de Faccio Carvalho[3]; Cimélio Bayer[3]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sul; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

As pastagens naturais são a principal base alimentar dos sistemas de produção de gado de corte no sul do Brasil, norte da Argentina e Uruguai. Os dados sobre metano emitido por ruminantes pastejando nesse ambiente são raros.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as emissões de metano (CH_4) de novilhos de corte durante a recria e a terminação, mantidos em pastagens naturais com diferentes níveis de intensificação. O estudo foi realizado na Embrapa Pecuária Sul, Bagé-RS, Brasil. As emissões de metano foram medidas em três níveis de intensificação: pastagem natural (PN), pastagem natural fertilizada (PNA) e pastagem natural fertilizada e sobressemeada com azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo vermelho (*Trifolium pratense*; PNM). Os tratamentos foram implantados na área em 2005. Desde então, foram aplicados nos tratamentos com fertilização, 50 kg de N por hectare no outono e a mesma quantidade na primavera. A semeadura do trevo (8 kg/ha) e do azevém (25 kg/ha) no tratamento CNM foi realizada em abril de 2005. A ressemeadura ocorre sempre que a frequência destas espécies na área é inferior a 15%. O método de pastejo utilizado foi o continuo com lotação variável, a fim de manter oferta de forragem de 12 kg de matéria seca para cada 100 kg de peso vivo. Em agosto de 2012, 27 novilhos da raça Hereford com média de 10 meses e 180 kg foram introduzidos na área. A coleta de metano foi realizada com a técnica do gás traçador SF_6 através de tubos coletores conectados à narina dos animais, durante cinco dias/período de avaliação (Figura 1). As avaliações foram feitas durante o verão, outono, inverno e primavera, em 2013 e 2014. A concentração de CH_4 foi medida por cromatografia gasosa. Os animais foram pesados no início do experimento e a cada 28 dias para determinar o ganho médio diário (GMD).

RESULTADOS

- Novilhos pastejando pastagem natural fertilizada emitiram, em média, 47,8 kg de metano por ano e os novilhos que se alimentaram de pastagem natural fertilizada e sobressemeada com azevém e trevo vermelho emitiram 52,9 kg de metano por ano. Já os animais que se alimentaram de pastagem natural emitiram 48,0 kg de metano; por ano;
- É importante destacar que os valores médios das emissões de metano por animal estão abaixo dos valores propostos pelo IPCC para esta categoria de animais, que é de 70kg/ano;
- Os novilhos terminados em pastagem natural fertilizada e pastagem natural fertilizada e sobressemeada com espécies exóticas apresentaram um ganho de peso médio diário 163% e 189% maior do que os novilhos mantidos em pastagem natural;
- O manejo adequado dos pastos e a utilização de ferramentas, que intensifiquem a produção de forragem de qualidade, são imprescindíveis para que se aumente a produtividade da pecuária de forma sustentável no bioma Pampa.

DESAFIOS

- Difundir para produtores rurais e técnicos que a utilização do manejo adequado e a intensificação da pastagem natural contribuem para a mitigação das emissões de metano;
- Recomendar o uso de um ajuste de carga animal em relação à disponibilidade de alimentos adequado para cada tipo de pastagem;
- Testar novas estratégias de produção de bovinos de corte com baixa emissão de carbono em sistemas de produção baseados em pastagem natural do bioma Pampa.

SOLUÇÕES

- Esse projeto mostrou que a utilização do manejo adequado da pastagem, pode contribuir para mitigar as emissões de metano emitido por novilhos de corte;
- A utilização das ferramentas fertilização e sobressemeadura de forrageiras exóticas em pastagem natural permitem reduzir o período entre o nascimento e o abate, pois aceleram o ganho de peso médio diário por animal, o que contribui para a diminuição na emissão dos GEEs, uma vez que os animais permanecem menos tempo no campo;
- As pastagens naturais, quando bem manejadas, apresentam potencial para produzir carne de qualidade com menores valores de emissão de metano, reduzindo o impacto ao meio ambiente;

DADOS PUBLICADOS EM:

GENRO, T. C. M.; FARIA, B.; SILVA, M. da; AMARAL, G.; CEZIMBRA, I.; SAVIAN, J.; BERNDT, A.; BAYER, C.; CARVALHO, P. Methane emission by beef steers on natural grassland in Southern Brazil. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madrid. Conference abstract book [...]. [Paris]: INRA, 2014. p. 48.

Tabela: Emissões médias de metano por animal por dia (CH_4, g/dia) e por ano (kg/ ano), ganho médio diário (GMD, kg/d) de novilhos Hereford em pastagem natural (PN), pastagem natural fertilizada (PNF) e pastagem natural fertilizada e sobressemeada (PNFS). Média de dois anos de avaliação.

Treatments	CH4 (g/dia)	CH4 (kg/animal/ano)	GMD (kg/dia)
PN	147,25 a	54,0 a	0,38 b
PNF	130,96 b	47,8 b	0,62 a
PNFS	131,56 b	48,0 b	0,72 a

Nota: Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0.05).

Figura: Animais Experimentais com os equipamentos de coleta de metano entérico



Crédito: Teresa Cristina Moraes Genro.

COORDENADOR DO PROJETO

Dra. Teresa Cristina Moraes Genro

Embrapa Pecuária Sul

e-mail: cristina.genro@embrapa.br

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO DE BOVINOS EM SISTEMAS INTEGRADOS NO MEIO-NORTE DO BRASIL

Marcílio Nilton Lopes da Frota[1]; Raimundo Bezerra de Araújo Neto[2]; Marcos Lopes Teixeira Neto[2]; Geraldo Magela Cortês Carvalho[2]; Alexandre Berndt[3]; Rosa Toyoko Shiraishi Frighetto[4]; Leandro Sannomiya Sakamoto[3]; Maria Socorro de Souza Carneiro[5]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Caprinos e Ovinos; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio-Norte; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 4 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Meio Ambiente; 5 Universidade Federal do Ceará.

O objetivo do trabalho foi avaliar a emissão de metano entérico de bovinos Curraleiro-Pé-duro (CPD) – Nelore (F1) em um sistema silvipastoril de capim mombaça com palmeiras de Babaçu em comparação com uma pastagem em monocultivo na região dos Cocais Maranhenses. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso. Os tratamentos foram considerados o tipo de pastagem (silvipastoril e em monocultivo) e as variáveis independentes foram: peso vivo, ganho de peso diário (GPD kg), consumo de matéria seca (CMS kg), emissão de metano grama dia, metano quilo ano, emissão de metano em grama por quilo de peso vivo, emissão de metano em grama por quilo de GPD, emissão de metano em grama por quilo de CMS, perda de energia bruta na forma de metano, incluindo os efeitos fixos de animal, período de coleta e tratamento. O período de coleta foi considerado como medida repetida no tempo. Foram utilizados seis novilhos em cada sistema com pesos iniciais de 185 (± 26) kg e com idades semelhantes. Cada área foi dividida em sete piquetes de 4.200 m². A altura de entrada e saída dos animais nos piquetes era em torno de 80 e 40 cm, respectivamente. A alimentação consistia de pasto, sal mineral e água à vontade. O período experimental compreendeu a estação seca de 2015 (maio a agosto) e a estação chuvosa de 2016 (janeiro a abril). Os bovinos foram pesados a cada 28 dias, após jejum de 12 horas. O sistema integrado com a floresta continha 67 árvores por hectare com 25% de área de sombra. Foram avaliados, de modo simultâneo, o consumo de matéria seca, a emissão de metano entérico e desempenho animal. O consumo de matéria seca da forragem foi estimado pelo método indireto utilizando o LIPE® como indicador externo. A digestibilidade in vitro pela técnica de dois estágios modificada, em aparelho automatizado Ankom® Daisyll Incubator e a emissão de metano pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6). As coletas de metano foram realizadas por cinco dias consecutivos, com troca das cangas coletoras a cada 24 horas nos períodos seco e chuvoso. A determinação da concentração de CH_4 e SF_6, foi realizada através de cromatografia gasosa com detector de ionização de chama e detector de captura de elétrons. Com os resultados da cromatografia dos gases foi possível determinar o fator de emissão de metano: g de CH_4/dia (CH_4gd); kg de CH_4/ano (CH_4ka). As emissões por animal nos sistemas foram semelhantes no mesmo período e variaram de 45 kg/ano a 70 kg/ano, dependendo da época do ano. No período seco a intensidade de emissão (kg de CH_4 por ganho de peso diário) foi maior e houve diferenças em relação a perda de energia bruta por CH_4. O sistema silvipastoril apresentou menor perda, os animais se mostraram mais eficientes no aproveitamento da energia contida no alimento. Na época chuvosa ocorreu maior consumo de matéria seca nos sistemas não havendo diferenças entre os tratamentos, o GPD foi em torno de 1 kg/dia. A intensidade de emissão de CH_4 neste período foi em torno de sete vezes menor em pleno sol e mais de três vezes menor no silvipastoril. Dessa forma, se conclui que a emissão de metano varia ao longo do ano, quanto melhor a qualidade da pastagem e o consumo, menor a intensidade de emissão, o sistema com árvores se assemelha ao sistema de pastagem em monocultivo que passou por uma etapa de desmatamento. O fato de desmatar toda a área não ofereceu vantagem em termos de produção e emissão de metano pelos animais nas condições estudadas. O sistema silvipastoril representa uma opção de manejo sustentável e os bovinos CPD-Nelore uma opção de produção de carne em áreas de florestas.

RESULTADOS

- As emissões de metano de forma geral variam de acordo com a época do ano. Esta variação é influenciada pela qualidade da pastagem e pelo consumo animal;
- A emissão de metano nos sistemas foi semelhante no mesmo período e foram de 45 kg/ano no período seco e 70 kg/ano no chuvoso;
- Quanto menor a oferta de alimento e maior a quantidade de fibras, maior a intensidade da emissão de metano. No período seco se observou uma média, considerando os dois sistemas, de 1029 g de CH_4/kg de ganho de peso contra 195 g de CH_4/kg de ganho de peso emitido no período das águas;
- Em relação aos sistemas no período chuvoso, no silvipastoril a intensidade de emissão foi mais de três vezes menor e no em pleno sol mais de sete vezes menor comparando ao mesmo sistema no período seco;

- No período seco ocorreu diferenças em relação a perda de energia bruta, esta foi menor no sistema silvipastoril. Neste sistema ocorreu um melhor aproveitamento da energia contida no alimento;
- Dentro do mesmo período do ano não houve diferenças de produtividade animal em relação aos sistemas;
- Animais ½ sangue Curraleiro-Pé-Duro x ½ Nelore obtiveram bom desenvolvimento e ganho de peso diário em torno de 1 kg/dia durante o período chuvoso.
- matéria seca e diminui a emissão de metano por quilo de produto gerado (kg de ganho de peso diário) podendo ser usado como estratégia de mitigação das emissões;
- O uso de mestiços ½ sangue Curraleiro-Pé-Duro-½ Nelore é uma opção para produção de carne em áreas tropicais integradas com florestas;
- Sistemas de integração pecuária-floresta, como o estudado nesse trabalho, podem ter produtividade e emissão de metano entérico semelhante a sistemas de monocultivo que passaram por uma etapa de total desmatamento da área florestal.

DESAFIOS

- Estudos que contabilizem as emissões pelo solo e o sequestro pelas árvores, para se ter uma ideia do potencial de mitigação de GEE nos sistemas. (caprinos, equinos e ovinos) e diferentes fontes de adubos nitrogenados.

SOLUÇÕES

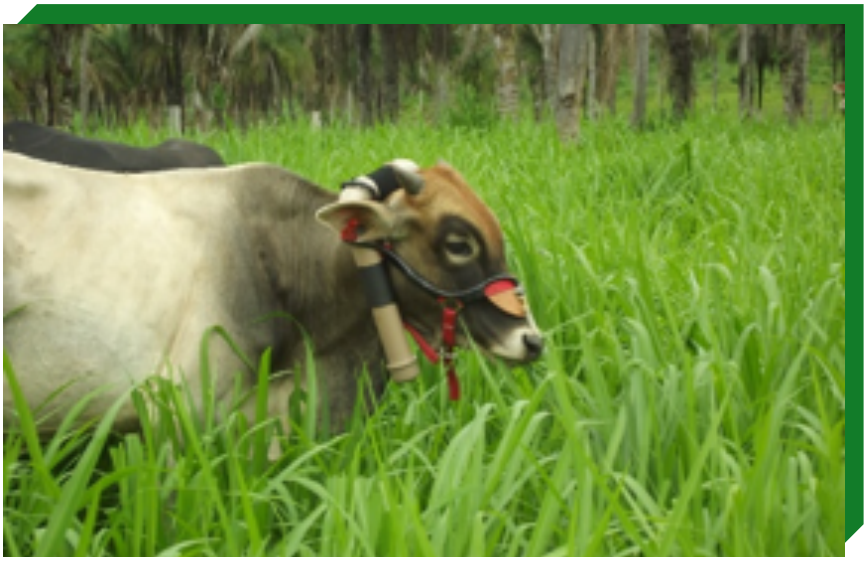
- A oferta de uma pastagem com bom valor nutritivo e boa massa de forragem favorece o consumo de

DADOS PUBLICADOS EM:

FROTA, M. N. L da. Emissão de metano entérico e parâmetros comportamentais de bovinos tropicais em sistema silvipastoril. 2017. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

FROTA, M. N. L da *et al.* Enteric methane in grazing beef cattle under full sun, and in a silvopastoral system in the Amazon. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 52, n. 11, p. 1099-1108, nov. 2017.

Figura: Avaliação da emissão de metano entérico de novilho Curraleiro-Pé-Duro-Nelore em sistema de integração pecuária floresta



Crédito: Marcilio Nilton Lopes da Frota.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Marcilio Nilton Lopes da Frota

Embrapa Caprinos e Ovinos

e-mail: marcilio.frota@embrapa.br

EMISSÕES DE METANO POR BOVINOS DE CORTE EM PASTAGENS TEMPERADAS E EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Laíse da Silveira Pontes[1]; Raquel Santiago Barro[2]; Jean Victor Savian[3]; Alexandre Berndt[4]; José Luiz Moletta[1]; Vanderley Porfírio-da-Silva[5]; Cimélio Bayer[6]; Paulo César de Faccio Carvalho[6]

1 Instituto Agronômico do Paraná; 2 Universidade Federal de Viçosa; 3 Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; 4 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 5 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas; 6 Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O conceito de intensificação sustentável tem emergido para enfrentar o atual desafio de intensificar a produção de alimentos, por razões de segurança alimentar, com qualidade ambiental, isto é, de incrementar a geração de serviços ecossistêmicos, tais como o sequestro de C. Dentre as estratégias de intensificação sustentável de uso da terra, via diversificação, destacam-se os sistemas integrados de produção agropecuária (SIPA). O objetivo do presente projeto de pesquisa foi avaliar o balanço entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e o acúmulo de C em dois SIPA, isto é, integração lavoura-pecuária (ILP) vs. integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), com duas doses de adubação nitrogenada, 90 e 180 kg de N ha^{-1} (N90 e N180, respectivamente, aplicadas durante a fase pastagem). Tal experimento foi implantado em 2006, mediante o Termo de Cooperação Técnica n. SAIC/AJU no 21500.10/0008-2, ainda vigente, firmado entre a Embrapa Florestas e o Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), cujo objetivo é desenvolver pesquisas e transferência de tecnologia em SIPA. Durante o inverno, bovinos de corte da raça Purunã (¼ Aberdeen Angus, ¼ Canchim, ¼ Caracu, ¼ Charolais) eram mantidos em pastagem de aveia preta (*Avena strigosa*) consorciada com azevém (*Lolium multiflorum*), enquanto no verão a área era utilizada com lavoura de soja ou milho, em ambos os sistemas. Os quatro tratamentos, quais sejam: ILP N90, ILP N180, ILPF N90 e ILPF N180, apresentavam três repetições (parcelas entre 0.77 e 1.22 ha). O sistema de ILPF era composto por faixas de árvores em linhas simples de eucalipto (*Eucaliptus dunnii*), pimenta-rosa (*Schinus terebinthifolius*) e grevílea (*Grevillea robusta*), plantadas em 2006, num arranjo de 3 x 14 m (inicialmente com 238 árvores ha^{-1}), implantadas em curvas de nível. O estudo foi conduzido na Estação Experimental Fazenda Modelo do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), localizada na Região Centro-Sul do Paraná (25° 07′ 22″ S; 50° 03′ 01″ W), altitude de 953 m. Conforme a classificação de Köppen, o clima da região se enquadra na variedade Cfb, subtropical sem estação seca, com temperatura média anual de 17,6ºC, variando entre 14ºC, em julho, e 21ºC, em janeiro. A precipitação anual é de 1.400 mm. O solo é classificado como uma associação de Cambissolo Háplico Distrófico típico e Latossolo Vermelho Distrófico típico (EMBRAPA, 2006). Foram quantificados os fluxos de emissão de GEE (equivalente CO_2) e mensurado o acúmulo de carbono no solo nos SIPA. Durante o inverno, em três anos consecutivos, entre 2012 e 2014, as emissões diárias de metano foram medidas usando a técnica do gás traçador SF_6, descrita por Johnson *et al.* (1994), mas com adaptações (GERE; GRATTON, 2010). As coletas foram realizadas em dois animais por parcela, total de 24 novilhas da raça Purunã, com idade em torno de 10 meses e peso inicial de 250 kg, em média, em cinco dias consecutivos, iniciando nos dias 9, 15 e 24 de agosto de 2012, 2013 e 2014, respectivamente. Os resultados das emissões por kg de peso vivo, por kg de ganho médio diário (GMD) e por área, foram determinados usando as emissões diárias de CH_4 por animal, GMD e carga animal, respectivamente.

RESULTADOS

- As emissões de CH_4 por animal e por kg de peso vivo (PV) não diferiram entre os tratamentos (Tabela 1) e anos avaliados ($P > 0.05$), com valores médios de 163 ± 9.12 g $animal^{-1}$ dia^{-1} e 0.58 ± 0.030 g kg^{-1} PV;
- A emissão de CH_4 por unidade de área variou significativamente entre os anos, isto é, entre 0.53 ± 0.058 e 0.71 ± 0.080 kg de CH_4 ha^{-1} dia^{-1}, em 2013 e 2012, respectivamente, em função das variações na carga animal, visando manter a altura da pastagem constante e em torno de 20 cm;
- No tratamento ILP N180 houve tendência de maior emissão de CH_4 por unidade de área ($P < 0.10$), devido maior capacidade de suporte (+0.5 UA ha^{-1}, em média) neste tratamento, além de uma menor emissão de metano por GMD (Tabela 1), pois a emissão de CH_4 é reduzida em animais com maior GMD;
- Em termos de CO_2equ, os valores obtidos no presente estudo foram de 4.2 e 6.0 kg CO_2equ GMD^{-1} para os sistemas de ILP e ILPF, respectivamente, valores estes abaixo do que normalmente se encontra na literatura, sugerindo uma maior eficiência e produção, no presente estudo, por unidade de CO_2equ emitido;
- No sistema arborizado, estimou-se uma emissão anual de CH_4 de 326 kg C equ ha^{-1} ano^{-1}, considerando

um período de pastejo de 100 dias, em áreas com SIPA, e 2.1 UA ha^{-1}, em média em tal sistema. No entanto, o estudo salientou o potencial de sequestro de C nas árvores. Por exemplo, as 79 árvores de eucalipto, com 8 anos de idade em 2014, teriam sequestrado 26.5 Mg de C ha^{-1}, o que facilmente neutralizaria as emissões de CH_4 em tais sistemas;

- Adicionalmente aos resultados sobre emissão de metano entérico pelo bovinos, também foram realizadas, pela equipe do Prof. Dr. Jeferson Dieckow da UFPR, avaliações de emissões de N_2O e CH_4 a partir do solo, emissões a partir de dejetos dos animais, bem como em relação ao estoque de C orgânico no solo. Tais resultados serão em breve publicados.

DESAFIOS

- Equipe multidisciplinar, instrumentação de campo, equipamentos e reagentes laboratoriais para as análises;
- A gestão de projeto requereu a integração de competências de distintas disciplinas com o envolvimento de diversas instituições de pesquisa frente aos ditames legais;
- Em função das inúmeras avaliações necessárias e de fatores a serem considerados (e.g. as práticas agrícolas realizadas, insumos utilizados, etc, que deverão ser transformados em equivalente carbono), o balanço entre a emissão dos GEE e o acúmulo de C dos SIPA ainda está em processo de cálculo.

SOLUÇÕES

- Os resultados gerados demonstram o potencial dos SIPA arborizados como estratégia de mitigação de CO_2;
- Os resultados gerados demonstram a importância do manejo do componente arbóreo, de modo a evitar níveis de sombreamento acima de 40% e a consequente redução na produtividade da pastagem e capacidade de suporte.

DADOS PUBLICADOS EM:

PONTES, L. da S.; BARRO, R. S.; SAVIAN, J. V.; BERNDT, A.; MOLETTA, J. L.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; BAYER, C.; CARVALHO, P. C. de F. Performance and methane emissions by beef heifer grazing in temperate pastures and in integrated crop-livestock systems: The effect of shade and nitrogen fertilization. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 253, p. 90-97, 2018.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006.

GERE, J. I.; GRATTON, R. Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. Latin Am. Appl. Res., n. 40, p. 377-381, 2010.

JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF_6 tracer technique. Environ. Sci. Technol., n. 28, p. 359-362, 1994.



Figura: Avaliação das emissões de metano entérico por novilhas de corte Purunã em sistemas integrados de produção agropecuária

Crédito: Laíse Pontes.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Laíse da Silveira Pontes

Instituto Agronômico do Paraná

e-mail: laisepontes@iapar.br

Dr. Vanderley Porfírio-da-Silva

Embrapa Floresta

e-mail: vanderley.porfirio@embrapa.br

Dr. José Luiz Moletta

Instituto Agronômico do Paraná

e-mail: moletta@iapar.br

EMISSÕES DE METANO ENTÉRICO EM BÚFALAS NA AMAZÔNIA ORIENTAL: METODOLOGIA TIER2 E HEXAFLUORETO DE ENXOFRE (SF_6)

Vinícius Gomes de Castro[1]; João Maria do Amaral Júnior[2]; Lucieta Guerreiro Martorano[3]; Paulo Campos Christo Fernandes[4]; Samanta do Nascimento Monteiro[5]; José de Brito Lourenço Júnior[6]

1 Universidade Federal Rural da Amazônia; 2 Instituto Federal do Amapá; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental; 4 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrado; 5 Universidade Federal Rural da Amazônia; 6 Universidade Federal do Pará.

O aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tornou-se mais acentuado, o que é atribuído a atividades antrópicas. No Brasil, o setor produtivo indicado como emissor de GEE está relacionado ao uso do solo, agricultura e pecuária. Em 2014, as emissões brasileiras de agricultura e pecuária representaram cerca de 20% da emissão total de GEE (SEEG, 2016). Na pecuária, um dos principais fatores de emissão de GEE refere-se ao metano (CH_4) proveniente da fermentação entérica de ruminantes, responsável por 68% das emissões no setor pecuário (*Berchielli et al.*, 2012). Assim, este, apresenta resultados do trabalho cujo objetivo foi comparar as emissões de metano entérico estimadas por tier 2 e determinadas com uso do gás SF_6, em búfalas consumindo diferentes níveis de torta de dendê (*Elaeis guineensis*) na Amazônia Oriental. As equações do tier 2 foram utilizadas considerando a mesma dieta utilizada no ensaio de campo para quantificar a emissão entérica de metano pela técnica do gás traçador SF_6, de acordo com a metodologia descrita por Johnson *et al.* (1994). Os dados dos ensaios de campo foram obtidos pelo Projeto PECUS e pertencem ao banco de dados da tese de doutorado de um membro da equipe de pesquisa. Vale ressaltar que os dados foram obtidos na Unidade de Pesquisa em Animais "Senador Álvaro Adolpho", pertencente à Embrapa Amazônia Oriental, na cidade de Belém, Pará, Brasil. As dietas foram fornecidas a 24 fêmeas mestiças Murrah-Mediterrâneo, cujo peso médio de 514 ± 69,88 kg, pertencentes ao rebanho experimental da Embrapa Amazônia Oriental. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Animal - CEUA sob protocolo 007/2015. Os animais foram manejados em confinamento, no qual passaram 21 dias se adaptando às dietas experimentais, com livre acesso à água e mistura mineral. O experimento seguiu um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições: neste estudo, foram considerados apenas três tratamentos, ou seja, inclusão de torta de palmiste em relação ao peso corporal (PC) nos níveis de 0% (T1), controle; 0,5% (T2); e 1,0% (T3). Todos os tratamentos foram adicionados com farelo de trigo a 0,15% (PC) como agente de palatabilidade e a silagem de milho como volumoso. Os animais foram alimentados individualmente duas vezes ao dia (8h e 17h). As quantidades de silagem foram pesadas diariamente e ajustadas para atingir sobras diárias de até 10%. Essas dietas foram usadas para estimar o fator de emissão adotando a metodologia desenvolvida pelo IPCC (IPCC, 2006), denominada Tier 2. Foram consideradas características dos animais e dietas: idade do animal, peso inicial, peso médio, peso final, ganho de peso, energia digestível e energia bruta. As médias das emissões de metano entérico, determinadas pela técnica do gás traçador SF_6 e as estimadas no Tier 2, evidenciam que não houve diferenças significativas ($p>0,05$) nos tratamentos controle e com adição de 0,25 e 0,50% de torta de dendê na dieta, indicando que o Tier 2 pode ser utilizado como estimador das emissões entéricas de ruminantes, quando se conhecem a composição nutricional da dieta e características dos animais, tais como categoria, peso, sexo e sistema de produção. Entretanto, as medições no tratamento com 1,0% de torta de dendê, foram inferiores ($p<0,05$) às estimadas pelo Tier 2. Esse fato pode ser explicado pelo maior teor de lipídios na dieta, que reduz a emissão de metano entérico, e que pôde ser detectado com maior precisão através da metodologia com o gás traçador (SF_6), que possui sensibilidade para avaliar emissões de metano entérico em animais que receberam dieta com maior nível de inclusão de componentes redutores da produção de metano.

RESULTADOS

- A emissão entérica de metano estimada pelo tier 2 apresentou valores próximos aos medidos com a técnica do gás traçador SF_6 até suplementação lipídica em 0,5% de peso vivo;
- Os valores foram superestimados para suplementação lipídica em 1,0% de peso vivo pelo Tier 2;
- O Tier 2 pode ser usado para calcular as emissões de ruminantes no bioma Amazônia, uma vez que a maior parte do rebanho da região é criada em extensas fazendas;
- A metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre requer mão de obra treinada, estrutura laboratorial e equipe de pesquisa estruturada, como a Rede PECUS.

DESAFIOS

- Aprimoramento das técnicas de manejo que visam contribuir com menor emissão de GEE, entre eles o metano entérico;
- Adoção por parte dos produtores por alimentos que contribuem com a mitigação de metano entérico sem comprometer o desempenho animal, como os coprodutos da agroindústria, por exemplo, torta de dendê.

SOLUÇÕES

- Manejo eficiente da pastagem pode diminuir as emissões entéricas de metano do rebanho de búfalos, assim como contribuir para melhorar o uso do solo e seus constituintes nutricionais, o que poderá impedir o corte de áreas florestais nativas adicionais na Amazônia brasileira;
- Estratégias nutricionais para reduzir as emissões de metano entérico, por exemplo, a suplementação lipídica na dieta de ruminantes;
- O uso de tecnologias que tornam os sistemas de criação de sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental.

DADOS PUBLICADOS EM:

CASTRO, V. C. G.; AMARAL JUNIOR, J. M.; MARTORANO, L. G.; FERNANDES, P. C. C.; MONTEIRO, S. N.; LOURENCO JUNIOR, J. B. Emissões de metano entérico em búfalas na Amazônia Oriental: TIER 2 e hexafluoreto de enxofre. Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences – Revista de Ciências Agrárias, v. 60, p. 286-290, 2017.

CASTRO, V. C. G.; AMARAL JUNIOR, J. M.; MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, S. N.; BEZERRA, A. S.; FERNANDES, P. C. C.; LISBOA, L. S.; OLIVEIRA, P. P. A. Enteric methane estimation with Tier2 compared to results obtained in a field experiment with water buffaloes supplemented with palm kernel cake in the amazon biome. Documentos Embrapa Gado de Corte, v. 216, p. 107-111, 2016.

CASTRO, V. C. G.; LUCAS, R. C.; FERNANDES, P. C. C; BARROS, K. K. S.; MARTORANO, L. G. Técnicas de avaliação de metano entérico em bubalinos: conteúdo ruminal. In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS - SEGURANÇA ALIMENTAR: DIRETRIZES PARA AMAZÔNIA, 7., 2015, Belém: ENAAG, 2015.

Continuação no Anexo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

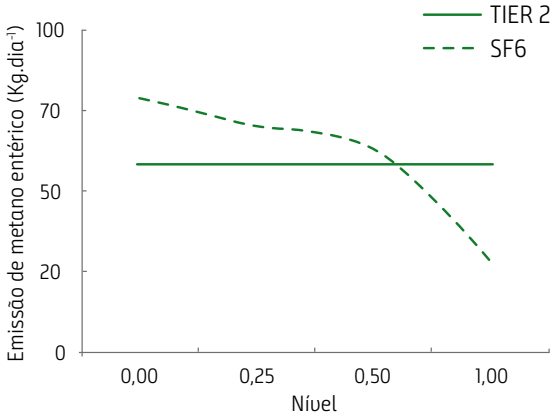
BERCHIELLI, T. T.; MESSANA, J. D.; CANESIN, R. C. Produção de metano entérico em pastagens tropicais. Revista Brasileira Saúde Produção Animal, v. 13, p. 954-968, 2012.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japan: IGES, 2006. Chapter 10. Volume 4.

JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF_6 tracer technique. Environ. Sci. Technol., v. 28, p. 359-362, 1994.

SEEG – Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa. 2016. Disponível em: http://seeg.eco.br

Figura: Emissão de metano entérico de búfalas recebendo dieta com diferentes níveis de inclusão de torta de palmiste, pelas técnicas tier 2 e SF_6.



COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dra. Lucieta Guerreiro Martorano

Embrapa Amazônia Oriental

e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM BÚFALAS SUPLEMENTADAS COM TORTA DE PALMISTE NO BIOMA AMAZÔNIA

João Maria do Amaral Júnior[1]; Eziquiel De Morais[2]; Elder Santana Natividade do Carmo[3]; Marco Antônio Paula de Sousa[4]; André Guimarães Maciel e Silva[4]; Bruna Almeida da Silva[5]; Lucieta Guerreiro Martorano[6]; Alexandre Berndt[7]

1 Instituto Federal do Amapá; 2 Instituto Federal do Pará; 3 Universidade Federal Rural da Amazônia; 4 Universidade Federal do Pará; 5 Universidade do Estado do Pará; 6 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental; 7 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste;

Com o aumento da cadeia produtiva do biocombustível no Brasil, é esperado o aumento da demanda e oferta de fibras vegetais resultantes desses processos industriais. O mercado do dendê vem crescendo em ritmo acelerado na região Amazônica, o estado do Pará produziu mais de 816.000t de dendê, representando mais de 90% da produção nacional (IBGE, 2017). Um dos coprodutos gerados em grandes volumes por essa atividade é a torta de palmiste (TP), que possui potencial para utilização na alimentação animal. Objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito da suplementação de TP na alimentação de búfalas, onde foi observado o efeito desse coproduto sobre o consumo voluntário e a produção in vivo de metano entérico na espécie bubalina. Foram utilizadas 24 fêmeas bubalinas mestiças, secas e vazias com idade e peso médio iniciais de 34 meses ± 04 e 514kg ± 69,88kg, respectivamente, pertencentes ao rebanho da Embrapa Amazônia Oriental, sob as condições climáticas da cidade de Belém/PA (Martorano *et al.*, 2017). Os procedimentos experimentais foram autorizados através da certificação no Comitê de Ética Animal – CEUA n°007/2015. As búfalas foram suplementadas durante os meses de setembro e outubro de 2015. Os tratamentos experimentais consistiram na inclusão da dieta, a torta de palmiste nos seguintes níveis em relação ao peso corporal (PC): 0% (T1), sendo o (controle), 0,25% (T2), 0,50% (T3) e 1,0% (T4), em delineamento inteiramente casualizado, com 04 tratamentos e seis repetições, considerando o animal como unidade experimental. Associado a cada nível de dieta foi incluído 0,15% PC de farelo de trigo em todos os tratamentos, com o intuito de proporcionar uma melhor aceitabilidade da TP. A avaliação da emissão de metano (CH_4) foi realizada utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6), de acordo com Johnson *et al.*, 1994. Podemos observar na figura 1 os animais com as cangas coletoras. As concentrações de CH_4 e SF_6 foram determinadas por cromatografia gasosa. As análises deste experimento mostraram variação na produção de metano quanto aos diferentes níveis de inclusão da TP. A emissão de metano entérico foi menor no tratamento com nível de inclusão da torta de palmiste de 1,0% do PC (27,65 kg/ano^{-1}) quando comparado ao grupo controle (T1) que produziu média de (78,15 Kg/ano^{-1}) e em relação aos valores estimados no IPCC (2006) para bubalinos (55,00 kg/ano^{-1}). A suplementação dos animais, tendo como base a inclusão de níveis crescentes da torta de palmiste não influenciou no consumo voluntário dos bubalinos com até 1,0% do PC. A oferta de níveis acima de 0,50% do peso corporal dos animais suplementados com torta de palmiste, reduz a emissão de metano entérico em búfalas na Amazônia Oriental.

RESULTADOS

- Houve efeito significativo no consumo dos animais (kg dia^{-1}) para as variáreis Matéria seca, Matéria orgânica, Proteína bruta, Fibra em detergente neutro, Fibra em detergente ácido e Extrato etéreo, em função dos níveis ofertados da torta de palmiste;
- Houve efeito linear decrescente para a estimativa de produção de metano em função da inclusão da torta de palmiste na dieta das búfalas;
- A emissão de metano entérico por dia foi menor no tratamento com nível de oferta da torta de palmiste de 1,0% em relação ao peso corporal (27,65 kg ano^{-1}), apresentando menores valores aos observado no IPCC (2006) que estimou a emissão em búfalos de (55,00 kg ano^{-1});
- A inclusão na dieta da torta de palmiste, não influenciou no consumo voluntário das búfalas.

DESAFIOS

- A redução da produção de metano entérico nos bubalinos sem alterar a produtividade animal é desejável, tanto como uma estratégia de mitigar a emissão total de gases de efeito estufa, como também de melhorar a eficiência de conversão alimentar dos ruminantes;
- Se faz necessário um maior número de coletas nas condições a campo com animais de produção para aumentar a acurácia da metodologia empregada, reduzindo os erros experimentais;
- Implementação de técnicas viáveis economicamente, auxiliando na mitigação das emissões de GEE, não influenciando no desempenho animal e com maior acesso desses resultados a toda a cadeia produtiva da pecuária na Amazônia.

SOLUÇÕES

- Os resultados demonstram a importância no desenvolvimento de pesquisas direcionadas a produção animal, melhorando o manejo sustentável de toda a cadeia produtiva;
- A estimativa de produção entérica de metano em bubalinos otimizou a utilização do coproduto (torta de palmiste), na qual pode ser utilizado na alimentação animal, respeitando os níveis adequados de oferta aos animais;
- A metodologia utilizada demonstra a confiabilidade e a necessidade de novas técnicas de mensuração e acompanhamento dos animais de produção, tendo em vista a importância desse segmento na economia mundial.

DADOS PUBLICADOS EM:

AMARAL JÚNIOR, J. M. CONSUMO, CINÉTICA RUMINAL E PRODUÇÃO DE METANO EM BÚFALAS SUPLEMENTADAS COM NÍVEIS CRESCENTES DE TORTA DE PALMISTE NO BIOMA AMAZÔNIA. 2017. TESE (DOUTORADO EM PRODUÇÃO ANIMAL) – UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, BELÉM, 2017.

AMARAL JÚNIOR, J. M.; MORAIS, E.; CARMO, E. S. N.; SOUSA, M. A. P.; SILVA, B. A.; MARTORANO, L. G.; BERNDT, A.; SILVA, A. G. M. ENTERIC METHANE EMISSION OF FEMALE BUFFALOES SUPPLEMENTED WITH PALM KERNEL CAKE IN THE AMAZON BIOME. IN: SIGEE - SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, CAMPO GRANDE, MS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Censo Agropecuário 2017, Disponível em: https://censos.ibge.gov.br/agro/2017 Acesso em: 11 dez, 2017.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, forestry and other land use. Hayama, Japan. v.4, p: 10.1-10.84, 2006.

JOHNSON, K., HUYLER, M., WESTBERG, H., LAMB, B., ZIMMERMAN, P., 1994. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. Environ. Sci. Technol. 28, 359–362.

MARTORANO, L. G. et al. Climate conditions in the eastern amazon: Rainfall variability in Belem and indicative of soil water defict. African Journal of Agricultural Resarch, 12(21):1801-1810, 2017.

Figura: Avaliação das emissões de metano entérico por fêmeas bubalinas utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6).



Crédito: João Maria do Amaral Júnior.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dra. Lucieta Guerreiro Martorano

Embrapa Amazônia Oriental

e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br

EMISSÃO DE ÓXIDO NITROSO EM PASTAGENS TROPICAIS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

Patrícia Perondi Anchão Oliveira[1]; Mariana Vieira Azenha[1]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[2]; Teresa Cristina Alves[1]; Amanda Prudêncio Lemes[1]; André de Faria Pedroso[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; **2** Universidade de São Paulo.

O Brasil possui 851,58 milhões de hectares, sendo 158,75 milhões ocupados por pastagens, perfazendo 18,6% do seu território e 58,1% da área das unidades de produção (IBGE,2010). A produção pecuária de corte brasileira é baseada em pastagens tropicais. A recuperação e a intensificação das pastagens têm potencial para a mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE) devido à alta produção de massa de forragem, que pode incrementar o sequestro de carbono, retirando GEE da atmosfera (OLIVEIRA, 2015). ntretanto, a necessidade de uso de corretivos de solo e de fertilizantes e a adoção da irrigação podem ocasionar aumento na emissão de gases de efeito estufa. Os principais GEE relacionados à agricultura são dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O). A concentração de N_2O na atmosfera é muito menor do que a concentração de CO_2, mas a avaliação da sua emissão é importante devido ao seu alto potencial de aquecimento global, que é 270 a 310 vezes maior do que o CO_2 (SNYDER *et al.*, 2008; MCTI, 2014). O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da recuperação e intensificação do manejo das pastagens e das estações climáticas do ano sobre a emissão de N_2O.

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Pecuária Sudeste – SP no bioma brasileiro Mata Atlântica, em 2014 a 2015. Os tratamentos foram quatro sistemas de produção pastoris de recria-engorda de garrotes da raça Nelore: 1) IAL: pastagem irrigada com alta lotação animal (5,9 - unidades animais - UA/ha; *Panicum maximum*); 2) SAL: pastagem em sequeiro com alta lotação animal (4,9 UA/ha; *Panicum maximum*), 3) SML: pastagem em sequeiro com média lotação animal (3,4 UA/ha; *Brachiaria brizantha*); 4) PD: pastagem degradada com baixa lotação animal (1,1 UA/ha; *Brachiaria decumbens*). As pastagens dos sistemas IAL, SAL e SML foram manejadas com lotação rotativa e a pastagem do sistema PD com lotação contínua. A lotação animal foi ajustada com a técnica "put and take". Nos sistemas IAL, SAL e SML foram feitas a correção do solo com calcário e a fertilização de base com K, P e micronutrientes. Foram feitas cinco aplicações de fertilizante na pastagem do IAL com 80 kg de N durante a estação das águas e cinco aplicações com 40 kg de N durante a seca (600 kg N/ha.ano), sendo a pastagem tropical sobressemeada com aveia e azevém nessa época. Nas pastagens dos sistemas SAL e SML foram feitas cinco aplicações de fertilizante nitrogenado com 80 e 40 kg de N durante a estação das águas, totalizando 400 e 200 kg N/ha.ano, respectivamente. A ureia foi o fertilizante nitrogenado usado para todos os tratamentos. No sistema PD não foram realizadas correção e fertilização do solo. Os fluxos de emissão de N_2O foram avaliados coletando-se amostras de ar de câmaras estáticas (seis por tratamento) nos sistemas pastoris e na floresta estacional semidecidual do bioma Mata Atlântica (controle positivo) durante dois anos e em todas as estações climáticas. Todo o procedimento para a coleta das amostras gasosas e das variáveis acessórias foram realizadas de acordo com Zanatta, *et al.* 2014. As amostras foram analisadas por cromatografia gasosa.

RESULTADOS

- As emissões de óxido nitroso foram baixas considerando-se as altas doses de fertilizantes usados nos sistemas mais intensificados e o uso da irrigação que poderia ter promovido a desnitrificação com consequente emissão de óxido nitroso. Possivelmente tal fato ocorreu porque os solos eram bem arejados;

- As emissões acumuladas de óxido nitroso foram diferentes entre os sistemas de produção e as estações climáticas, e houve interações entre esses fatores;

- A emissão total de óxido nitroso foi maior no sistema irrigado (IAL), intermediária no sequeiro com alta lotação (SAL) e menor nos sistemas recuperados (SML) e degradados (PD), que foram similares entre si;

- A emissão no sistema irrigado foi mais alta no verão e menor na primavera comparada às outras estações do ano, no sistema de sequeiro de alta lotação (SAL) a diferença entre as estações seguiu comportamento semelhante, entretanto com diferenças menos pronunciadas. Para os sistemas degradado (PD), sequeiro com baixa lotação (SML) e na floresta a emissão foi igual durante as estações do ano, possivelmente pelo baixo aporte de nitrogênio nesses sistemas.

DESAFIOS

- Melhorar o entendimento dos processos físicos, químicos e microbiológicos do solo que permitiram baixas perdas de óxido nitroso.

SOLUÇÕES

- Emissão de óxido nitroso abaixo da esperada, considerando-se a quantidade de fertilizante nitrogenado utilizada e o uso da irrigação;
- Possibilidade de uso da recuperação e intensificação de pastagens para aumentar o sequestro de C com baixo impacto na emissão de óxido nitroso.

DADOS PUBLICADOS EM:

OLIVEIRA, P. P. A.; AZENHA, M. V.; RODRIGUES, P. H. M.; ALVES, T. C.; LEMES, A. P.; PEDROSO, A. de F. Nitrous oxide emission by pastures in tropical beef production systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 93-96. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 216).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Confronto dos resultados dos dados estruturais dos Censos Agropecuários – Brasil – 1970/2006. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/defaulttab_censoagro.shtm.

MCTI – Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil. Brasília: MCTI, 2014.

OLIVEIRA, P. P. A. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p. 623-634, 2015.

Continuação no Anexo

Figura: Aspecto geral das pastagens e dos animais da raça nelore usando cangas



Crédito: Alexandre Berndt.

DADOS PESSOAIS DOS COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Faria Pedroso

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

MODELAGEM DAS EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO DE PASTAGENS PURA DE GRAMÍNEA E CONSORCIADA DE GRAMÍNEA COM LEGUMINOSA NO OESTE DA AMAZÔNIA BRASILEIRA

Falberni de Souza Costa[1]; Maykel Franklim Lima Sales[1]; Antônio Carlos Reis de Freitas[2]; Cleberson Pereira de Souza[3]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Acre; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cocais; 3 Universidade Federal do Acre.

A agricultura brasileira é associada com as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), e a exata contribuição das pastagens não é ainda conhecida devido ao variado grau de sua qualidade/degradação. Essas emissões podem causar eventos extremos que, em ciclo fechado de causa e efeito, podem afetar os sistemas de produção na Amazônia. Conhecer a magnitude da contribuição de sistemas pecuários nas emissões de GEE no Bioma Amazônia identifica variáveis associadas com os processos geradores e fatores de emissão, potencializando soluções tecnológicas para um balanço positivo entre as entradas e saídas de carbono no sistema de produção. As dinâmicas de nitrogênio mineral (N) no solo e as trocas de suas formas gasosas na interface solo-atmosfera são intimamente associadas com a deposição de resíduos animais (urina e fezes) na pastagem. De acordo com o conteúdo de N inorgânico no solo e o local estudado, floresta ou pastagem, e a idade da pastagem, os conteúdos de N-amônio e N-nitrato podem ser similares na floresta ou dominados por N-amônio na pastagem à medida que a sua idade avança. Além disso, as taxas médias líquidas anuais de nitrificação na superfície do solo na floresta podem ser maiores do que na pastagem sugerindo perdas potenciais maiores de N-nitrato ou por lixiviação ou emissões gasosas em solos de floresta preservada comparada com solo sob pastagem consolidada (NEILL *et al.*, 1995). Para Melillo *et al.* (2001) as emissões de óxido nitroso (N_2O) de pastagem nova (5,0 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1} ano^{-1}) foram de duas a uma vez e meia menores do que na floresta (9,0 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1} ano^{-1}) durante os dois primeiros anos da pastagem, passando a um terço desses valores quando a pastagem estava com mais de três anos de idade (1,4 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1} ano^{-1}). A magnitude do teor de nitrato na superfície do solo é um dos melhores indicadores para predição das emissões de N_2O (VERCHOT *et al.*, 1999, MELILLO *et al.*, 2001). As emissões de N_2O podem ser medidas em amostras de campo por cromatografia a gás ou estimadas por modelos baseados em processos. O modelo DNDC (Desnitrificação Decomposição) simula ciclos biogeoquímicos de carbono e nitrogênio em sistemas agrícolas (GILTRAP *et al.*, 2010). São apresentadas as emissões de N_2O estimadas pelo modelo DNDC de pastos puro de gramínea (> 30 anos de idade) e consorciado com gramínea-leguminosa (> de quatro anos após > 30 anos de idade) e do solo de uma floresta nativa no oeste da Amazônia brasileira. Na direção do conhecimento da magnitude da contribuição de sistema pecuários no Bioma Amazônia para as emissões de GEE, estas foram monitoradas na pecuária em sistemas a pasto no Acre, oeste da Amazônia, Brasil.

As emissões de óxido nitroso (N_2O) foram estimadas pelo modelo de Desnitrificação-Decomposição (DNDC).

Os sistemas avaliados foram pastos puro de gramínea Brachiaria humidicola (Rendle) Scheick (G) e gramínea B. humidicola consorciada com amendoim forrageiro *Arachis pintoi Krapov. & W. C. Greg cv. BRS Mandobi* (GL), ambos sem fertilização. Uma floresta nativa (FN) classificada como aberta/densa de bambu foi a referência para avaliar a mudança de uso do solo de floresta nativa para pastagem. O pasto puro foi a referência para mudança de manejo da pastagem. Os sistemas avaliados têm o mesmo tipo de solo, um Argissolo Vermelho-Amarelo plíntico (EMBRAPA, 2013). O experimento foi instalado em 2011 na fazenda Guaxupé (68° 05' W, 9° 57' S, 200 m acima do nível do mar) em Rio Branco, Estado do Acre, Brasil. A retirada da floresta nativa do solo do experimento ocorreu em 1981.

As coletas de solo foram realizadas em G, GL e FN de fevereiro a dezembro de 2014 e de janeiro a julho de 2015 nas camadas de 0-10 cm e 10-20 cm, as análises de solo seguiram o protocolo da Rede Pecus.

Os resultados das análises de solo e as informações meteorológicas foram as entradas no modelo DNDC para predizer as emissões de N_2O (LI *et al.*, 1994).

RESULTADOS PRELIMINARES

- A emissão média de N_2O em 166 dias seguiu a ordem: pasto puro (35,8 µg N m^{-2} h^{-1}) > floresta nativa (28,2 µg N m^{-2} h^{-1}) > pasto consorciado (27,2 µg N m^{-2} h^{-1}). As emissões de N_2O foram menores na transição das estações chuva-seca e seca-chuva e maiores nas estações características de chuva e de seca da Amazônia brasileira;
- As emissões de N_2O foram correlacionadas com o espaço poroso preenchido com água do solo (0-10 cm) e com a temperatura do solo (0-10 cm) nos sistemas FN, G e GL ($P < 0.05$) e não apresentaram correlação com os teores de N-nitrato do solo;

- A emissão anual de N_2O foi de 3,13 kg N ha^{-1} ano^{-1} no G, 2,47 kg N ha^{-1} ano^{-1} na FN e 2,38 kg N ha^{-1} ano^{-1} no GL. A emissão anual predita nos sistemas G, GL e FN está na faixa de emissão anual tabulada por Verchot *et al.* (1999) para floresta tropicais úmidas (0,3 a 6,7 kg N ha^{-1} ano^{-1}) e de acordo com Meurer *et al.* (2016) para pastagens;
- A emissão total de N_2O para o período avaliado foi 4,6 kg N ha^{-1} no G, 3,0 kg N ha^{-1} na FN e 2,7 kg N ha^{-1} no GL (Figura), maiores do que aquelas citadas por Melillo *et al.* (2001) para pastos velhos, entretanto estão na faixa citada por Meurer *et al.* (2016);
- Embora na faixa das emissões de N_2O medidas na Amazônia brasileira, as emissões preditas pelo DNDC neste estudo devem ser tratadas com cuidado, visto que resultados de emissões medidas em campo ainda não estão disponíveis para o solo, as condições meteorológicas regionais e o manejo de pastagem na fazenda avaliada neste estudo.

DESAFIO

- Medir as emissões de N_2O em condições de campo para o solo, as condições meteorológicas regionais e o manejo de pastagem avaliados neste estudo.

SOLUÇÕES

- Grupos de pesquisadores consolidados na Amazônia brasileira e integrados com grupos nacionais e internacionais no tema de mudança climática;
- Laboratório no sudoeste da Amazônia brasileira com capacidade operacional contínua.

DADOS PUBLICADOS EM:

ALMEIDA et al. (coord.). Anais do 2° Simpósio Internacional sobre gases de efeito estufa na agropecuária. Campo Grande, MS: Embrapa gado de corte, 2016.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

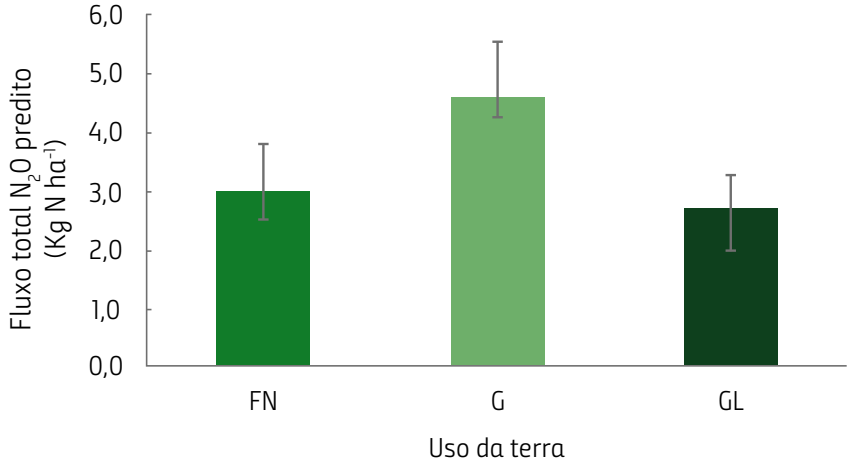
Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ED. Brasília: Embrapa, 2013.

GILTRAP, D. L. et al. DNDC: A process-based model of greenhouse gas fluxes from agricultural soils. Agriculture, ecosystems and environment, V. 136, P. 292-300,2010.

LI, C. et al. Modeling carbon biogeochemistry in agricultural soils. Global biogeochem. Cycles, N. 8, P. 237-254, 1994.

Continuação no Anexo

Figura: Fluxo total de N_2O predito na fazenda Guaxupé, Estado do Acre, Brasil. FN = floresta nativa. G = pasto puro de *Brachiaria humidicola* and GL = pasto consorciado de *B. humidicola* com *Arachis pintoi cv BRS Mandobi*. Valores são médias de 38 simulações de parâmetros do solo no DNDC. Barras são o desvio padrão da média.



COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dra. Lucieta Guerreiro Martorano

Embrapa Amazônia Oriental

e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br

Dr. Falberni de Souza Costa

Embrapa Acre

e-mail: falberni.costa@embrapa.br

DINÂMICA DE GASES DE EFEITO ESTUFA E A INTERFACE COM A EFICIÊNCIA, QUALIDADE DOS ALIMENTOS E SUSTENTABILIDADE EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIOS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA

Alexandre Berndt[1]; Leandro Sannomiya Sakamoto[1,2]; André de Faria Pedroso[1]; Amanda Prudêncio Lemes[1]; Mariana Vieira Azenha[1]; Teresa Cristina Alves[1]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[2]; Rosana Ruegger Corte[2]; Paulo Roberto Leme[2]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 2 Universidade de São Paulo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar as intensidades de emissão de CH_4 de bovinos Nelore em sistemas de pastagem na fase de terminação. Foram avaliados 48 animais castrados da raça Nelore de duas safras, sendo 24 por safra, distribuídos nos quatro sistemas de produção em pastagem: sob manejo intensivo irrigado com alta lotação (IAL), sob manejo intensivo de sequeiro com alta lotação (SAL), em recuperação sob manejo de sequeiro com lotação animal moderada (SML) e degradada com baixa lotação animal (DEG).

A mensuração de metano foi feita pela técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6). Amostras das pastagens foram analisadas e o consumo dos animais Nelore foram estimados. Foram registrados dados de desempenho animal (peso vivo, ganho de peso, conversão alimentar), de carcaça (área de olho de lombo do músculo Longissimus, espessura de gordura, peso de carcaça quente (PCQ) e rendimentos de carcaça (RendC) e do ganho (RendG) e variáveis relacionadas ao metano. Foram apresentados também dados por hectare. Os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do programa SAS 9.3.

RESULTADOS

- Sistemas mais intensificados apresentaram melhores resultados da qualidade de forragem comparados com o DEG, isto refletiu nos resultados de consumo e desempenho desses animais que apresentaram piores resultados. O DEG foi o menos produtivo de todos. Algumas variáveis relacionadas ao CH_4 apresentaram diferenças entre os tratamentos: I) a emissão em relação ao ganho de peso diário (CH_4GPD) foi menor para o sistema IAL (371 g CH_4/kg GPD) comparado aos sistemas DEG (478,4) e SAL (484,5), o sistema SML (404,0) não diferenciou dos IAL e DEG; II) a energia bruta perdida na forma de CH_4 (YM) apresentou maiores valores para os sistemas SAL e DEG comparado aos IAL e SML. Os sistemas mais intensificados apresentaram maior taxa de lotação (p <0,0001) e maior ganho de peso e carcaça (p <0,0001) por hectare. O SAL apresentou menor intensidade de emissão (IE) calculada pelo RendG que o DEG (p = 0,0269). Entretanto, os sistemas não apresentaram diferenças na IE por ganho de peso (p = 0,3602) e por kg de carcaça calculado pelo

Tabela 1: Variáveis de metano obtidas de machos Nelore em sistemas com diferentes níveis de intensificação a pasto

Variáveis 4	Tratamentos 1				Média ± DP2	EPM3	P
	IAL	SAL	SML	DEG			
CH_4GD (g/d)	185,1	199,2	192,7	177,7	188,4±52,6	3,858	0,2484
CH_4PVm (g/kg)	0,429	0,468	0,453	0,466	0,451±0,11	0,008	0,3544
CH_4PMet (g/kg)	1,945	2,128	2,047	2,050	2,037±0,49	0,036	0,3865
CH_4GPD (g/kg)	371,0c	484,5a	404,0bc	478,4ab	422,3±203	15,28	0,0078
CH_4CMS (g/kg)	23,98	26,67	25,24	27,57	25,76±5,92	0,434	0,0602
CH_4DDM (g/%)	62,54	64,73	65,80	61,90	63,62±17,9	1,307	0,6985
CH_4EB (Mcal/d)	2,457	2,646	2,562	2,353	2,502±0,70	0,051	0,1848
YM % (EBCH$_4$/EBI)	7,714b	8,760a	7,792b	8,610a	8,193±1,86	0,136	0,0170

Legenda: a, b, c Letras diferentes na mesma linha diferem entre si (p < 0,05) pelo teste T.

1IAL: pasto irrigado com alta taxa de lotação, SAL: pasto de sequeiro de alta taxa de lotação, SML: pasto de sequeiro de moderada taxa de lotação, DEG: pasto degradado; 2DP: desvio padrão; 3EPM: erro padrão médio; 4CH_4GD: emissão de metano em g/dia, CH_4PVm: emissão de metano em g CH_4/kg de peso vivo médio, CH_4PMet: emissão de metano em g CH_4/kg de peso metabólico, CH_4GPD: emissão de metano em g CH_4/kg de ganho de peso médio diário, CH_4CMS: emissão de metano em g CH_4/kg de consumo médio diário de matéria seca, CH_4DDM: emissão de metano em g CH_4/% de matéria seca digestível, CH_4EB: emissão de metano em Mcal CH_4/animal/dia, YM: porcentagem de energia bruta perdida na forma de metano.

RendC (p = 0,1567), apesar das diferenças parciais encontradas nas emissões por ano e por taxa de lotação (p <0,0001) com valores mais altos para os sistemas intensificados, mostrando a possibilidade de maior produção de carne com uma mesma IE, considerando apenas a emissão de metano entérico. Apesar das diferenças encontradas entre os níveis de intensificação das pastagens, é importante avaliar o sistema como um todo, como o sequestro de carbono dos solos, a emissão de óxido nitroso, entre outros e não apenas a emissão de metano dos animais.

DESAFIOS

- Considerando a grande diversidade dos sistemas de produção, das raças bovinas, dos grupos genéticos e das dietas dos animais é difícil estabelecermos coeficientes técnicos médios que representem todo o Brasil. Porém como ainda são poucos os trabalhos de avaliação da emissão de metano entérico e sua intensidade de emissão no país, isso acaba se tornando um valor de referência para os demais países ao redor do mundo. Por isso há a necessidade de mais pesquisas e estudos para a obtenção de dados confiáveis de acordo com cada região ou sistema de produção. O grande potencial do país em produzir alimentos é, algumas vezes, visto de forma negativa pela sociedade devido às falhas de comunicação e carência de publicações evidenciando as melhorias alcançadas ao longo de décadas. A aplicação de tecnologias como o melhoramento genético e manejo de pastagens com objetivo de aumentar a produtividade refletem em menor impacto sobre o ambiente visto que a produção de carne brasileira é principalmente realizada a pasto. Diante do exposto o que motivou a execução deste trabalho foi a desmistificação da visão improdutiva ou não sustentável da produção pecuária brasileira através de resultados obtidos com rigor científico, com o objetivo específico de avaliar e entender o equilíbrio entre o aumento da produtividade e a minimização dos impactos ambientais, principalmente através da emissão de GEE pelos ruminantes.

SOLUÇÕES

- A pesquisa mostrou que sistemas mais intensificados produzem mais carne com uma mesma intensidade de emissão de metano;
- Para definir qual sistema de produção, grupo genético bovino, tipo de dieta, nível de intensificação utilizar, é importante verificar os que melhor se encaixam em sua estrutura visando uma produção sustentável. Os impactos ambientais causados pela atividade podem até serem neutralizados se o planejamento e a execução forem adequados ao seu objetivo.

DADOS PUBLICADOS EM:

BERNDT, A.; MÉO FILHO, P.; SAKAMOTO, L. S.; MORELLI, M. Técnicas para mensurar emissão de metano em bovinos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES NO CERRADO, 4., 2018, Uberlândia, MG. Anais [...]. Uberlândia: FAMEV UFU, 2018. p. 85-96.

OLIVEIRA, P. P. A.; CORTE, R. R. S.; SILVA, S. L.; RODRIGUEZ, P. H. M.; SAKAMOTO, L. S.; PEDROSO, A. F.; TULLIO, R. R.; BERNDT, A. The effect of grazing system intensification on the growth and meat quality of beef cattle in the Brazilian Atlantic Forest biome. Meat Science, v. 139, p. 157-161, 2018.

SAKAMOTO, L. S. Intensidades de emissão de gás metano de bovinos Nelore terminados a pasto e cruzados em confinamento. 2018. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2018.

Continuação no Anexo



Figura: Bovinos Nelore em sistemas de pastagem com diferentes níveis de intensificação em coleta de dados individuais de emissão de metano entérico utilizando a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6)

Crédito: Alexandre Berndt

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Pedroso Faria

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

ESTOQUE DE CARBONO ORGÂNICO E EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SOLO EM ÁREA DE CAMPO NATIVO DO BIOMA PAMPA

Leandro Bochi da Silva Volk[1]; José Pedro Pereira Trindade[1]; Teresa Cristina Moraes Genro[1]
1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sul

Mais de 50% do rebanho bovino do Rio Grande do Sul, e quase a totalidade do rebanho ovino, ainda é criado em campo nativo – vegetação natural campestre característica do bioma Pampa. Este bioma representa cerca de 63% do território do Rio Grande do Sul, sendo responsável pela manutenção e produção do rebanho gaúcho. Contudo, a vegetação natural campestre também ocorre em áreas significativas dos biomas Pantanal, Mata Atlântica e Cerrado. Esse campo nativo, mesmo quando manejado com pecuária, é ambientalmente multifuncional e entrega inúmeras funções ecológicas. É dessa característica que vem seu potencial de aporte para a conservação dos recursos naturais (solo, água e biodiversidade), diferenciação de produtos, prestação de serviços ecossistêmicos e adaptação às mudanças climáticas. Outro ponto importante é o fato que o Decreto Estadual nº 52.431 de 2015 que regulamenta o uso de Reserva Legal no Cadastro Ambiental Rural para o bioma Pampa, permite o uso pecuário das áreas campestres e integrantes da Reserva Legal das propriedades. Deste modo, o grupo de pesquisa da Embrapa Pecuária Sul vem colocando esforço para definir manejos que mantenham a proteção desta vegetação de acordo com a legislação ambiental, ao mesmo tempo que entrega para a sociedade um sem número de serviços ecossistêmicos (como o sequestro de carbono e nitrogênio no solo e a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa) e garante a atividade pecuária e renda ao produtor. Para tal, esse grupo de pesquisa conduziu atividades não só de caracterização do estoque de carbono e nitrogênio orgânico e a emissão de gases de efeito estufa (GEE) do solo, mas também de entender como eles se relacionam com a vegetação e o manejo dos animais. As avaliações das emissões de gases do solo foram feitas entre 2014 e 2015, em área de campo nativo com novilhos da raça Hereford em três níveis de intensificação: pastagem natural (PN), pastagem natural fertilizada (PNA) e pastagem natural fertilizada e sobressemeada com azevém (*Lolium multiflorum*) e trevo vermelho (Trifolium pratense; PNM). As avaliações de estoque de carbono e nitrogênio orgânico do solo foram feitas em 2015, na mesma área citada anteriormente, até a profundidade de 50 cm, seguindo a metodologia padronizada aos integrantes do projeto PECUS. Ainda com o intuito de entender a relação solo-planta-animal que se estabelece nesse sistema natural em uso com pecuária, também foram feitas avaliações físico-químicas do solo e de massa de raízes das plantas. Valiosos resultados já foram alcançados e disponibilizados à comunidade científica e aos produtores, mas muito ainda tem para ser feito e investigado.

RESULTADOS

- O estoque de carbono orgânico no solo (sem considerar a vegetação e suas raízes) variou entre 90 e 120 t/ha, considerando a profundidade de 0 a 50 cm;
- Encontrou-se relação positiva e significativa entre o estoque de carbono e de nitrogênio no solo com a massa de raízes, indicando que o correto manejo do pastejo dos animais conduz ao aumento da produção de raízes e ao aumento do estoque de Corg e de Norg;
- A maior diversidade da composição botânica está positivamente relacionada com o maior estoque de Corg no solo;
- O CO_2 foi o principal GEE emitido, contudo com valores muito baixos (oscilando entre 0 e 250g C/ha/dia), sendo no outono/inverno com taxa média de 25 g C/ha/dia e na primavera verão com taxa média de 100 g C/ha/dia);
- A emissão de gases de efeito estufa oscilaram ao longo do ano, demonstrando forte dependência de fatores climáticos (chuva e temperatura, principalmente);
- A emissão de N_2O foi muito baixa (cerca de 63 g N_2O/ha num período de 30 dias), sendo percebida apenas nas áreas que receberam adubação nitrogenada (cerca de 180 g N_2O/ha num período de 30 dias após a adubação).

DESAFIOS

- O imageamento das áreas e da vegetação com o uso de drones tem bom potencial de estimativa do estoque de carbono no solo;
- O uso de sensores no solo e o acúmulo de grande quantidade de dados, além de ser fundamental para a pecuária de precisão, pode nos ajudar a entender melhor a relação solo-planta-animal que regula o funcionamento desses sistemas naturais com pecuária;
- A relação entre a estrutura da vegetação e seu impacto no estoque de carbono e de nitrogênio ainda precisa ser melhor estudada;
- O balanço de C nesse tipo de sistema é mais complexo do que em sistemas agrícolas e depende de mais fatores de emissão que ainda não foram avaliados.

SOLUÇÕES

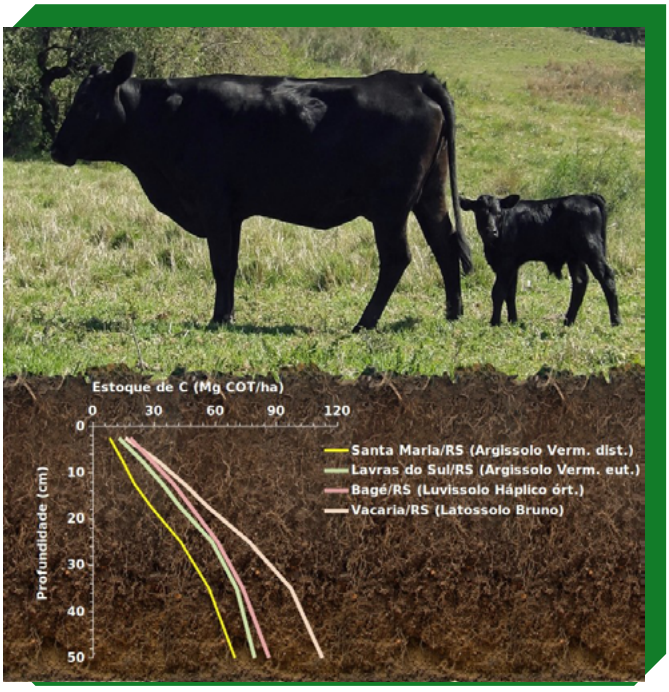
- Recomendações de práticas de manejo para os produtores, visando a manutenção do estoque de Corg e de Norg e manutenção da resiliência dos campos têm sido amplamente difundidas em ferramentas de transferência de tecnologia.

DADOS PUBLICADOS EM:

VOLK, L. B. da S.; GENRO, T. C. M.; TRINDADE, J. P. P. Nitrous oxide emissions from soil of natural grassland under different intensifications in Pampa biome. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 75-78.

VOLK, L. B. da S.; GENRO, T. C. M.; TRINDADE, J. P. P. Total organic carbon stock in Luvisol under natural grassland with different intensifications in Pampa biome. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 375-379. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 216).

Figura: Estoques de carbono orgânico total no solo em Luvissolo sob pastagem natural (Campo Nativo) com diferentes intensificações.



Créditos: Leandro Bochi de Silva Volk

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Leandro Bochi da Silva Volk

Embrapa Pecuária Sul

e-mail: leandro.volk@embrapa.br

Dra. Teresa Cristina Moraes Genro

Embrapa Pecuária Sul

e-mail: cristina.genro@embrapa.br

ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS PASTORIS PARA A PRODUÇÃO LEITEIRA

Patrícia Perondi Anchão Oliveira[1]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[2]; Maria Fernanda Ferreira Menegucci Praes[2]; Fernando Antônio Fernandes[3]; André de Faria Pedroso[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 2 Universidade de São Paulo; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pantanal.

Na agropecuária, considerando o contexto das mudanças climáticas, o uso do solo está em foco; porque o solo pode ser fonte de emissões ou dreno de Gases de Efeito Estufa (GEE), dependendo do manejo realizado (IPCC, 2001). Alternativas importantes como manejar as pastagens dos sistemas de produção de forma a incrementar a adição de matéria-orgânica e a retenção de carbono (C) no solo evitam a emissão GEE e proporcionam drenos de C, evitando o aquecimento global (BAYER *et al.*, 2006).

O objetivo desse estudo foi avaliar o impacto do manejo da pastagem sobre os estoques de C, com vistas a aumentar a sustentabilidade da pecuária leiteira. O estoque e a taxa de acúmulo de C no solo foram comparados na superfície (camada de 0 a 30 cm) e em profundidade (camada de 30 a 100 cm) nos solos de áreas de pastagens extensivas e intensivas irrigadas, tendo a floresta nativa como referência.

O estudo foi desenvolvido na Embrapa Pecuária Sudeste, SP, Brasil no Bioma Mata Atlântica. O C do solo foi avaliado em pastagens sob dois tipos de manejo em sistemas de produção pastoris leiteiros em um latossolo vermelho-amarelo distrófico: EXT – pastagens com manejo extensivo com baixa taxa de lotação animal e IIR – pastagens irrigadas com manejo intensivo e alta taxa de lotação animal. A pastagem EXT era composta por dois piquetes (3 ha cada) possuindo pastagens de *Brachiaria spp.* e C*ynodon nlemfuensis Vanderyst,* manejada com lotação contínua, sem correção do solo ou fertilização. As pastagens no sistema IIR foram estabelecidas com Panicum maximum Jacq cv. Tanzânia, que é sobressemeada anualmente com Avena byzantina cv. São Carlos e *Lolium multifloram Lan. cv.* BRS Ponteio, no outono. O sistema IIR consiste de duas áreas similares contendo 1,6 ha, dividida em 27 piquetes de 600 m^2 cada um, manejadas com lotação rotativa, com um dia de ocupação e 26 dias de período de descanso. As pastagens do sistema IIR receberam calcário e fertilizantes superfosfato simples cloreto de potássio para alcançar respectivamente, 20 mg $P.dm^{-3}$ e 4% K na CTC (capacidade de troca de cátions) do solo. O nitrogênio foi aplicado na dose de 600 kg ha^{-1} $ano^{-1.}$

Essas áreas foram pastejadas por vacas leiteiras (HPB puras e mestiças JEx HPB), que receberam suplementos e concentrado (formulado de acordo com NRC, 2001) na proporção de 1 kg concentrado: 3litros de leite. Foi realizado o ajuste na oferta de forragem pelo método "put and take".

A floresta de referência era a Floresta Estacional Semidecidual do Bioma Mata Atlântica. Amostras de solo foram coletadas das áreas de pastagens e da floresta em oito profundidades: 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm; com seis repetições por tratamento (três por área). As amostras de cada profundidade coletadas usando o anel de kopecky foram secas a 105^{0}C e pesadas, para determinação da densidade volumétrica. Após essas amostras foram moídas a 0,150 mm para a análise da concentração de C pelo método da combustão total em equipamento CHN. Os estoques de C de cada profundidade foram calculados e corrigidos pela densidade, tendo a floresta como referência (ELLERT E BETTANY, 1996). Também foram calculados os estoques de C nas profundidades de 0-30 e 0-100 cm. Os dados obtidos foram analisados utilizando o procedure mixed do programa SAS® (SAS INSTITUTE, 2002).

RESULTADOS

- O tipo de pastagem e a profundidade da camada do solo influenciaram a concentração de C no solo. A concentração de C foi maior no sistema EXT, comparado ao sistema IIR e à floresta, que apresentaram concentrações semelhantes. A concentração de carbono foi mais alta nas camadas mais superficiais do solo (0-5 cm), decrescendo em profundidade;

- O tipo de pastagem não afetou os estoques de C. A profundidade das camadas de solo influenciou os estoques de C, sendo que na camada 0-100 cm o estoque de C foi 121% maior que o estoque na camada de 0-30 cm. Sthal *et al.* (2016) relataram que os estoques de C podem ser considerados em camadas mais profundas de solo, até 100 cm.

SOLUÇÕES

- Pastagens manejadas intensivamente e extensivamente (levando-se em conta os critérios de ajuste da oferta de forragem e evitando-se o superpastejo) mantêm ou aumentam os estoques de C em relação à floresta;
- Os solos brasileiros são profundos e tem capacidade de estocar carbono em profundidade, o que pode ser explicado pelo crescimento de raízes em profundidade das pastagens tropicais.

DADOS PUBLICADOS EM:

OLIVEIRA, P. P. A.; RODRIGUES, P. H. M.; PRAES, M. F. F. M.; FERNANDES, F. A.; PEDROSO, A. de F. Soil carbon content and stock in tropical pastures in a milk production system. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 385-388. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 216).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A., DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. Soil Till. Res., n. 86, p. 237-245, 2006.

ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. Canadian Journal of Soil Science, n. 75, p. 529-538, 1996.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2001: The scientific basis. Cambridge, US: Cambridge University Press, 2001.

Continuação no Anexo

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Faria Pedroso

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

Figura: Pastagem intensiva irrigada



Crédito: Teresa Cristina Alves.

ESTOQUES DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS INTEGRADOS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA

Alberto Carlos de Campos Bernardi[1]; Sergio Novita Esteves[1]; José Ricardo Macedo Pezzopane[1]; Teresa Cristina Alves[1]; Alexandre Berndt[1]; André Farias Pedroso[1]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[2]; Ladislau Martin Neto[3]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; 2 Universidade de São Paulo; 3 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Instrumentação

Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) têm sido utilizados como uma estratégia de intensificação agrícola sustentável que integra atividades anuais de cultivo, árvores e pecuária na mesma área e na mesma safra (BALBINO *et al.*, 2011a, b). O sistema baseia-se em rotações de culturas e práticas de plantio direto que contribuem para aumentar a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo. O sistema ILPF é uma das estratégias do programa do governo brasileiro "Agricultura de Baixo Carbono" para reduzir ou compensar as emissões de carbono, com melhora simultânea na eficiência da colheita. A intensificação da produção observada no sistema de ILPF melhora as condições físicas, químicas e biológicas do solo; aumenta a ciclagem e a eficiência de utilização dos nutrientes; reduz custos de produção; diversifica e estabiliza a renda na propriedade rural e viabiliza a recuperação de áreas com pastagens degradadas (SALTON, *et al.*, 2014). O ILPF promove a mudança do sistema de uso da terra, com a integração dos componentes do sistema produtivo, visando atingir patamares cada vez mais elevados de qualidade do produto, qualidade ambiental e competividade (CORDEIRO *et al.*, 2015).

As mudanças no uso da terra alteram os processos biogeoquímicos do solo, com reflexos no estoque de C e no fluxo de gases entre o solo e a atmosfera (MAIA; PARRON, 2015). A matéria orgânica tem sido utilizada como um indicador-chave da qualidade do solo em sistemas ILPF, considerando sua influência nos demais atributos essenciais para que o solo desempenhe suas funções (MARCHÃO *et al.*, 2009; SALTON *et al.*, 2014; CONCEIÇÃO *et al.*, 2017).

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar os estoques de carbono no solo em sistemas integrados de produção agropecuária no bioma Mata Atlântica.

A área experimental está localizada em São Carlos – SP, Brasil (21° 57'S, 47° 50'W, 860 m alt) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico arenoso-argiloso e clima Cwa. A área é composta por cinco sistemas de produção, com duas repetições de áreas de 3 ha cada (total de 30 ha), assim constituídos: I) Sistema extensivo (EXT) de pastejo em lotação contínua em pastagem de capim Braquiária (*Urochloa decumbens*), sem uso de insumos; II) Sistema de pastejo rotativo (INT) em pastagem de capim Piatã (*U. brizantha cv. BRS Piatã*), com aplicação de calcário e fertilizantes; III) Sistema de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), com a rotação de milho e capim Piatã a cada 3 anos, sob pastejo rotativo e alternado com aplicação de calcário e fertilizantes; IV) Sistema silvipastoril (IPF), composto de pastagens de capim Piatã arborizada com *Eucalyptus urograndis* clone GG110 sob pastejo rotativo e aplicação de calcário e fertilizantes; v. Sistema de Integração Lavoura Pecuária Floresta (ILPF), rotação de milho com capim Piatã e arborizado com Eucalyptus urograndis clone GG110, sob pastejo rotativo e aplicação de calcário e fertilizantes. Além disso, há uma área controle referente à vegetação natural de floresta estacional semidecidual do bioma Mata Atlântica. Em 2016, no quinto ano após a implantação dos sistemas de produção, foi avaliado o acúmulo de carbono no solo até a profundidade de 1,0 m. Foram determinados o teor de C, pela técnica de combustão em analisador de C total, e a densidade do solo com anéis volumétricos. Os estoques de C no solo foram calculados em massa equivalente de solo, utilizando-se a massa de solo do sistema de vegetação natural como referência.

RESULTADOS

- Após cinco anos, os estoques de C no solo (em Mg ha-1) foram: IPF, 179,9; INT, 173,1; ILPF, 160,2; ILP, 136,4; e EXT, 121,0 Mg ha^{-1}. Os estoques de IPF, INT e ILPF foram significativamente ($p < 0,001$) maiores e EXT significativamente menores que os estoques de C sob Mata Atlântica natural (129,7 Mg ha^{-1});
- O projeto é de longa duração e nova amostragem será realizada com 10 anos de implantação dos sistemas integrados.

DESAFIOS

- Fornecer dados quantitativos sobre o estoque de C em sistemas integrados;
- Ampliar os conhecimentos sobre o potencial de sequestro de carbono no solo em sistemas integrados;
- Estabelecer planos de manejo para manutenção do equilíbrio produtivo e benefícios ambientais dos sistemas integrados com a presença de árvores;
- Fortalecer a adoção das inovações pelos técnicos e produtores;
- Apoiar a formulação de políticas públicas.

SOLUÇÕES

- Os resultados indicaram que, nas condições edafoclimáticas locais do estudo, tanto os sistemas agroflorestais (ILPF e IPF) quanto as pastagens bem manejadas (INT) levam ao alto acúmulo de carbono no solo, mesmo em curto prazo, como os cinco anos deste estudo;
- A mudança no uso da terra, baseada em estratégias adequadas de manejo do solo, como o suprimento equilibrado de nutrientes, implementação de práticas conservacionistas, manejo adequado da pastagem, plantio direto e a rotação de culturas, aumentaram o acúmulo de carbono no solo.
- Possibilidade de uso da recuperação e intensificação de pastagens para aumentar o sequestro de C e mitigação da emissão gases de efeito estufa.

DADOS PUBLICADOS EM:

BERNARDI, A. C. C.; ESTEVES, S. N.; PEZZOPANE, J. R. M.; ALVES, T. C.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; RODRIGUES, P. H. M.; OLIVEIRA, P. P. A. Soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian Atlantic Forest region. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 21., 2018, Rio de Janeiro. Proceedings [...]. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2019. p. 483. v. II: Soil Science Beyond Food and Fuel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (ed.) Marco referencial: integração lavoura pecuária floresta. Brasília: Embrapa, 2011a.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; 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, v. 46, p. ixii, 2011b.

CONCEIÇÃO, M. C. G.; MATOS, E. S.; BIDONE, E. D.; RODRIGUES, R. A. R.; CORDEIRO, R. C. Changes in soil carbon stocks under integrated crop-livestock-forest system in the Brazilian amazon region. Agricultural Sciences, v. 8, n. 9, p. 904-913, 2017.

Continuação no Anexo



Figura: Sistema de integração lavoura pecuária floresta

Crédito: Gisele Rosso.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Faria Pedroso

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: jose.pezzopane@embrapa.br

ESTOQUES DE CARBONO E HUMIFICAÇÃO NO SOLO EM PASTAGENS COM DIFERENTES NÍVEIS DE INTENSIFICAÇÃO NO BRASIL

Aline Segnini[1]; Alfredo Augusto Pereira Xavier[1]; Pedro Luís Otaviani-Junior[1]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[2]; André de Faria Pedroso[2]; Maria Fernanda Ferreira Menegucci Praes[3]; Paulo Henrique Mazza Rodrigues[3]; Débora Marcondes Bastos Pereira Milori[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Instrumentação; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Pecuária Sudeste; 3 Universidade de São Paulo.

O manejo intensivo de pastagens tropicais no Brasil apresenta grande potencial para a mitigação da emissão de gases de efeito estufa devido à alta produção de forragem e ao elevado acúmulo de carbono no solo. O objetivo desse estudo foi avaliar diferentes níveis de intensificação de pastagens de sistemas de produção de bovinos de corte em relação à floresta nativa quanto aos estoques de carbono no solo e a humificação da matéria orgânica. O Sistema solo-planta de pastagens de quatro sistemas de produção de bovinos de corte foram avaliados, sendo: pastagens de capim-colonião manejadas intensivamente irrigadas e sobressemeadas no inverno com aveia e azevém e com alta lotação animal, pastagens de capim-colonião de sequeiro manejadas intensivamente com alta lotação animal, pastagens de capim-brachiaria de sequeiro manejadas intensivamente com média lotação animal e pastagens degradadas. O solo sob a Floresta também foi avaliado. Foram realizadas avaliações da textura e densidade do solo, dos teores de carbono (analisador elementar CHN), do teor de matéria-orgânica e do índice de humificação em LIFS (Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy), que é importante porque complementa os dados de estoque de carbono, uma vez que a técnica LIFS avalia o C recalcitrante no solo, que pode ser um indicador sensível às mudanças de uso da terra e de manejo do solo. Foram calculados os estoques de carbono nas camadas de 0-30 e 0-100 cm.

RESULTADOS PRELIMINARES

- Os estoques de carbono (0 - 100 cm) variaram de 99.88 a 142.33 Mg ha^{-1} na pastagem degradada e na pastagem de capim-brachiaria com média lotação animal, respectivamente;
- Os estoques de carbono nos sistemas de pastagens de capim-colonião de sequeiro com alta lotação animal e na pastagem de capim-brachiaria com média lotação animal foram, respectivamente, 14% e 24% mais alto que o estoque de carbono da floresta semidecidual do Bioma Mata Atlântica, e indicam a capacidade do manejo adequado da pastagem tropical em acumular C e mitigar as emissões de gases de efeito estufa dos sistemas de criação de bovinos de corte a pasto;
- Os índices de humificação obtidos nesse trabalho indicaram a presença de C mais lábil em pastagens com maior acúmulo de C (sistemas de sequeiro de alta e média lotação animal), principalmente nas camadas mais superficiais do solo, indicando acúmulo recente de matéria orgânica decorrentes do adequado manejo da pastagem.

DESAFIOS

- Evitar a degradação das pastagens, pois perde-se matéria orgânica do solo, sendo impossível contar com o sequestro de carbono para mitigar as emissões de gases de efeito estufa;
- Evitar que o C mais lábil acumulado nos sistemas de produção sejam perdidos por manejo inadequado das pastagens;
- Torna-se necessário desenvolver tecnologias para aumentar o sequestro de carbono em sistemas irrigados.

SOLUÇÕES

- Esse experimento mostrou a capacidade do adequado manejo da pastagem, mesmo sem a inclusão de árvores nos sistemas de produção, em aumentar os estoques de carbono e contribuir para mitigar as emissões de gases de efeito estufa;
- Resultados indicam a importância da quantificação dos estoques de C associados com a estabilidade do C. Baixos estoques de C associados a altos índices de humificação (C menos lábil) são características de solos de pastagens degradadas, onde quantidade significante de matéria orgânica foi perdida, decorrente do manejo inadequado das pastagens.

DADOS PUBLICADOS EM:

SEGNINI, A.; XAVIER, A. A. P.; OTAVIANI-JUNIOR, P. L.; OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. F.; PRAES, M. F. F. M.; RODRIGUES, P. H. M.; MILORI, D. M. B. P. Soil carbon stock and humification in pastures under different levels of intensification in Brazil. Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 76, n. 1, p. 33-40, 2019. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1678-992x-2017-0131.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. André de Faria Pedroso

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: andre.pedroso@embrapa.br

Tabela: Estoques de C em duas profundidades em quatro sistemas de produção de bovinos de corte a pasto e na vegetação nativa

Profundidade (cm)	Tratamentos				
	IHS	DHS	DMS	DP	FO
	Mg ha^{-1}				
0-30	44,59ab	53,79ab	63,7a	38,94b	49,55ab
0-100	109,86b	129,63ab	142,33a	99,88b	114,72b

Fonte: própria autoria.

Legenda: IHS = Intensivo irrigado com alta lotação animal; DHS = Intensivo de sequeiro com alta lotação animal; DMS = Intensivo de sequeiro com média lotação animal, DP = Pastagem degradada com manejo extensivo; FO = vegetação nativa ("floresta estacional semidecidual da Mata Atlântica"); a-b = médias seguidas por letras diferentes na mesma linha são diferentes entre si ($p \leq 0.05$) pelo teste de Tukey.

Figura: Detalhe do dossel da pastagem de capim-colonião



Crédito: Patrícia Perondi Anchão Oliveira.

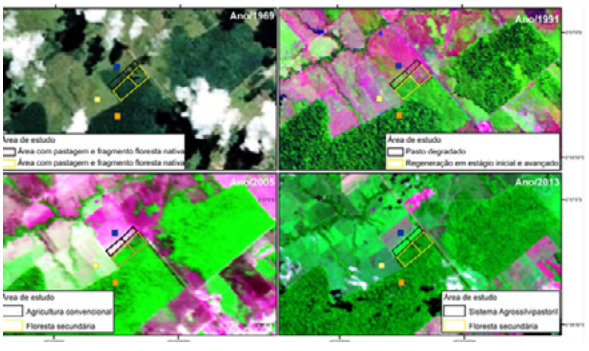
INDICADOR DE QUALIDADE DO SOLO EM SISTEMA PECUÁRIO INTEGRADO DE BAIXA EMISSÃO DE CARBONO NO BIOMA AMAZÔNIA

Siglea Sanna de Freitas Chaves[1]; Lucieta Guerreiro Martorano[2]; Marcello Neiva de Mello[3]; Carlos Tadeu dos Santos Dias[4]; Plínio Barbosa de Camargo[5]; Paulo Campos Christo Fernandes[6]

1 Profissional associado Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege) da Universidade de São Paulo; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Amazônia Oriental; 3 Universidade Federal da Amazônia; 4 Universidade Federal do Ceará; 5 Centro de Energia Nuclear na Agricultura; 6 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrado.

No âmbito do Projeto Componente 7, foram desenvolvidas ações de pesquisa para avaliar a dinâmica da matéria orgânica no solo (MOS) em sistemas de produção agropecuária no Bioma Amazônia. O objetivo neste trabalho foi avaliar o estoque de carbono no solo em pastagens melhoradas, no município de Paragominas, Sudeste do Estado do Pará. A pesquisa foi realizada em uma área da Fazenda Vitória, destinada à unidade de referência tecnológica (URT) da Embrapa Amazônia Oriental. O solo do local é classificado como Latossolo Amarelo de textura argilosa. Para a pesquisa, foi avaliada a seguinte cronossequência: vegetação nativa (VN), utilizada como referência, classificada como floresta ombrófila densa (localizada próximo à pastagem); pastagem degradada (PD), destinada a pecuária extensiva, formada por *Brachiaria humidicola*, com alta infestação de plantas daninhas e manejada com fogo para renovação; pastagem melhorada em integração com paricá - *Schizolobium amazonicum* - (PP) e pastagem melhorada em integração com mogno-africano - *Khaya grandifoliola* (PM). As coletas de solo foram realizadas em diferentes anos, ao longo do estudo (Figura 1), sendo que Camargo *et al.* (1999) avaliou as áreas VN e PD no ano de 1993, e as áreas PP e PM foram avaliadas em 2013. O processo de melhoramento da pastagem (transição de PD para PP e PM), iniciou no ano de 2009, com a correção da fertilidade do solo, para posterior implantação do sistema integração lavoura-pecuária-floresta. O componente lavoura foi desenvolvido até o junho de 2012, seguindo o modelo de sucessão pastagem (*B. brizantha cv.* Piatã) e milho (*Zea mays*), cultivados em faixas (20 m de largura) e separados pelos componentes florestais. A partir do segundo semestre de 2012 permaneceram na área os componentes pecuária e floresta, fase em que os animais foram inseridos para pastejo direto. Nas pastagens melhoradas (PP e PM), as amostras foram coletadas segundo recomendações do protocolo da Rede PECUS, nas camadas 0-10, 10-20 e 20-30 cm. As coletas nas áreas VN e PD foram realizadas segundo Camargo *et al.* (1999), também nas mesmas camadas. A concentração de carbono (C) e a composição isotópica do solo ($\delta^{13}C$) foram avaliadas em analisador elementar (Carlo Erba), acoplado em espectrômetro de massas de razão isotópica em fluxo contínuo (Delta Plus). A densidade do solo (Ds) foi calculada segundo Embrapa (1997). O cálculo do estoque de C, que corresponde ao produto do teor de C (g kg^{-1}) pela Ds (g cm^{-3}) e pela profundidade da camada, foi ajustado de acordo com a área de referência (VN), conforme Ellert e Bettany (1995). A origem da MOS nas pastagens diferiu da área de vegetação nativa na camada 0-10 cm. As áreas de pastagens apresentaram semelhança em relação ao $\delta^{13}C$, sendo que cerca de 22% do C do solo identificado nestas áreas tem origem em plantas de ciclo fotossintético C4. Tal fato está relacionado a textura argilosa do solo que favorece a proteção física da MOS em agregados, fator que reduz o processo de decomposição da MOS da cobertura vegetal anterior (C3). Infere-se também que a contribuição de plantas C3 no solo das áreas PP e PM tem relação com a incorporação de biomassa das plantas daninhas (de ciclo C3) que permaneceram na área antes do processo de melhoramento das pastagens. Não houve diferença significativa no estoque de C entre as pastagens melhoradas (média de 55 Mg ha^{-1}) e a VN (55 Mg ha^{-1}) na camada 0-30 cm. O menor estoque de C foi identificado na área PD (42,4 Mg ha^{-1}), que diferiu das demais até 20 cm de profundidade. O aumento do estoque de C na pastagem melhorada indica melhorias na qualidade do solo. O incremento da MOS nestas áreas amplia a capacidade de resiliência nos sistemas agropecuários integrados, sendo o estoque de C um indicador de sustentabilidade ambiental ao comparar tais sistemas a pastagens degradadas e que usam o fogo como estratégia de renovação anual.

Figura: Cronossequência na área da Fazenda Vitória (Paragominas, PA) nos anos de 1969, 1991, 2005 e 2013. Em todas as imagens, os pontos da cor laranja indicam a um fragmento de floresta nativa, os pontos da cor amarela indicam uma pastagem homogênea e os pontos da cor azul (nos anos 1969, 1991 e 2005) indicam manejos semelhantes ao do retângulo preto. No ano de 2013 a área delimitada pelo retângulo preto (identificada como sistema agrossilvipastoril) corresponde às pastagens melhoradas avaliadas na presente pesquisa.



RESULTADOS PRELIMINARES

- O estoque de carbono no solo (0-30 cm) da área de vegetação nativa foi semelhante às áreas de pastagens recuperadas (próximo a 55 Mg ha^{-1}) e, diferiram da área de pastagem degradada (42,4 Mg ha^{-1});
- A maior parte do carbono estocado no solo das pastagens recuperadas é originário de plantas com rota fotossintética do tipo C3. A maior contribuição das pastagens (plantas C4) ocorreu na camada 0-10 cm, com 21% na PM e 23% na PP, permanecendo abaixo de 15% nas camadas subsuperficiais. A identificação da origem da matéria orgânica do solo é uma ferramenta que tem potencial para ser utilizada com indicador de incremento de C no solo de pastagens, ao longo do tempo, levando em consideração as características edafoclimáticas do ambiente e também o manejo do sistema;
- O melhoramento das pastagens com a implantação do sistema integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) evidencia que a estratégia na transferência de tecnologia da Embrapa na região de Paragominas foi exitosa. A pesquisa desenvolvida na Fazenda Vitória evidenciou o incremento na fixação de carbono no solo da área manejada em sistema ILPF evidenciando contribuições favoráveis à sustentabilidade ambiental, após o processo de recuperação da pastagem.

DESAFIOS

- Recuperar pastagens em vias de degradação, no Bioma Amazônia, pela adoção de técnicas agropecuárias especializadas, visando o uso racional de recursos naturais e aumento de estoques de carbono no solo;
- Recompor a perda de matéria orgânica e compactação do solo decorrente do manejo inadequado de áreas de cultivo agrícola e de produção pecuária, incentivando o desenvolvimento de sistemas especializados conservacionistas para aumentar resiliência das áreas produtivas e prevenir a degradação da área produtiva;
- Divulgação de práticas agrícolas viáveis economicamente, capazes de mitigar as emissões de GEE e de otimizar a produtividade. É necessário incentivar a recuperação de pastagens para mitigar as emissões de GEE nas pastagens em vias de degradação na Amazônia.;
- Gerar informações científicas a respeito de indicadores de qualidade do solo em sistemas agropecuários integrados, com o intuito de fornecer informações para subsidiar políticas públicas para o desenvolvimento agropecuário sustentável do Bioma Amazônia.

SOLUÇÕES

- Os resultados indicam a importância em desenvolver pesquisas sobre sistemas agropecuários que preconizam o uso racional dos recursos naturais;
- A avaliação da dinâmica da matéria orgânica do solo, ao longo da cronossequência, apontou que o investimento em recuperação e melhoramento de pastagens é viável e ambientalmente correto, pois aumentou o estoque de carbono nas áreas PP e PM;
- O aumento do estoque de carbono no solo após a recuperação das pastagens é indicador de sustentabilidade ambiental do sistema de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CAMARGO, P. B.; TRUMBORE, S. E.; MARTINELLI, L. A.; DAVIDSON, E. A.; NEPSTAD, D. C.; VICTORIA, R. L. Soil carbon dynamics in regrowing forest of eastern Amazonia. Global Change Biology, Oxford, v. 9, p. 693-702, 1999.

ELLERT, H; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, v. 75, p. 529-538, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

DADOS PUBLICADOS EM:

CHAVES, S. S. F.; BIASE, A. G.; MELO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G. Análise de agrupamento e componentes principais na avaliação de sistemas integrados de produção agropecuária no nordeste paraense. In: ENCONTRO MINEIRO DE ESTATÍSTICA, 12.; SEMANA DA ESTATÍSTICA, 3., 2013, Uberlândia, MG.

CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G.; CAMARGO, P. B.; EL-HUNSNY, J. C.; FERNANDES, P. C. C.; VALENTE, M. A. Estoque de carbono no solo em área de pastagem convencional e sistema agrossilvipastoril em Paragominas. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 2., 2013, Belém, PA.

CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G.; FERNANDES, P. C. C.; MONTEIRO, D. C. A.; EL-HUNSNY, J. C. Avaliação do potencial de expansão do sistema integração lavoura-pecuária- floresta na recomposição de paisagens sustentáveis em Paragominas, PA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA INTERDISCIPLINAR DA AMAZÔNIA LEGAL, 1., 2011, Belém.

Continuação no Anexo

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. Lucieta Guerreiro Martorano

Embrapa Amazônia Oriental

e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br

MODELAGEM ESTATÍSTICA DO CARBONO NO SOLO EM SISTEMA DE PRODUÇÃO ESPECIALIZADO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA EM PARAGOMINAS-PA

Marcello Neiva de Mello[1]; Carlos Tadeu dos Santos Dias[2]; Lucieta Guerreiro Martorano[3]; Siglea Sanna Freitas[4]; Adriele Giaretta Biase[5]; Paulo Campos Christo Fernandes[6]

1 Universidade Federal da Amazônia; **2** Universidade Federal do Ceará; **3** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental; **4** Profissional associado Programa de Educação Continuada em Economia e Gestão de Empresas (Pecege) da Universidade de São Paulo; **5** Tech Inovação Tecnológica para a Agropecuária; **6** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Cerrado.

A Amazônia brasileira é considerada a maior floresta tropical remanescente do mundo e fornece importantes serviços ecossistêmicos, tais como a manutenção de diversas espécies da fauna da flora, a ciclagem da água, além de estocar uma grande quantidade de carbono no sistema solo-planta. Diante do exposto, entende-se que a conversão de florestas nativas em pastagens, assim como o uso do fogo para renovação de pastos podem ameaçar o equilíbrio das funções do ecossistema. Os sistemas de produção agropecuários desenvolvidos no bioma Amazônia devem ser conduzidos com uso de técnicas que preconizem o uso racional dos recursos naturais. Por este motivo, cada vez mais verifica-se o interesse em avaliar e modelar a concentração do Carbono (C) e do Nitrogênio (N) no solo, em diferentes sistemas de uso da terra, pois a dinâmica destes elementos esta diretamente relacionados à sustentabilidade do arranjo produtivo e à mitigação de possíveis impactos ambientais. A abordagem de modelos não-lineares está sendo cada vez mais comum, cita-se como exemplo estudos como de Oliveira *et al.* (2000) o qual compara modelos para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzera. Paz et al. (2004) também utilizaram modelos para explicar a associação entre polimorfismos genéticos e crescimento em bovinos. Nesse contexto, Zeviani *et al.* (2012) utilizaram modelos não lineares para descrever a liberação de nutrientes no solo, evidenciando diferentes possibilidades de aplicação das análises estatísticas com modelos não-lineares mistos para avaliar e explicar fenômenos da natureza. Assim, o presente capítulo apresenta resultados de modelagem para explicar a dinâmica da concentração de C e N em diferentes profundidades do solo em sistema ILPF. A pesquisa foi realizada na Fazenda Vitória, localizada no município de Paragominas, sudeste paraense, delimitado pelas coordenadas geográficas 02º59'58,37"S e 47º21' 21,29"W. Foram estudados três padrões distintos de uso e cobertura do solo: I. Sistema agrossilvipastoril formado por *B. brizantha cv. piatã* entre faixas de cultivo de *Schizolobium amazonicum* (paricá); II. Sistema agrossilvipastoril formado por *B. brizantha cv. piatã* entre faixas de cultivo de *Khaya spp.* (mogno africano); III. Floresta secundária. A coleta de solo foi realizada em 2013, com três repetições em cada área, nas seguintes camadas: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-130 e 130-150 cm. Para a avaliação do teor de C e N (g kg^{-1}), as amostras de solo (TFSA) foram analisadas por em um analisador elementar Carlo Erba CHN 1110. Esses dados foram utilizados para testar os modelos não-lineares mistos e para descrever o comportamento médio das respostas dos teores de C e de N nas pastagens e na floresta secundária. Foi considerado como a medida repetida no espaço (profundidade) e a heterogeneidade de variâncias neste espaço. De maneira geral, os teores de C e N na i-ésima amostra (indivíduo), na j-ésima profundidade do u-ésimo sistema pode ser representado por $Y_{iju} = \beta_{0u} X_{ij}^{-\beta 1u} + \varepsilon_{iju}$ em que x_{ij} é a profundidade na i-ésima amostra (i = 1, ..., N), na j-ésima profundidade (j = 1, ..., ni). Em termos de modelos mistos, tem-se $Y_{iju} = \beta_{0u} X^{-(\beta_{1u} + b_{1i})} ij + \varepsilon_{iju}$ que em que 0u é o valor médio do teor em estudo no sistema, β_{1u} é a taxa de acúmulo deste teor, b_{1i} é o efeito aleatório associado a β_{1u}, independente e identicamente distribuído como $N(0, \sigma_b^2)$ e ε_{iju} é o erro aleatório associado a Y_{iju}, independente e identicamente distribuído como $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$, e independentes de b_{1i}. Métodos robustos que permitem modificação de estruturas matriciais devem ser utilizados para captar tal heterogeneidade, a partir do modelo não-linear misto. Dentre todos os testados, o modelo f2C.2, com estrutura assumindo covariâncias iguais para efeitos aleatórios e estrutura varPower para resíduos foi o quemelhor se ajustou aos dados observados de carbono no solo, validado por meio da análise de resíduos.

RESULTADOS

- Alta variabilidade nas camadas mais superficiais de teores de C e N no solo;
- Vários modelos testados, a partir do teste de razão de verossimilhança, modificando estruturas de matrizes de covariâncias intra-indivíduos;
- O modelo com função potência de variâncias foi o que melhor se adequou aos dados observados em sistema de produção pecuária em Paragominas.

DESAFIOS

- Alto custo para coleta do solo e realização das análises químicas em laboratório;
- O número de repetições aumenta a significância estatística, mas os custos elevados para realização das análises são fatores que devem ser considerados quando se avalia resultados de análises feitas a campo e modelagem estatística;
- É necessário maior número de amostras de solo, ao longo dos perfis, para garantir maior precisão no modelo de estimativa de incorporação de C em solos manejados com pastagem no bioma Amazônia, como foi o caso do estudo em Paragominas.

SOLUÇÕES

- A adoção de sistema de produção que priorizam a recuperação de pastagens tem a capacidade de aumentar a incorporação de carbono no solo;
- O modelo misto utilizado se mostrou eficiente para descrição do teor de C e N ao longo dos perfis dos solos, sendo uma valiosa ferramenta de monitoramento e estimativa da dinâmica do C no solo.

DADOS PUBLICADOS EM:

MELLO, M. N. Modelo não-linear misto aplicado a análise de dados longitudinais em um solo localizado em Paragominas, PA. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências: Estatística e experimentação agronômica) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

MELLO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G.; CHAVES, S. S. F.; FERNANDES, P. C. C. Modelos não lineares mistos para descrever o teor de carbono orgânico no solo. Revista Brasileira de Biometria, v. 36, n. 1, p. 230-240, 2018.

MELLO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G.; CHAVES, S. S. F.; OLIVEIRA, P. P. A. Nonlinear mixed model applied to the analysis of longitudinal data in a soil located in Paragominas, PA. In: SIGEE - SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

OLIVEIRA, H. N.; LOBO, R. B.; PEREIRA, C. S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1843-1851, 2000.

PAZ, C. C. P.; PACKER, I. U.; FREITAS, A. R.; TAMBASCO, D. D.; REGITANO, L. C. A.; ALENCAR, M. M. Influência de polimorfismos genéticos sobre os parâmetros da curva de crescimento de bovinos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia - Brazilian Journal of Animal Science, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 858-869, 2004.

ZEVIANI, W. M.; SILVA, C. A; CARNEIRO, W. J. O.; MUNIZ, J. A. Modelos não lineares para a liberação de potássio de estercos animais em latossolos. Ciência Rural, Santa Maria, v. 12, n. 10, p. 1798-1796, 2012.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dra. Lucieta Guerreiro Martorano

Embrapa Amazônia Oriental

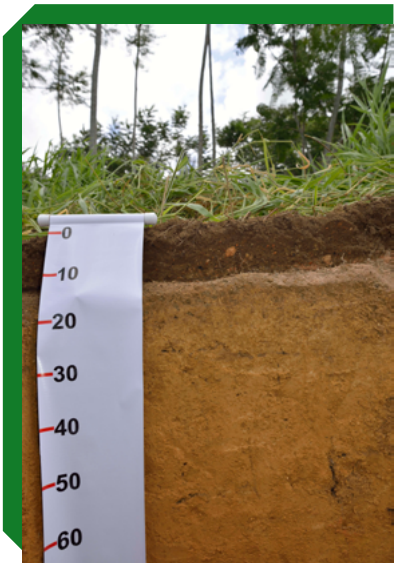
e-mail: lucieta.martorano@embrapa.br

Figura: Sistema agrossilvipastoril formado por B. brizantha cv. piatã entre faixas de cultivo de Khaya spp. (mogno africano). Fazenda Vitória – Paragominas, PA



Crédito: Paulo Fernandes

Figura: Perfil do solo avaliado no sistema agrossilvipastoril formado por B. brizantha cv. piatã entre faixas de cultivo de Schizolobium amazonicum (paricá). Latossolo Amelo argiloso. Fazenda Vitória – Paragominas, PA.



BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM ÁRVORES DE EUCALIPTO EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO PECUÁRIA

José Ricardo Macedo Pezzopane[1]; Cristiam Bosi[2]; Alberto C. de Campos Bernardi[1]; Marcelo Dias Muller[3]; Patrícia Perondi Anchão Oliveira[1]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Pecuária Sudeste; **2** Universidade de São Paulo; **3** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Gado de Leite.

A pecuária tem sido associada à emissão de gases de efeito estufa (GEE), sendo este o setor do agronegócio responsável pela maior emissão, especialmente o metano entérico. Para mitigar esse problema tem sido propostos sistemas de produção baseados em pastagens recuperadas e/ou com capacidade de aumento dos estoques de carbono (C) do solo e diminuição da pegada de C (OLIVEIRA, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2017).

Nesse contexto são inseridos os sistemas de integração: lavoura pecuária (ILP) ou agropastoril, lavoura floresta (SSP) ou silvipastoril e os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou agrossilvipastoril. Esses sistemas apresentam potencial de mitigação de emissão de GEE por meio das remoções de C da atmosfera e estocagem na biomassa e no solo, especialmente quando o componente arbóreo está presente (OLIVEIRA *et al.*, 2017; DUBE *et al.,* 2002; ALMEIDA *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2014; SALTON *et al.*, 2014).

As árvores podem ser inseridas em pastagens já estabelecidas ou implantadas simultaneamente com a formação do pasto (sistemas silvipastoris) e também em sistemas onde o pasto é renovado ou rotacionado com lavouras (sistemas agrossilvipastoris) (BALBINO *et al.*, 2011; GIL *et al.*, 2015). O potencial de acúmulo de C pelo componente arbóreo em sistema silvipastoris ainda é pouco estudado nas condições brasileiras e depende, dentre outros fatores, da espécie, do manejo e da densidade populacional (TSUKAMOTO FILHO, 2003; GUTMAIS, 2004; OFUGI *et al.*, 2008, MULLER *et al.*, 2009).

Esta pesquisa teve como objetivo estimar o estoque de biomassa de C de árvores de *Eucalyptus urograndis* (Clone GG100) cultivadas em diferentes modelos de integração aos cinco anos de idade (Figura 1). A área experimental está localizada em São Carlos-SP, Brasil (21° 57'S, 47° 50'W, 860m alt) em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico arenoso-argiloso e clima Cwa. As árvores foram estabelecidas, em área de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, em abril de 2011. Foram estabelecidos renques de fileiras simples com espaçamento de 2 metros entre plantas dentro da linha e 15 metros entre renques, totalizando uma densidade de 333 árvores por hectare. Foi utilizado um clone do híbrido *Eucalyptus urograndis* (GG 100).

O sistema de produção foi conduzido com duas áreas experimentais (repetição de área), de aproximadamente 3 ha cada, sendo utilizado o manejo rotacionado de pastagem, divididos em seis piquetes com área aproximada de 5000 m^2 cada e com período de ocupação de seis dias e trinta dias de descanso. Dessa maneira a área experimental continha 12 piquetes. A renovação da pastagem ocorreu em um terço de cada área por ano agrícola (2 piquetes), onde foi realizada a ressemeadura do capim simultaneamente com a cultura do milho (*Zea Mays L. var.* DKR 390 PRO 2) para produção de silagem. Dessa maneira foram estabelecidos na área experimental três sistemas de renovação que se diferenciaram entre si em relação ao tempo de plantio das árvores. Um sistema agrossilvipastoril com renovação do pasto dois anos após o plantio das árvores (ILPF-2), um sistema agrossilvipastoril com renovação do pasto no terceiro ano após o plantio das árvores (ILPF-3) e um sistema silvipastoril onde no momento da avaliação das árvores a pastagem ainda não tinha sido renovada (SSP).

RESULTADOS

- Foram geradas equações de estimativa de volume de madeira e de biomassa do componente arbóreo em sistemas de integração lavoura pecuária floresta;
- Após cinco anos de implantação dos sistemas, a variação de acúmulo de volume por ano nos sistemas analisados nesse trabalho variou entre 26,4 (SSP) a 31,2 m^3 ha^{-1} ano^{-1} (ILPF-2). Quando avaliada a produção de biomassa somente pelo fuste das árvores, as variações foram de 11,4 (SSP) a 13,5 Mg ha^{-1} ano^{-1} ($ILPF^{-2}$);
- Com relação aos estoques de C no fuste, os dados obtidos nesse trabalho (*E. urograndis*) equivalem a um acúmulo de carbono de 5,2 (SSP) a 6,1 Mg ha^{-1} ano-1 ($ILPF^{-2}$);
- O projeto é de longa duração e novas amostragens serão realizadas com 8 e 12 anos de implantação dos sistemas integrados.

DESAFIOS

- Fornecer dados sobre o potencial de produção e de estoque de C na biomassa de árvores dos sistemas integrados;
- Com base na produção das árvores e dos demais integrantes dos sistemas, promover o estabelecimento de planos de manejo do componente arbóreo para manutenção do equilíbrio produtivo e benefícios ambientais dos sistemas integrados com a presença de árvores;
- Apoiar a formulação de políticas públicas.

SOLUÇÕES

- Os resultados obtidos até a avaliação permitiram o estabelecimento de equações de estimativa de volume e biomassa de árvores em sistemas de integração lavoura pecuária floresta a partir de medições simples de diâmetro a 1,3 m de altura (DAP) e altura de árvores;
- O modelo de sistema com renovação do pasto no segundo ano de implantação proporcionou os maiores valores de produção de madeira, biomassa e C aos 5 anos de idade de implantação do sistema;
- A quantidade de C estocado no fuste das árvores irá contribuir para a mitigação da emissão dos GEE.

DADOS PUBLICADOS EM:

OLIVEIRA, P. P. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; MÉO FILHO, P.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. de F.; BERNARDI, A. C. C. Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados. In: JAMHOUR, J.; ASSMANN, T. S. (org.). CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUARIA, 1.; ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUARIA NO SUL DO BRASIL, 4. Pato Branco: UTFPR Câmpus Pato Branco, 2017. v. 1, p. 23-32. (Palestras: intensificação com sustentabilidade).

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; BERNARDI, A. C. C.; MULLER, M. D.; OLIVEIRA, P. P. A. Biomass and carbon pools of Eucalyptus trees in integrated crop-livestock-forest systems. In: EUCALYPTUS 2018 – MANAGING EYCALYPTUS PLANTATIONS UNDER GLOBAL CHANGES, 2018, Montpellier. Abstracts book [...]. Montpellier: Cirad, 2018. v. 1. p. 37.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, R. G.; OLIVEIRA, P. P. A.; MACEDO, M. C. M.; PEZZOPANE, J. R. M. Recuperação de pastagens degradadas e impactos da pecuária na emissão de gases de efeito estufa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MELHORAMENTO DE FORRAGEIRAS, 3., 2011, Bonito, MS. Anais [...]. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2011. p. 384-400.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; 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, v. 46, p. ixii, 2011.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; FRAZÃO, L. A.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C.. Crop-pasture rotation: a strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. Agric. Ecosyst. Environ., v. 183, p. 167-175, 2014. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2013.11.014.

DUBE, F.; COUTO, L.; SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; GARCÍA, R.; ARAÚJO, G. A. A.. A simulation model for evaluating technical and economic aspects of an industrial eucalyptus-based agroforestry system in Minas Gerais, Brazil. Agrofor. Syst., v. 55, n. 1, p. 73-80, 2002.



Figura: Avaliação das raízes de eucalipto em sistema ILPF para quantificação de biomassa e estoque de carbono.

Crédito: José Ricardo Macedo Pezzapane.

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: jose.pezzopane@embrapa.br

Dr. Alberto Carlos de Capos Bernardi

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: alberto.bernardi@embrapa.br

Dra. Patrícia Perondi Anchão

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail: patricia.anchao-oliveira@embrapa.br

SISTEMAS DE PRODUÇÃO SUSTENTÁVEIS, INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Roberto Guimarães Júnior[1]; Luiz Gustavo Ribeiro Pereira[2]; Robélio Leandro Marchão[1]; Karina Pulrolnik[1]; Lourival Vilela[1]; Fabiano Alvim Barbosa[3]; Arminda Moreira de Carvalho[1]; Giovana Alcântara Maciel[1]; Raphael Amazonas Mandarino[4]; Darliane de Castro Santos[5]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Cerrados; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Leite; **3** De Heus Animal Nutrition; **4** União Pioneira de Integração Social; **5** Instituto Federal Goiano.

O objetivo geral deste trabalho foi estudar indicadores de sustentabilidade de sistemas de produção de pecuária de corte no Bioma Cerrado e Amazônico. O estudo realizado no bioma Cerrado envolveu a avaliação de três diferentes sistemas integrados de produção: sistemas de integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária floresta e pastagem em processo de degradação.

As variáveis analisadas como indicadores de sustentabilidade foram a emissão de metano entérico, o ganho de peso e a razão entre emissão de metano entérico e indicadores de consumo de matéria seca e desempenho de novilhas Nelore (279 Kg ±21,4 de peso vivo) nos diferentes sistemas. A forrageira utilizada foi a *Brachiaria brizantha* cv. BRS *Piatã* e a espécie arbórea o eucalipto urograndis (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) plantado na orientação norte-sul, sendo os tratamentos: ILP1 – forrageira cultivada com um ano de formada sob sistema de (ILP); ILP6 – forrageira cultivada com seis anos de formada sob sistema de ILP bem manejada ao longo dos anos e; ILPF1 - forrageira com um ano de formada via ILPF, cultivada em sub-bosque de eucalipto com espaçamento entre renques de 22 m (417 árvores.ha-1). Além dos indicadores mencionados, foram avaliados, nas estações seca e chuvosa, a disponibilidade de massa seca e a relação folha: colmo da pastagem. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (tratamentos) por 2 (períodos). As avaliações foram conduzidas de abril de 2013 a maio de 2014. Novilhas criadas em ILP6 emitiram mais metano por quilo de matéria seca ingerida e, por consequência, apresentaram maiores perdas de energia bruta da dieta na forma de metano (6,15% na seca e 8,65% no período chuvoso). Comparando sistemas integrados, ambos com pastagem de primeiro ano, a presença de árvores (ILPF1) não proporcionou incrementos significativos no ganho de peso animal. Por outro lado, o ganho de peso por área (kgPV.ha^{-1}) no sistema ILP1 foi 54% maior do que os demais na seca e 47% maior do que ILPF1 nas águas. As emissões de metano entérico foram afetadas pelos períodos do ano, com maior emissão bruta (g/dia e kg/ano) para a época da chuva.

Conclui-se que os sistemas integrados, baseados em pastagem de primeiro ano (com 1 ano de formada), foram mais eficientes, por apresentarem menores valores para os indicadores perda de energia da dieta via fermentação entérica (Ym) e emissão de CH_4 por kg de matéria seca ingerida.

As medições foram realizadas no período de um ano, no mês central das estações do ano, primavera, verão, outono e inverno. Associado às medições de emissão entérica de metano por bovinos de corte foram realizadas avaliações de consumo de matéria seca total e ganho de peso individual e por área. Tais resultados foram utilizados para definir os coeficientes de emissão de GEE bruto (emissão de metano por animal) e relativos, como emissão de metano por quilo de matéria seca ingerida, emissão de metano por quilo de ganho de peso animal e por área e perda de energia da dieta na forma de metano.

RESULTADOS

- Dados inéditos foram gerados sobre emissão entérica de metano e desempenho animal de bovinos de corte em diferentes sistemas de produção pecuários na região do Cerrado do Distrito Federal.

DESAFIOS

- A técnica do traçador hexafluoreto de enxofre, em função da alta demanda por mão de obra e peculiaridades dessa metodologia;
- Angariar recursos para o desenvolvimento do trabalho.

SOLUÇÕES

- Indicadores técnicos sobre emissão entérica de metano por bovinos em sistemas de produção no Cerrado;
- Indicadores técnicos sobre desempenho animal e características da pastagem *Brachiaria brizantha* cv *Piatã* em sistemas silvipastoris.

DADOS PUBLICADOS EM:

MANDARINO, R. A. Indicadores de sustentabilidade da pecuária de corte no cerrado e na Amazônia. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

SANTOS, D. C; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; FRANÇA, A. F. S. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with Eucalyptus urograndis and Brachiaria brizantha: productivity of forage and an exploratory test of the animal response. Agriculture Ecosystems & Environment, v. 266, p. 174-180, 2018.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 233, p. 16-24, 2016.

Continuação no Anexo

Parâmetro avaliado	Frequência	Instrumentos
Consumo de matéria seca	4 vezes ao ano (primavera, verão, outono e inverno), por um ano	Indicador externo LIPE
Emissão de metano entérico	4 vezes ao ano (primavera, verão, outono e inverno), por um ano	Técnica do gás traçador SF_6
Ganho de peso animal	4 vezes ao ano (primavera, verão, outono e inverno), por um ano	Balança, brete de contenção
Produtividade de forragem	Mensal	Cortadores de forragem, balança, estufa ventilada
Valor nutritivo da pastagem	Mensal	Equipamentos de laboratório para análises de proteína bruta, FDN, FDA, lignina e digestibilidade in vitro da matéria seca

Figura: Animais da raça Nelore em sistema ILPF utilizando cangas tubulares para medição de metano entérico



Crédito: Raphael Amazonas Mandarino.

COORDENADOR DO PROJETO

Dra. Patrícia Perondi Anchão

Embrapa Pecuária Sudeste

e-mail:patrícia.anchao-oliveira@embrapa.br

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

POTENCIAL DE SERVIÇOS AMBIENTAIS COM USO DE EUCALIPTO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO INTEGRADOS

André Dominghetti Ferreira[1,2]; Valdemir Antônio Laura[1,2]; Alexandre Romeiro de Araújo[1]; Roberto Giolo de Almeida[1]; Manuel Claudio Motta Macedo[1]; Davi José Bungenstab[1]; Luan Silva do Nascimento[2]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Corte; **2** Universidade Anhanguera.

A introdução do componente arbóreo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) possibilita alto potencial de sequestro de carbono e de serviços ambientais, refletindo em maior eficiência de uso da terra e menores impactos ambientais. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade e o potencial de mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEEs) do componente arbóreo em sistemas de ILPF com dois arranjos espaciais. O experimento foi realizado no bioma Cerrado, em Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho Distroférrico e em uma zona de transição climática entre Cfa e Aw tropical úmido. Foram avaliados dois sistemas de ILPF, implantados em 2008/2009, com Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã em sucessão à soja, em ciclos de um ano de lavoura seguido de três anos com pastagem, para produção de gado de corte, e com árvores de eucalipto (*Eucalyptus urophylla x E. grandis, clone* H13) em fileiras simples. Os sistemas diferiram quanto ao arranjo espacial das árvores: eucaliptos em fileiras simples em arranjo de 14 metros entre fileiras por 2 metros entre árvores na fileira (ILPF14x2m), totalizando 357 árvores/ha; e eucaliptos em fileiras simples em arranjo de 22 metros entre fileiras por 2 metros entre árvores na fileira (ILPF22x2m), totalizando 227 árvores/ha.

RESULTADOS

Os arranjos espaciais não afetaram o desempenho individual das árvores até 86 meses após o plantio, sendo que os valores médios observados para as variáveis, diâmetro à altura do peito (DAP), altura e volume de madeira por árvore foram de: 24,25 cm; 26,60 m e 0,43 m3, respectivamente. Entretanto, o volume de madeira por hectare aumentou com a densidade de árvores, sendo de 153,50 m^3/ha para ILPF14x2m e de 92,37 m^3/ha para ILPF22x2m. A maior densidade de árvores, consequentemente, proporciona maior sequestro de carbono (medido como CO_2eq) e, portanto, maior potencial de mitigação da emissão de GEEs produzidos pelo gado. No sistema ILPF14x2m, a quantidade de carbono sequestrado somente no fuste das árvores até 86 meses foi de 158,97 t CO_2eq/ha, suficiente para mitigar as emissões de GEEs de 12,7 animais por hectare por ano (considerando um animal de 450 kg e com uma emissão anual de 1,88 t CO_2eq). Já para o sistema ILPF22x2m, a quantidade de carbono sequestrado foi de 95,66 t CO_2eq/ha, suficiente para mitigar as emissões de GEEs de 7,6 animais por hectare por ano. Assim, pode-se concluir que sistemas de ILPF com eucalipto, em arranjos espaciais com densidades de 227 a 357 árvores/ha, não influenciam o desenvolvimento individual das árvores até 86 meses após o plantio, porém, a maior densidade de árvores proporciona maior produtividade de madeira e, consequentemente, maior potencial de mitigação da emissão de GEEs dos animais em pastejo.

DADOS PUBLICADOS EM:

FERREIRA, A. D.; LAURA, V. A.; ARAÚJO, A. R.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; BUNGENSTAB, D. J.; NASCIMENTO, L. S. Potential of environmental services of eucalyptus on integrated production systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 200-204.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

Dr. André Dominghetti Ferreira

Embrapa Gado de Corte

e-mail: andre.dominghetti@embrapa.br

EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO DE NOVILHAS NELORE EM SISTEMAS INTEGRADOS E EXTENSIVO

Rodrigo da Costa Gomes[1]; Alexandre Berndt[2]; Roberto Giolo de Almeida[1]; Manuel Claudio Motta Macedo[1]; Max Wender França Martins[3]; Leandro Sannomiya Sakamoto[2]; Daniella F. Vilas Boas[2]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Corte; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Pecuária Sudeste; **3** Universidade Católica Dom Bosco.

A produção brasileira de gado de corte é baseada principalmente em sistemas pecuários extensivos, que, em geral, apresentam baixa produtividade e maiores emissões de gases de efeito estufa (GEEs) por quilo de carne produzida. Sistemas integrados surgem como alternativa para superar esse cenário, com potencial para aumentar a produtividade e diminuir os impactos relacionados às emissões de GEEs. No período de 2014 a 2015, foi realizado um experimento no bioma Cerrado, em Mato Grosso do Sul, com o objetivo de avaliar a emissão de metano entérico de gado de corte em três sistemas de produção: pastagem sob manejo extensivo (Brachiaria decumbens estabelecida em 1992/1993; EXT), pastagem em integração lavoura-pecuária (Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã por três anos após o plantio direto de soja; ILP); e pastagem em integração lavoura-pecuária-floresta (idem ILP + 227 árvores de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* por hectare, implantadas em 2009; ILPF), com avaliações realizadas durante as épocas seca e das águas. Foram utilizados dois lotes de animais experimentais (novilhas Nelore); em 2014, apresentavam entre 442 a 501 kg de peso vivo e com 30 a 36 meses de idade e, em 2015, entre 271 a 382 kg de peso vivo e com 18 a 24 meses de idade. O metano entérico foi medido utilizando-se a técnica do gás traçador (SF), durante um período mínimo de cinco dias em cada época do ano.

RESULTADOS PRELIMINARES

A emissão de metano foi maior em 2014 do que em 2015 (183 vs. 118 g/animal/dia. Isso pode estar relacionado a diferenças de idade e peso vivo das novilhas ao longo dos anos, como em 2015 as novilhas foram mais jovens e mais leves do que as usadas em 2014. No entanto, a principal explicação para as diferenças nas emissões de metano ao longo dos anos deve-se às diferenças na disponibilidade de forragem. Por exemplo, considerando a época das águas, os sistemas ILP e ILPF apresentaram 4,3 e 3,6 t/ha de matéria seca de forragem em 2014, respectivamente, enquanto a disponibilidade diminuiu para 2,2 e 1,2 t/ha em 2015, respectivamente. Diferenças na disponibilidade de forragem podem ter afetado a ingestão de matéria seca pelos animais em pastejo que, por sua vez, pode ter levado às diferenças nas emissões de metano entre 2014 e 2015. As emissões de metano foram maiores na época das águas em comparação à época seca, independentemente do ano. Em média, as diferenças entre as épocas do ano foram de cerca de 9%. As razões para esses resultados podem ser as mesmas que explicam as diferenças para as emissões de metano ao longo dos anos, como se espera menor disponibilidade de forragem durante o inverno nas condições do Cerrado brasileiro. Em 2014, não houve diferença para as emissões de metano durante a época das águas, com uma média de 191 g/animal/dia. Por outro lado, durante a época seca, o sistema ILP apresentou maior emissão de metano (197 g/animal/dia) do que o sistema extensivo (158 g/animal/dia), porém, o sistema de ILPF não diferiu dos demais (170 g/animal/dia). Em 2015, não foram observadas diferenças entre os sistemas para ambas as épocas do ano, com média de 123 g/animal/dia na época das águas e de 113 g/animal/dia na época seca. Conforme explicado anteriormente, a disponibilidade de forragem pode afetar consumo de matéria seca e, por sua vez, emissão de metano entérico. Portanto, isso pode explicar porque as diferenças entre os sistemas observadosem 2014 não foram observados no ano seguinte. Em conclusão, diferenças na emissão de metano entre os sistemas de pastejo, incluindo sistemas extensivos e integrados, podem existir, contudo essas diferenças parecem ser principalmente motivadas pela disponibilidade de forragem dos sistemas que, por sua vez, podem variar em função de fatores climáticos e de manejo da pastagem.

DADOS PUBLICADOS EM:

GOMES, R. C.; BERNDT, A.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C. M.; MARTINS, M. W. F.; SAKAMOTO, L. S.; VILAS BOAS, D. F. Enteric methane emission of Nellore cattle in extensive grazing or integrated systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 100-103.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

Dr. Rodrigo da Costa Gomes

Embrapa Gado de Corte

e-mail: rodrigo.gomes@embrapa.br

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DO SOLO EM DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUÇÃO ANIMAL NO CERRADO BRASILEIRO

Alexandre Romeiro de Araújo[1]; Michely Tomazi[2]; Manuel Claudio Motta Macedo[1]; Roberto Giolo de Almeida[1]; André Dominghetti Ferreira[3]; Liange de Oliveira Diehl[4]; Thais Melo[5]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Corte; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste; **3** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Café; **4** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Trigo; **5** Universidade Anhanguera.

As emissões de gases de efeito estufa (GEEs) estão associadas principalmente a mudanças no uso da terra no Brasil, especialmente, na conversão de florestas em pastagens ou sistemas agrícolas. O objetivo deste estudo foi avaliar as emissões de GEEs do solo, metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), em três sistemas de produção. O estudo foi realizado no bioma Cerrado, em Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho Distroférrico e em uma zona de transição climática entre Cfa e Aw tropical úmido. Os sistemas avaliados foram: pastagem extensiva de Brachiaria decumbens cv. Basilisk sem fertilização de manutenção; integração lavoura-pecuária com *Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã* e fertilização de manutenção anual (ILP); e integração lavoura-pecuária-floresta com *Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã*, fertilização de manutenção anual, além de linhas simples de eucalipto em arranjo de 22 x 2 m (ILPF); sendo que uma área adjacente com vegetação natural do Cerrado foi avaliada como referência. Foram realizadas 13 amostragens das emissões de GEEs do solo durante o período de fevereiro de 2014 a abril de 2015, por meio de câmaras estáticas, sendo consideradas cinco repetições dentro de dois blocos experimentais.

RESULTADOS

A emissão anual acumulada de N_2O do sistema ILPF foi maior (68 mg/m^2), seguido pelo Cerrado (42 mg/m^2) e pastagem extensiva (6 mg/m^2), sendo que o sistema ILP (44 mg/m^2) não diferiu do sistema ILPF e do Cerrado. A menor emissão observada na pastagem extensiva pode estar relacionada à ausência de adubação nitrogenada neste sistema. Para CH_4, o sistema ILP apresentou maior emissão anual acumulada (491 mg/m^2) enquanto o Cerrado apresentou-se como dreno (-441 mg/m^2) e os sistemas ILPF (-108 mg/m^2) e pastagem extensiva (43 mg/m^2) apresentaram valores intermediários e não diferiram entre si. A emissão anual acumulada de CO_2 foi maior para o sistema ILP (2.666 g/m^2), seguido pelos sistemas ILPF (1.783 g/m^2) e pastagem extensiva (1.660 g/m^2), que não diferiram entre si, e pelo Cerrado (1.076 g/m^2), com menor emissão, provavelmente devido à maior estabilização do carbono neste sistema natural. Neste estudo, os sistemas com árvores, nativas (Cerrado) ou exóticas (ILPF), apresentaram-se como drenos para CH_4; e a emissão anual acumulada mais elevada de CO_2 no sistema ILP pode representar um fluxo maior na dinâmica da matéria orgânica do solo e não, necessariamente, perda de carbono do solo neste sistema

DADOS PUBLICADOS EM:

ARAÚJO, A. R.; TOMAZI, M.; MACEDO, M. C. M.; ALMEIDA, R. G.; FERREIRA, A. D.; DIEHL, L. O.; MELO, T. S. Soil GHG emissions in different livestock production systems in the Brazilian Cerrado. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 418-419.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

Dr. Alexandre Romeiro de Araújo

Embrapa Gado de Corte

e-mail: alexandre.araujo@embrapa.br

TEORES DE CARBONO NO SOLO EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA

Manuel Claudio Motta Macedo[1]; Alexandre Romeiro de Araújo[1]; Roberto Giolo de Almeida[1]; André Dominghetti Ferreira[1]; Michely Tomazi[2]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Gado de Corte; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Agropecuária Oeste.

Degradação da pastagem e do solo são as principais restrições aos sistemas convencionais de produção animal e de grãos, respectivamente, no Brasil, acarretando em perda de carbono do solo. Entretanto, a qualidade do solo, em termos do teor de carbono, é um indicador para identificar a produção sustentável em sistemas agropecuários. Neste estudo, são apresentados resultados do teor de carbono do solo de três sistemas de integração, no período de 2008 a 2015. O estudo foi realizado no bioma Cerrado, em Mato Grosso do Sul, em um Latossolo Vermelho Distroférrico e em uma zona de transição climática entre Cfa e Aw tropical úmido. Os sistemas avaliados foram: integração lavoura-pecuária implantado em 2008/2009, com *Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã* em sucessão à soja, em ciclos de um ano de lavoura seguido de três anos com pastagem com fertilização de manutenção anual (ILP); e dois sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com as mesmas caraterísticas do ILP, porém, com árvores de eucalipto (Eucalyptus urophylla x E. grandis, clone H13) em fileiras simples, sendo um sistema com eucaliptos em fileiras simples em arranjo de 14 metros entre fileiras por 2 metros entre árvores na fileira (ILPF14x2m), totalizando 357 árvores/ha, e outro sistema com eucaliptos em fileiras simples em arranjo de 22 metros entre fileiras por 2 metros entre árvores na fileira (ILPF22x2m), totalizando 227 árvores/ha. Nestes sistemas, a soja foi cultivada de forma convencional em 2008/2009 e em plantio direto, em 2012/2013. Dois transectos, compostos por 10 pontos amostrais cada, foram realizados anualmente, em maio-junho, na camada de 0-20 cm de profundidade, e as amostras de solo analisadas quanto ao teor de C total em um auto-analisador.

RESULTADOS

Durante um período de sete anos, o solo no sistema ILP mostrou uma tendência positiva e teores mais altos de C total em comparação ao sistema ILPF22x2m, seguido do sistema ILPF14x2m, com menores teores. Para ILP, de 2008 a 2015, os teores de C total aumentaram de 2,19 para 2,63 g C/100 cm^3 de solo (aumento de 20,09%), para ILPF22x2m, aumentaram de 1,83 para 2,31 g C/100 cm^3 de solo (aumento de 26,23%) e, para ILPF14x2m, aumentaram de 1,56 para 2,02 g C/100 cm^3 de solo (aumento de 29,49%). O sistema ILP apresentou maior biomassa de capim, pois não havia concorrência por luz, água e nutrientes pelas árvores e proporcionou maior fonte de matéria orgânica para o carbono do solo do que os sistemas ILPF, com pasto combinado com árvores. A biomassa de capim parece ser uma melhor fonte de matéria orgânica, especialmente a massa de raízes, a fim de aumentar o teor de carbono do solo.

DADOS PUBLICADOS EM:

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R.; ALMEIDA, R. G.; FERREIRA, A. D.; TOMAZI, M. Soil carbon contents in integrated crop-livestock-forest systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS. Proceedings [...]. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2016. p. 494-495.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Roberto Giolo de Almeida

Embrapa Gado de Corte

e-mail: roberto.giolo@embrapa.br

Dr. Manuel Claudio Motta Macedo

Embrapa Gado de Corte

e-mail: manuel.macedo@embrapa.br

3 FATORES DE EMISSÃO E REMOÇÃO PARA NÃO RUMINANTES



Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de não ruminantes no território nacional

Mirella Nogueira de Souza[1]; Leidiane Ferronato Mariani[2]; Juliana Bragança Campos[3]; Ana Paula Packer[4]; Eleneide Doff Sotta[4,5]; Katia Marzall[5]; Fernanda Garcia Sampaio[4,5]

1 Consultora autônoma – Especialista em Mudanças Climáticas e Agropecuária; **2** Consultora autônoma – Especialista em Sustentabilidade e Biogás; **3** Bolsista DTI-A CNPq; **4** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa; **5** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Este capítulo trata das contribuições nacionais na definição de fatores de emissão e remoção de Gases de Efeito Estufa pela pecuária de não ruminantes. Nesse contexto, foram analisados os fatores de emissão das cadeias de suinocultura, avicultura e aquicultura, por serem as três principais cadeias produtivas de não ruminantes no Brasil.

Suinocultura

O Brasil é o quarto maior produtor e exportador de carne suína, estando atrás da China, União Europeia e EUA e, apesar disso, seu volume exportado representa apenas 8% do total comercializado mundialmente (RAMOS, 2016). A produção brasileira de carne suína é majoritariamente destinada ao mercado interno, sendo que, em 2015, 85% da produção foi absorvida pelo consumo doméstico. Embora o consumo de carne suína no Brasil tenha volumes semelhantes ao consumido em outros países (15 kg/hab/ano), este ainda é inferior ao das carnes bovina e de frango. Enquanto frango corresponde a aproximadamente 42% da aquisição familiar de carnes, a carne suína responde por 13% (ABPA, 2016).

A suinocultura, no Brasil, é realizada de forma intensiva e em sua maioria de forma integrada a indústria, com o objetivo de evitar as oscilações pontuais que afetam a produção e a rentabilidade dos produtores. Atualmente, apenas 25% da produção é realizada de forma independente (SEAB-DERAL, 2015). O rebanho brasileiro de suínos atingiu 41,1 milhões de cabeças em 2017, um aumento de 3,0% com relação a 2016. A Região Sul concentra o maior rebanho de suínos com Santa Catarina no topo do ranking estadual, com 19,7% da soma nacional; em seguida, aparecem o Paraná com 16,8% e o Rio Grande do Sul com 14,6% (IBGE, 2017).

De acordo com Tavares (2012), o desenvolvimento acelerado da suinocultura brasileira, provocado pelas exigências do mercado externo e interno que acompanharam a "Revolução Pecuária", promoveram a adoção majoritária de sistemas intensivos de produção, nomeadamente pela implementação de Sistemas de Produção de Animais Confinados (SPAC). O dejeto de suíno originado nos SPAC é um efluente composto por fezes, urina, resíduos de ração, excessos de água provenientes dos bebedouros e da higienização das instalações e dos animais (BONITO, 2015). Quando degradado, o dejeto produzido pode ser uma fonte de emissões de gases e poeiras para a atmosfera, produzindo cerca de 40 compostos gasosos já identificados, os quais podem gerar impactos negativos para a saúde animal e humana. Segundo Philippe e Nicks (2014), o CO_2 produzido a partir do dejeto é originado por três vias distintas, a saber: I) catalisado pela enzima uréase no processo de hidrólise da ureia; II) fermentação anaeróbia da matéria orgânica; e III) degradação aeróbia da matéria orgânica.

O CH_4 produzido pela suinocultura origina-se principalmente da decomposição de dejetos sob condição anaeróbica, crescente com os teores de Sólidos Voláteis (SV) da excreta, além de ser também produzido pela fermentação entérica. Já o N_2O é um gás gerado a partir dos sistemas de estocagem de dejetos como um produto intermediário dos processos de nitrificação e desnitrificação, com a degradação da matéria orgânica (COSTA, 2009). A nitrificação requer condições aeróbicas, enquanto a desnitrificação demanda condições anaeróbicas, as quais ocorrem prioritariamente em sistemas de cama profunda. No entanto, emissões a partir do dejeto estocado podem ocorrer também em sistemas de piso ripado (PHILIPPE *et al.*, 2007).

De acordo com Pecoraro (2015), a produção de suínos é a segunda maior contribuinte nas emissões de GEE associadas à produção animal, com 13% do total das emissões. Os valores de emissão de GEE devem ser relacionados com o tipo de sistema utilizado na produção de suínos, para que esses parâmetros sejam utilizados como indicadores de sustentabilidade e, assim, seja realizada uma adequada caracterização ambiental da atividade. No entanto, uma dificuldade encontrada refere-se à falta de padronização das unidades e metodologias usadas na quantificação dos GEEs produzidos.

Na suinocultura, as emissões são influenciadas pelo tipo de gestão associada ao dejeto, tipo de piso do alojamento, tipo e taxa de ventilação empregada, nutrição dos animais e condições climáticas da região onde se localizam (PHILIPPE; NICKS, 2014). Dessa forma, entende-se que a emissão de gases nos sistemas de produção de suíno pode ser influenciada por fatores como o estágio de criação, genética, tipo de dieta, plano nutricional, tipo de instalação, manejo de dejetos e condições climáticas. Assim, a adoção dos fatores de emissão obtidos em diferentes situações ambientais e de manejo superestima ou subestima o impacto das emissões dos sistemas produtivos de suínos.

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) da produção suína estima que a referência é de 2,30 kg de carbono equivalente (CO_2eq) por kg de suíno produzido, ou 4.236 kg CO_2eq por hectare. A comparação com outros produtos de origem animal, utilizando-se também da metodologia de ACV, mostra que a suinocultura apresenta como resultante a produção de 3,9–10 kg CO_2eq para cada kg de carne suína produzida, valores próximos à produção de carne de frango (3,7-6,9 kg CO_2eq) e expressivamente inferiores à carne bovina (14–32 kg CO_2eq) (NUNES; MIRANDA, 2013).

Higarashi *et al.* (p. 128) avaliaram as emissões de GEE em suinocultura em sistema industrial confinado no sul do Brasil, medindo as emissões nos arranjos tecnológicos com biodigestores, considerando todo o ciclo do efluente. Nesses sistemas, o manejo adotado em mais de 95% das granjas consiste no armazenamento do dejeto em esterqueiras para estabilização parcial seguido da aplicação no solo para fertilização de lavouras e pastagens. O Fator de Emissão/Remoção (FE) de CH_4 de esterqueiras em sistemas integrados encontrado foi de B0 = 0,48 $m^3 kg^{-1}$ de SV, tendo sido o mesmo calculado a partir de estudos realizados a campo. Esse resultado está em consonância com dados da literatura, os quais relatam valores que variam de 0,29 a 0,53 $m^3 kg^{-1}$ SV. No entanto, de acordo com as Diretrizes do IPCC, o B0 estimado para o manejo de dejetos na América Latina seria de 0,29 ± 0,04 m^3 $CH_4.kg^{-1}$ SV, enquanto na Europa e nos EUA esses valores referenciais do B0 seriam, respectivamente, 0,45 ± 0,07 e 0,48 ± 0,08 $m^3CH_4.kg^{-1}$ SV. Desse modo, a partir dessas considerações, o valor de B0 = 0,48 m3 $CH_4.kg^{-1}$ SV seria atualmente um valor de referência que poderia ser usado apenas na Região Sul. Esses autores afirmam, ainda, que quando os dejetos são tratados por compostagem ou biodigestor ocorre redução das emissões de N_2O em 17% e 47%, respectivamente.

Assim, na Tabela é apresentado um comparativo dos fatores de emissão de CH_4 para dejetos de suínos por parte de diversos autores. Importante considerar que, dependendo do sistema de

tratamento de dejetos, parte da emissão de CH_4 pode ser evitada (compostagem) ou mitigada (digestão anaeróbia pela queima do gás para uso energético).

Tabela: Comparativo de fatores de emissão de metano em sistema de produção.

Referência	Região aplicável	Bo ($m^3CH_4.kg^{-1}$ SV) (Fator de emissão)
IPCC (2006)	América Latina	0,29 ± 0,04
	Europa	0,45 ± 0,07
	EUA	0,48 ± 0,08
EU-Agro Biogas (2015)	Europa	0,34
Chen (1983)	-	0,50
CIBiogás-ER (2015)	Brasil	0,37
BiogásFert (2018)	Brasil	0,32
Higarashi *et al.* (p. 128)	Sul do Brasil	0,48

Fonte: própria autoria.

Muller *et al.* (p. 130) avaliaram o efeito do uso agronômico dos dejetos líquidos de suínos (tratados anaerobicamente) e do composto de dejetos de suínos nas emissões de N_2O, nas frações e nos estoques de C e N e na microbiologia do solo. Avaliaram, ainda, medições da concentração de N_2O, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) no interior das instalações produtoras de suínos. Em média, as emissões de GEE em granjas de suínos na fase fisiológica de creche foram de 0,42 kg de CO_2 $suíno^{-1}$ dia^{-1}, de 1,07 g CH_4 $suíno^{-1}$ dia^{-1} e 0,07 g de N_2O $suíno^{-1}.dia^{-1}$.

Apesar da busca detalhada de grupos de pesquisa em todas as regiões do País, os estudos reunidos sobre emissão de GEE pela suinocultura na presente Coletânea se concentram no sul, o que se justifica por conter a maior produção de suínos do Brasil. Um dos desafios apontados para a cadeia de suínos é a grande heterogeneidade dos sistemas de produção adotados no Brasil, dificultando a adoção de apenas um fator-padrão que represente o rebanho suíno nacional. O sistema industrial confinado concentra o maior contingente do rebanho e há uma forte tendência de substituição dos demais sistemas para esse modelo nas outras regiões do País. Portanto, a otimização dos processos de tratamento dos efluentes da suinocultura industrial, visando a estabilização das formas de nitrogênio, reduzindo as perdas no processo de tratamento se mostra como um importante desafio a ser superado.

As emissões de CH_4 no 3° Inventário Nacional de GEEs (2016) foram estimadas utilizando o fator-padrão do IPCC (2006), que, para o manejo de dejetos na América Latina, é definido como 0,29 ± 0,04 m^3 $CH_4.kg^{-1}$ SV, enquanto na Europa e nos EUA os valores estabelecidos são 0,45 ± 0,07 e 0,48 ± 0,08 m^3 $CH_4.kg^{-1}$ SV, respectivamente. Já as emissões de N_2O oriundas do manejo de dejetos destinadas às lagoas anaeróbicas abertas e para biodigestores, segundo o IPCC, apresenta o fator de emissão (EF3), o qual é definido como zero. Porém, quando o sistema de tratamento e manejo dos dejetos de suínos é a compostagem, as emissões de CH_4 são reduzidas quase a zero, mas as emissões de N_2O podem passar a ser significativas se o manejo não for adequado, considerando um fator de emissão de N_2O de 0,01 (IPCC, 2016).

A implantação de tratamentos mitigadores de emissão de GEE, como o biodigestor e a compostagem ou a redução do tempo de armazenamento nas esterqueiras, pode contribuir para a redução das emissões. Dos estudos reunidos, foi possível extrair duas ações importantes a serem adotadas:

I. o parcelamento das adubações, associado ao fornecimento adequado de nutrientes para os cultivos, via adubação mineral suplementar, constitui uma importante ferramenta para a redução das emissões de N_2O em solos;

II. e a técnica da compostagem após a aplicação dos fertilizantes orgânicos deve ser fomentada como alternativa tecnológica para a redução das emissões de N_2O do solo. Nesse contexto, é importante que sejam adotadas tecnologias que priorizem a redução das emissões de N_2O e NH_3 nas leiras de compostagem.

Ademais, dada a relevância da atividade pecuária no Brasil, a crescente busca por novas fontes alternativas para produção de energia e reciclagem de resíduos aponta para a utilização dos dejetos animais como opção economicamente viável.

Assim, o processo de digestão anaeróbia a partir de dejetos caracteriza-se atualmente como a chave para um sistema de produção mais sustentável, devido à redução do uso de energias convencionais e fertilizantes comerciais, além de fornecer um método altamente eficiente para reciclagem de recursos e fechamento do ciclo de produção. O biogás, produto gasoso da digestão anaeróbia, pode ser utilizado para gerar energia elétrica e térmica e combustível biometano. É possível também usar a fração líquida do processo, o digestato, como biofertilizante por ter em sua composição nutrientes e matéria orgânica.

Nesse cenário, destaca-se a importância de soluções de tratamento dos dejetos de suínos que passam por: digestão anaeróbia com aproveitamento energético do biogás (para redução das emissões de CH_4) e valorização do biofertilizante; ou por compostagem com adequado manejo para redução das emissões de N_2O.

Avicultura de corte

Em 2017, a produção brasileira de carne de frango foi de 13.050 milhões de toneladas, consolidando, assim, o País como o segundo maior produtor no mundo. Dessa produção, cerca de 33% foi destinada ao mercado externo, ocupando o primeiro lugar dos países exportadores. A maior parte da produção de carne de frango é para o consumo interno, que, em 2016, teve um consumo per capita no Brasil de 41 kg/hab (ABPA, 2018)[1].

A indústria brasileira de carne de aves está concentrada nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, tendo como característica comum a adoção, pelos produtores, de práticas de controle do impacto da atividade ao meio ambiente. Entretanto, os sistemas confinados de criação de aves contribuem significativamente na emissão de gases, como o N_2O, CO_2, NH_3 e H_2S, para atmosfera.

Comumente, as aves de corte são criadas em galpões com um leito de maravalha, serragem ou outro material no piso, o que é denominado de cama de frango. Esse material tem o objetivo de absorver a umidade do piso, diluir as excretas dos animais e reduzir oscilações de temperatura. Após o final de cada ciclo, o material passa por tratamento para ser utilizado novamente por

[1] Disponível em: http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/mercado-interno/frango.

mais alguns ciclos de engorda das aves. A cama de aves constitui um dos principais meios de emissão desses gases[2] na avicultura de corte, sendo a amônia o gás predominante. A amônia é amplamente encontrada no meio ambiente, e a sua emissão decorre tanto de processos biológicos quanto de fontes antropogênicas (ONTARIO, 2001).

Em sistemas produtivos de frango de corte, a amônia é formada a partir da decomposição microbiana do ácido úrico eliminado pelas aves (OLIVEIRA *et al.*, 2003) e sua emissão aumenta quando a temperatura, pH e umidade da cama estão elevados (MIRAGLIOTA *et al.*, 2002). O controle das características da cama aviária representa uma importante estratégia de manejo para a redução da volatilização da amônia, principalmente em relação ao pH e à umidade da cama.

Informações sobre os impactos e potenciais de mitigação de GEE pelo manejo dos dejetos de frangos de corte confinados no Brasil são escassas, além de não existir um método padrão para medições diretas nos galpões brasileiros em condições tropicais.

O trabalho efetuado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2013) conclui que a produção não tecnificada de frangos tem uma emissão 25% (6,6 versus 5,518 t CO_2eq) superior à produção tecnificada. De forma semelhante, Prudêncio da Silva (2014) calculou valores de emissão 26% (4,2 *versus* 3,18 t CO_2eq) superiores para a produção de frangos no modelo Label Rouge em comparação à produção convencional na França. Neste mesmo sentido, estudo efetuado por Bogglia *et al.* (2010) mostrou a menor emissão de GEE na produção convencional em relação a produção orgânica. Em termos de tecnologia, estudos efetuados no Brasil vão na mesma direção dos estudos internacionais. Um estudo de Henn (2014) afirma que a evolução tecnológica dentro do sistema de produção intensivo de frangos promove a diminuição das emissões de GEE, enquanto que Oliveira *et al.* (2012) e Prudêncio *et al.* (2010) constataram que os aviários modernos do tipo *dark house* têm uma intensidade de emissão inferior aos aviários convencionais.

Santana *et al.* (p. 134) buscou desenvolver um sistema de amostragem para medir diretamente as emissões de N_2O, CH_4 e NH_3 dos dejetos de frangos de corte. Para quantificação direta das emissões de NH_3, adaptou-se um método semiaberto estático, baseado na captura, em meio ácido do NH_3 volatilizado dos dejetos das aves. Adicionalmente, monitoraram as emissões diárias de NH_3, CH_4 e N_2O dos dejetos dos frangos, considerando o típico manejo de reutilização da cama de frango. Os fatores de emissão modelados para os dejetos de frangos durante quatro ciclos de criação corresponderam a 0,14 g de N_2O, 0,35 g de CH_4 e 72,0 g de N-NH_3 ave-alojada^{-1} ano^{-1}. A idade das aves e o reúso da cama mostraram-se positivamente relacionados com os fluxos de N_2O, CH_4 e NH_3. As projeções indicaram que a intensificação de reúso da cama de frango resultou em maiores emissões de GEE e NH_3 por ave produzida. Outro resultado significativo da pesquisa foi que o cenário de maior reúso da cama (seis ciclos) simulado estimou uma emissão de 0,5 kg CO_2eq ave-alojada^{-1} ano^{-1}, correspondente a 0,08 kg CO_2eq ave^{-1} ou a 0,04 kg CO_2eq por kg de carne. Levando-se em conta o plantel de aves alojadas em 2015, o Brasil emitiu, naquele ano, cerca de 545,1 Gg CO_2eq.

Agnes *et al.* (p. 138) aplicaram um método simplificado de quantificação de emissões gasosas na produção intensiva de frangos de corte em instalações do tipo *dark house*, localizadas na Região Sul do Brasil. O objetivo do trabalho foi a aquisição de referências de emissões de NH_3, CH_4, N_2O e CO_2 para condições de produção com reutilização da cama de aviário por longos períodos, recorrendo-se a machos Cobb 500 com um período de crescimento médio de 41 dias. O resultado encontrado desse trabalho foi de 0,63 ± 0,1 g ave^{-1} d^{-1} para NH_3; 100,2 ± 16 g ave^{-1} d^{-1} para CO_2; 0,23 ± 0,15 g ave^{-1} d^{-1} para CH_4 e 0,06 ± 0,02 g ave^{-1} d^{-1} para N_2O.

---

[2] Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91032/1/final7197.pdf.

Nääs *et al.* (p. 144) avaliaram o impacto ambiental do processo produtivo de frangos de corte, a partir da abordagem de ACV, na produção de seis granjas de frangos de corte. Os dados compreendem o período de um ano de produção de frangos de corte, com um total de seis ciclos por ano. O inventário do ciclo de vida incluiu todos os fluxos de entrada e saída dos subsistemas: produção de ração e criação de frangos, com finalidade de avaliar o impacto ambiental do produto desde o alojamento das aves até o portão da granja. Os resultados mostraram que as emissões totais de GEE provenientes do gerenciamento de dejetos nas granjas de frangos de corte totalizaram 0,154 por kg de frango produzido. As contribuições de CH_4, N_2O direto e N_2O indireto para o potencial de aquecimento global foram de 18,9%, 19,3% e 61,8%, respectivamente. Os principais fatores que contribuem para a emissão de CH_4 no processo produtivo de frangos de corte são a quantidade de excreta produzida por kg de peso vivo (0,176 kg SV) e a porção que se decompõe anaerobicamente no fim de cada ciclo de produção, quando a cama é tratada para reutilização. O resultado do potencial de aquecimento global total para o processo produtivo de frangos de corte (subsistema: produção de ração; subsistema: criação das aves) foi de 2,70 kg de CO_2eq por kg de frango vivo produzido no portão da granja. A fase de criação das aves apresentou maior contribuição no aquecimento global com 1,95 kg CO_2eq por kg de frango vivo produzido.

Prudêncio da Silva *et al.* (p. 150) utilizaram o ACV em sistemas de produção de aves no Brasil e na França e analisaram os efeitos da intensidade e da escala de produção sobre os impactos ambientais. Foram definidos quatro cenários de produção de frango, considerando toda a cadeia produtiva desde a produção de alimentos até a entrega do frango inteiro, embalado e resfriado na saída do abatedouro, são estes: produção extensiva no sudoeste da França (LR – Label Rouge); produção intensiva, oeste da França (ST – Standard); produção intensiva, pequena escala, Sul do Brasil (SO); produção intensiva, larga escala, Centro-Oeste do Brasil (CW). Os resultados encontrados em kg de CO_2eq/t de frango vivo foram: LR = 2.700 kg; ST = 2.220 kg; SO = 1.450 kg e CW = 2.060 kg, confirmando, assim, a tendência de que sistema intensivos de produção de frangos são menos impactantes, por tonelada de produto.

Apesar de a produção avícola nacional estar principalmente distribuída nas Regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país, entre os estudos reunidos, somente foram encontradas informações de FE para as Regiões Sudeste e Sul.

Segundo o 3° Inventário Nacional de Emissões de GEE (2016), a avicultura participa, apenas, na estimativa dessas emissões pelo manejo de dejetos dos animais. Ainda de acordo com o 3°Inventário, para aves foram utilizados os fatores de emissão padrão (FEp) do IPCC. O Guia do IPCC para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa (IPCC, 2006[3]) apresenta o FEp de CH_4 de dejetos oriundos de fezes e urinas de aves, em temperaturas quentes (>25°C), o valor de 0,24 m3 kg^{-1} SV em países em desenvolvimento, com incertezas da ordem de 30%. O IPCC traz, ainda, o valor-padrão de 40% de perda de nitrogênio por volatilização de NH_3 para aves com criatórios de aves com reúso de cama.

De acordo com os apontamentos realizados pelos pesquisadores que contribuíram com esta Coletânea, destacamos que quantificar e monitorar diretamente as emissões gasosas nos sistemas de criação das aves têm sido um dos grandes desafios enfrentados pela comunidade científica. O principal problema está relacionado à ausência de padronização metodológica e ao custo de aplicação das metodologias continuamente. Além disso, as informações disponíveis na literatura sobre as emissões de GEE e NH_3 em aviários são variáveis e incertas, devido à diversidade e condições particulares das instalações, às inúmeras diferenças no sistema de criação e às complexas interações observadas nos dejetos dos animais. Esse desafio é ainda

[3] Disponível em: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/.

maior para o Brasil em razão das suas condições climáticas, expansão territorial, manejo e criação das aves de corte, ainda predominantemente em instalações abertas, controle mínimo das condições ambientais das instalações.

Os cenários de menor reúso da cama, simulados nas pesquisas, podem ser considerados como opções de mitigação de GEE em aviários de frangos de corte no Brasil. Estratégias científicas e tecnológicas de avaliar a cadeia de valor da carne de frango com abordagens do ACV e da avaliação multi-impacto ajudariam a conhecer todo o fluxo do processo para tomadas de decisões mitigadoras.

Aquicultura

Nas últimas décadas, a aquicultura vem-se destacando como uma atividade competitiva e sustentável na produção de alimentos saudáveis, apresentando contribuição relevante para geração de emprego e renda. No Brasil, a aquicultura é desenvolvida tanto em tanques escavados como em tanques-rede em reservatório e rios ou no mar territorial.

Ambientes como os reservatórios têm sido muito estudados quanto às contribuições em emissões de GEE. Recentemente, o Painel Intergovernamental Sobre Mudanças do Clima aprovou o refinamento das normas de inventário de 2006, incluindo normas para o cálculo de emissão e a remoção de GEE pelos reservatórios de água doce que devem passar a ser contabilizadas nos inventários nacionais.

Em 2018, de acordo com a Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM, a produção total da piscicultura brasileira foi de 519,3 mil toneladas, aumento de 3,4% em relação ao ano anterior, o que gerou um valor de produção para a atividade de R$ 3,3 bilhões. A tilápia é o destaque das espécies de peixes com produção crescente ano a ano e representa 60% do total produzido pela piscicultura nacional.

A malacocultura, que compreende a criação de ostras, mexilhões e vieiras, configura uma atividade produtiva que contribui grandemente com a segurança alimentar e desenvolvimento econômico, podendo atender às crescentes demandas por proteína animal em sistemas sustentáveis de produção. Os constantes questionamentos quanto aos impactos dos sistemas de produção animal no balanço de GEE exigem maiores conhecimentos em relação à dinâmica de emissões e remoções de diversas cadeias produtivas. A malacocultura, entretanto, é uma cadeia produtiva pouco estudada quanto à pegada de carbono, sendo as suas emissões de GEE mundialmente desconhecidas, o que dificulta a compreensão do balanço e a comparação em relação às outras cadeias produtoras de proteína animal.

Silva *et al* (p. 150) pesquisaram as emissões de GEE em áreas de piscicultura em tanques-rede com intuito de quantificar o balanço (produção/consumo) de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O), correlacionando os balanços com fatores biológicos, físicos e químicos do ambiente. As medições *in situ* foram realizadas nos reservatórios de Furnas (MG), Chavantes (SP/PR), Ilha Solteira (SP/MS), Sobradinho (BA), Moxotó/Itaparica (PE) e açude Padre Cícero "Castanhão" (CE) em áreas com produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede.

Em suas pesquisas, Silva, *et al* (p. 152) analisaram o balanço de GEE em criações de malacocultura no Sul do Brasil, especificamente em áreas de cultivo de ostra-do-pacífico (*Crassostrea gigas*), ostra-do-mangue (*Crassostrea gasar*), mexilhão marrom (*Perna perna*) vieira (*Nodipecten nodosus*). As medições *in situ* foram realizadas entre os anos de 2018 e 2019 na enseada da Armação do Itapocoroy (Penha), Ribeirão da Ilha (Florianópolis) e Praia de Fora (Palhoça), todos no estado de Santa Catarina. Os resultados parciais mostram que a emissão

de dióxido de carbono (CO_2) em áreas de malacocultura foi semelhante às áreas de controle, sendo que, em vários casos, houve o sequestro de carbono para a atmosfera. Não houve diferença dos fluxos de CO_2, CH_4 e N_2O medidos nas áreas de produção e nas áreas de controle, o que indica que a malacocultura não impacta o balanço natural de GEE.

Referências bibliográficas

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2018. 2018. Disponível em: www.abps.-br.com.br.

ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2016. 2016. Disponível em: www.abpa.com.br/setores/suinocultura/publicacoes/relatorios-anuais.

BOGGLIA, A.; PAOLOTTI, L.; CASTELLINI, C. Environmental impact evaluation of conventional, organic and organic-plus poultry production systems using life cycle assessment. World's Poultry Science Journal, v. 66, p. 95-114, 2010.

Continuação no Anexo

EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) NOS ARRANJOS TECNOLÓGICOS DE PRODUÇÃO E USO DE BIOGÁS

Martha Mayumi Higarashi[1]; Juliano Corulli Corrêa[1]; Airton Kunz[1]; Rodrigo da Silveira Nicoloso[1]; Paulo Armando Victória de Oliveira[1]; Paulo Cezar Cassol[2]; Celso Aita[3]; Marcio Luis Busi da Silva[4]; Melissa Paola Mezzari[5]

1 Embrapa Suínos e Aves; **2** Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias; **3** Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais; **4** Rice University; **5** University of Texas Health Science Center at Houston.

Apesar de apontamentos sobre possíveis impactos da suinocultura no agravamento das questões relativas ao aquecimento global, a real contribuição do setor ainda suscita dúvidas e controvérsias, principalmente pela falta de confiabilidade nos dados existentes e desinformação, sobretudo em condições tropicais.

Como parte das ações da Rede BiogásFert foram avaliadas as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em suinocultura em sistema industrial confinado no Sul do Brasil, medindo as emissões nos arranjos tecnológicos com biodigestores, considerando todo o ciclo do efluente. Nestes sistemas, o manejo adotado em mais de 95% das granjas consiste no armazenamento do dejeto em esterqueiras para estabilização parcial seguido da aplicação no solo para fertilização de lavouras e pastagens. Durante o armazenamento, os dejetos emitem principalmente o CH_4 e NH_3 e a sua aplicação ao solo resulta em um incremento na emissão de CO_2 e N_2O. A substituição de esterqueiras por biodigestores pode reduzir a contribuição dos sistemas confinados no fluxo de emissões de GEE, decorrente da retenção e combustão do CH_4, o qual é convertido em CO_2 e energia.

Foram usadas metodologias aprovadas pelo IPCC, utilizando câmaras dinâmicas para amostragem e a composição dos gases foi determinada pelo equipamento fotoacústico Innova 1412.

Fator de emissão de esterqueiras em sistemas integrados

O fator de emissão de CH_4 encontrado foi de B_0 = 0,48 $m^3.kg^{-1}$ de SV, tendo sido o mesmo calculado a partir de estudos realizados a campo. Este resultado está em consonância com dados da literatura, os quais relatam valores que variam de 0,29 a 0,53 $m^3.kg^{-1}$ SV. No entanto, de acordo com as Diretrizes do IPCC, o B_0 estimado para o manejo de dejetos na América Latina seria de 0,29 ± 0,04 $m^3CH_4.kg^{-1}$ SV, enquanto na Europa e nos EUA estes valores referenciais do B_0 seriam, respectivamente, 0,45 ± 0,07 e 0,48 ± 0,08 $m^3CH_4.kg^{-1}$ SV.

Portanto, o fator de emissão encontrado se apresentou mais próximo ao B_0 europeu e americano do que o da América Latina. Isso pode ter ocorrido porque as medidas foram conduzidas em uma região onde a produção pecuária é altamente industrializadas, assim, tanto os sistemas de produção, como a alimentação e a genética animal não diferiam muito dos adotados por estes países.

Entretanto, em função da heterogeneidade dos sistemas de produção no Brasil esses valores podem não expressar as emissões da suinocultura nacional. Assim, com base nessas considerações, o valor de B0 = 0,48 $m^3CH_4.kg^{-1}$ SV seria atualmente um valor de referência que poderia ser usado apenas na região Sul. No entanto, é preciso salientar que existe uma forte tendência de que este modelo seja replicado para as demais regiões brasileiras.

Práticas agropecuárias para mitigação da emissão de GEE na produção e uso de biogás

Por meio do monitoramento contínuo das emissões de GEE provenientes de lagoas de armazenamento do digestato e depósitos de dejetos brutos (esterqueira), determinou-se o potencial de aquecimento global (PAG em $EqCO_2.kg^{-1}$ dejeto). A lagoa que armazena o efluente de um biodigestor com TRH = 30 dias emite 84% menos GEE (em PAG) que a esterqueira, e foi estimado que o arranjo com biodigestor (onde se considera os gases produzidos no biodigestor e a queima do CH_4) emite 53% menos gases.

Simulações realizadas mostram que a redução do tempo de armazenamento do dejeto nas esterqueiras de 120 para 50 dias, seguindo a Instrução Normativa nº 11/2014 de Santa Catarina, resulta em uma redução de 80% na emissão de metano dos depósitos.

Contribuição do uso do biofertilizante em sistemas de produção agrícola na emissão de GEE

Avanços significativos no conhecimento sobre a contribuição do uso do biofertilizante em sistemas de produção agrícola na emissão de GEE já foram conquistados. Um exemplo muito utilizado no sul do País é o cultivo de milho no verão e de aveia-preta para cobertura de solo no inverno. Nesse sistema, a aplicação dos dejetos não tratados aumentou em 59% as emissões de N_2O do solo sob plantio direto. Quando os dejetos são tratados por compostagem ou biodigestão ocorre redução das emissões de N_2O em 17% e 47%, respectivamente.

Outra informação importante é que os dejetos não tratados e o biofertilizante apresentaram eficiência em fornecer

nitrogênio para o milho similar aos fertilizantes minerais e o composto orgânico pode ser usado para recuperação de áreas degradadas em função do aporte de matéria orgânica ao solo.

Neste sentido, não houve diferença significativa entre os estoques de carbono do solo adubado com fertilizantes minerais, dejeto não tratado ou biofertilizante. No entanto, a aplicação do composto orgânico em áreas de plantio direto promoveu uma taxa de sequestro de C de 1 $Mg.ha^{-1}.ano^{-1}$ em relação ao solo adubado com fertilizantes minerais. Os resultados obtidos apontam um efeito sinérgico quanto a mitigação GEE pelo tratamento dos dejetos por biodigestão ou compostagem e a reciclagem do biofertilizante como fonte de nutrientes para a agricultura ou recuperação de áreas degradas pela adubação com o composto orgânico.

RESULTADOS

- O coeficiente de emissão de CH_4 das esterqueiras encontrado para a região Sul do Brasil foi de B_0 = 0,48 $m^3.kg^{-1}$ de SV, o que comprova que, a medida que o sistema produtivo se intensifica, a tendência é de que o fator de emissão da suinocultura brasileira se equipare ao dos países industrializados.
- Considerando apenas a emissão da esterqueira comparada com o arranjo do biodigestor (queima do metano e emissão da lagoa pós-biodigestor), estimou-se uma redução de 53% do PAG. Ainda, foi constatado que o uso do dejeto não-tratado na fertilização de lavouras aumenta muito a emissão de N_2O, mas o uso do digestato e, principalmente, do composto é capaz de mitigar esse incremento.

DESAFIOS

- Grande heterogeneidade dos sistemas de produção encontrados no Brasil. O sistema industrial confinado foi o escolhido para o estudo, por concentrar o maior contingente do rebanho e por existir uma forte tendência de migração dos demais sistemas para este modelo.

SOLUÇÕES

- Implantação de tratamentos mitigadores de emissão de gases de efeito estufa, como o biodigestor e a compostagem ou a redução do tempo de armazenamento nas esterqueiras (considerando o tempo necessário para a estabilização parcial e a demanda do uso fertilizante do dejeto).

DADOS PUBLICADOS EM:

GRAVE, R. A.; MEZZARI, M. P.; SILVA, M. L. B.; CASSOL, P. C.; NICOLOSO, R. S. Determining the mechanisms of nitrous oxide emission under contrasting soil disturbance levels and organic amendments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE RAMIRAN, 16., 2015, Hamburg. Abstract Book [...]. Hamburg, 2015.

GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. S.; CASSOL, P. C.; SILVA, M. L. B.; MEZZARI, M. P.; AITA, C.; WUADEN, C. R. Determining the effects of tillage and nitrogen sources on soil N_2O emission. Soil & Tillage Research, v. 175, p. 1-12, 2018.

GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. S.; SILVA, M. L. B.; MEZZARI, M. P.; HIGARASHI, M. M.; CASSOL, P. C.; DALLA COSTA, M. Correlating Denitrifying catabolic genes with soil N_2O emissions under contrasting soil disruption and organic amendments. In: 2014 ASA, CSA & SSSA INTERNATIONAL ANNUAL MEETING, 2014, Long Beach, CA. Conference Proceedings [...]. Long Beach, 2014.

Continuação no Anexo



Figura: Granja de suínos em sistema industrial confinado no Sul do Brasil

Crédito: Luiza Biezus

COORDENADOR DO PROJETO

Dra. Martha Mayumi Higarashi

Embrapa Suínos e Aves

e-mail: martha.higarashi@embrapa.br

EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO PROVENIENTES DA SUINOCULTURA

Vilmar Müller Júnior[1]; Guilherme Wilbert Ferreira[1]; Cledimar Rogério Lourenzi[1]; Gustavo Brunetto[2]; Sandro José Giacomini[2]; Jorge Manuel Rodrigues Tavares[3]; Jucinei José Comin[1]; Paulo Belli Filho[1]

1 Universidade Federal de Santa Catarina; **2** Universidade Federal de Santa Maria; **3** Universidade de Lisboa.

O N_2O é um dos principais gases de efeito estufa (GEE), contribuindo para o aumento da magnitude do aquecimento global. Este gás compõe uma das etapas do ciclo do N, sendo produzido naturalmente pelos solos. Entretanto, a adição de fertilizantes ao solo, incluindo os adubos orgânicos, promove alterações nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, podendo maximizar as emissões de N_2O. A valorização agronômica dos dejetos suínos, de acordo com parâmetros técnicos pré-estabelecidos, compõe uma estratégia de minimização dos impactos desses efluentes no ambiente, além de contribuir para a ciclagem de nutrientes dentro da propriedade rural. Entretanto, o sistema adotado para o tratamento prévio desses efluentes pode alterar seu comportamento após a aplicação no solo. No Estado de Santa Catarina, a criação de suínos, bem como, a disposição dos dejetos no solo deve ser licenciada de acordo com os critérios técnicos dispostos na Instrução Normativa n°11 (IN 11, FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina), visando reduzir os impactos provenientes principalmente do desbalanço de nutrientes N, P, Cu e Zn, presentes nos dejetos. Porém, o foco da IN 11 está nos impactos dos dejetos no solo e na água, não apresentando critérios relativos as emissões de N_2O após a adição dos dejetos no campo. Por isso a importância em avaliar o efeito do uso agronômico dos dejetos líquidos de suínos (tratados anaerobicamente) e do composto de dejetos de suínos nas emissões de N_2O, nas frações e nos estoques de C e N e na microbiologia do solo. Assim, a proposta visa integrar, de forma sistêmica, aspectos agronômicos aliados à abordagem proposta pela engenharia ambiental. O foco do trabalho é avaliar as implicações da valorização agronômica dos dejetos suínos, de acordo com os critérios legais para o estado de Santa Catarina, sobre as emissões de óxido nitroso (N_2O), os estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) e a microbiologia do solo. Além das emissões a campo, após a aplicação dos dejetos ao solo, foram realizadas medições da concentração de N_2O, dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4) no interior das instalações produtoras de suínos. O experimento de campo foi conduzido ao longo dos ciclos de cultivo da aveia preta e do milho, durante o ano de 2018/2019. São apresentados também dados da concentração de gases de efeito estufa oriundos de 98 amostras analisadas no interior de granjas produtoras de leitões.

RESULTADOS PRELIMINARES

Genética dos suínos: leitões obtidos do cruzamento de machos MS 60 (Embrapa) com fêmeas F1 Landrace x Large White.

Nas instalações de criação de suínos:

- Concentrações de N_2O, CO_2 e CH_4 no interior das instalações (fase fisiológica de creche) de 0,53; 11,35; e 1453,32 ppm-v, o equivalente a 1,4; 2,2; e 2,9 vezes a concentração externa de N_2O, CO_2 e CH_4, respectivamente;
- Em média, as emissões de GEE em granjas de suínos na fase fisiológica de creche são de 0,42 kg de CO_2 por suíno dia, e de 1,07 g e 0,07 g. suíno-1. dia-1 para CH_4 e N_2O, respectivamente;
- Essas concentrações mais elevadas são oriundas de processos metabólicos dos animais e dos dejetos presentes no interior das instalações.

Nas áreas de aplicação dos dejetos como fertilizante:

- Maiores fluxos de N_2O observados no tratamento com adubação baseada no uso dos dejetos líquidos de suínos, associado a adubação mineral suplementar.

Emissão líquida acumulada de N_2O ao longo dos ciclos da aveia preta e milho:

- Dejeto líquido suíno associado a adubação mineral suplementar: 2,546 kg N_2O ha^{-1};
- Composto de dejeto líquido suíno associado a adubação mineral suplementar: 0,071 kg N_2O ha^{-1}.

Fator de emissão nos sistemas de adubação avaliados:

- Dejeto líquido suíno associado a adubação mineral suplementar: 2,28%;
- Composto de dejeto líquido suíno associado a adubação mineral suplementar: 0,06%;
- Valor aceitável para resíduos orgânicos: 1,25%;

- O uso do composto de dejetos suínos proporcionou um melhor parcelamento do fornecimento de nitrogênio para as culturas, o que reduz as perdas por lixiviação e volatilização de amônia (NH_3) após a aplicação ao solo;
- Apesar do fator de emissão do dejeto líquido associado a adubação mineral suplementar estar acima do verificado no tratamento baseado na adubação com composto, está dentro dos valores verificados na literatura.

DESAFIOS

- Conciliar a valorização agronômica dos dejetos suínos com a redução do risco associado aos impactos ambientais oriundos da elevada concentração de nutrientes e metais pesados nesses dejetos;
- Otimizar os processos de tratamento dos efluentes da suinocultura industrial, visando a estabilização das formas de nitrogênio, reduzindo as perdas no processo de tratamento e após a adição desses materiais ao solo;
- Reduzir as emissões de gases de efeito estufa após a aplicação dos fertilizantes orgânicos ao solo, sem prejudicar o rendimento agronômico das culturas agrícolas.

SOLUÇÕES

- O parcelamento das adubações, associado ao fornecimento adequado de nutrientes para os cultivos, via adubação mineral suplementar, constitui uma importante ferramenta para a redução das emissões de N_2O em solos;
- Sugerimos uma atenção especial para iniciativas de fomento para técnica da compostagem como alternativa tecnológica para a redução das emissões de N_2O após a aplicação dos fertilizantes orgânicos ao solo. Frisamos a importância do uso de tecnologias adequadas para o processo de compostagem, que priorizem a redução das emissões de N_2O e NH_3 nas leiras de compostagem.

DADOS PUBLICADOS EM:

MÜLLER JÚNIOR, V. Emissões de óxido nitroso em solos adubados com dejetos suínos (Tese de doutorado em fase de elaboração).

TAVARES, J. M. R. Modelagem do consumo de água, produção de dejetos e emissão de gases de efeito estufa e amônia na suinocultura. 2016. Tese (doutorado) - Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2016.



Figura: Sistema de criação de suínos

Crédito: Vilmar Müller Júnior

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Cledimar Rogério Lourenzi
Universidade Federal de Santa Catarina
e-mail: lourenzi.z.r@ufsc.br

Dr. Gustavo Brunetto
Universidade Federal de Santa Maria
e-mail: brunetto.gustavo@gmail.com

Dr. Jucinei José Comin
Universidade Federal de Santa Catarina
e-mail: j.comin@ufsc.br

Dr. Paulo Belli Filho
Universidade Federal de Santa Catarina
paulo.belli@ufsc.br

EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E AMÔNIA ORIUNDAS DA CRIAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM MÚLTIPLOS REÚSO DA CAMA

Ingrid Kely da S. Santana[1]; Luciano B. Mendes[2]; José Fernando Machado Menten[3]; Brigitte Josefine Feigl[1]; Carlos Clemente Cerri[1]

1 Universidade de São Paulo; Centro de Energia Nuclear na Agricultura; **2** International Institute for Applied Systems Analysis; **3** Universidade de São Paulo, Departamento de Zootecnia.

A indústria brasileira de produtos de origem animal, dentre elas as de carne de frango, estão em busca de uma forma de produção sustentável, com vista à atender as atuais exigências do mercado consumidor. Considerando que aproximadamente 100% da produção de frango de corte provêm de confinamentos, as emissões de GEE proveniente do manejo dos dejetos animais têm importante papel. Entretanto, informação sobre os impactos e potenciais de mitigação desses gases pelo manejo dos dejetos de frangos de corte confinados no Brasil é escasso, além de não existir um método padrão para medições diretas nos galpões brasileiros em condições tropicais. Diante dessa complexidade, nesta pesquisa buscou-se aplicar técnicas que apresentam menores interferências, bem como desenvolver um sistema de amostragem para medir diretamente as emissões de N_2O, CH_4 e NH_3 dos dejetos de frangos de corte. No desenvolvimento do método, utilizou-se como referência o princípio da câmara estática fechada e a análise por cromatografia gasosa (CG), para estimar as emissões de GEE. Para quantificação direta das emissões de NH_3, adaptou-se um método semiaberto estático, baseado na captura, em meio ácido, do NH_3 volatilizado dos dejetos das aves. Adicionalmente, buscou-se monitorar as emissões diárias de NH_3, CH_4 e N_2O dos dejetos dos frangos, considerando o típico manejo de reutilização da cama de frango. Foram propostos modelos empíricos para as predições das emissões de N_2O, CH_4 e NH_3, em função do número de reutilizações da cama, da idade das aves e de propriedades físicoquímicas da cama de frango.

Descrição do sistema de amostragem de gases do efeito estufa na avicultura (SISAVE) para monitoramento dos fluxos de gases de efeito estufa

Com o intuito de facilitar o manejo das aves e melhor controlar as condições de monitoramento dos fluxos de poluentes gasosos, foi desenvolvido um sistema intitulado: Sistema de Amostragem de Gases do Efeito Estufa na Avicultura (SISAVE). O SISAVE segue o princípio das câmaras estáticas fechadas de 448L (HUTCHINSON; MOSIER, 1981; JACINTHE; DICK, 1997; SAGGAR *et al.*, 2004; JONES *et al.,* 2005).

As aves foram mantidas dentro de uma gaiola metabólica, com dimensões de 0,70 m × 0,70 m × 0,50 m de altura e consistia em estrutura de aço, com paredes feitas de tela de arame (aberturas de 25 mm).

Para avaliar as perdas de nitrogênio na forma de amônia (NH_3), utilizou-se o método desenvolvido por Araújo *et al.* (2009) e comparado por Jantalia *et al.* (2012). Trata-se de uma câmara semiaberta livre estática (SALE), confeccionada a partir de garrafa de plástico transparente de politereftalato de etileno (PET), com capacidade para 2 L e com área na base de 0,008 m^2. As câmaras seguiram o princípio das "câmaras estáticas fechadas", amplamente utilizadas para medir fluxos gasosos de diversas fontes agrícolas, como o solo, tanto em sistemas de pastagem (SIQUEIRA NETO *et al.*, 2016), quanto em pastagens (BARNEZE *et al.*, 2014; CARVALHO *et al.*, 2014; MAZZETTO *et al.*, 2015) confinamento da pecuária (COSTA JUNIOR *et al.*, 2015) e superfícies líquidas, como a vinhaça de cana-de-açúcar (OLIVEIRA *et al.*, 2015). As concentrações de CH_4 e N_2O foram avaliadas pelo método de cromatografia gasosa, enquanto o NH_3 utilizou-se a técnica de análise química por injeção em fluxo (FIA) como descrito por Araújo *et al.*, 2009.

Cálculo dos fatores de emissão

Os modelos de regressão gerados foram utilizados para determinar os fatores de emissão de CH_4, N_2O e NH_3. Cálculos de emissões foram feitos ao longo de um ano inteiro, em cada cálculo o número de ciclos em que reutilizaram foi alterada para os valores de 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Neste estudo, consideramos um fator de emissão de poluentes (FE) para galpões de frangos de corte como a massa total do poluente liberado para a área útil alocada para 1 ave, no período de 1 ciclo de um 1 ano. Assim, a unidade considerada de um fator de emissão foi g ave-alojada^{-1} ano^{-1}.

Balanço de massa de nitrogênio

O cálculo do balanço de N para cada ciclo de reuso da cama foi realizado a fim de avaliar a precisão e validar os fatores de emissão de NH_3 e N_2O determinados experimentalmente. O balanço de massa foi obtido pelas entradas e saídas de N na produção de frangos de corte durante os quatro ciclos de criação, com a reutilização da cama de frango.

A entrada de N-cama inicial (g N ave^{-1}) foi determinada no início e final de cada ciclo com base no teor de N (g kg^{-1}) total da cama, bem como pela quantidade de cama (kg ave^{-1}).

O N-ração (g N ave^{-1}) foi determinado de acordo com o consumo de ração (g ave^{-1}) pelas aves, assim como pelos teores de proteína bruta (PB,%) na ração nas quatro fases de criação de 23,09; 21,28; 19,81; 18,60%, respectivamente, determinadas com base na composição da dieta. Por fim, assumimos que a proteína alimentar contenha 16% de N.

O N-retido foi estimado com base no ensaio metabólico realizado por Vasconcellos *et al.* (2011), assumindo que as aves retêm 65% do N consumido e o restante, excretado (35%). As perdas de N na forma de emissões gasosas de NH_3 e N_2O (g N ave^{-1}) durante todo um ciclo de criação foram aquelas obtidas empiricamente. Assim, o N não contabilizado foi determinado pela diferença entre a entrada e saída de N no sistema.

Análises de cenário e projeções futuras

Os modelos de regressão obtidos para as emissões de CH_4, N_2O e NH_3 foram utilizados para estimar os fatores de emissão anuais em diversos cenários alternativos em que o número ou o tempo de reutilização varia entre 1 e 6. Além disso, as projeções de emissões de CO_2eq de aves de corte brasileiras foram estimadas até 2024 nos diferentes cenários (Figura 1), utilizando as projeções de produção da OCDE-FAO (2015).

RESULTADOS

- Os valores de umidade da cama de frango (%) e pH da cama de frango criados nas gaiolas metabólicas não foram significativamente diferentes dos valores medidos na cama de frangos criados em piso de concreto, dentro do mesmo galpão. Os resultados indicam que a criação de frangos de corte no interior das gaiolas metabólicas, e não no solo, não afetou negativamente as propriedades físico-químicas da cama.

- Os FE modelados para os dejetos de frangos durante quatro ciclos de criação corresponderam a 0,14 g de N_2O, 0,35 g de CH_4 e 72,0 g de N-NH_3 ave-alojada^{-1} ano^{-1} (Tabela 1). A idade das aves e o reúso da cama mostraram-se positivamente relacionados com os fluxos de N_2O, CH_4 e NH_3. As projeções indicaram que a intensificação de reúso da cama de frango resultou em maiores emissões de GEE e NH_3 por ave produzida.

- A contribuição percentual dos GEE nas emissões em CO_2eq foi de 3% (8,8 g CO_2eq ave-alojada^{-1} ano^{-1}) para CH_4, 13% (41,7 g CO_2eq ave-alojada^{-1} ano^{-1}) emissões diretas de N_2O e 84% (276,5 kg CO_2eq ave-alojada^{-1} ano^{-1}) indiretas pela perda por volatilização de NH_3. Essa proporção confirma a participação significativa de NH_3 na avicultura como um gás nocivo para o ambiente e a importância de considerá-la nos inventários de GEE, devido à sua alta produção na atividade avícola.

- O cenário de maior reúso da cama (seis ciclos) simulado nesta pesquisa estimou uma emissão de 0,5 kg CO_2eq ave-alojada^{-1} ano^{-1} correspondentes a 0,08 kg CO_2eq ave^{-1} ou a 0,04 kg CO_2eq por kg de carne. Considerando o plantel de aves alojadas em 2015, o Brasil emitiu cerca de 545,1 Gg CO_2eq.

- Os fatores de emissão anuais de CO_2eq foram combinados com as projeções da produção de carne da OCDE-FAO (2015) para o Brasil do ano 2000 até 2024 (Figura 1). A suposição feita neste estudo de reutilização da cama de frango em 6 ciclos de criação é bastante conservadora, já que na prática os agricultores chegam a reutilizar a cama até 10 ou 12 vezes, dependendo da estação do ano e disponibilidade da cama.

- A entrada de N pela cama de frango aumentou consideravelmente a cada ciclo de reutilização. Após cada ciclo de criação, os totais de N retidos na carcaça, o N acumulado na cama e as perdas de N via emissões gasosas variaram de 45 a 65%, de 24 a 47% e de 4 a 6%, respectivamente. As perdas por volatilização de NH_3 foram maiores no 4° ciclo, com 14 g N ave^{-1}. O N não contabilizado no balanço de massa variou entre 5 e 10 g N ave^{-1} ao longo dos quatro ciclos de reutilização, representando 2 a 5% de todos os N introduzidos no sistema. Esta percentagem de N não contabilizável é considerada insignificante quando comparada com outros estudos que tratam do balanço de massa de N para sistemas pecuários envolvendo emissões gasosas. Os resultados desse balanço de massa são originais e anteriormente não disponíveis na literatura científica sobre a atividade de avicultura de corte no Brasil.

DESAFIOS

Esta pesquisa abrangeu a etapa comumente chamada de "dentro da porteira" da cadeia de produção de frangos de corte, com dados relativos aos animais (frangos de um dia até os 42 d de idade) e à cama de frango. Maior ênfase foi dada à emissão proveniente dos dejetos e da reutilização da cama de frango, assim como à determinação do primeiro fator de emissão gerado no Brasil para essa importante fonte de GEE. Quantificar e monitorar diretamente as emissões gasosas nos sistemas de criação das aves têm sido o grande desafio enfrentado pela comunidade científica. O principal problema está relacionado à ausência de padronização metodológica. Além disso, as informações disponíveis na literatura sobre as emissões de GEE e NH_3 em aviários são variáveis e incertas, devido às diversidades e condições particulares das instalações, às inúmeras diferenças no sistema de criação e às complexas interações observadas nos dejetos dos animais. Esse desafio é ainda maior para o Brasil em razão das suas condições climáticas, expansão territorial, manejo e criação das aves de corte – ainda predominantes em instalações abertas – e controle ambiental mínimo. Diante dessa complexidade nas medições de GEE na avicultura, o maior desafio enfrentado nesta pesquisa foi o desenvolvimento de instrumentação necessária e adequada para poder, a partir de então, iniciar, de forma satisfatória, a aquisição dos resultados das emissões de GEE e NH_3 dos dejetos de frangos de corte. Na prática, essa etapa, se tornou bastante complexa, o que demandou maior tempo e dedicação, não previsto inicialmente no projeto. Contudo, esta pesquisa propôs uma metodologia prática e inovadora, denominada de SISAVE (Sistema de Amostragem de GEE na Avicultura), para determinar os fluxos de GEE em aviários, principalmente os de ventilação natural.

SOLUÇÕES

- Emissões de CO_2eq em galpões de frangos típicos brasileiros foram modeladas com base em dados empíricos;
- Este estudo é o primeiro a fornecer fatores de emissão de CO_2eq de galpões de frangos para condições típicas de manejo no Brasil;
- Reduzir a reutilização da cama de frango de 6 para 1 ciclo reduziria as emissões de CO_2eq do celeiro em 72%;
- Evitar a reutilização da cama de frango no Brasil impediria a liberação de 47 Mt de CO_2eq na atmosfera em uma década;
- Os cenários de menor reúso da cama simulados nesta pesquisa podem ser considerados como opções de mitigação de GEE em aviários de frangos de corte no Brasil. Realizar a troca do substrato da cama de frango no lugar de reutilizá-la por seis ciclos resultaria em redução nas emissões de 21% para N_2O, 40% para CH_4 e 78% para NH_3. Essa redução de emissão expressa em CO_2eq representa 72%. Essa informação tem grande utilidade no que se refere às práticas mitigadoras das emissões de gases na produção de frangos de corte.

Tabela 1: Emissões acumuladas de $N\text{-}N_2O$, $C\text{-}CH_4$ e $N\text{-}NH_3$ para diferentes cenários de reutilização da cama de 6 reutilizações e reduzindo o (re)uso da cama de frango somente a partir de 2015

Número de ciclos	Período de (re)uso			Base anual			
	(mg ave-alojada^{-1})			(mg ave-alojada^{-1} ano^{-1})			(kg ave-alojada-1 ano-1)
	$N\text{-}N_2O$	$C\text{-}CH_4$	$N\text{-}NH_3$	$N\text{-}N_2O$	$C\text{-}CH_4$	$N\text{-}NH_3$	CO_2eq
6	96,0	331,9	94781	99,6	341,6	95063	0,50
5	76,9	247,1	75729	92,7	291,3	80320	0,43
4	59,9	177,1	24431	88,8	263,2	59073	0,33
3	41,5	119,4	14533	86,1	248,5	57705	0,32
2	24,7	72,0	12328	82,0	225,0	37325	0,22
1	11,1	32,5	3488	78,3	204,4	21207	0,14

Fonte: própria autoria.

*Legenda: * O número entre parênteses na mesma linha representa a contribuição percentual do poluente gasoso para o total de CO_2 eq.*

DADOS PUBLICADOS EM:

SANTANA, I. K. da S. Emissões de gases de efeito estufa e amônia oriundas da criação de frangos de corte em múltiplos reúsos da cama. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. (Versão em artigo científico submetida para revista cientifica, em fase de revisão em 2019).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO, E. S.; MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; BARROS, L. H.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 44, p. 769-776, 2009.

BARNEZE, A. S.; MAZZETTO, A. M.; ZANI, C. F.; MISSELBROOK, T.; CERRI, C. C. Nitrous oxide emissions from soil due to urine deposition by grazing cattle in Brazil. Atmospheric Environment, Oxford, v. 92, p. 394-397, 2014.

CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; FRAZÃO, L. A.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Crop-pasture rotation: a strategy to reduce soil greenhouse gas emissions in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems & Environment, Amsterdam, v. 183, p. 167-175, 2014.

Continuação no Anexo

COORDENADORES DO PROJETO

In memoriam: Professor Dr. Carlos Clemente Cerri

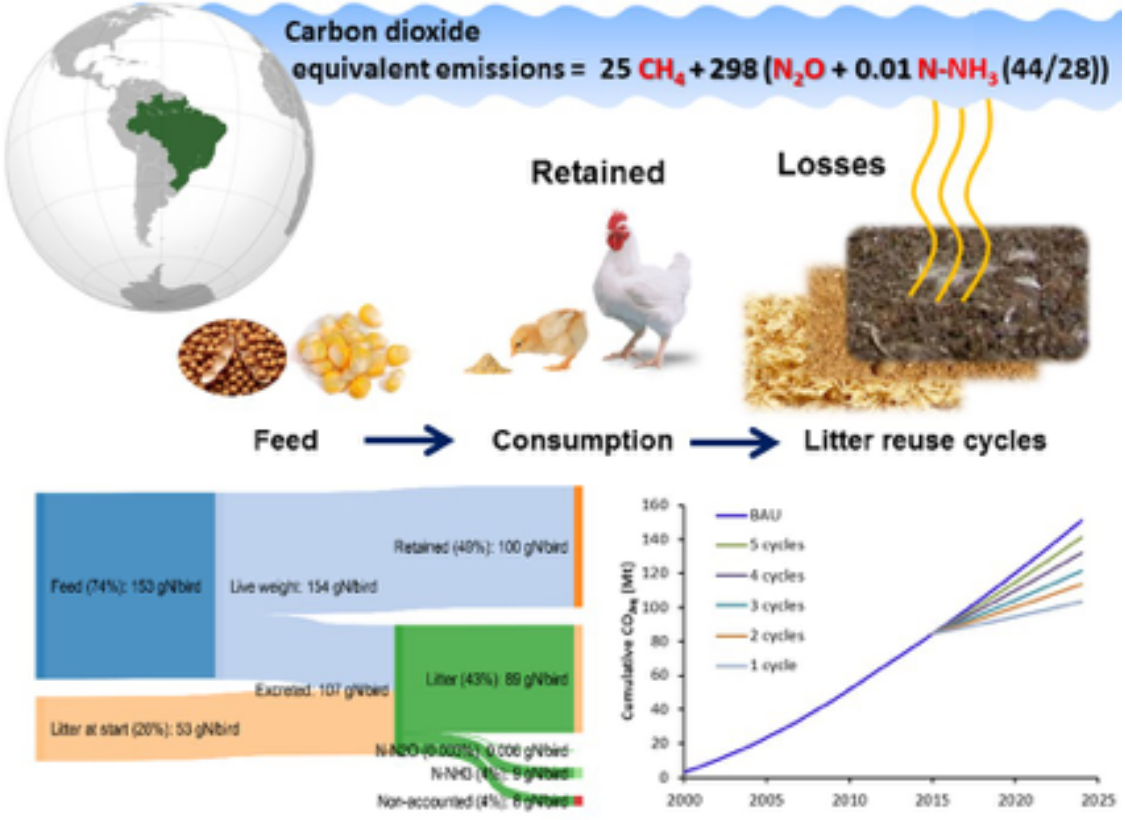
Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (USP)

Dr. José Fernando Machado Menten

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

e-mail: jfmenten@usp.br

Tabela: Diagramas de Sankey para os fluxos de N (g ave-1) para o galpão de frangos utilizados neste estudo em quatro diferentes ciclos de (re) uso da cama de frango. Projeções de emissões de CO_2eq de galpões avícolas brasileiros considerando o cenário de "business as usual" (BAU) de 6 reutilizações e reduzindo o (re)uso da cama de frango somente a partir de 2015



EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DURANTE O ALOJAMENTO DE FRANGOS DE CORTE SOB CAMA REUTILIZADA

Graciele Angnes[1]; Paulo Armando Victoria de Oliveira[2]; Thiago Liborio Romanelli[1]

1 Universidade de São Paulo; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Suínos e Aves.

A produção de frangos de corte desempenha um papel importante nas emissões de certos poluentes atmosféricos, cujos impactos sobre o meio ambiente são uma preocupação global crescente. Sendo assim, as emissões que ocorrem durante o alojamento dos animais devem ser integradas nas questões ambientais relacionadas a cadeia produtiva. O interesse deste estudo foi aplicar um método simplificado de quantificação de emissões gasosas na produção intensiva de frangos de corte em instalações do tipo dark house localizadas na região sul do Brasil. O objetivo deste método foi a aquisição de referências de emissões de amônia e gases de efeito estufa (CH_4, N_2O e CO_2) para condições de produção com reutilização da cama de aviário por longos períodos.

Essa pesquisa foi desenvolvida em parceria com a Embrapa Suínos e Aves e fez parte do Projeto PECUS. O desenvolvimento da pesquisa permitiu explorar o método simplificado que utiliza as relações de concentração e o balanço de massa, onde a composição dos alimentos, as características dos animais e os efluentes são relativamente pouco variáveis (HASSOUNA; EGLIN, 2015) e podem ser observados com uma boa precisão. O método permitiu a obtenção de valores de emissão durante o alojamento de frangos de corte em instalações do tipo dark house com sistema de ventilação por pressão negativa e reutilização da cama de aviário durante 10 a 14 lotes, contemplando o manejo de produção do sul do país.

O experimento foi conduzido em três fazendas comerciais de frangos de corte localizadas em Santa Catarina, Brasil, entre outubro de 2014 e maio de 2015. As aves utilizadas durante a experimentação foram machos Cobb 500 com um período de crescimento médio de 41 dias.

As instalações avaliadas foram integradas a mesma agroindústria, e o primeiro lote analisado foi iniciado no mesmo dia para reduzir as diferenças de idade de abate, peso corporal e regime de alimentação entre as instalações. Os dark houses foram selecionados o mais próximo possível uns dos outros para garantir que as condições climáticas externas fossem consistentes. Dados climáticos para a região estudada mostram que os meses mais frios e mais quentes são julho (média de 15 °C) e janeiro (média de 26,1 °C), respectivamente. A precipitação é mais baixa durante o verão e mais alta durante o inverno.

Em todas as instalações, os frangos foram criados com cama reutilizada. Aparas de madeira de pinho foram o material original. A cama de aviário foi reutilizada por 10 lotes antes de iniciar esta pesquisa. Ao final de cada ciclo produtivo, a camada superior compactada de cama foi removida e óxido de cálcio (CaO) foi aplicado entre os lotes em todas as instalações. O intervalo regular entre os lotes foi de 6 a 10 dias. Um dia antes do alojamento das aves, o pinteiro foi preparado no centro das instalações com a adição de 2 cm de aparas de madeira. Quando as aves atingiram 14 dias, a cama passou a ser revolvida diariamente até 30 dias.

A concentrações de gases (ppm) NH_3, CO_2, CH_4 e N_2O foram mensuradas semanalmente com o auxílio de sacos constituídos de polímero termo neutro – TEDLAR no período matutino e vespertino no interior e exterior das instalações. A amostragem de ar foi realizada com o auxílio de um dispositivo composto por um filtro de ar, uma bomba, um saco do tipo Tedlar® e tubo de Teflon (4 mm de diâmetro), teve duração de 30 minutos e foi realizada percorrendo toda a extensão da instalação seguindo Hassouna & Eglin, (2015). As concentrações dos gases foram determinadas utilizando o analisador de gás fotoacústico (INNOVA 1412).

Para validação dos fatores de emissão, o balanço de massa de carbono, nitrogênio e fósforo foi realizado contabilizando o peso de todas as entradas e saídas com a maior precisão possível. A diferença entre as entradas e saídas foi então assumida como sendo perdida na forma de gases para o ambiente. Para cada elemento, a excreção total foi calculada a partir da diferença entre a ingestão total e a deposição corporal em aves abatidas e mortas. A deposição corporal para N, P e C foi calculada considerando o conteúdo corporal médio dado por Itavi (2013). Os inputs e a concentração de P da cama foram usados para calcular e verificar o balanço de massa da instalação, seguindo Paillat *et al.* (2004).

Os cálculos são verificados estimando-se as perdas de C e N e verificando o balanço das perdas de água. As emissões são calculadas em quantidade de C-CO_2, C-CH_4, N-NH_3 e N-N_2O emitidas por unidade de tempo, ou seja, por exemplo, a quantidade de carbono emitido sob a forma de CO_2, ou de nitrogênio sob a forma de NH_3 (ROBIN *et al.*, 2009).

RESULTADOS PRELIMINARES

- As taxas médias de emissão obtidas pelo método de relações de concentração foram de 0,63 ± 0,1; 100,2 ± 16; 0,23 ± 0,15 e 0,06 ± 0,02 g ave-1 d-1 para NH_3, CO_2, CH_4 e N_2O, respectivamente;

- Embora as taxas de emissão brasileiras não podem ser idealmente comparáveis às taxas de emissão observadas em outros países devido a diferentes manejos, tipo de instalação e clima, os resultados encontrados neste estudo são semelhantes aos valores observado por Miles *et al.*, (2014) e Henn *et al.* (2015).

DESAFIOS

- A quantificação direta e o monitoramento de emissões gasosas em sistemas de produção de aves têm sido um grande desafio para a comunidade científica. O principal problema está relacionado à falta de padronização metodológica e ao custo de aplicação das metodologias contínuas;

- O maior desafio desta pesquisa foi desenvolver um protocolo de coleta de dados que permitisse monitorar o maior número possível de aviários, maior número de lotes no tempo determinado, intervalo entre coleta de dados e determinação de gases, além da disponibilidade de orçamento e equipamentos.

SOLUÇÕES

- É importante desenvolver e aplicar metodologias simplificadas que permitam a quantificação de emissões em um grande número de sistemas de produção, o método utilizado nesta pesquisa apresentou resultados promissores. No entanto, cabe ressaltar que as taxas de emissão apresentadas aqui referem-se apenas ao ciclo de vida das aves e nossa avaliação não incluiu as etapas de produção de ração, transporte, aquecimento/resfriamento das instalações, industrialização, tratamento da cama de aviário, maturação e aplicação do solo.

DADOS PUBLICADOS EM:

ANGNES, G. Gas concentrations and emissions and nutrient flow in broiler houses with litter reuse. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

ANGNES, G.; OLIVEIRA, P. A. V.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; COLDEBELLA, A.; ROMANELLI, T. L. Ammonia emissions in commercial broiler dark house in south of Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMISSION OF GAS AND DUST FROM LIVESTOCK - EMILI 2017, 2017, Saint Malo.

ANGNES, G.; OLIVEIRA, P. A. V.; ROBIN, P.; HASSOUNA, M.; ROMANELLI, T. L. Emissão de amônia durante a produção de frangos de corte em aviário tipo dark house no sul do Brasil. In: FERREIRA, I. de F. *et al.* (org.) Ambiência e engenharia na produção animal sustentável: condições de climas quente e temperado. Viçosa: Suprema, 2016. p. 14-18.

ANGNES, G.; ROMANELLI, T. L.; TURMINA, L. P.; OLIVEIRA, P. A. V. Emissão de gases de efeito estufa e amônia durante a produção de frangos de corte em aviários tipo dark house. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMISSIONS OF GAS AND DUST FROM LIVESTOCK, 2015, Florianópolis. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2015. p. 1-5.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

HASSOUNA, M.; EGLIN T. Mesurer les émissions gazeuses en élevage : gaz à effet de serre, ammoniac et oxydes d'azote. Paris: INRA-ADEME, 2015.

HENN, J. D.; BOCKOR, L.; BORILLE, R.; COLDEBELLA, A.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. de M. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO_2 emissions from broiler production. Poultry Science, Oxford. v. 94, p. 2303-2312, 2015.

ITAVI. Estimation des rejets d'azote, phosphore, potassium, calcium, cuivre et zinc par les élevages avicoles:mise à jour des references corpen-voilailles de 2006. Paris: ITAVI, 2013.

Continuação no Anexo



Figura: Sistema de produção de frangos de corte tipo dark house com ventilação por pressão negativa

Crédito: Paulo Armando Victoria de Oliveira.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Paulo Armando Victoria de Oliveira

Embrapa Suínos e Aves

e-mail: paulo.armando@embrapa.br

Dr. Thiago Liborio Romanelli

Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/ USP

e-mail: romanelli@usp.br

MODELAGEM DA EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA PRODUÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

João Dionísio Henn[1]; Alexandre de Mello Kessler[2]; Andréa Machado Leal Ribeiro[2]; Arlei Coldebella[1]; Luciane Bockor[2]; Rodrigo Borille[2]

1 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Suínos e Aves; **2** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Zootecnia.

O trabalho foi realizado com o objetivo principal de desenvolver modelos matemáticos capazes de estimar a emissão de dióxido de carbono (CO_2) na produção de frangos de corte, com base no balanço de carbono (C) no frango e na cama de aviário, considerando o crescimento e composição corporal, o consumo alimentar e a metabolizabilidade das dietas, a produção de excretas e seu teor de carbono e a consequente emissão de CO_2 pela respiração dos animais e pela fermentação da cama. As etapas de experimentação envolveram experimentos para avaliar o consumo alimentar, o crescimento, a deposição de componentes corporais (tecidos) e seu crescimento alométrico em linhagem de alto (Cobb 500) e médio (C44) desempenho, machos (M) e fêmeas (F), bem como avaliação do balanço de carbono na cama, como subsídio para as estimativas de CO_2 emitido pela cama, durante o período de 1 a 49 dias do lote de frangos. Os resultados apresentados se referem, portanto, aos frangos (emissões da respiração) e da cama (emissões da cama). Não foram obtidos dados referentes às etapas de produção de grãos e outros insumos, transporte, aquecimento e/ou refrigeração de ambientes, industrialização e comercialização de produtos.

A produção de CO_2 foi altamente correlacionada com a taxa de crescimento, de modo que aos 42 dias de idade, o CO_2 expirado (g/ave) foi de 3384,4 nos machos Cobb; 2947,9 nas fêmeas Cobb; 2512,5 nos machos C44 e 2185,1 nas fêmeas C44. O efeito de idade também foi determinante na produção de CO_2, de modo que, para alcançar o mesmo peso corporal de 2,0 kg, o CO_2 expirado (g/ave) foi de 1794,3 nos machos Cobb; 2016,5 nas fêmeas Cobb; 2617,7 nos machos C44 e 3092,3 nas fêmeas C44. Uma regressão linear múltipla foi aplicada a todos os dados, obtendo-se as equações: CO_2 expirado (g/ave)= -70,2845 + 20,3322 * Idade (dias) - 0,0382 * Peso Vivo (g) + 0,0215 * IdadexPeso Vivo ($P<0,0001$, $R2= 0,995$). O CO_2 emitido pela cama (g/ave)= 1,8283 + 3,2714 * Idade (dias) - 0,0945 * Peso Vivo (g) + 0,00661 * Idade x Peso Vivo ($P<0,0001$, $R2= 0,941$). A soma do CO_2 emitido pelo frango e pela cama (g/ave)= -68,4562 + 23,6036 * Idade (dias) - 0,1327 * Peso Vivo (g) + 0,0281 * Idade x Peso Vivo ($P<0,0001$, $R2= 0,994$).

Em geral, um excelente ajuste foi encontrado no modelo não-linear utilizado, com um $R2>0,99$ para todas as respostas. Estas equações apresentam alta previsibilidade para estimar as emissões individuais de CO_2, em qualquer peso, idade ou linhagem, entre 1 a 49 dias de idade.

RESULTADOS

- No nosso trabalho, aos 42 dias de idade, a emissão total de CO_2 foi de 4.093,3; 3.597,2; 3.054,6 e 2.606,5 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. Por kg de peso vivo, foram emitidos 1.320; 1.378; 1.545 e 1.574 g de CO_2, respectivamente. As emissões de CO_2 da cama representaram 17,32; 18,05; 17,74 e 16,17% do total, respectivamente;

- A emissão total de CO_2 projetada para 2 kg de peso vivo dos frangos foi de 2.099; 2.374; 3.126 e 3.652 g, para os Cobb machos, fêmeas, C-44 machos e fêmeas, respectivamente. Nesta situação, as emissões de CO_2 da cama representaram 13,77; 14,23; 15,32 e 17,85% do total emitido, respectivamente;

- A emissão de CO_2 é proporcional ao peso vivo, e sua taxa de emissão é proporcional ao ganho de peso, de forma que animais com crescimento rápido crescem mais, consomem mais alimento e emitem mais CO_2 por unidade de tempo. Por outro lado, o metabolismo de mantença resulta sempre em emissão de CO_2, sem retenção corporal de C, de forma que animais de crescimento mais lento tem maior proporção do C consumido destinado à mantença, pois precisam mais tempo para atingir determinado peso, fazendo com que emitam mais CO_2 por kg de peso vivo produzido.

DESAFIOS

- Na avicultura, em particular, poucos dados relativos às emissões de gases de efeito estufa (GEE) provenientes de sistemas de criação de aves estão disponíveis e as incertezas sobre os fatores de emissão são elevados, o que dificulta a definição de políticas públicas e ações no setor produtivo para atingir o objetivo assumido e para tornar a atividade mais sustentável.

SOLUÇÕES

Os modelos matemáticos obtidos representam uma contribuição prática para a estimativa da emissão de CO_2 pelo frango, pela cama e total, com diferentes pesos e idades dos animais. Porém, necessita ainda de validação para poder ser aplicado a outras linhagens e outras condições ambientais de criação.

A emissão de CO_2 pela fermentação da cama aumenta de forma não linear com a idade dos frangos, quando cama nova é utilizada desde o início do lote. A magnitude e a evolução de emissão de CO_2 pela cama de frango precisam ser mais elucidados. A literatura apresenta resultados muito variados, decorrentes do uso de metodologias diferentes, erros de medição e diferenças nos sistemas de produção, usos de insumos e diferenças de desempenho animal.

A emissão de CO_2 via expiração está fortemente correlacionada com a idade, o peso, a produção de calor e a atividade física do frango, que é influenciada pelo regime de luz e pelas práticas de manejo, entre outras.

Existe a convicção científica, da sociedade e do governo de que as mudanças climáticas são uma realidade e que as metas de redução das emissões de GEE deverão aumentar significativamente, para que o problema seja minimizado. Toda a tecnologia que melhora a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de GEE, especialmente na eficiência nutricional e metabólica dos frangos.

Este trabalho pode contribuir para a tomada de decisões que resultem numa maior sustentabilidade na avicultura, que possui uma cadeia produtiva organizada e com consumidores exigentes, que num futuro próximo poderão exigir informações adicionais no rótulo dos produtos. Poderá contribuir com informações e dados para os inventários de emissões e remoções de gases de efeito estufa na avicultura; para a determinação da pegada de carbono de produtos da avicultura e para a avaliação de estratégias de mitigação e/ou adaptação na cadeia produtiva da avicultura.

As tendências atuais de número de publicações, direcionamento de recursos para pesquisa, demanda governamental e geração de volume crescente de dados sobre os fluxos de gases de efeito estufa, na agropecuária nacional, levam a crer que a modelagem matemática para quantificação do balanço de gases de efeito estufa e apoio às políticas públicas, será uma área em desenvolvimento no futuro próximo.

No Brasil há uma carência de trabalhos consolidados no desenvolvimento de modelos matemáticos de processos e sistemas produtivos, para balanço de gases de efeito estufa. Entretanto, alguns grupos de pesquisa têm avançado no sentido de avaliar fatores de emissão baseados em dados nacionais, avaliar e re-parametrizar modelos de processos desenvolvidos no exterior, com base na realidade local.

DADOS PUBLICADOS EM:

HENN, J. D. Modelagem da emissão de dióxido de carbono na produção de frangos de corte. 2013. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/76776.

HENN, J. D.; BOCKOR, L.; BORILLE, R.; COLDEBELLA, A.; RIBEIRO, A. M. L.; KESSLER, A. M. Determination of the equation parameters of carbon flow curves and estimated carbon flow and CO_2 emissions from broiler production. Poultry Science, v. 94, n. 9, p. 2303-2312, Sept. 2015. DOI: https://doi.org/10.3382/ps/pev178.

HENN, J. D. *et al.* Growth and deposition of body components of intermediate and high performance broilers. Rev. Bras. Cienc. Avic., [Online], v. 16, n. 3, p. 319-328, 2014.Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-635X2014000300014&lng=en&nrm=iso. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1603319-328.

COORDENADORES DO PROJETO

Dr. Alexandre de Mello Kessler

Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

e-mail: akessler@ufrgs.br

Dr. João Dionísio Henn

Embrapa Suínos e Aves

e-mail: joao.henn@embrapa.br

EFEITOS DA INTENSIDADE E ESCALA DE PRODUÇÃO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS NA CADEIA PRODUTIVA DE CARNE DE AVES: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DE CENÁRIOS – FRANCESES E BRASILEIROS – DE PRODUÇÃO DE AVES

Vamilson Prudêncio da Silva[1]; Hayo M. G. van der Werf[2]; Sebastião Roberto Soares[3]; Michael Scott Corson[2]

1 Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina; **2** Institut National de la Recherche Agronomique; **3** Universidade Federal de Santa Catarina.

Os impactos ambientais associados à produção de aves fazem surgir uma crescente preocupação, que demanda estudos destes sistemas produtivos, com o emprego de metodologias adequadas. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é um método que apresenta uma base científica sólida para realizar a quantificação de impactos ambientais de criações de animais. A abordagem da ACV usa um conceito baseado na computação de todas as entradas e saídas ao longo do ciclo de vida de um produto, muitas vezes revelando que a criação em sistemas intensivos otimiza o uso dos recursos, gerando menos impacto por kg de produto do que sistemas extensivos. O objetivo deste trabalho é analisar os efeitos da intensidade e também da escala de produção sobre os impactos ambientais de cadeias produtivas de frango, através da comparação entre cadeias com características contrastantes. A intensidade diz respeito à praticas produtivas que objetivam aumentar as saídas por animal ou por unidade de área ocupada. Sistemas intensivos usam altos níveis de insumos (fertilizantes, alimentos, construções) quando comparado a sistemas extensivos. Sistemas intensivos podem ter uma alta densidade (maior número de animais por m^2) do que os extensivos. Já a escala de produção representa o tamanho das instalações e a quantidade de animais criados na mesma propriedade. Esse estudo de ACV aplicada à sistemas de produção de aves no Brasil e na França, confirmou a tendência de menores impactos ambientais em sistemas intensivos, mas também mostrou que a distância de transporte (tanto dos alimentos até as granjas quanto dos frangos até o centro consumidor) têm mais influência nos impactos ambientais do que a escala de produção. Do ponto de vista ambiental, importar frangos do Brasil em detrimento aos frangos produzidos na França à base de soja importada do Brasil, é mais vantajoso pelo menos com relação às mudanças climáticas e ocupação de terras, que são ambos impactos globais. Já com relação à acidificação, ecotoxicidade terrestre e demanda de energia, os frangos importados do Brasil apresentam maiores impactos do que os produzidos na França. Em todos os sistemas estudados, ficou claro que a etapa de produção de ração é a que mais contribui para os impactos ambientais da produção de carne de frango. Este estudo foi realizado usando uma nova abordagem para estimar os impactos da produção de soja no Brasil, por considerar uma estimativa da área desmatada (e seus impactos sobre o meio ambiente). Além disso, o estudo também mostrou que nos estudos de ACV envolvendo soja do Brasil, devemos levar em conta as suas áreas de origem, já que a soja produzida em diferentes regiões tem diferentes níveis de impactos ambientais.

Ações para definição dos coeficientes de emissão de GEE: uso da abordagem da Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) sendo que a emissão de CO_2 equivalente (GEE) foi uma das categorias de impacto trabalhadas no estudo – por coerência com o método adotado, a categoria é chamada de "mudança climática", mas o indicador é Kg de CO_2 equivalente. Foram definidos 4 cenários de produção de frangos, considerando toda a cadeia produtiva – desde a produção de alimentos até a entrega do frango inteiro, embalado e resfriado na saída do abatedouro: produção extensiva no sudoeste da França (LR – Label Rouge); produção intensiva, oeste da França (ST – Standard); produção intensiva, pequena escala, sul do Brasil (SO); produção intensiva, larga escala, centro-oeste do Brasil (CW).

Parâmetros avaliados, frequência e instrumentos utilizados: em cada etapa da cadeia produtiva foram estimadas (com dados secundários, portanto sem medição direta com instrumentos) as emissões de gases que afetam o efeito estufa e tais quantidades foram transformadas em CO_2 equivalente. A estimativa foi feita uma única vez para cada sistema avaliado, entretanto, as quantidades usadas nos fluxos físicos (insumos e produtos) são médias consolidadas de cada sistema produtivo. Seguindo a metodologia ACV, o método que determina os fatores de caracterização foi o CML 2001 (baseline), com modificações, conforme descrito na metodologia do trabalho.

RESULTADOS

- Descrição dos sistemas estudados:
  - » Produção extensiva no sudoeste da França (LR – Label Rouge)
  - » Produção intensiva, oeste da França (ST – Standard)
  - » Produção intensiva, pequena escala, sul do Brasil (SO)
  - » Produção intensiva, larga escala, centro-oeste do Brasil (CW)

- Kg de CO_2 equivalente por tonelada de frango vivo
  - » LR = 2.700 Kg
  - » ST = 2.220 kg
  - » SO = 1.450 Kg
  - » CW = 2.060 Kg

- Kg de CO_2 equivalente por tonelada de frango inteiro, resfriado e embalado, na saída do abatedouro:
  - » LR = 4.016 Kg
  - » ST = 3.175 kg
  - » SO = 1.948 Kg
  - » CW = 2.750 Kg

DESAFIOS

- Em termos de impacto ambiental, existe uma noção geral de que os sistemas de criação animal intensivos são mais impactantes que os extensivos. Isso é mais condizente quando o impacto considerado é de amplitude local ou regional, como eutrofização, acidificação ou odores. O trabalho mostrou, entretanto, que se o impacto considerado tem uma amplitude global, como GEE ou demanda de energia, dependendo das características da cadeia produtiva, o efeito pode ser contrário, como para o caso estudado: sistema intensivos de produção de frangos são menos impactantes, por tonelada de produto. A explicação está no fato de que o tipo de alimento usado nas criações é basicamente o mesmo. Uma vertente que se poderia explorar é qual o sistema de produção de alimentos para os animais seria menos impactante para os sistemas extensivos;

- Outro aspecto diz respeito ao fato de que, conforme alguns estudos, os consumidores em determinados países consideram importante o bem estar animal quando adquirem carne para consumo. Tanto que estão dispostos a pagar mais caro pelo produto, se souberem que os animais viveram em condições de melhor bem estar. Entretanto, tal efeito não é presente em todos os países e está fortemente relacionado com a situação socioeconômica. Neste estudo não foi possível acrescentar uma categoria de impacto relacionada ao bem estar animal devido à grande dificuldade de determinação de fatores de caracterização para o assunto, altamente discutível. Mas estudos futuros poderiam tentar abordar esta questão.

SOLUÇÕES

- Em 2011, os resultados desse trabalho mostraram que cerca de 1% da produção de soja é oriunda de terras antes ocupadas por floresta, enquanto cerca de 3,4% é oriunda de terras de cerrado. Como esses valores são mais baixo do que estudos anteriores, isso mostra diminuição do desmatamento, na época do estudo. Mesmo assim, demostrou-se claramente que a produção de grãos é muito mais impactante quando se considera o desmatamento atrelado, logo, o estímulo ao desmatamento tem que ser constante;

- Várias rotas de transporte da soja também foram estudadas. Aquelas que usam transporte fluvial e ferroviário são claramente menos impactantes que as que usam transporte rodoviário, ficando evidente a necessidade de priorizar os dois primeiros tipos de transporte para diminuição de impactos;

- O estudo também mostrou que a otimização (uso racional) de fertilizantes e maquinaria na fase de produção do milho e da soja podem reduzir significativamente impactos ambientais. Particularmente, o uso de fertilizante nitrogenado não baseado em ureia é recomendado, pela diminuição de emissão de NH_3;

- Em estudos anteriores usando a abordagem de ACV para estimar impacto da produção de ração para animais, exportada para Europa, utilizou-se um único cenário de produção de soja para todo o Brasil. Este estudo mostrou claramente que as diferenças nas categorias de impactos avaliadas (incluindo GEE) são muito grandes entre os diversos cenários de produção de soja brasileiros. Assim recomenda-se, no mínimo, separar a soja produzida no sul do Brasil daquela produzida no centro-oeste quando se considera ração oriunda do Brasil;

- Além da fase de produção da ração, as emissões por tonelada de frango produzida são dependentes da conversão alimentar e do rendimento de carcaça, mostrando que o melhoramento genético influencia bastante no impacto ambiental.

DADOS PUBLICADOS EM:

PRUDÊNCIO DA SILVA, V. Effects of intensity and scale of production on environmental impacts of poultry meat production chains: life cycle assessment of french and brazilian poultry production scenarios. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011..

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; WERF, H. M. G. van der; SOARES, S. R.; CORSON, M. S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. Journal of Environmental Management, v. 133, p. 222-231, 2014.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; WERF, H. M. G. van der; SOARES, S. R.; SPIES, A. Variability in environmental impacts of Brazilian soybean according to crop production and transport scenarios. Journal of Environmental Management, v. 91, p. 1831-1839, 2010.

IMPACTOS AMBIENTAIS NO PROCESSO PRODUTIVO DE FRANGOS DE CORTE

Irenilza de Alencar Nääs[1]; Nilsa Duarte da Silva Lima[1]; Raquel Baracat Tosi Rodrigues da Silva[1]
1 Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI – UNICAMP)

A gestão ambiental dos elementos da cadeia produtiva de frangos de corte inclui avaliar o impacto ambiental com finalidade de melhorar o desempenho dos processos relacionados ao ciclo de vida da produção de frangos de corte na granja. O objetivo do estudo foi avaliar o impacto ambiental do processo produtivo de frangos de corte usando a abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Foi avaliada a produção de seis granjas de frangos de corte. Os dados compreendem o período de um ano de produção de frangos de corte, total de seis ciclos por ano. O inventário do ciclo de vida incluiu todos os fluxos de entrada e saída dos subsistemas: produção de ração e criação de frangos, com finalidade de avaliar o impacto ambiental do produto desde o alojamento das aves até o portão da granja. A classificação das categorias de impacto: potencial de aquecimento global, depleção de recursos abióticos (recursos minerais), depleção de recursos abióticos (recursos fósseis), depleção da camada de ozônio, eutrofização, acidificação, ecotoxicidade aquática de água doce, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade terrestre, toxicidade humana, oxidação fotoquímica e uso da terra.

Os resultados mostraram que as emissões totais de gases de efeito estufa (GEE) provenientes do gerenciamento de dejetos nas granjas de frangos de corte totalizaram 0,154 kg CO_2-eq por kg de frango produzido. As contribuições de CH_4, N_2O direto e N_2O indireto para o potencial de aquecimento global foram de 18,9%, 19,3% e 61.8% respectivamente. Os principais fatores que contribuem para a emissão de CH_4 no processo produtivo de frangos de corte são a quantidade de excreta produzida por kg de peso vivo (0,176 kg de sólidos voláteis), e a porção que se decompõe anaerobicamente no fim de cada ciclo de produção quando a cama é tratada para reutilização. O resultado do potencial de aquecimento global total para o processo de produtivo de frangos de corte (subsistema: produção de ração; subsistema: criação das aves) foi de 2,70 kg de CO_2-eq por kg de frango vivo produzido no portão da granja. A fase de produção das aves apresentou maior contribuição no aquecimento global com 1,95 kg CO_2-eq por kg de frango vivo produzido. A depleção de recursos abióticos – recursos minerais (5,1 E-8 kg ant.-eq) e a depleção de recursos abióticos – recursos fósseis (1,43 E-01 MJ) apresentaram valores maiores para a fase de produção de ração, por kg de frango vivo produzido.

RESULTADOS

- O potencial de aquecimento global (PAG) total para o processo de produção de frangos de corte foi de 2,70 kg CO_2-eq/kg de peso vivo;
- A emissão de N_2O do resíduo é o principal contribuinte para o PAG na produção de frangos de corte;
- O processo de criação dos frangos foi o subsistema com maior contribuição no potencial de aquecimento global com 1,95 kg $CO_{2\text{-eq}}$ por kg de frango vivo produzido;
- O potencial de aquecimento global para o processo de produção de ração foi de 0,75 kg de $CO_{2\text{-eq}}$ por kg de frango vivo produzido.

DESAFIOS

- Os desafios científicos e tecnológicos futuros do projeto serão avaliar a cadeia de valor da carne de frango com abordagens da ACV e da avaliação multi-impacto (IPCC, 2006; ISSO, 2006ab; IPCC, 2007; JÖNSSON, 2012; FAO, 2013b; GREWER *et al.*, 2017);
- Futuros projetos pretendem contribuir para o avanço tecnológico e científico a partir da avaliação multi-impacto da cadeia de valor da carne de frango com a ferramenta de Balanço de Carbono Ex-Ante (EX-ACT VC), que é considerado um sistema contábil baseado em terra, que estima as mudanças nos estoques de carbono (emissões ou sumidouros de CO_2), bem como as emissões de GEE por unidade de terra, expressas em toneladas equivalentes de CO_2 por hectare e ano. A análise da cadeia de valor dos alimentos pode identificar opções estratégicas para melhorar sua resiliência e, ao mesmo tempo, gerar cobenefícios em todas as etapas da cadeia (BERNOUX *et al.*, 2010; BOCKEL *et al.*, 2012; COLOMB *et al.*, 2013);
- O desafio desta avaliação será reunir e construir um banco de dados de cada elo da cadeia produtiva

de frangos de corte da indústria e do produtor (agroindústria de processamento, fomentos, empresas integradoras, produtores de frangos, e empresas de transporte) de forma representativa para os cálculos das avaliações e construções de cenários (baseline e alternativo), considerando que é estruturada e estão organizados em integração vertical, apresenta particularidades e inter-relações com os aspectos regionais, sociais e econômicos.

SOLUÇÕES

- A urbanização crescente, as pressões demográficas e mudanças climáticas estão transformando os sistemas agrícolas e alimentares, que incluem desde a produção até o processamento dos alimentos, e que evoluem para atender essas pressões. Neste contexto, adotar práticas agrícolas climaticamente inteligentes é uma das formas de reduzir as emissões e melhorar a sua ecoeficiência para garantir o equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade. Nos cenários atuais, essas práticas incluem reduzir o uso energia de origem fóssil; aumentar o uso de energia renovável; proteger e usar de forma sustentável a água doce; manejo sustentável do solo; manejo de resíduos; garantir o bem-estar dos animais; fixar pessoas no campo garantindo o bem-estar e um trabalho justo. Diante disso, para estudar alternativas de atenuar os impactos causados pelo sistema produtivo é imprescindível avaliar a perspectiva do aumento das emissões dos gases com potencial de efeito estufa.

DADOS PUBLICADOS EM:

LIMA, N. D. S.; NÄÄS, I. A.; GARCIA, R. G.; MOURA, D. J. de. Environmental impact of Brazilian broiler production process: evaluation using life cycle assessment. Journal of Cleaner Production, v. 237, 117752, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117752

LIMA, N. D. S. Estimativa dos impactos ambientais no processo produtivo de frangos de corte: estimating the environmental impact of broiler production process. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BERNOUX, M.; BRANCA, G.; CARRO, A.; LIPPER, L.; SMITH, G.; BOCKEL, L. Ex-ante greenhouse gas balance of agriculture and forestry development programs. Scientia Agricola, v. 67, n. 1, p. 31-40, 2010. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162010000100005.

BOCKEL, L.; JONSSON, M.; SUTTER, P.; TOUCHEMOULIN, O. Using marginal abatement cost curves to realize the economic appraisal of climate smart agriculture policy options. Rome, Italy: [S. n.], 2012.

COLOMB, V.; TOUCHEMOULIN, O.; BOCKEL, L.; CHOTTE, J.-L.; MARTIN, S.; TINLOT, M.; BERNOUX, M. Selection of appropriate calculators for landscape-scale greenhouse gas assessment for agriculture and forestry. Environ. Res. Lett., v. 8, 15029, 2013. DOI: 10.1088/1748-9326/8/1/015029.

Continuação no Anexo



Figura: Frangos de corte em fase inicial de produção no sistema intensivo em aviários Dark house

Crédito: Nilsa Lima

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Irenilza de Alencar Nääs

Universidade Estadual de Campinas – FEAGRI/UNICAMP; Universidade Paulista – UNIP

e-mail: Irenilza.naas@docente.unip.br

Dra. Nilsa Duarte da Silva Lima

Universidade Estadual de Campinas – FEAGRI/UNICAMP

e-mail: nilsa.silva.lima@gmail.com

ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE ÓXIDO NITROSO APÓS APLICAÇÃO DE DEJETOS DE ANIMAIS E UREIA EM PLANTIO DIRETO NO SUL DO BRASIL

Celso Aita[1]; Sandro José Giacomini[1]; Stefen Barbosa Pujol[1]; Claudir José Basso[1]; Ezequiel Cesar Carvalho Miola[2]; Rodrigo da Silveira Nicoloso[3]; Rogério Gonzatto[4]; Martin Chantigny[5]; Philippe Rochette[5]

1 Universidade Federal de Santa Maria; **2** Universidade Federal do Rio Grande; **3** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Suínos e Aves; **4** MOSAIC Fertilizantes; **5** Soils and Crops Research and Development Center, Agriculture and Agri-Food Canada.

O confinamento parcial ou total de animais vem aumentado em diversas regiões do Brasil, resultando no acúmulo de dejetos nos locais próximos aos criatórios. Embora a ciclagem dos nutrientes dos dejetos na agricultura seja uma prática comum, o seu impacto sobre as emissões gasosas de carbono (C) e de nitrogênio (N) ainda é pouco conhecido.

O objetivo geral dos projetos conduzidos pelo nosso grupo de pesquisa no sul do Brasil, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul, consistiu em quantificar as emissões gasosas de N nas formas de amônia (NH_3) e de óxido nitroso (N_2O) após o uso dos dejetos de animais em sistema de plantio direto (SPD) e propor estratégias para mitigá-las. Em função do grande volume produzido e da forma como são manejados, foi dada prioridade nos estudos ao uso dos dejetos líquidos gerados na bovinocultura de leite (DLB) e, principalmente, na suinocultura. Além do grande volume de dejetos gerados na suinocultura, os dejetos líquidos de suínos (DLS) caracterizam-se por apresentar teores elevados de N na forma amoniacal ($NH_3 + NH_4^+$), podendo atingir até 70% do teor de N total dos mesmos. Dependendo do seu manejo e das condições ambientais, a aplicação desse N reativo no solo pode ter sérios impactos negativos ao ambiente, principalmente quanto à lixiviação de NO_3^- e às emissões para a atmosfera de NH_3 e N_2O, sendo este último um dos principais gases de efeito estufa (GEE), além de estar diretamente envolvido na destruição da camada de ozônio. Para mitigar tais emissões decorrentes da fertilização de culturas com os dejetos, nossos projetos de pesquisa já concluídos e em andamento avaliam a eficiência de quatro estratégias principais.

Estratégia 1. Modo de aplicação dos dejetos no solo em SPD (injeção subsuperficial x aplicação superficial). Na maior parte das propriedades agrícolas das regiões envolvidas com a bovinocultura de leite e a suinocultura no país, os dejetos são aplicados na superfície do solo sobre os resíduos culturais. Nessa condição, o N amoniacal dos dejetos fica exposto à ação do sol e do vento, o que implica em perdas significativas de NH_3 por volatilização, e contribui à poluição atmosférica. Uma das estratégias mais eficientes em reduzir a volatilização de NH_3 consiste na injeção dos dejetos ao solo. Em trabalho pioneiro da UFSM, conduzido no período de 2011 a 2013 em Argissolos (10,3 a 19,2% de argila), foram comparadas as perdas de N por volatilização de NH_3 e as emissões gasosas de N_2O entre a aplicação superficial e a injeção subsuperficial dos dejetos líquidos de suínos em SPD (Aita *et al.*, 2014; Aita *et al.*, 2019). No entanto, considerando que os Latossolos predominam nas regiões dedicadas à suinocultura e à bovinocultura de leite da região sul do Brasil, os mesmos tratamentos foram avaliados em um Latossolo do município de Frederico Westphalen/RS, com 69% de argila e 3,8% de matéria orgânica na camada 0-10 cm.

Estratégia 2. Adição do inibidor de nitrificação dicianodiamida (DCD) aos dejetos. A nitrificação do N amoniacal dos dejetos de animais é um processo que ocorre rapidamente no solo. Com isso, pode ocorrer a produção de N_2O tanto através da ação de bactérias nitrificadoras, como através da desnitrificação. Por isso, o uso de produtos capazes de inibir temporariamente a nitrificação tem sido avaliado como uma estratégia para mitigar a emissão de N_2O após a adição dos dejetos de animais ao solo.

Estratégia 3. Aplicação parcelada dos dejetos. A aplicação de fertilizantes nitrogenados em sincronia com a demanda de N das culturas deve reduzir a quantidade de NO_3^- no solo e, com isso, reduzir a emissão de N_2O durante a desnitrificação. Essa foi a hipótese testada em um estudo conduzido em um Argissolo da UFSM, com a aplicação de dejetos líquidos de suínos na sucessão trigo/milho. Foi comparada a aplicação dos dejetos em dose única, no momento da semeadura das culturas, com a aplicação parcelada dos dejetos (50% da dose recomendada na semeadura e 50% em cobertura).

Estratégia 4. Uso associado dos dejetos com ureia. Avaliou-se durante dois anos em um Argissolo da UFSM, em Santa Maria, a estratégia de associar os dejetos à ureia, injetando-se 50 % da dose de N com os dejetos na semeadura das culturas e aplicando-se os outros 50 % com a ureia em cobertura. Essa estratégia foi comparada à injeção de 100 % da dose de N com os dejetos na semeadura.

Os dejetos foram aplicados sempre em gramíneas, na sucessão de milho no verão e aveia ou trigo no inverno. A avaliação das emissões de N_2O é feita com o uso de

câmaras estáticas, seguindo os procedimentos descritos por Rochette & Bertrand (2008). A coleta das amostras gasosas no interior das câmaras foi realizada sempre no período da manhã, entre 9h e 11h, e a determinação das concentrações de N_2O nas amostras foi feita em cromatografia gasosa (GC-2014, modelo Greenhouse, Shimadzu Corp.) equipado com um detector de captura de elétrons. Na maioria de nossos estudos, avaliou-se também a perda de N por volatilização de NH_3, utilizando-se inicialmente as câmaras estáticas de Nômmik (1973) e posteriormente os coletores semiabertos propostos por Araújo *et al.* (2009). Em todos os estudos as emissões de NH_3 e N_2O após o uso de dejetos foram comparadas ao modo tradicional de fertilização nitrogenada das gramíneas, que consiste na aplicação de N-ureia.

RESULTADOS

Estratégia 1– Efeito do modo de aplicação dos dejetos no solo

- A injeção dos dejetos no solo reduziu em mais de 90% a perda de N por volatilização de NH_3, tanto no verão quanto no inverno (AITA *et al.*, 2014, 2019; BAZZO, 2019). Todavia, a manutenção de maiores quantidades de N no solo pela injeção, a concentração deste nutriente no interior dos sulcos de injeção, juntamente com o C e a fração líquida dos dejetos, propiciaram as condições necessárias à produção de N_2O, aumentando a emissão desse GEE, em relação à aplicação superficial dos dejetos em Argissolo;

- Na média de quatro aplicações de dejetos realizadas de 2011 a 2013, sendo duas no milho e duas nas culturas de inverno (aveia ou trigo), a emissão acumulada anual de N_2O aumentou de 4,73 kg N ha^{-1} ano^{-1} com a aplicação dos dejetos na superfície do solo para 9,90 kg N ha^{-1} ano^{-1} com a injeção subsuperficial (7 a 11 cm) dos dejetos no solo;

- O fator de emissão de N_2O (calculado com base na proporção do N total aplicado anualmente com os dejetos) correspondeu a 1,23% para a aplicação superficial e a 2,69% para a injeção no solo. Apesar desses valores médios anuais, os FE variaram de 0,42 a 2,60% para a aplicação superficial e de 1,90 a 4,67% para a injeção. Essa ampla variação observada nos FE resulta de diferenças nas características dos dejetos aplicados em cada cultura a cada ano e, principalmente, das condições ambientais predominantes nas primeiras semanas após a aplicação dos dejetos;

- A emissão anual média acumulada de N_2O com ureia foi de 1,92 kg N ha^{-1}, variando de 1,04 a 3,61 kg N ha^{-1} ano^{-1}.Essas quantidades de N-N_2O emitidas correspondem a uma proporção média de 0,39% do N aplicado na forma de ureia, variando de 0,22 a 0,67%. Portanto, os FE de N_2O obtidos para a aplicação de ureia em Argissolo são inferiores ao valor de 1% estabelecido pelo IPCC (2006);

- Os resultados obtidos no Argissolo indicam que, apesar de variáveis, os valores médios para os FE de N_2O obtidos com o uso dos dejetos líquidos de suínos em SPD são superiores ao valor estabelecido pelo IPCC quando os dejetos são aplicados na superfície do solo (1,23 x 1,0%) e, principalmente, quando os dejetos são injetados no solo (2,96 x 1,0%) e, principalmente, quando os dejetos são injetados no solo (2,08 x 1,0%);

- No Latossolo de Frederico Westphalen, RS, as emissões de N_2O com a aplicação de dejetos líquidos de suínos foram em média, 73,9% menores do que nos Argissolos de Santa Maria. Os valores médios para o FE de N_2O com a aplicação superficial dos dejetos, que foi de 1,23% nos Argissolos diminuiu para apenas 0,46% no Latossolo. Já para a injeção dos dejetos o FE diminuiu de 2,96% nos Argissolos para 0,68% do Latossolo;

- Para o tratamento com aplicação de ureia no Latossolo, o FE de N_2O na sucessão trigo/milho foi, na média de dois anos, de apenas 0,10%, muito abaixo do valor sugerido pelo IPCC;

- Na avaliação do efeito dos dejetos líquidos produzidos na bovinocultura de leite (DLB) sobre as emissões de N_2O em SPD, em função da baixa concentração de N nos dejetos, o seu uso foi associado à ureia, aplicando-se os dejetos como adubação de base, na semeadura do milho e do trigo, e complementando-se a necessidade em N das culturas com a aplicação de ureia em cobertura. A emissão anual de N_2O aumentou de 4,72 kg N ha^{-1} na aplicação superficial dos dejetos para 6,14 kg N ha^{-1} com a sua injeção no solo, correspondendo ao FE de N-N_2O de 0,81 e 1,27%, respectivamente. Os FE de N-N_2O no Latossolo foram de apenas 0,17% quando os DLB foram aplicados na superfície e 0,35% quando injetados no solo.

Estratégia 2 – Efeito da adição de inibidor de nitrificação aos dejetos

- Com o uso da DCD, a emissão anual média de N_2O diminuiu de 4,73 kg N ha^{-1} para 3,57 kg N ha^{-1} quando os dejetos foram aplicados na superfície do solo. Com a injeção dos dejetos no solo, a DCD

foi ainda mais eficiente, reduzindo a emissão acumulada de N_2O de 9,90 kg N ha^{-1} para 4,09 kg N ha^{-1}. Esse efeito positivo da DCD correspondeu a uma redução média nos FE de N_2O de 1,11 para 0,75% com a aplicação superficial e de 2,08 para 1,02% com a injeção dos dejetos no solo;

- O menor efeito da DCD com a aplicação superficial dos dejetos do que com a sua injeção se deve, principalmente, à perda de N por volatilização de NH_3 ocorrida quando os dejetos foram aplicados na superfície do solo, sobrando menos N amoniacal para ser nitrificado no solo. Portanto, a injeção dos dejetos líquidos de suínos no solo, em SPD, quando associada ao uso do inibidor de nitrificação DCD, reduz significativamente a perda de N por volatilização de NH_3 e resulta em valores de FE próximos aos observados com o modo tradicional de uso dos dejetos em SPD, que consiste na sua aplicação sobre os resíduos culturais.

Estratégia 3– Efeito do uso parcelado dos dejetos nas culturas

- A quantidade anual de N_2O emitida no tratamento com aplicação dos dejetos em dose única foi 21% maior do que com a aplicação parcelada (7,77 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1} x 6,43 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1}). Nesse mesmo estudo, a aplicação parcelada da ureia no milho e no trigo resultou em uma emissão anual de 5,91 kg $N\text{-}N_2O$ ha^{-1}, o que representa um FE de 1,23%;

- Essas emissões anuais com a aplicação de DLS correspondem a FE de N_2O de 1,60% para a aplicação em dose única e 1,07% para a aplicação parcelada. Quando o inibidor de nitrificação DCD foi adicionado aos dejetos, os FE diminuíram para 0,65% na dose única e 0,63% na aplicação parcelada;

- Esses resultados, porém, não permitem concluir que a aplicação parcelada dos dejetos líquidos "de suínos contribui significativamente à redução das emissões de N_2O. As condições ambientais dos primeiros dias após a aplicação dos dejetos, principalmente a ocorrência de chuvas que aumentem o espaço poroso do solo ocupado por água (EPSA) para valores acima de 60% são mais importantes à produção e emissão de N_2O do que a forma de aplicação dos dejetos no solo, se em dose única ou parcelada.

Estratégia 4 – Efeito do uso associado dos dejetos com ureia nas culturas

- Em dois anos avaliados de um estudo específico quanto a esta estratégia, os fatores de emissão (FE) de N_2O com a injeção no solo de todo o N via dejetos variaram de 1,10 a 1,30%. Quando foi injetado 50% da dose de N com os dejetos na semeadura e os restantes 50% foram aplicados em cobertura, seja com dejetos ou ureia, os valores de FE diminuíram para valores que variaram de 0,43 a 1,19%, evidenciando a eficiência dessa estratégia de fertilização em mitigar as emissões de N_2O na sucessão trigo/milho em SPD. Quando a dose de 50% dos dejetos foi injetada ao solo juntamente com o inibidor DCD e com aplicação de ureia em cobertura os FE diminuíram para valores que variaram de 0,26 a 0,47%, comprovando os resultados dos nossos estudos anteriores, quando o uso de DCD sempre reduziu o FE. De forma similar ocorre com a associação dos DLS e a ureia, proporcionando valores de FE inferiores ao valor do IPCC.

DESAFIOS

- Contrariando nossa expectativa, o uso de dejetos líquidos de suínos em Latossolo resultou em emissões de N_2O significativamente menores do que em Argissolo e com relativamente pouca diferença entre o modo de aplicação dos dejetos (injeção subsuperficial x aplicação superficial);

- Os valores de FE em Latossolo foram sempre inferiores a 0,68% e, portanto, inferiores ao valor proposto pelo IPCC (2006). Com o uso do inibidor DCD os valores de FE foram inferiores a 0,32%. Todavia, cabe destacar que esses resultados se referem a apenas uma área experimental em Latossolo. O desafio seria ampliar os trabalhos para outros Latossolos, incluindo áreas com diferentes históricos de uso. A se confirmarem os resultados obtidos, os valores de FE para a aplicação de dejetos líquidos de suínos em Latossolos seriam inferiores a 1% e a injeção subsuperficial dos dejetos poderia ser a estratégia recomendada e sem a necessidade de utilizar o inibidor de nitrificação, o qual ainda não é comercializado no Brasil;

- Mesmo que o uso do inibidor de nitrificação DCD tenha se mostrado eficiente em reduzir as emissões e, portanto, os FE de N_2O com a aplicação dos dejetos, principalmente quando injetados no solo, o seu uso não tem aumentado significativamente a produtividade do milho e do trigo (Gonzatto et al., 2017). Por isso, uma linha de pesquisa que está iniciando em nosso grupo consiste na avaliação da eficiência da DCD na mitigação das emissões de N_2O quando os dejetos líquidos de suínos são injetados no solo, na dose de N recomendada pela pesquisa e também em super e subdoses;

- Embora pouco numerosos, nossos resultados com dejetos líquidos de bovinos indicam que o seu impacto sobre as emissões de N_2O é bem menor do

que os dejetos líquidos de suínos e que os valores de FE são próximos ou menores do que o valor proposto pelo IPCC de 1%. Todavia, é necessário ampliar nossa base de dados com os dejetos gerados na bovinocultura de leite.

SOLUÇÕES

- Os resultados obtidos até o momento, principalmente em Argissolos mostram que:
  - » Apesar da variação temporal, os valores médios para os FE de N_2O para a aplicação de dejetos líquidos de suínos na superfície do solo em SPD, são relativamente próximos ao valor de FE de 1% proposto pelo IPCC (2006);
  - » Embora a estratégia de injetar os dejetos líquidos no solo preserve maior quantidade de N mineral, ao reduzir significativamente a volatilização de NH_3, essa prática favorece a produção de N_2O, o que resulta em valores de FE cerca de duas vezes superior ao valor proposto pelo IPCC;
  - » Quando o inibidor de nitrificação DCD é injetado no solo juntamente com os dejetos os valores de FE se aproximam dos valores observados para a aplicação superficial dos dejetos e sem o inibidor. Portanto, a injeção dos dejetos líquidos de suínos em Argissolos pode ser uma prática recomendada para preservar o N dos dejetos no solo e reduzir as perdas de C e de nutrientes dos dejetos via escoamento superficial, desde que seja associada ao uso do inibidor para reduzir as emissões de N_2O provocadas pela injeção;
- O conjunto de informações obtidas em diferentes solos e locais evidencia que o uso de ureia como fonte de N em gramíneas, fracionando a dose e aplicando 1/3 do N na semeadura das culturas e 2/3 em cobertura, resulta em fatores de emissão inferiores ao valor de 1% proposto pelo IPCC.

DADOS PUBLICADOS EM:

AITA, C.; CHANTIGNY, M. H.; GONZATTO, R.; MIOLA, E. C. C.; ROCHETTE, P.; PUJOL, S. B.; SANTOS, D. B.; GIACOMINI, D. A.; GIACOMINI, S. J. Winter-season gaseous nitrogen emissions in subtropical climate: impacts of pig slurry injection and nitrification inhibitor. J. Environ. Qual., [Published online], 2019. DOI: 10.2134/jeq2018.04.0137.

AITA, C.; GONZATTO, R.; MIOLA, E. C. C.; SANTOS, D. B.; ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, D. A.; GIACOMINI, S. J. Injection of dicyandiamide-treated pig slurry reduced ammonia volatilization without enhancing soil nitrous oxide emissions from no-till corn in Southern Brazil. J. Environ. Qual., v. 43, p. 789-800, 2014. DOI: 10.2134/jeq2013.07.0301.

AITA, C.; SCHIRMANN, J.; PUJOL, S. B.; GIACOMINI, S. J.; ROCHETTE, P.; ANGERS, D. A.; CHANTIGNY, M. H.; GONZATTO, R.; GIACOMINI, D. A.; DONEDA, A. Reducing nitrous oxide emissions from a maize-wheat sequence by decreasing soil nitrate concentration: effects of split application of pig slurry and dicyandiamide. Eur. J. Soil Sci., v. 66, p. 359-368, 2015. DOI: https://doi.org/10.1111/ejss.12181.

GONZATTO, R.; AITA, C.; BÉLANGER, G.; CHANTIGNY, M. H.; MIOLA, E. C. C.; PUJOL, S. B.; DESSBESEL, A.; GIACOMINI, S. J. Response of no-till grain crops to pig slurry application methods and a nitrification inhibitor. Agron. J., v.109 (4), p. 1687-1696, 2017. DOI:10.2134/agronj2016.09.0547

Continuação no Anexo

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARAÚJO, E. S.; MARSOLA, T.; MYIAZAWA, M.; SOARES, L. H. B.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Calibração de câmara semiaberta estática para quantificação de amônia volatilizada do solo. Pesq. Agropec. Bras., n. 44, p. 769-776, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000700018.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Safra 2014/15. v. 2, n. 5. Quinto Levantamento. Brasília: CONAB, fev. 2015. p. 1-116. Disponível em: http://www.conab.gov.br.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Japan: IGES, 2006.

Continuação no Anexo



Figura: Equipamento desenvolvido para a injeção de dejetos líquidos de animais em subsuperfície no solo, em sistema de plantio direto

Crédito: própria autoria

COORDENADOR DO PROJETO

Dr. Celso Aita

Universidade Federal de Santa Maria

e-mail: celsoaita@gmail.com

COMPREENDENDO AS EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) EM PISCICULTURAS EM TANQUES-REDE EM RESERVATÓRIOS

Marcelo Gomes da Silva[1]; Ana Paula Packer[2]; Fernanda Garcia Sampaio[2]; Viviane Cristina Bettanin[2]; Danilo Trovo Garofalo[3]; Daniela Ferraz Bacconi Campeche[2]; Plínio Carlos Alvalá[4]; Consuelo Marques da Silva[1]; Juliana Lopes da Silva[5]; Nathan Oliveira Barros[6]

1 Bolsista DTI-A – CNPq; 2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente; 3 Consultor Especialista; 4 Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; 5 Secretaria de Aquicultura e Pesca; 6 Universidade Federal de Juiz de Fora.

O fomento à aquicultura tropical sustentável por meio da gestão dos recursos naturais necessita de fundamentos científicos para a tomada de decisões urgentes que envolvem as causas e consequências das mudanças climáticas. Grande parte das atividades agropecuárias têm sido apontadas por serem importantes fontes de gases de efeito estufa (GEE), aumentado o passivo climático e refletindo negativamente na economia do setor, demandando maior compreensão da relação entre emissão e remoção em sistemas produtivos. Nesse contexto, alinhada aos objetivos do desenvolvimento sustentável, a compreensão da dinâmica do ambiente de cultivo de peixe em tanque-rede em reservatórios é de extrema importância para implementação de políticas publicas voltadas para aumentar a eficiência no uso de recursos e minimizar possíveis impactos.

A emissão de GEE em reservatórios ocorre devido a processos físico-químicos decorrentes da degradação de matéria orgânica e oxidação de compostos químicos na coluna d'água e sedimento. Entretanto, pouco se sabe sobre a contribuição da piscicultura nos processos de emissão ou remoção de GEE nos reservatórios. Para além da questão ambiental, o aumento da concentração de GEE na água pode ser tóxico para os peixes resultando na mortandade dos animais (Dias e Melo Júnior, 2017)

O objetivo central da pesquisa é determinar a influência da piscicultura em reservatórios através da quantificação do fluxo de metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e óxido nitroso (N_2O) em comparação com áreas à montante e à jusante dos tanques-rede. As medições in situ foram realizadas nos reservatórios de Furnas (MG), Chavantes (SP/PR), Ilha Solteira (SP/MS), Sobradinho (BA), Mocotón/Itaparica (PE) e açude Padre Cicero "Castanhão" (CE) em áreas com produção de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques-rede. A produtividade média nas pisciculturas visitadas está em torno de 500 toneladas/ano em Furnas, 1.500 t/ano em Chavantes e 1.600 t/ano em Ilha Solteira. O açude do Castanhão enfrentava severa estiagem, o que resultou na remoção de diversos tanques-rede não sendo possível determinar a produção aquícola durante o período de amostragem.

Os fluxos difusivos de GEE são coletados com câmaras difusivas estáticas e fluxos ebulitivos (bolhas liberadas do sedimento) são coletadas com funis coletores (SILVA *et al.*, 2018). Fluxos positivos são caracterizados como emissão e fluxos negativos representam o sequestro de GEE da atmosfera. Parâmetros biogeoquímicos da água e sedimento foram medidos para correlação com a variação dos fluxos de GEE com o propósito de diferenciar fatores associados à piscicultura em relação à fatores naturais inerentes à dinâmica dos reservatórios.

RESULTADOS

Fluxos difusivos de metano (CH_4)

- Há uma grande variação de emissão de metano difusivo, tanto nos pontos individuais, como entre os reservatórios estudados, considerando-se tanto áreas com piscicultura quanto controles, desde valores abaixo do limite de quantificação do método (<LQ) a 1.033,9 mg $C\text{-}CH_4$ m^{-2} d^{-1};
- Não houve uniformidade na variabilidade espacial dos fluxos nos reservatórios. As emissões de CH_4 difusivo em Furnas, Castanhão e Ilha Solteira foram superiores nas áreas de produção quando comparadas com as áreas controle. Por outro lado, em Chavantes e Sobradinho as maiores emissões ocorreram nas áreas controle quando comparado as áreas de produção;
- Houve influência direta de fatores como a diminuição do volume útil em períodos de estiagem, variação da temperatura da água e fatores biogeoquímicos nas emissões de CH_4.

Fluxos ebulitivos de metano (CH_4)

- Foi constatada uma tendência em todos os reservatórios de maior emissão em todas as áreas de piscicultura quando comparadas com os controles, com fluxos variando de 9,5 a 6.628,4 mg $C\text{-}CH_4$ m^{-2} d^{-1};
- Os fluxos ebulitivos são menos constantes do que os fluxos difusivos, ocorrendo de forma mais acentuada nas áreas de cultivo. Não foram verificados fluxos ebulitivos nas áreas de piscicultura e controles nos reservatórios de Sobradinho e Moxotó.

Fluxos de dióxido de carbono (CO_2)

- Os fluxos variaram de -960,7 a 2.371,1 mg $C\text{-}CO_2$ m^{-2} d^{-1} nas áreas de controle e -890,5 a 2.722,9 mg $C\text{-}CO_2$ m^{-2} d^{-1} nas áreas de produção. Valores negativos de fluxo indicam sequestro de CO_2 da atmosfera;
- As médias de fluxos de CO_2 foram maiores nas áreas de produção em Chavantes e Ilha Solteira, enquanto em Sobradinho observaram-se maiores fluxos nas áreas de controle. Não foi medido o fluxo de CO_2 em Furnas;
- O sequestro de carbono ocorreu em todas as áreas do Castanhão, sendo registrada a maior remoção nas áreas de cultivo (-107,6 ± 428,3 mg $C\text{-}CO_2$ m^{-2} d^{-1}).

Fluxos de óxido nitroso (N_2O)

- Não foram medidos fluxos de N_2O nos reservatórios de Furnas, Chavantes e no Castanhão, tendo sido verificados baixos fluxos em Ilha Solteira e Sobradinho com variação entre <LQ e 0,453 mg $N\text{-}N_2O$ m^{-2} d^{-1}.

DESAFIOS

- Compreender a dinâmica dos fluxos em ambientes como reservatórios devido à suscetibilidade do meio às alterações de características biogeoquímicas;
- Avaliar a influência do entorno do reservatório e das atividades antrópicas que podem resultar em alterações em áreas de piscicultura;
- Falta de metodologia definida para estudos em áreas de piscicultura;
- Estimar a área total de tanques-rede no Brasil.

SOLUÇÕES

- Elaboração de um banco de dados consistente com informações de fluxo de GEE e parâmetros biogeoquímicos em pisciculturas em tanques-rede em reservatórios para melhorar a acurácia das correlações entre fluxos e parâmetros;
- Utilização de ferramentas de avaliação de dados em larga escala para estudo do uso da terra e atividades antrópicas com potencial influência nos fluxos de GEE nos reservatórios;
- Padronização da metodologia para determinação das emissões de GEE que permita a comparação dos resultados obtidos.

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Ana Paula Packer

Embrapa Meio Ambiente

e-mail: paula.packer@embrapa.br

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Embrapa Meio Ambiente

e-mail: fernanda.sampaio@embrapa.br

DADOS PUBLICADOS EM:

PACKER, A. P. C.; SILVA, M. G.; SAMPAIO, F. G.; ALVALÁ, P. C.; SILVA, C. M.; SILVA, J. L. Mudanças climáticas e a piscicultura. In: SAMPAIO, F. G.; SILVA, C. M.; TORIGOI, R. H.; MIGNANI, L.; PACKER, A. C. P.; MANZATTO, C. V.; SILVA, J. L. (eds.). Estratégias de monitoramento ambiental da aquicultura: portfólio de resultados do monitoramento ambiental da aquicultura em águas da União. Brasília: [S. n.], 2018.

SILVA, M. G. Parametrização da emissão de metano na interface água-atmosfera em hidrelétricas. 2015. Tese (Doutorado em Geofísica Espacial/Ciências Atmosféricas) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2015.

SILVA, M. G.; PACKER, A. P. C.; ALVALÁ, P. C.; MARANI, L.; SAMPAIO, F. G. Modelo para amostragem e avaliação de Gases de Efeito Estufa (GEE) em reservatórios com produção aquícola. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2018. (Documentos 116).

SILVA, M. G. da; PACKER, A. P.; SAMPAIO, F. G.; MARANI, L.; MARIANO, E. V. C.; PAZIANOTTO, R. A. A.; FERREIRA, W. J.; ALVALÁ, P. C. Impact of intensive fish farming on methane emission in a tropical hydropower reservoir. Climatic Change, v. 150, p. 195-210, 2018.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

DIAS, MIB e MELO JÚNIOR, H do N Dinâmica do oxigênio dissolvido na coluna d'água de piscicultura em tanque-rede em açude do semiárido. In: III wokshop

Internacional sobre Águas no semiárido Brasileiro. Campina Grande. 2017. Anais [...]. Campina Grande: UFCG. 2017.

SILVA, M. G.; PACKER, A. P. C.; ALVALÁ, P. C.; MARANI, L.; SAMPAIO, F. G. Modelo para amostragem e avaliação de Gases de Efeito Estufa (GEE) em reservatórios com produção aquícola. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2018. (Documentos 116).

SILVA, M. G. da; PACKER, A. P.; SAMPAIO, F. G.; MARANI, L.; MARIANO, E. V. C.; PAZIANOTTO, R. A. A.; FERREIRA, W. J.; ALVALÁ, P. C. Impact of intensive fish farming on methane emission in a tropical hydropower reservoir. Climatic Change, v. 150, p. 195-210, 2018.

Figura: Produção de tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus) em tanques-rede no reservatório de Ilha Solteira (SP/MS).



Crédito: Marcelo Gomes da Silva

EMISSÃO OU REMOÇÃO: O ENIGMA DA MARICULTURA NO BALANÇO DE CARBONO AZUL

Marcelo Gomes da Silva[1]; Ana Paula Packer[2]; Fernanda Garcia Sampaio[2]; Viviane Cristina Bettanin[2]; Danilo Trovo Garofalo[3]; Gilberto Caetano Manzoni[4]; Katia Naomi Kuroshima[4]; José Gustavo Natorf de Abreu[4]; Ana Paula Stein Santos[4]; Maria Letícia Biavatti[4]; Fabrício Flores Nunes[5]

1 Bolsista DTI-A – CNPq; **2** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Meio Ambiente; **3** Consultor especialista; **4** Universidade do Vale do Itajaí; **5** Especialista em Aquicultura.

A malacocultura, que compreende a criação de ostras, mexilhões e vieiras, é uma atividade produtiva que contribui grandemente com a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico, podendo atender às crescentes demandas por proteína animal em sistemas sustentáveis de produção. Os constantes questionamentos quanto aos impactos dos sistemas de produção animal no balanço de gases de efeito estufa (GEE) exigem maiores conhecimentos quanto à dinâmica de emissões e remoções de diversas cadeias produtivas. A malacocultura, porém, é uma cadeia produtiva pouco estudada quanto à pegada de carbono, sendo suas emissões de GEE mundialmente desconhecidas, dificultando a compreensão do balanço e a comparação em relação às outras cadeias produtoras de proteína animal.

Os oceanos representam o maior sumidouro de carbono a longo prazo, com estimativa na taxa de sequestro de carbono azul na ordem de 53 milhões de toneladas anuais (SIIKAMÄKI *et al.*, 2012). Nesse ambiente, a malacocultura pode funcionar como um dos fatores responsáveis pelo sumidouro de carbono azul.

A malacocultura pode contribuir de duas formas, através do consumo de produtores primários e pelo armazenamento de carbono nas suas conchas. Alguns moluscos, incluindo mexilhões e ostras, contribuem ambientalmente devido a capacidade de consumir nutrientes orgânicos particulados além de sequestrar carbono azul, não apenas na composição dos seus tecidos, mas principalmente na síntese de suas conchas que permanecem na forma de carbonato, resistindo à decomposição bacteriana.

Estima-se que a produção mundial de moluscos foi de 17,1 milhões de toneladas em 2016 (FAO, 2018), o que corresponde a um sequestro de 0,97 a 1,93 milhões de toneladas anuais de carbono azul (SARF, 2012). Estudo realizado por Ray et.al (2019), em uma fazenda comercial de ostras nos Estados Unidos, mostrou que o cultivo de ostras não contribuiu para a emissão de metano (CH_4) e foram registradas quantidades não significativas de óxido nitroso (N_2O) e dióxido de carbono (CO_2).

Com o objetivo de determinar o balanço de GEE em áreas de malacocultura no Sul do Brasil (Figura) o grupo de pesquisa vem se dedicando a realizar levantamento de informações em áreas de cultivo de ostra-do-pacífico (*Crassostrea gigas*), ostra-do-mangue (*Crassostrea gasar*), mexilhão marrom (*Perna perna*) e vieira (*Nodipecten nodosus*) nos principais polos produtivos. Além dos fluxos de GEE estão sendo coletados parâmetros biológicos, físicos e químicos da água e sedimento. As medições in situ foram realizadas entre os anos de 2018 e 2019 na enseada da Armação do Itapocoroy (Penha), Ribeirão da Ilha (Florianópolis) e Praia de Fora (Palhoça), todos no estado de Santa Catarina. Estas 3 localidades na última década produziram em torno de 154 mil toneladas de moluscos, sendo que a produtividade média no ano de 2018 foi de 599 toneladas em Penha, 2.943 toneladas em Florianópolis e 8.033 toneladas na Palhoça (CARVALHO FILHO, 2019).

Os fluxos difusivos de GEE são coletados com câmaras difusivas estáticas acopladas à flutuadores e volume interno de 1 litro. Já os fluxos ebulitivos de GEE, referentes à liberação de bolhas do sedimento, coletados com funis coletores. Os GEE dissolvidos na água são obtidos por técnica de headspace, e a concentração de GEE em todas as amostras coletadas em campo são determinadas por cromatografia gasosa (SILVA *et al.*, 2018).

Além dos GEE em cada ponto amostral são medidos parâmetros como a pressão atmosférica (barômetro portátil) e a temperatura do ar (termômetro portátil). Parâmetros como a temperatura da água, pH, potencial de oxirredução, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, total de sólidos dissolvidos são medidos com uma sonda multiparâmetros de análise da água (Horiba U-53), além da profundidade (profundímetro Hondex PS-7). Amostras de água são coletadas para determinação em laboratório dos nutrientes inorgânicos ($NH4^+$, NO_2^-, NO_3^-, $P_3O_4^-$, $S_4O_2^-$, SiO_4^-), clorofila-a e fósforo orgânico total por métodos colorimétricos, material particulado em suspensão por gravimetria e carbono orgânico particulado por titulometria. Amostras de sedimento são coletadas com draga para análise granulométrica e química em laboratório. A determinação de carbono orgânico e relação carbono/nitrogênio (C:N) é feita através de analisador Elementar e metais traços (Cd, Cu, Pb, Cr, Ni, Zn) por EAA (Espectrofotometria de Absorção Atômica).

RESULTADOS

- Os resultados parciais mostram que a emissão de dióxido de carbono (CO_2) em áreas de malacocultura (15,8 ± 50,5 mg C-CO_2 m^{-2} d^{-1}) foi semelhante às áreas de controle (17,5 ± 50,8 mg C m^{-2} d^{-1}), sendo que em vários casos houve o sequestro de carbono para a atmosfera (Figura 2B);
- A emissão de metano (CH_4) foi de 0,3 ± 0,5 mg C-CH_4 m^{-2} d^{-1} em áreas de malacocultura e 0,5 ± 1,1 mg C-CH_4 m^{-2} d^{-1} nos controles;
- Para óxido nitroso (N_2O), a emissão foi de 0,018 ± 0,020 mg N-N_2O m^{-2} d^{-1} no cultivo e 0,018 ± 0,019 mg N-N_2O m^{-2} d^{-1} nos controles;
- Não houve diferença dos fluxos de CO_2, CH_4 e N_2O medidos nas áreas de produção e nas áreas de controle indicando que a malacocultura não impacta o balanço natural de GEE;
- O sumidouro de carbono está associado às características ambientais dos ambientes marinhos uma vez que houve sequestro de carbono em pontos de cultivo e nas áreas controle;
- Não foi registrada a liberação de bolhas nas áreas amostradas que pode ser interpretado como um fator positivo. As bolhas, principalmente em corpos d'água dulcícola, são responsáveis por quantidades expressivas de GEE, principalmente na forma de CH_4.
- Todos os parâmetros físico-químicos analisados estão de acordo com os limites preconizados pela legislação vigente ou próximos a valores sugeridos pela literatura. O que evidencia que a qualidade de água destes ambientes não estão sendo influenciados pelas as atividades de cultivo e nem mesmo pelas atividades antrópicas do entorno.

DESAFIOS

- Compreender a dinâmica dos fluxos em ambientes como enseadas marítimas devido à suscetibilidade do meio às alterações de características biogeoquímicas;
- Falta de metodologia definida para estudos do comportamento de GEE em áreas de malacocultura.

SOLUÇÕES

- Elaboração de um banco de dados consistente com informações de fluxo de GEE e parâmetros biogeoquímicos em áreas de malacocultura;
- Definir processos de circulação dos ambientes de cultivo, permitindo avaliar o balanço e o ciclo de carbono, bem como o tempo de residência de cada ambiente;
- Padronização da metodologia para determinação do balanço de GEE que permita a comparação dos resultados obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CARVALHO FILHO, J. Os números da aquicultura brasileira em 2018. Panorama da Aquicultura, V. 29, p. 58-63, 2019.

FAO – Food and Agriculture Organizataion of the Unites Nations. The state of world fisheries and aquaculture 2018: meeting the sustainable development goals. Rome: [S. n.], 2018.

RAY, N. E.; MAGUIRE, T. J.; AL-HAJ, A. N.; HENNING, M. C.; FULWEILER, R. W. Low greenhouse gas emissions from oyster aquaculture. Environmental Science & Technology, v. 53, p. 9118-9127, 2019.

SARF. Carbon footprint of scottish suspended mussels and intertidal oysters. Scotland: Scottish Aquaculture Research Forum, 2012.

SIIKAMÄKI, J.; SANCHIRICO, J. N.; JARDINE, S.; McLAUGHLIN, D.; MORRIS, D. F. Blue carbon: global options for reducing emissions from the degradation and development of coastal ecosystems. Washington, DC: Resources for the future, 2012.



Figura: Área de malacocultura.

Crédito: Ana Paula Stein

COORDENADORES DO PROJETO

Dra. Ana Paula Packer

Embrapa Meio Ambiente

e-mail: paula.packer@embrapa.br

Dr. Gilberto Caetano Manzoni

Universidade do Vale do Itajaí

e-mail: manzoni@univali.br

Dra. Fernanda Garcia Sampaio

Embrapa Meio Ambiente

e-mail: fernanda.sampaio@embrapa.br

Anexo – Continuação bibliográfica

Potencial de mitigação de emissões de metano e de aquecimento global em sistemas de produção de cordeiros para carne no sul do Brasil

Dados publicados em:

AFONSO, A. M. C. F. et al. Methane emission in two meat lambs production systems on pasture in subtropical climate. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 51., 2014, Barra dos Coqueiros. Anais [...]. Brasilia: SBZ, 2014.

BATISTA, R. Gases de efeito estufa do solo e dos dejetos e estoque de C e N em sistemas de produção de ovinos em pastagem. 2019. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, 2019. (Tese em preparação).

BATISTA, R. et al. Methane emission by lambs and ewes in different pasture production systems. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 54., 2017, Foz do Iguaçu. Anais [...]. Brasília: SBZ, 2017. p. 1122.

CHEK, V. A. et al. Emissão de metano em ovelhas lactantes e desmamadas criadas em pastagens. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. Curitiba, 26. 2018. Anais [...]. Curitiba: UFPR, 2018. n. 20183767.

FARO, A, M. C. F. A.; et al. Emissão de metano entérico em sistemas de terminação de cordeiros em pastagens do Sul do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52., 2015, Belo Horizonte. Anais [...]. Brasília: SBZ, 2015.

HENTZ, F. et al. Methane emission of lambs produced on pastures in Brazil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 51., 2014, Barra dos Coqueiros. Anais [...]. Brasilia: SBZ, 2014.

MONTEIRO, A. L. G.; FARO, A. M. C. F.; PERES, M. T. P.; BATISTA, R.; POLI, C. H. E.; VILLALBA, J. J. The role of small ruminants on global climate change. Acta Sci., Anim. Sci., Maringá, v. 40, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v40i1.43124.

MONTEIRO, A. L. G.; PERES, M. T. P.; FARO, A. M. C. F.; BATISTA, R.; DEISS, L.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; BERNDT, A.; FAÍSCA, L. D. Sheep methane emissions in two feeding systems in summer and winter pastures in South of Brazil. Journal of Animal Science, v. 96, n. 3, p. 475, 2018. DOI: https://doi.org/10.1093/jas/sky404.1037.

THOMAZI, N.; et al. Quantificar as emissões de metano em ovinos em pastagem de inverno. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25., 2017, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: UFPR, 2017. n. 20171523.

WILCZEK FILHO, R.; et al. Emissão de metano de cordeiros em diferentes sistemas de terminação em pastagens. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 26., 2018, Curitiba. Anais [...].Curitiba: UFPR, 2018. n. 20183726.

Emissão de metano entérico de bovinos cruzados Canchim, Angus e Charolês, terminados em confinamento

Dados publicados em:

BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; FERRARI, F. B.; BORBA, H.; MENDES, E. D. M.; TULLIO, R. R. Enteric methane emissions from beef cattle of different genetic groups in confinement in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE, 66., 2015, Warsaw. Book of abstracts [...]. Warsaw: [S. n.], 2015. v. 66. p. 239.

BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; FERRARI, F. B.; BORBA, H.; MENDES, E. D. M.; TULLIO, R. R.; ALENCAR, M. M. Performance of crossbred cattle in confinement in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE, 66., 2015, Warsaw. Book of abstracts [...]. Warsaw: [S. n.], 2015. v. 66. p. 239.

SAKAMOTO, L. S.; GUILARDI, J. H.; VILAS BOAS, D. F.; MÉO FILHO, P.; MENDES, E. D. M.; ANDRADE, L. L.; TULLIO, R. R.; CECHINATTO, J. P.; LEME, P. R.; BERNDT, A. Enteric methane emissions from crossbred cattle from different breeds of bulls in confinement. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande-MS. Anais [...]. Campo Grande: [S. n.], 2016. v. 2. p. 429-430.

ZIMMERMAN, S.; BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; FERRARI, F. B.; MÉO FILHO, P.; VILAS BOAS, D. F.; TULLIO, R. R. Methane and carbon dioxide emissions variability and repeatability from cross breed cattle fed maize silage diets in Brazil. In: GREENHOUSE GAS AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 6., 2016, Melbourne, Australia. Book of abstracts [...]. Melbourne: [S. n.], 2016. p. 52.

Pastejo rotativo em capim-elefante para vacas leiteiras: estratégias de pastejo, produtividade animal e emissões de metano entérico e óxido nitroso

Referências bibliográficas

BEUKES, P. C.; SCARSBROOK, M. R.; GREGORINI, P.; ROMERA, A. J.; CLARK, D. A.; CATTO, W. The relationship between milk production and farm-gate nitrogen surplus for the Waikato region, New Zealand. J. Environ. Manag., v. 93, p. 44-51, 2012. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.08.013.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; GUIMARÃES, A. P.; SANTOS, C. A. dos; SANTOS, S. C. dos, PINHEIRO, E. F. M., BODDEY, R. M. Soil carbon stocks under productive and degraded brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. Soil Sci. Soc. Am., v. 77, p. 914-928, 2013. DOI: https://doi.org/10.2136/sssaj2012.0269.

CHAPMAN, D. Using ecophysiology to improve farm efficiency: application in temperate dairy grazing systems. Agriculture, n. 6, p. 1-19, 2016. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture6020017.

CUNHA, C. S.; LOPES, N. L.; VELOSO, C. M.; JACOVINE, L. A. G.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; MARCONDES, M. I. Greenhouse gases inventory and carbon balance of two dairy systems obtained two methane-estimation methods. Sci. Total Environ., v. 571, p. 744-754, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.046.

FOLEY, J. J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.;MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.;WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. Nature, v. 478, p. 337-342, 2011. DOI: https://doi.org/10.1038/nature10452.

FOOTE, K. J.; JOY, M. K.; DEATH, R. G. New Zealand dairy farming: milking our environment for all its worth. Environ. Manag., n. 56, p. 709-720, 2015. DOI: https://doi.org/10.1007/s00267-015-0517-x.

GARNETT, T.; GODFRAY, H. C. J. Sustainable intensification in agriculture: navigating a course through competing food system priorities. Food Climate Research Network and the Oxford Martin Programme on the Future of Food. Oxford: University of Oxford, 2012. Disponível em: https://www.fcrn.org.uk/sites/default/files/SI_report_final.pdf.

GODFRAY, H.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science, v. 327, p. 812-818, 2010. DOI: https://doi.org/10.1126/science.1185383.

GREGORINI, P.; VILLALBA, J. J.; CHILIBROSTE, P.; PROVENZA, F. D. Grazing management: setting the table, designing the menu and influencing the diner. Anim. Prod. Sci., v. 57, n. 7, p. 1248-1268, 2017. DOI: http://dx.doi.org/10.1071/AN16637.

JANSSEN, P. H. Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics. Anim. Feed Sci. Technol., v. 160, p. 1-22, 2010.DOI: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.07.002.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. J. Anim. Sci., v. 73, p. 2483-2492, 1995. DOI: https://doi.org/10.2527/1995.7382483x.

KLEIN, C. A. M. de; HARVEY, M. Nitrous Oxide Chamber Methodology Guidelines. New Zealand: [S. n.], 2015. p. 146. Disponível em: https://globalresearchalliance.org/wp-content/uploads/2015/11/Chamber_Methodology_Guidelines_Final-V1.1-2015.pdf.

LESSA, A. C. R.; MADARI, B. E.; PAREDES, D. S.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C. P.; ALVES, B. J. Bovine urine and dung deposited on Brazilian savannah pastures contribute differently to direct and indirect soil nitrous oxide emissions. Agric. Ecosyst. Environ., v. 190, p. 104-111, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.01.010.

LUO, J.; BALVERT, S. F.; WISE, B.; WELTEN, B.; LEDGARD, S. F.; KLEIN, C. A. M. de; LINDSEY, S.; JUDGE, A. Using alternative forage species to reduce emissions of the greenhouse gas nitrous oxide from cattle urine deposited onto soil. Sci. Total Environ., v. 610-611, p. 1271-1280, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.186.

MACDONALD, K. A.; PENNO, J. W.; LANCASTER, J. A. S.; BRYANT, A. M.; KIDD, J. M.; ROCHE, J. R. Production and economic responses to intensification of pasture-based dairy production systems. J. Dairy Sci., v. 100, p. 6602-6619, 2017. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2016-12497.

MUÑOZ, C.; LETELIER, P. A.; UNGERFELD, E. M.; MORALES, J. M.; HUBE, S.; PÉREZ-PRIETO, L. A. Effects of pre grazing herbage mass in late spring on enteric methane emissions, dry matter intake, and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci., v. 99, p. 7945-7955, 2016. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2016-10919.

NASCIMENTO, C. F. M.; BERNDT, A.; ROMERO SOLORZANO, L. A.; MEYER, P. M.; FRIGHETTO, R. T. S.; DEMARCHI, J. J. A. A.; RODRIGUES, P. H. M. Methane emission of cattle fed Urochloa brizantha hay harvested at different stages. J. Agric. Sci., v. 8, p. 163-174, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.5539/jas.v8n1p163.

PONTES, L. S.; BARRO, R. S.; SAVIAN, J. V.; BERNDT, A.; MOLETTA, J. L.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; BAYER, C.; CARVALHO, P. C. F. Performance and methane emissions by beef heifer grazing in temperate pastures and in integrated crop-livestock systems: The effect of shade and nitrogen fertilization. Agric. Ecosyst. Environ., v. 253, p. 90-97, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.009.

ROYAL SOCIETY. Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. London: The Royal Society, 2009. Disponível em: https://royalsociety.org/~/media/Royal_Society_Content/policy/publications/2009/4294967719.pdf.

SAGGAR, S.; JHA, N.; DESLIPPE, J.; BOLAN, N. S.; LUO, J.; GILTRAP, D. L.; KIM, D. G.; ZAMAN, M.; TILLMAN, R. W. Denitrification and N2O:N2 production in temperate grasslands: process, measurements, modelling and mitigating negative impacts. Sci. Total Environ., v. 465, p. 173-195, 2013. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.11.050.

SANTOS, F. A. P.; DOREA, J. R. R.; SOUZA, J. de; BATISTEL, F.; COSTA, D. F. A. Forage management and methods to improve nutrient intake in grazing cattle. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 25., Gainesville. Proceedings [...]. Gaomesville, USA: University of Florida, 2014. p. 144-164. Disponível em: http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2014/santos.pdf.

VOGELER, I.; BEUKES, P. C.; BURGRAFF, V. T. Evaluation of mitigation strategies for nitrate leaching on pasture-based dairy systems. Agric. Syst., v. 115, p. 21-28, 2013. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agsy.2012.09.012.

WRAGE, N.; VELTHOF, G. L.; BEUSICHEM, M. L. van; OENEMA, O. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. Soil Biol. Biochem., v. 33, p. 1723-1732, 2001. DOI: https://doi.org/10.1016/S0038-0717(01)00096-7.

Emissões de metano entérico em búfalas na Amazônia Oriental: metodologia Tier2 e hexafluoreto de enxofre (SF_6)

Dados publicados em:

CASTRO, V. C. G.; FERNANDES, P. C. C.; LOURENCO JUNIOR, J. B.; ARAUJO, G. S. Avaliação da estratificação do conteúdo ruminal de bubalinos suplementados com farelo de amêndoa de dendê. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 18.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2., 2014, Belém. Anais [...]. Belém: [S. n.], 2014.

SANTOS, G. R.; CASTRO, V. C. G.; FERNANDES, P. C. C.; MARTORANO, L. G. Estimativas de presença de gases e conteúdo ruminal em bubalinos suplementados com farelo dendê e óleo de palmiste. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA, 19.; SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 3., 2015, Belém. Anais [...]. Belém: [S. n.], 2015.

Emissão de metano entérico em búfalas suplementadas com torta de palmiste no bioma Amazônia

Referências bibliográficas

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, forestry and other land use. Japan: IGES, 2006. v. 4, p. 10.1-10.84.

JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H.; LAMB, B.; ZIMMERMAN, P. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF6 tracer technique. Environ. Sci. Technol., v. 28, p. 359-362, 1994.

MARTORANO, L. G.; VITORINO, M. I., SILVA, B. P. P. C.; MORAES, J. R. S. C.; LISBOA, L. S.; DOFF, S. E.; REICHARDT, K. Climate conditions in the eastern amazon: rainfall variability in Belem and indicative of soil water deficit. African Journal of Agricultural Research, n. 21, p. 1801-1810, 2017. DOI: https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11801.

Emissão de óxido nitroso em pastagens tropicais de sistemas de produção de bovinos de corte

Referências bibliográficas

SNYDER, C. S.; BRULSEMA, T. W.; JENSEN, T. L. Melhores práticas de manejo para minimizar emissões de gases de efeito estufa associadas ao uso de fertilizantes. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 121, p. 13-14, mar. 2008.

ZANATTA, J. A.; ALVES, B. J. R.; BAYER, C.; TOMAZI, M.; FERNANDES, A. H. B. M.; COSTA, F. de S.; CARVALHO, A. M. de. Protocolo para medição de fluxos de gases de efeito estufa do solo. Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 53 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 265).

Modelagem das emissões de óxido nitroso de pastagens pura de gramínea e consorciada de gramínea com leguminosa no oeste da Amazônia brasileira

Referências bibliográficas

MELILLO, J. M. Nitrous oxide emissions from forests and pastures of various ages in the Brazilian Amazon. Journal of Geophysical Research, n. 106, p. 34179-34188, 2001.

MEURER, K. H. E. et al. Direct nitrous oxide (N20) fluxes from soils under different land use in Brazil—a critical review. Environ. Res. Lett., v. 11, 023001, 2016. Disponível em: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/2/023001/pdf.

NEILL, C. et al. Nitrogen dynamics in soils of forests and active pastures in the western Brazilian Amazon Basin. Soil Biol. Biochem., v. 27, p. 1167-1175, 1995.

VERCHOT, L. V. et al. Land use change and biogeochemical controls of nitrogen oxide emissions from soils in eastern Amazonia. Global Biogeochem. Cycles, v. 13, p. 31-46, 1999.

Dinâmica de gases de efeito estufa e a interface com a eficiência, qualidade dos alimentos e sustentabilidade em sistemas de produção agropecuários do bioma Mata Atlântica

Dados publicados em

BERNDT, A.; LEMES, A. P.; VILAS BOAS, D. F.; SAKAMOTO, L. S.; MÉO FILHO, P. Mensuração de metano entérico em ruminantes sob pastejo. In: PEREIRA, O. G. et al. (org.). VIII SIMFOR: Simpósio sobre Manejo Estratégico de Pastagens. Viçosa: Suprema, 2016. v. 8, p. 117-138.

BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; LEMES, A. P.; PEDROSO, A. F.; PEZZOPANE, J. R. M.; ALVES, T. C.; VILAS BOAS, D. F.; CORTE, R. R.; OLIVEIRA, P. P. A. Enteric methane emissions of Nellore steers in different grazing production systems in Brazil. In: GREENHOUSE GAS AND ANIMAL AGRICULTURE CONFERENCE, 6., 2016, Melbourne, Australia. Book of abstracts [...]. Melbourne: [S. n.], 2016. p. 22.

BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; LEMES, A. P.; PEDROSO, A. F.; PEZZOPANE, J. R. M.; ALVES, T. C.; VILAS BOAS, D. F.; CORTE, R. R.; OLIVEIRA, P. P. A. Intensive grazing systems can enhance carcass production with the same methane emissions. In: ADSA-ASAS JOINT ANNUAL MEETING, 93., 2015, Orlando. Proceedings [...]. Orlando: Journal of Animal Science, 2015.

CORTE, R. R.; SILVA, S. L.; PEDROSO, A. F.; NASSU, R. T.; TULLIO, R. R.; BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; RODRIGUES, P. H. M.; OLIVEIRA, P. P. A. Beef cattle productivity in grazing systems with different levels of intensification. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande-MS. Anais [...]. Campo Grande: [S. n.], 2016. v. 2, p. 286-289.

CORTE, R. R.; SILVA, S. L.; PEDROSO, A. F.; NASSU, R. T.; TULLIO, R. R.; BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; RODRIGUES, P. H. M.; OLIVEIRA, P. P. A. Carcass traits of Nellore steers in different Brazil grazing systems. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE, 67., 2016, Belfast. Proceedings [...] Belfast: [S. n.], 2016. v. 3, p. 622.

CORTE, R. R.; SILVA, S. L.; PEDROSO, A. F.; NASSU, R. T.; TULLIO, R. R.; BERNDT, A.; SAKAMOTO, L. S.; RODRIGUES, P. H. M.; OLIVEIRA, P. P. A. Effects of intensification of grazing systems on meat quality of Nellore steers in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE EUROPEAN FEDERATION OF ANIMAL SCIENCE, 67., 2016, Belfast. Proceedings [...] Belfast: [S. n.], 2016. v. 2, p. 392.

SAKAMOTO, L. S.; BERNDT, A.; MAHLMEISTER, K.; LEMES, A. P.; PEDROSO, A. F.; ALVES, T. C.; OLIVEIRA, P. P. A. Enteric methane emissions by Nellore steers grazing different pastures. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52., 2015, Belo Horizonte-MG. Anais [...]. Belo Horizonte: [S. n.], 2015.

SILVA, E. M.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; SAKAMOTO, L. S.; OLIVEIRA, P. P. A.; NASSU, R. T. Qualidade da carcaça de bovinos criados em diferentes sistemas de produção, almejando a sustentabilidade na produção pecuária. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 67., 2015, São Carlos-SP. Anais [...]. São Carlos: [S. n.], 2015. v. 1. p. 1.

Estoques de carbono no solo em sistemas pastoris para a produção leiteira

Referências bibliográficas

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. Washington, DC, USA: National Academy Press, 2001.

STAHL, C.; FREYCON, V.; FONTAINE, S.; DEZÉCACHE, C.; PONCHANT, L.; PICON-COCHARD, C.; KLUMPP, C.; SOUSSANA, J. F.; BLANFOR, V. Soil carbon stocks after conversion of Amazonian tropical forest to grazed pasture: importance of deep soil layers. Reg. Environ. Change, v. 16, p. 2059-2069, 2016. DOI: 10.1007/s10113-016-0936-0.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM INSTITUTE. Guide of personal computers. Version 9.2 Inc.. Cary, NC: [S. n.], 2002.

Estoques de carbono no solo em sistemas integrados no bioma Mata Atlântica

Referências bibliográficas

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARCHÃO, R. L. (Ed.). Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 393 p. il. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

MAIA, C. M. B. F.; PARRON, L. M. Matéria orgânica como indicador da qualidade do solo e da prestação de serviços ambientais. In: PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, E. B. de; BROWN, G. G.; PRADO, R. B. (ed.). Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 101-108.

MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BRUNET, D.; BALBINO, L. C.; VILELA, L.; BROSSARD, M. Carbon and nitrogen stocks in a Brazilian clayey Oxisol: 13-year effects of integrated crop-livestock management systems. Soil and Tillage Research, v. 103, p. 442-450, 2009.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENCO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. Agriculture, Ecosystems & Environment, v. 190, p. 70-79, 2014.

Indicador de qualidade do solo em sistema pecuário integrado de baixa emissão de carbono no bioma Amazônia

Dados publicados em:

BIASE, A. G.; AZEVEDO, L. F. S.; CHAVES, S. S. F.; MELO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G.; CAMARGO, P. B.; SILVA, A. R.; REICHARDT, K. Nonlinear modeling with sandwich estimator approach to analyze soil carbon profile. In: SIGEE - SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS.

CHAVES, S. S. F. Dinâmica do carbono no solo sob diferentes usos da terra em Paragominas, PA. 2014. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

CHAVES, S. S. F.; CAMARGO, P. B.; MARTORANO, L. G.; FERNANDES, P. C. C.; REICHARDT, K. Composição isotópica (&13) do solo em uma cronossequência floresta-pastagem- sistema silvipastoril. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 3., 2014, Piracicaba, SP.

CHAVES, S. S. F.; CAMARGO, P. B.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; MELO, M. N. Teor de carbono no solo de pastagens com diferentes manejos. In: SIMPÓSIO DOS PÓS-GRADUANDOS NO CENA, 11., 2018, Piracicaba, SP.

CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G.; CAMARGO, P. B.; FERNANDES, P. C. C.; ALVES, L. W. R.; REICHARDT, K. Influência do manejo da pastagem na dinâmica do teor da matéria orgânica e da densidade do solo. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUANDOS DO CENA, 7., 2014, Piracicaba, SP.

CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G.; FERNANDES, P. C. C. Temporal profile of agricultural production systems in the municipality of Paragominas, Pará, Amazon, Brazil. In: ANNUAL MEETINGS 2013 – WATER, FOOD, ENERGY & INNOVATION FOR A SUSTAINABLE WORLD, 2013, Florida, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America.

CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G.; FERNANDES, P. C. C.; REICHARDT, K.; DIAS, C. T. S.; BIASE, A. G.; MELO, M. N.; CAMARGO, P. B. Assessment of soil carbon content in pastures with different managements. In: SIGEE - SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campo Grande, MS.

FERNANDES, P. C. C.; CHAVES, S. S. F.; MARTORANO, L. G. Integração lavoura-pecuária-floresta na região Norte: avaliações de carbono do solo na Fazenda Vitória em Paragominas, Pará. In: BUNGENSTAB, Davi José et al. (org.). ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília: Embrapa, 2019. p. 627-642.

MELO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G.; CHAVES, S. S. F.; FERNANDES, P. C. C. Modelos não lineares mistos para descrever o teor de carbono orgânico no solo. Revista Brasileira de Biometria, v. 36, 2018.

MELO, M. N.; DIAS, C. T. S.; MARTORANO, L. G.; CHAVES, S. S. F.; OLIVEIRA, P. P. A. Nonlinear mixed model applied to the analysis of longitudinal data in a soil located in Paragominas, PA. In: SIGEE - SECOND INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GREENHOUSE GASES IN AGRICULTURE, 2., 2016, Campos Grande, MS.

Biomassa e estoque de carbono em árvores de eucalipto em sistemas integrados de produção pecuária

Referências bibliográficas

FIGUEIREDO, E. B.; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. O.; REIS, R. A.; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. Journal of Cleaner Production, n. 142, p. 420-431, 2017. DOI: dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132

GIL, J.; SIEBOLD, M.; BERGER, T.. Adoption and development of integrated cropelivestockeforestry systems in Mato Grosso, Brazil. Agric. Ecosyst. Environ., v. 199, p. 394-406, 2015.

GUTMANIS, D. Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris. Rio Claro: UNESP, 2004. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

MULLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C.; ALVES, F. F. Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na zona da mata mineira. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 60, p. 11-17, 2009.

OFUGI, C.; MAGALHÃES, L. L.; MELIDO, R. C. N.; SILVEIRA, V. P. Integração lavoura-pecuária (ILPF), sistemas agroflorestais (SAFs). In: TRECENTI, R. et al. (ed.). Integração lavoura-pecuária-silvicultura: boletim técnico. Brasília: MAPA/SDC, 2008. p. 20-25.

OLIVEIRA, P. P. A. Gases de efeito estufa em sistemas de produção animal brasileiros e a importância do balanço de carbono para a preservação ambiental. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, p. 623-634, 2015.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. Agric. Ecosyst. Environ., v. 190, p. 70-79, 2014.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. 2003. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

Sistemas de produção sustentáveis, integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta

Dados publicados em:

ASSAD, E. D.; CORDEIRO, L. A. M.; MARCHAO, R. L.; ALMEIDA, R. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; BERNDT, A.; SALTON, J. C.; EVANGELISTA, B. A. Potencial de mitigação da emissão de gases de efeito estufa por meio da adoção da estratégia de integração lavoura-pecuária-floresta. In: CORDEIRO, L. A. M. et al. (org.).. Integração lavoura-pecuária-floresta: o produtor pergunta, a Embrapa responde (coleção 500 perguntas 500 respostas). Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 1, p. 289-305.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R. L.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; SOUZA, K. W.; PEREIRA, L. G. R. Neutralization of enteric methane emissions by carbon sequestration under integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems in Cerrado region. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GASES DE EFEITO ESTUFA NA AGROPECUÁRIA, 2., 2016, Campo Grande. Anais [...]. Campo Grande: Embrapa, 2016.

MANDARINO, R. A.; PEREIRA, L. G. R.; BARBOSA, F. A.; SANTOS, D. C.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; BARIONI, L. G.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Methane emissions from Nellore heifers under integrated crop livestock forest systems. In: LIVESTOCK, CLIMATE CHANGE AND FOOD SECURITY CONFERENCE, 2014, Madri. Abstract Book [...].. Madri: Livestock, Climate Change and Food Security, 2014. v. 1, p. 34.

MANDARINO, R. A.; PEREIRA, L. G. R.; BARBOSA, F. A.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Methane emissions of Nellore heifers on integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Cerrado. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS (WCCLF); INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS (ICLS3), 3., 2015, Brasília, DF. Proceedings [...]. Brasília, DF: Embrapa, 2015.

PEREIRA, L. G. R.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TOMICH, T. R. Estratégias de mitigação de metano na pecuária leiteira. In: SIMPÓSIO MINEIRO, 6.; SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 1., 2012, Belo Horizonte-MG. Anais [...].Belo Horizonte: FEP MVZ, 2012. p. 197-231.

RIBEIRO, L. G.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; GUIMARAES JÚNIOR, R.; TOMICH, T. R.; REIS, L. G.; COOMBS, C. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. Revista Colombiana de Ciências Pecuárias, v. 28, p. 124-143, 2015.

VILELA, L.; MARTHA JR., G. B.; MACEDO, M. C. M.; MARCHAO, R. L.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PULROLNIK, K.; MACIEL, G. A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, (1977. Impressa), v. 46, p. 1127-1138, 2011.

Fatores de emissão e remoção de gases de efeito estufa da produção de não ruminantes no território nacional

Referências bibliográficas

BONITO, M. A. B. N. Determinação dos fatores de emissão de amoníaco e gases de efeito estufa em salas de gestação suína. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

COSTA, A. M. G.. Definition of yearly emission factor of dust and greenhouse gases through continuous measurements in swine husbandry. Atmospheric Environment, n. 43, p. 1548-1556, 2009.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of food and agriculture: food systems for better nutrition. Rome: [S. n.], 2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2018. v. 46, p. 1-8.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K. (eds.). Japan: IGES, 2006. v. 4. Disponível em: http://www.ipcc -nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html.

MIRAGLIOTTA, M. Y.; NAAS, I. A.; BARACHO, M. S; ARADAS, M. E. C. Qualidade do ar de dois sistemas produtivos de frangos de corte com ventilação e densidade diferenciadas – estudo de caso. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2002.

NUNES, M. L. A.; MIRANDA, K. O. S. Alternativas para a redução da emissão de gases de efeito estufa pela suinocultura. Thesis, São Paulo, ano IV, n. 19, p. 48-62, 2013.

OLIVEIRA, M. C.; ALMEIDA, C. V.; ANDRADE, D. O.; RODRIGUES, S. M. M. Teor de Matéria Seca, ph e Amônia Volatilizada da Cama de Frango Tratada ou Não com Diferentes Aditivos. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n. 4, p. 951-954, 2003.

OLIVEIRA, P. A. V.; MONTEIRO, A. N. T. R. Emissão de amônia na produção de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA FACTA, Campinas, 2013. Anais [...]. Campinas: Facta, 2013. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/91032/1/final7197.pdf.

ONTARIO. Ministry of the Environment. Ontario air standards for ammonia. Ontario: Ontario Ministry of the Environment, 2001. Disponível em: http://www.wnw.gov.on.ca/envision/envreg/er/documents/2001/airstandards/pa00e0003.pdf.

PECORARO, C. A. Contribuição da produção confinada de suínos na emissão de amônia e gases de efeito estufa mediante avaliação das metodologias contínua e simplificada. 2015. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

PHILLIPE, F. X; LAITAT, M.; CANART, B.; VANDENHEEDE, M.; NICKS, B. Comparison of ammonia and greenhouse gas emissions during the fattening of pigs, kept either on fully slatted floor or on deep litter. Livestock Science, v. 111, p. 144-152, 2007.

PHILIPPE, F. X; NICKS, B. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animal and manure. Agriculture, Ecosystems & Environment, Netherlands, v. 199, p. 10-25, 2014.

PRUDÊNCIO DA SILVA, V.; WERF, H. M. G. van der; SOARES, S. R.; CORSON, M. S. Environmental impacts of French and Brazilian broiler chicken production scenarios: an LCA approach. Journal of Environmental Management, v. 133, p. 222-231, 2014.

RAMOS, C. S. Receita com exportação de suínos em 2015 recuou 20,4% a USD 1,279 bi. Valor Econômico, 2016.

TAVARES, J. M. R. Consumo de água e produção de dejetos na suinocultura. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) nos arranjos tecnológicos de produção e uso de biogás

Dados publicados em:

FALKOSKI, C.; HIGARASHI, M. M.; RIBEIRO, S. M.; SARDA, L. G.; NICOLOSO, R. S.; GRAVE, R. A. Emissão de gases de efeito estufa: comparação compostagem x esterqueira. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UnC/Embrapa, 8., 2014, Concórdia, SC. Anais [...]. Concórdia: [S. n.], 2014.

GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. S.; CASSOL, P. C.; AITA, C.; CORRÊA, J. C.; DALLA COSTA, M.; FRITZ, D. D. Short-term carbon dioxide emission under contrasting soil disturbance levels and organic amendments. Soil & Tillage Research, v. 146, p. 184-192, 2015.

GRAVE, R. A.; NICOLOSO, R. S.; CASSOL, P. C.; SILVA, M. L. B.; MEZZARI, M. P.; AITA, C.; WUADEN, C. R. Determining the effects of tillage and nitrogen sources on soil N2O emission. Soil & Tillage Research, v. 175, p. 1-12, 2018.

RIBEIRO, S. M.; HIGARASHI, M. M.; FALKOSKI, C.; SARDA, L. G.; NICOLOSO, R. S.; GRAVE, R. A. Emissão de gases

de efeito estufa - biodigestor x esterqueira. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA - UnC/Embrapa, 8., 2014, Concórdia, SC. Anais [...]. Concórdia: [S. n.], 2014.

SARDA, L. G.; GRAVE, R. A.; FALKOSKI, C.; RIBEIRO, S. M.; NICOLOSO, R. S.; HIGARASHI, M. M. Global warming potential of three swine manure management systems used in Brazil. In: SIGERA, 4., 2015, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: [S. n.], 2015.

SARDA, L. G.; HIGARASHI, M. M.; NICOLOSO, R.S; OLIVEIRA, P. A. V.; FALKOSKI, C.; RIBEIRO, S. M. S.; COLDEBELLA, A. Methane emission factor of open deposits used to store swine slurry in Southern Brazil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 53, p. 657-663, 2018.

WUADEN, C. R.; NICOLOSO, R. S.; GRAVE, R. A.; PIGOSSO, A. Maize nitrogen use efficiency is affected by big slurry composting and anaerobic digestion. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS AGROPECUÁRIOS E AGROINDUSTRIAIS - SIGERA, 5., 2017, Foz do Iguaçu. Anais [...].. Concórdia: Sbera; Embrapa Suínos e Aves, 2017.

WUADEN, C. R.; NICOLOSO, R. S.; GRAVE, R. A.; PIGOSSO, A. Soil organic carbon pool as affected by tillage systems and organic nitrogen sources. In: SIGERA, 5., 2017, Foz do Iguaçu. Anais [...].Concórdia: Sbera; Embrapa Suínos e Aves, 2017.

Emissões de gases de efeito estufa e amônia oriundas da criação de frangos de corte em múltiplos reúso da cama

Referências bibliográficas

COSTA JUNIOR, C.; CERRI, C. E. P.; CERRI, C. C.; PIRES, A. V. Net greenhouse gas emissions from manure management using anaerobic digestion technology in a beef cattle feedlot in Brazil. Science of the Total Environment, Amsterdam, v. 505, p. 1018-1025, 2015.

HUTCHINSON, G. L.; MOSIER, A. R. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 45, p. 311-316, 1981.

JACINTHE, P. A.; DICK, W. A. Soil management and nitrous oxide emissions from cultivated fields in southern Ohio. Soil & Tillage Research, Amsterdam, v. 41, p. 221-235, 1997.

JANTALIA, C. P.; HALVORSON, A. D.; FOLETT, R. F.; ALVES, B. J. R.; POLIDORO, J. C.; URQUIAGA, S. Nitrogen source effects on ammonia volatilization as measured with semi-static chambers. Agronomy Journal, Madison, v. 104, p. 1093-1098, 2012.

JONES, S. K.; REES, R. M.; SKIBA, U. M.; BALL, B. C. Greenhouse gas emissions from a managed grassland. Global Planetary Change, Amsterdam, v. 47, p. 201-211, 2005.

MAZZETO, A. M.; BARNEZE, A. S.; FEIGL, B. J.; GROENIGEN, J. W. van; OENEMA, O.; KLEIN, C. A. M. de; CERRI, C. C. Use of the nitrification inhibitor dicyandiamide (DCD) does not mitigate N2O emission from bovine urine patches under Oxisol in Northwest Brazil. Nutrient Cycling in Agroecosystems, Dordrecht, v. 101, p. 83-92, 2015.

OECD-FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015. Paris: OECD Publishing, 2015. DOI:10.1787/agr_outlook-2015-em.

SAGGAR, S.; ANDREW, R. M.; TATE, K. R.; HEDLEY, C. B.; RODDA, N. J.; TOWNSEND, J. A. Modelling nitrous oxide emissions from dairy-grazed pastures. Nutrient Cycling in Agroecosystems, Dordrecht, v. 68, p. 243-255, 2004.

SANTANA, I. K. S.. Emissões de gases de efeito estufa e amônia oriundas da criação de frangos de corte em múltiplos reúsos da cama [Emissions of ammonia and greenhouse gases from the broiler production in multiple

reuses of the litter]. 2016. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

VASCONCELLOS, C. H. F.; FONTES, D. O.; LARA, L. J. C.; VIDAL, T. Z. B.; SILVA, M. A.; SILVA, P. C. Determinação da energia metabolizável e balanço de nitrogênio de dietas com diferentes teores de proteína bruta para frangos de corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 659-669, 2011.

Emissões de gases de efeito estufa durante o alojamento de frangos de corte sob cama reutilizada

Referências bibliográficas

MILES, D. M.; MOORE, P. A.; BURNS, R. T.; BROOKS, J. P. Ammonia and nitrous oxide emissions from a commercial broiler house. Journal Environmental Quality, Madison, v. 43, p. 1119-1124, 2014.

PAILLAT, J.-M.; ROBIN P.; HASSOUNA, M. Bilan environnemental du procédé de compostage de lisier de porc sur paille suivant la méthode Guerévez. Paris: INRA, 2004.

Impactos ambientais no processo produtivo de frangos de corte

Referências bibliográficas

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. EX-ACT project applications. 2013b. Disponível em: http://www.fao.org/tc/exact/ex-act-applications/on-projects/en/.

GREWER, U.; BOCKEL, L.; SCHIETTECATTE, L.-S.; BERNOUX, M. Ex-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT). Rome: FAO, 2017. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/ex_act/pdf/EX-ACT_quick_guidance.pdf.

IPCC– Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (eds.). Cambridge, New York: Cambridge University Press, 2007.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: IPCC Secretariat, 2006.

ISO – The International Standards Organisation. ISO 14040: Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. Geneva: ISO 2006a.

ISO – The International Standards Organisation. ISO 14044: Environmental management: Life cycle assessment: Requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2006b.

JÖNSSON, M. Assessing the climate change mitigation potential of the EADD-MICCA pilot project with the Ex-Ante