

**I Congresso Brasileiro de Sistemas
Integrados de Produção Agropecuária**

IV Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil

ISBN: 978-85-99584-10-1

PALESTRAS

Intensificação com Sustentabilidade

UTFPR Câmpus Pato Branco

Pato Branco

2017

I Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção
Agropecuária
e
IV Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil

ISBN: 978-85-99584-10-1

Palestras

intensificação com sustentabilidade

UTFPR Câmpus Pato Branco
Pato Branco
2017



© 2017 Universidade Tecnológica Federal do Paraná Câmpus Pato Branco.
Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons -
Atribuição - Não Comercial - Sem Derivações 4.0 Internacional.

Esta licença permite o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.
Disponível também em: <<http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirgrad/cursos/coagr/eventos/cbsipa-eilpsb>>.

Palestras: intensificação com sustentabilidade

1. Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária e
 4. Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil
- 21 a 24 de agosto de 2017 – Centro de Convenções de Cascavel, Cascavel-PR

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P157

630. Palestras: intensificação com sustentabilidade / Jorge Jamhour, Tangriani Simioni Assmann (orgs.). – Pato Branco: UTFPR Câmpus Pato Branco, 2017.
165 p.: Il.

Modo de acesso: Word Wide Web:
<<http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirgrad/cursos/coagr/eventos/cbsipa-eilpsb>>
Inclui bibliografia
ISBN: 978-85-99584-10-1

1. Agronomia. 2. Fitotecnia. 3. Pastagem. 4. Adubação
5. Bovinos - Criação. I. Jamhour, Jorge, org. II. ; Assmann, Tangriani Simioni, org. III. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suélem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Câmpus Pato Branco

Organizadores

Jorge Jamhour, Dr.
UTFPR/ Pato Branco – Brasil

Tangriani Simioni Assmann, Dr^a.
UTFPR/ Pato Branco – Brasil

Composição e diagramação final

Jorge Jamhour
LabEditor – UTFPR Câmpus Pato Branco

UTFPR Câmpus Pato Branco
Via do Conhecimento, km 01
Pato Branco – PR 85503-390

Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados

Patrícia Perondi Anchão OLIVEIRA¹, José Ricardo Macedo PEZZOPANE¹, Paulo de MÉO FILHO², Alexandre BERNDT¹, André de Faria PEDROSO¹, Alberto Carlos Campos BERNARDI¹

¹ Engenheiro agrônomo, Dr.

² Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sudeste,

² Zootecnista, doutorando da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP.

Abstract – In the context of global warming and climate changes, livestock production systems may be beneficial or prejudicial to the environment considering they can act as sinks or sources of greenhouse gases - GHG. This makes the carbon - C - balance a fundamental tool in the evaluation of these systems. Carbon balance results must be compared with caution due to differences in the calculus methodology and in the range of processes considered for the anthropic emissions and sequestrations of C. Generally, degraded pastures are not able to neutralize GHG emissions by C sequestration in the soil while intensive pasture systems, integrated or not, have the potential to mitigate GHG and neutrals beef C footprint, generating C credits. Integrated systems have an advantage in GHG mitigation because of the C sequestration by the arboreal component.

Keywords: livestock. integrated systems. Carbon. climate changes. global warming.

Resumo – Do ponto de vista do aquecimento global e das mudanças climáticas, os sistemas de produção agropecuários podem ser benéficos ou maléficos ao ambiente, visto que podem funcionar tanto como dreno ou fonte de emissões de GEE. Esse fato torna o balanço de carbono uma ferramenta fundamental para avaliar a sustentabilidade desses sistemas de produção. Resultados de balanço de C devem ser comparados com cuidado devido às diferentes metodologias de cálculo e abrangência dos processos considerados para as emissões e remoções antrópicas de C. De forma geral, sistemas com pastagens degradadas não são capazes de abater as emissões de GEE pelo sequestro de C no solo, enquanto que sistemas intensivos, integrados ou não, apresentaram potencial de mitigação dos GEE e possibilidade de zerar a pegada de C da carne e ainda gerar créditos de carbono. Sistemas integrados possuem vantagem no abatimento das emissões de GEE por causa do sequestro de C do componente arbóreo.

Palavras-chave: pecuária. sistemas integrados. Carbono. mudanças climáticas. aquecimento global.

Como Citar (NBR 6023)

OLIVEIRA, Patrícia Perondi Anchão et al. Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados. In: JAMHOUR, Jorge; ASSMANN, Tangriani Simioni (Org.). **Palestras: intensificação com sustentabilidade**. Congresso Brasileiro de Sistemas Integrados de Produção Agropecuária, 1.; Encontro de Integração Lavoura-Pecuária no Sul do Brasil, 4. 2017. Cascavel. Pato Branco: UTFPR Câmpus Pato Branco, 2017. p. 23–32. ISBN 978-85-99584-10-1. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/patobranco/estrutura-universitaria/diretorias/dirgrad/departamentos/dagro/publicacoes/cbsipa-eilpsb>>. Acesso em: dd mmm. AAAA.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o agronegócio é um setor muito importante, sendo responsável por parcela relevante da economia, respondendo por mais de 20% do PIB. Em 2016 somente a pecuária respondeu por 4,21% do PIB brasileiro, com uma renda anual da cadeia de corte de 200,4 bilhões e de leite de 63,6 bilhões de reais (CEPEA/USP, 2017). Trata-se de um setor importante para a estabilidade financeira e social do país (OLIVEIRA et al., 2015), que está presente em todos os municípios do Brasil (IBGE, 2010).

As projeções do agronegócio brasileiro 2015/2016 a 2025/2026 (MAPA, 2016) preveem aumento para o setor pecuário. A produção de leite deverá crescer nos próximos 10 anos a uma taxa anual entre 2,3 e 3,1%. Essas taxas correspondem a passar de uma produção de 34,2 bilhões de litros em 2016 para valores entre 42,9 e 47,3 bilhões de litros no final do período das projeções. As

projeções de carnes para o Brasil mostram que esse setor deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos e a expectativa é que a produção de carne no Brasil continue seu rápido crescimento na próxima década (OECD-FAO, 2015, citado por MAPA, 2016). Ainda segundo essas instituições, os preços ao produtor devem crescer fortemente durante os próximos dez anos, especialmente para carne de porco e carne bovina, enquanto os preços do frango devem crescer a taxas mais modestas (OECD-FAO, citado por MAPA, 2016). A produção de carne bovina tem um crescimento projetado de 2,4% ao ano, o que também representa um valor relativamente elevado, pois consegue atender ao consumo doméstico e às exportações. A produção total de carnes em 2015/16 está estimada em 26,3 milhões de toneladas e a projeção para o final da próxima década é produzir 34,1 milhões de toneladas de carne de frango, bovina e suína. Essa variação entre o ano inicial da projeção e o final resulta num aumento de produção de 29,8%.

Uma das principais preocupações com relação ao crescimento da pecuária está relacionada aos possíveis impactos ambientais, o que certamente colocará em evidência o tratamento dispensado pelo nosso país em relação às questões ambientais (OLIVEIRA, 2015).

Segundo Oliveira, 2015, as mudanças climáticas são foco de atenção e preocupação mundial, devido aos iminentes desastres ambientais nos seus diferentes graus de intensidade, como tempestades, enchentes, secas, elevação do nível do mar e eventos extremos como tornados e furacões. O aquecimento global pode contribuir e acentuar essas mudanças climáticas. A emissão de gases de efeito estufa (GEE) por ações antrópicas contribui para o aquecimento global e deve ser estudada profundamente de forma a diminuir seu impacto sobre o ambiente. A atividade pecuária produz gases de efeito estufa na forma de metano (CH_4), oriundo da fermentação entérica dos ruminantes, óxido nitroso (N_2O), devido ao uso de fertilizantes nitrogenados, e ambos os gases, a partir do manejo de dejetos e da deposição de dejetos sobre as pastagens (O'MARA, 2012). Em menor proporção também existe a emissão de CO_2 devido ao uso de combustíveis fósseis e de energia (O'MARA, 2012).

Essas questões somente podem ser resolvidas por meio da adoção de sistemas de produção que levem em conta a sustentabilidade da agropecuária, que pode ser definida como um modelo de produção diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e material sem agredir o ambiente, usando os recursos naturais de forma inteligente. Esse conceito baseia-se em três dimensões: econômica, social e ambiental (EMBRAPA, Glossário da rede de pesquisa PECUS, 2015). O equilíbrio entre essas três dimensões na busca pela sustentabilidade somente é possível com conhecimento técnico e econômico abrangente dos sistemas de produção, envolvendo questões multidisciplinares considerando os quatro compartimentos dos sistemas de produção: solo-planta-animal e atmosfera. Nas questões de emissão de GEE torna-se primordial a aplicação de conhecimentos técnicos tanto para a mitigação das emissões de GEE quanto para a melhoria do balanço de carbono (C), dentro dos sistemas de produção (OLIVEIRA et al., 2015).

Além da intensificação dos sistemas pastoris de produção, com maior racionalização do uso dos recursos naturais (especialmente no que diz respeito ao uso da terra, evitando o desmatamento e diminuindo a pressão sobre a floresta), os sistemas integrados também têm sido apontados como alternativas para melhorar o balanço de carbono e aumentar a sustentabilidade da pecuária brasileira.

Um dos focos de pesquisa atual é a hipótese de que a recuperação direta das pastagens (OLIVEIRA, 2007), e a adoção do manejo intensivo das pastagens e dos sistemas integrados (ILP, Silvipastoril e agrossilvipastoril) proporcionem um grande potencial de mitigação dos gases de efeito estufa. Esse fato ocorre devido à elevada produção de massa de forragem das gramíneas tropicais com eficiência de uso de fertilizantes nitrogenados e ao acúmulo de matéria-orgânica no solo dos sistemas de pastagens recuperados e intensificados (OLIVEIRA et al., 2007; SEGNINI et al., 2007; PRIMAVESI, 2007), e à introdução do componente arbóreo, reconhecido pelo potencial de sequestro de carbono e mitigação dos gases de efeito estufa. Suporta essa hipótese um número razoável de estudos sobre ecossistemas de pastagens nos biomas Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, considerando os estoques de C no solo em comparação à vegetação nativa, indicando que, de modo geral, solos sob pastagem podem acumular C em níveis semelhantes ou superiores à vegetação nativa, e que a degradação das pastagens promove perda do C acumulado (CERRI et al., 2006;

JANTALIA et al., 2006; SEGNINI et al., 2007). Fisher et al. (2007), em revisão de estudos sobre C no solo, na Colômbia, no período de 1998 a 2004, observaram que as taxas de deposição de liteira eram subestimadas e, conseqüentemente, a produtividade primária líquida e o potencial de mitigação de GEEs. Tal idéia vai ao encontro do exposto no artigo “*Grasslands: enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation*” veiculado pela FAO, 2009. Nesse artigo os autores sugerem que existe um potencial técnico de mitigação dos GEEs pelas pastagens, maior que as emissões de metano oriundas dos animais ruminantes e de suas dejeções.

SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO – CONTEXTUALIZAÇÃO

Os sistemas de produção agropecuários integrados são aqueles que integram dois ou mais setores produtivos agrícolas, pecuários ou de silvicultura e podem ocorrer pela consorciação, a rotação ou sucessão entre os setores. O objetivo da integração é melhorar a eficiência de uso dos recursos naturais (terra, água, energia, entre outros) e aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção, com benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Os principais tipos de integração agropecuária são:

- sistemas agrossilvipastoris ou integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) em que há a integração entre culturas agrícolas, silvicultura e pecuária.
- sistemas agropastoris ou integração lavoura-pecuária (ILP) em que há integração entre culturas agrícolas e a pecuária.
- sistemas silvipastoris ou integração pecuária-floresta (IPF) em que há integração entre a silvicultura e a pecuária.

Os sistemas agrofloretais, silviagrícolas ou ILF preconizam a integração entre culturas agrícolas e florestais e não utilizam nenhum componente pecuário nos sistemas.

Os sistemas integrados de produção podem ser adotados de diferentes formas, com inúmeras culturas e diversas espécies animais, adequando-se às características regionais, às condições climáticas, ao mercado local e ao perfil do produtor. Pode ser adotada por pequenos, médios e grandes produtores (EMBRAPA, 2017).

Pesquisa encomendada pela Rede de Fomento ILPF e realizada pelo Kleffmann Group na safra 2015/2016 estimou que o Brasil possuía 11.468.124 ha com sistemas integrados de produção, 99% da área utilizando pecuária na integração, sendo 83% com sistemas agropastoris (ILP), 9% com agrossilvipastoris (ILPF) e 7% com silvipastoris (EMBRAPA, 2017).

Os principais benefícios apontados pelo uso de sistemas integrados de produção agropecuária, segundo EMBRAPA 2017 são:

- aumento da renda líquida permitindo maior capitalização do produtor,
- otimização e intensificação da ciclagem de nutrientes no solo,
- manutenção da biodiversidade e sustentabilidade da agropecuária,
- melhoria do bem-estar animal em decorrência do maior conforto térmico,
- aumento da produção de grãos, carne, leite, produtos madeireiros e não madeireiros em uma mesma área,
- melhoramento da qualidade e conservação das características produtivas do solo,
- possibilidade de aplicação em propriedades rurais de todos os tamanhos e perfis,
- maior eficiência na utilização de recursos (água, luz, nutrientes e capital) e ampliação do balanço energético,

- redução da sazonalidade do uso de mão de obra no campo e do êxodo rural,
- melhoria da imagem pública dos agricultores perante a sociedade,
- maior otimização dos processos e fatores de produção,
- geração de empregos diretos e indiretos,
- estabilidade econômica com redução de riscos e incertezas devido à diversificação da produção,
- redução da pressão pela abertura de novas áreas com vegetação nativa,
- mitigação das emissões de gases causadores do efeito estufa.

A meta estipulada pelo Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC) em 2009 era de aumentar em 4 milhões de hectares a área com ILPF no Brasil até 2020. De acordo com estimativa preliminar da Plataforma ABC, grupo multi-institucional formado para acompanhar a redução das emissões de gases de efeito estufa, entre 2010 e 2015 houve o incremento de 5,96 milhões de hectares de ILPF no Brasil.

BALANÇO E EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA EM SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO

Em 2009, o Brasil firmou um compromisso, voluntário, de redução das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), entre 36,1% e 38,9% até o ano de 2020 (Política Nacional de Mudanças Climáticas - PNMC, Lei nº 12.187/2009) (BRASIL, 2009). Com esta Política, introduziu-se a previsão de utilização de instrumentos financeiros e econômicos para promover ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima (BRIANEZI et al., 2014).

O inventário de GEE é um destes instrumentos (BRIANEZI et al., 2014) e o Brasil passa a reportar sua situação publicando inventários, sendo o inicial, o Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa Não Controlados pelo Protocolo de Montreal (BRASIL, 2004) - Inventário Inicial, em que se realizou o monitoramento desde 1990.

Tabela 1 – Processo Tecnológico, compromisso nacional relativo e potencial de mitigação por redução de emissão de GEE (milhões de Mg CO₂eq).

Processo Tecnológico	Compromisso (aumento de área de uso)	Potencial de Mitigação (milhões Mg CO ₂ eq)
Recuperação de Pastagens Degradadas ¹	15,0 milhões ha	83 a 104
Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ²	4,0 milhões ha	18 a 22
Sistema Plantio Direto ³	8,0 milhões ha	16 a 20
Fixação Biológica de Nitrogênio ⁴	5,5 milhões ha	10
Florestas Plantadas ⁵	3,0 milhões ha	-
Tratamento de Dejetos Animais ⁶	4,4 milhões m ³	6,9
Total		133,9 a 162,9

Notas: 1 Por meio do manejo adequado e adubação. Base de cálculo foi de 3,79 Mg de CO₂eq.ha⁻¹.ano⁻¹.

2 Incluindo Sistemas Agroflorestais (SAFs). Base de cálculo foi de 3,79 Mg de CO₂eq.ha⁻¹.ano⁻¹.

3 Base de cálculo foi de 1,83 Mg de CO₂eq.ha⁻¹.ano⁻¹.

4 Base de cálculo foi de 1,83 Mg de CO₂eq.ha⁻¹.ano⁻¹.

5 Não está computado o compromisso brasileiro relativo ao setor da siderurgia; e, não foi contabilizado o potencial de mitigação de emissão de GEE.

6 Base de cálculo foi de 1,56 Mg de CO₂eq.m⁻³

Conjuntamente com os inventários de GEE, outras ações de mitigação tem sido propostas, como a neutralização de GEE, que baseia-se na compensação das emissões oriundas de

determinada(s) atividade(s) por meio de iniciativas de redução e/ou remoção como reflorestamento, conservação de áreas verdes ou compra de créditos no mercado de carbono (BRIANEZI et al., 2014).

A PNMC previu que o Poder Executivo estabelecerá Planos Setoriais de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando à Consolidação de uma Economia de Baixo Consumo de Carbono em vários setores da economia, como o da agricultura. Em 9 de dezembro de 2010, foi publicado o Decreto nº 7.390 que regulamentou os arts. 6º, 11 e 12 da PNMC. Para o setor da agricultura ficou estabelecida a constituição do Plano para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (MAPA, 2012).

Na Tabela 1, encontram-se listados os compromissos da agricultura que constituem a base do Plano ABC, bem como suas estimativas de mitigação da emissão de GEE.

Os sistemas integrados possuem destaque nesse contexto, com compromisso de sequestro entre 18 a 22 milhões de toneladas de CO₂eq. Segundo estimativa preliminar da Plataforma ABC, os sistemas integrados foram responsáveis pelo sequestro de 21,8 milhões de toneladas de CO₂eq. entre 2010 e 2015, atendendo às expectativas do Plano ABC (EMBRAPA, 2017).

Todas políticas públicas envolvendo a questão das mudanças climáticas (NAMAS - Ações de Mitigação Nacionalmente Apropriadas, iNDC - Contribuição Nacionalmente Determinada, Inventários de Emissões de GEE nacionais, estaduais ou municipais, Plano ABC), bem como a escolha de alternativas para a mitigação dos gases de efeito estufa e até mesmo o abatimento de emissões por empresas, eventos (corridas, shows, festivais, etc..) ou outras instituições, necessitam de ferramenta para mensuração, e normalmente é utilizado o balanço entre as emissões e remoções de gases de efeito estufa.

Na agropecuária os balanços de emissões e remoções de GEE (balanço GEE) envolve a medição dos fluxos de emissões de CO₂, CH₄ e N₂O do sistema solo-planta, da emissão de metano entérico (CH₄) emitido pelos animais e a taxa de sequestro de C do solo e da floresta plantada, todos expressos em CO₂eq. num determinado período de tempo, normalmente um ano. Para expressar esses gases em CO₂eq. usa-se o Potencial de Aquecimento Global (PAG 100), um fator que descreve o impacto do forçamento radiativo (grau de dano à atmosfera) de uma unidade de determinado GEE relativamente a uma unidade de CO₂ (GHG Protocol), para 100 anos. Existem várias métricas para se realizar a conversão dos gases para o CO₂eq. e elas são constantemente discutidas e questionadas, entretanto, os inventários e balanços devem explicitar claramente o que foi utilizado de forma a gerar condições de comparação entre inventários e publicações científicas. Para fins de inventário é utilizado o PAG-100 – IPCC 1996, acordado no protocolo de Quioto, em que CO₂ equivale a 1 CO₂eq., CH₄ a 21CO₂eq. e N₂O a 310 CO₂eq., enquanto que cada unidade de C sequestrada equivale a 3,67 CO₂eq.

A utilização das emissões de CO₂ do sistema solo-planta no cálculo do balanço dos GEE não é recomendada, pois parte do CO₂ emitido a partir do solo à atmosfera é proveniente da respiração de raízes e da decomposição de resíduos vegetais. Portanto, trata-se de um CO₂ que está ciclando, e não de uma emissão líquida. Por essa razão, no balanço dos GEE emitidos pelo solo (CH₄, N₂O e CO₂), o CO₂ é obtido pelo balanço do C no solo, considerando experimentos de longa duração ou cronossequências (ZANATTA et al., 2014).

Outro ponto que pode gerar inconsistências nessas comparações é o âmbito dos balanços de GEE na agropecuária, se consideram apenas as emissões diretas ou se contemplam as indiretas (GHG protocol). No caso das emissões de GEE diretas são considerados apenas aquelas medidas nos sistemas de produção, já no caso de se considerar as indiretas deve-se contemplar também o uso de energia associada ao sistema de produção agropecuário avaliado, normalmente a elétrica e o uso de combustível fóssil. Exemplos são a energia elétrica utilizada para a irrigação e o gasto de combustível fóssil para aplicação de fertilizantes.

Especificamente nos sistemas integrados, os balanços tornam-se mais complexos, porque na mesma área existem os componentes lavoura, pecuária e a floresta, havendo necessidade de se calcular a taxa de estoque de C das árvores envolvidas nos sistemas e observar o destino da madeira, se é carvão ou serraria, pois no caso de carvão ou lenha, apesar de um recurso renovável, toda o C estocado será emitido para a atmosfera na forma de CO₂, sendo considerado somente como estoque de C a madeira que ficará preservada (mobiliário, construção civil, cercas e currais,

embarcações, esculturas, utensílios domésticos, ferramentas, instrumentos musicais, entre outros). A ponderação entre a madeira para carvão oriunda do desbaste do ILPF e a madeira das árvores a serem preservadas deve ser realizada tanto no aspecto ambiental quanto econômico. Paixão et.al, 2006 realizou a quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de eucalipto e considerou o preço do m³ de eucalipto para carvão é de U\$ 7,17, para serraria de U\$ 17,05 e o preço da tonelada de C estocada é de U\$ 10,00.

Deve-se também realizar a ponderação do tempo e da porcentagem em que as áreas foram ocupadas com lavoura e pastagens, visto que o resultado é expresso em unidade de área por um determinado período de tempo, comumente em t CO₂eq.ha⁻¹.ano. Essa complexidade pode justificar a existência de poucos artigos publicados sobre o balanço de GEE em sistemas integrados.

Da mesma forma, essa complexidade pode explicar a variação das metodologias empregadas e suas combinações para o cálculo dos balanços de GEE em sistemas integrados, sendo que muitos autores não mensuram todos os componentes dos sistemas de produção, usando recursos como a metanálise de artigos publicados (integrando resultados de vários estudos), a simulação por meio de equações do tier 2 do IPCC, e como a modelagem para calcular o potencial de sequestro de C no solo e no componente arbóreo. Existem trabalhos na literatura inclusive mesclando dados coletados com dados simulados no cálculo do balanço de C e ainda comparando metodologias na obtenção do balanço de C, como feito por Cunha et al. (2016) e Figueiredo et al. (2016).

A profundidade de amostragem do carbono no perfil do solo é outro ponto a ser considerado, existindo amostragens na profundidade de 0-30 cm e de 0-100 cm, visto que o IPCC recomenda a estimativa do estoque de C na camada arável, ou seja, 0 a 30 cm de profundidade, apesar das pastagens tropicais possuírem capacidade de sequestrar e acumular C em profundidade, conforme demonstrado por Segnini, et al. (2007) e Xavier (2014).

Deve-se atentar também se o balanço foi calculado como sendo emissões menos os drenos ou vice-versa, pois apesar de o valor ser o mesmo, o sinal muda e deve-se prestar muita atenção na interpretação dos resultados e na indicação se o sistema possui potencial de mitigação das emissões de gases de efeito estufa e obtenção dos créditos de carbono.

Figueiredo et al. (2016) estimaram o balanço de GEE (emissões menos drenos) e a pegada de carbono para a produção de bovinos de corte em três cenários contrastantes de sistemas de produção com pastagens de *Brachiaria* para o Brasil, usando pastagens degradadas, pastagens manejadas e pastagens integradas com agricultura e floresta (ILPF). A emissão total estimada em dez anos foi maior para o sistema com pastagens manejadas (84.541 kg CO₂eq.ha⁻¹), seguido pelo sistema de ILPF (64.519 kg CO₂eq.ha⁻¹) e pelo sistema degradado (8.004 kg CO₂eq.ha⁻¹), o que parece ruim para os sistemas mais intensificados; mas resultou em pegada de carbono de 18,5 kg CO₂eq.kg peso vivo⁻¹ no sistema degradado, seguido por 12,6 kg CO₂eq.kg peso vivo⁻¹ para o sistema de ILPF e 9,4 kg CO₂eq.kg peso vivo⁻¹ para o sistema com pastagens manejadas; sem considerar o potencial de sequestro de C dos solos para o sistema com pastagens manejadas e do solo mais o eucalipto para os sistemas com pastagens integradas no ILPF. Quando considerou o sequestro de C a pegada de C reduziu para 7,6 e - 28,1 kg CO₂eq.kg peso vivo⁻¹ para as pastagens manejadas e para as integradas no ILPF, respectivamente. Considerando-se o sequestro de carbono do solo e do eucalipto, o sistema de ILPF é capaz de sequestrar mais carbono, superando a emissões de GEE, gerando créditos de C.

Cunha, et al. (2016) realizaram o inventário de emissão de GEE e o balanço de C para dois sistemas de produção de bovinos leiteiros, um mais intensivo e outro em sistema integrado e utilizaram dois métodos para calcular a emissão de metano entérico, pelo tier 2 do IPCC (2006) e por medida direta utilizando o gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF₆). O sistema de produção integrado possuía 12 animais e área total de 15,6 hectares, 7,8 ha usados para a produção de 37,01 mil litros de leite ao ano, ocupado por pastagens, cana, milho e eucalipto. O balanço de carbono foi calculado como a diferença entre drenos e emissões, ou seja, a diferença entre o estoque de C das culturas e pastagem e as emissões de GEE originárias da atividade leiteira (emissão de CH₄ da fermentação entérica e dejetos animais, emissão de N₂O da fertilização nitrogenada e emissão de CO₂ do uso de óleo diesel das operações agrícolas e o consumo de energia elétrica com a irrigação e com o sistema de ordenha e refrigeração do leite. O balanço de C (usando o IPCC, 2006 para estimar a emissão CH₄ entérico) considerando os drenos de C foi de 162,8 t CO₂e/ano e sem os drenos de C foi

de $-25,1$ t CO₂e/ano para a área de 7,8 ha. Já com a medida direta das emissões de CH₄ entérico, o balanço de C foi de $154,0$ t CO₂e/ano considerando os drenos de C e $-33,9$ t CO₂e/ano sem os drenos de C em 7,8 ha, o que resulta em um balanço anual de $19,74$ t CO₂e/ha.ano e $-4,35$ t CO₂e/ha.ano, respectivamente. A falta de consideração dos drenos de C sugere que os sistemas de produção podem emitir mais C do que são capazes de estocar. Entretanto, quando se considera os drenos de C, o sistema possui potencial de mitigação, zera a pegada de C do leite e ainda gera créditos de C.

A Embrapa Pecuária Sudeste possui um experimento comparando vários sistemas de produção para criação de bovinos de corte (garrotes Canchim) em relação às questões de produtividade, eficiência e sustentabilidade, ocupando área bastante uniforme quanto às condições edáficas e de relevo. Os sistemas de produção avaliados são a floresta estacional semidecidual (Bioma Mata Atlântica) e cinco distintos sistemas de produção: sistema agrossilvipastoril ou de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF), sistema silvipastoril ou de integração pecuária-floresta (iPF), sistema agropastoril ou de integração lavoura-pecuária (iLP), sistema extensivo (EXT) com pastagem de *Brachiaria decumbens*, e o sistema intensivo (INT). Os sistemas de iLPF, iLP, iPF e INT foram formados com *Urochloa brizantha* cv. Piatã, sendo os sistemas iLPF e iLP com rotação entre lavoura e pastagem (um ano com lavoura e três anos com pastagem rotacionada). A renovação da pastagem ocorre em um terço de cada área por ano agrícola, em 2013 foi realizada a ressemeadura do capim simultaneamente com a cultura do milho (*Zea Mays* L. var. DKR 390 PRO 2) para produção de silagem.

Em abril de 2011, nos sistemas de iPF e iLPF foi plantada a floresta de eucalipto (*Eucalyptus urograndis* clone GG100) com um espaçamento de 15 m entre linhas e 2 m entre plantas, resultando em uma densidade de 333 árvores por ha. Nos sistemas de iLP, iPF, iLPF e INT as pastagens foram adubadas a lanço na safra 2013/2014 com $156,6$ kg de nitrogênio (N). ha⁻¹. ano⁻¹, aplicados parceladamente em doses iguais em quatro fertilizações, duas na forma de ureia e duas na forma de sulfato de amônio. Somente o sistema EXT não recebeu nenhum tipo de fertilização ou correção do solo.

Para esses sistemas, a emissão de CH₄ entérico representou mais de 98% do total das emissões de GEE (Tabela 2); esse valor é maior que os utilizados por Cunha et al. (2016) e Figueiredo et al. (2016), em que, apesar de alta representatividade, a participação da emissão de CH₄ entérico variou de 50% até 87%. A emissão total de GEE dos sistemas também foi menor que as encontradas por Cunha et al. (2016). Para o sistema intensivo e iLPF, esse autor reportou emissões de $8,4$ e $6,45$ t CO₂ eq./ha.ano, enquanto na Pecuária Sudeste, as emissões foram de $5,5$ e $3,44$, respectivamente. Nos dois trabalhos, os sistemas intensivos apresentaram as maiores emissões de GEE, provavelmente devido a maior lotação animal e ao maior ganho de peso dos animais.

As razões para a maior representatividade do metano entérico nos sistemas da Embrapa Pecuária Sudeste foram as menores emissões medidas no sistema solo-planta, em função do solo utilizado, um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com textura média/argilosa, bem aerado e drenado, e do ano seco, que evitou o encharcamento do solo e a formação de ambientes anaeróbios, desfavorecendo os microrganismos e processos de emissão de GEE, como a desnitrificação. Outro fato é que nos trabalhos de Cunha et al. (2016) e Figueiredo et al. (2016) foram usadas as equações estimativas do IPCC 2006 para quantificar as emissões de GEE, enquanto que, na Pecuária Sudeste, os resultados foram obtidos por medidas em câmaras aleatórias, avaliadas em 80 dias a cada ano, distribuídos nas quatro estações climáticas. Além disso, por enquanto na Embrapa Pecuária Sudeste, somente as emissões diretas de GEEs foram considerados, sendo necessário acrescentar no balanço de C as emissões indiretas de GEE pelos processos de volatilização de amônia e runoff de N e as provenientes do consumo de óleo diesel nas diferentes operações realizadas com implementos e máquinas agrícolas (fertilização das pastagens, plantio, fertilização de cobertura do milho e eucalipto, entre outras) usadas nos sistemas agropecuários.

O balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEE foi realizado para todos os sistemas de produção e variou de $3,29$ a $29,15$ t CO₂eq./ha.ano (Tabela 2), sendo o menor valor para as pastagens extensivas e o maior valor para o iLPF, evidenciando que os drenos de C (sequestro de C no solo e no fuste do eucalipto) foram maiores que as emissões de GEE e mostrando que todos apresentaram potencial de mitigação dos GEE e possibilidade de zerar a pegada de C da carne e

ainda gerar créditos de carbono. Vale ressaltar que os sistemas integrados contendo floresta, como o silvipastoril e o agrossilvipastoril, pela presença do eucalipto possuem um potencial superior em relação aos outros sistemas avaliados para a mitigação das emissões (Tabela 2). Apesar da alta lotação e maior ganho de peso médio do sistema intensivo, ainda assim foi possível mitigar as emissões de GEE por meio da taxa anual de sequestro de C no solo das áreas de pastagens.

Tabela 2 – Balanço entre as emissões e remoções antrópicas de GEEs, considerando-se apenas os principais processos produtivos em sistemas de produção de bovinos de corte com ou sem integração.

Sistemas de Produção	Lotação	Acúmulo	Acúmulo	Carbono	CH ₄	N ₂ O solo	CH ₄	Emissões	Diferença
	Animal ^{&} n./ha	C solo † ---t/ha . ano---	C fuste* ---	sequestrado [€] -----	emitido [€] bovino [€]	emitido [§] t CO ₂ eq / ha . ano-----	solo emitido [§]	totais	Líquida
Pastagem Extensiva	2.04	1.7		6.24	2.95	0.00203	0.00068	2.9527	3.29
IPF (silvipastoril)	2.73	3.13	5.18	30.5	4.42	0.00193	0.00013	4.4221	26.08
ILP (agropastoril)	2.66	3.13		11.49	3.86	0.03869	0.00108	3.8998	7.59
ILPF(agrossilvipastoril)	2.57	3.13	5.75	32.59	3.40	0.03957	0.00078	3.4404	29.15
Pastagem Intensiva	3.13	3.13		11.49	5.55	0.00068	0.00068	5.5514	5.94

& Resultados obtidos nos sistemas, considerando a área total de cada um, por Oliveira et al., dados não publicados.

† segundo Segnini, et.al, 2007 – resultados para a profundidade de 0-100 cm.

* Resultados obtidos nos sistemas por Pezzopane et al., dados não publicados.

€ usado o fator de conversão 3,67

€ Resultados obtidos nos sistemas por Berndt et al., dados não publicado e considerando-se um fator de correção de 28, oriundo do potencial de aquecimento 28 vezes maior do metano em relação ao gás carbônico (IPCC, 2013).

§ Resultados obtidos nos sistemas para pastagens por Alves, 2017 e segundo Besen (2015) para milho. As emissões da lavoura de milho foram consideradas somente para os sistemas integrados com o componente lavoura, a ocupação com milho foi de 33,33% da área e 50% do tempo do ano agrostológico, representando portanto 16,67% das emissões de GEE. Para o CH₄ considerou-se um fator de correção de 18 e para o N₂O um fator de 265, oriundos do potencial de aquecimento de 28 e 265 vezes maior do CH₄ e do N₂O em relação ao gás carbônico, respectivamente (IPCC, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista do aquecimento global e das mudanças climáticas, os sistemas de produção agropecuários podem ser benéficos ou maléficis ao ambiente, visto que podem funcionar tanto como dreno ou fonte de emissões de GEE. Esse fato torna o balanço de carbono ferramenta fundamental para avaliar a sustentabilidade desses sistemas de produção; especificamente no que concerne às emissões (emissões do sistemas solo-planta e de metano entérico principalmente) e remoções antrópicas de GEE (sequestro de C no solo e no componente arbóreo).

O cálculo do balanço de C e a comparação dos resultados entre diferentes sistemas de produção agropecuários permitem apontar tanto o potencial de mitigação das emissões de GEE quanto o potencial de poluição desses sistemas de produção. Vale ressaltar, que deve-se prestar muita atenção ao realizar essas comparações em função das inconsistências nos cálculos realizados, geradas pelas diferentes metodologias de cálculo do potencial de aquecimento global (PAG) dos GEE; pelo uso de equações de predição das emissões de GEE e sequestro de C, pela profundidade considerada no estoque de C e pela abrangência considerada nos cálculos das emissões e remoções antrópicas de GEE que apresenta graus intermediários entre o balanço e a análise do ciclo de vida.

Com relação às emissões de GEE, o metano entérico é o que mais tem contribuído para o aumento das emissões de GEE nos sistemas de produção agropecuários, enquanto que, o sequestro de C do fuste das árvores dos sistemas de produção contendo floresta plantada é o que mais contribui como dreno de C nos sistemas agropecuários integrados de produção.

De forma geral, sistemas com pastagens degradadas não são capazes de abater as emissões de GEE pelo sequestro de C no solo, enquanto que sistemas intensivos, integrados ou não, apresentaram potencial de mitigação dos GEE e possibilidade de zerar a pegada de C da carne e

ainda gerar créditos de carbono. Apesar da alta lotação e maior ganho de peso médio do sistema intensivo, fatores que aumentam a emissão de metano entérico, os balanços apresentados apontam para a capacidade de mitigação das emissões de GEE por meio do sequestro de C no solo das áreas de pastagens intensificadas (com manejo adequado da planta forrageira e da manutenção da fertilidade do solo). Também é importante salientar que os sistemas integrados contendo floresta, como o silvipastoril e o agrossilvipastoril, pela presença do componente arbóreo, possuem um potencial superior em relação aos outros sistemas para a mitigação das emissões de GEE, visto que se soma ao sequestro de C do solo aquele realizado pelo fuste das árvores.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. G. de; 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: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE BREEDING, 3., 2011, Bonito, MS. Breeding forages for climate change adaptation and mitigation - eco-efficient animal production: **proceedings...** [Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte], 2011. 1 CD-ROM. III SIMF. P 384-400. 17 p. CD-ROM SIMF 2011
- ALVES, M. G. **Dinâmica dos gases de efeito estufa do sistema solo-planta em sistemas de integração**. 2017. 82 p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, Pirassununga.
- BARROS, G. S. de C.; SILVA, A. F.; FACHINELLO, A. L.; CASTRO, N. R.; GILIO, L. **PIB Cadeias do Agronegócio: 40** Trimestre de 2016. Piracicaba: CEPEA/ESALQ/USP, 2016. 15 p. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016\(1\).pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Relatorio%20PIBAGRO%20Cadeias_2016(1).pdf). Acesso em 24 jul. 2017.
- BESEN, M. R. **Influência de fontes de nitrogênio no fluxo de gases e na produtividade do milho e do trigo em sistema de plantio direto 2015**. 67 p. Trabalho de conclusão de curso (TCC). Universidade Federal de Santa Catarina, Curitiba.
- BRIANEZI, D.; JACOVINE, L. A.G.; SOARES, C. P. B.; GONÇALVES, W.; DA ROCHA, S. J. S. S. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p.182-191, 2014.
- EMBRAPA. **ILPF em núm3r05**. 2016. Sinop, MT: Embrapa, 2016. 12 p. 01 Folder. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/158636/1/2016-cpamt-ilpf-em-numericos.pdf>. Acesso em 25 jul. 2017.
- CERRI, C. E. P.; FEIGL, B. J.; PICCOLO, M. C.; BERNOUX, M.; CERRI, C. C. Seqüestros de carbono em áreas de pastagens. In: PEREIRA, O. G. et al. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2006. p.73-80.
- 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 from two methane-estimation methods. **Science of the Total Environment**, v. 571, p. 744-754, 2016.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Grasslands: enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation**. Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/FinalUNFCCCgrassland.pdf>. Acesso em 16 de julho de 2010.
- FISHER, M. J.; BRAZ, S. P.; SANTOS, R. S. M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Another dimension to grazing systems: soil carbon. **Tropical Grasslands**, v. 41, p. 65-83, 2007.
- GHG Protocol Brasil. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol**. 75 p. Disponível em: <http://www.ghgprotocolbrasil.com.br>. Acesso em 25 jul. 2017.
- JANTALIA, C. P.; TERRÉ, R. M.; MACEDO, R. O.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Acumulação de carbono no solo em pastagens de Brachiaria. In: ALVES, B. J. R. et al. (Ed.). **Manejo de sistemas agrícolas: impactos no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa**. Porto Alegre: Genesis, 2006. p. 157-170.

MAPA. **Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC)**. Brasília, DF: MAPA, 2012. 176 p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/arquivo-publicacoes-plano-abc/download.pdf>. Acesso em 29 jul. 2017.

MAPA. **Projeções do agronegócio Brasil 2015/2016 a 2025/2026** – Projeções de Longo prazo. Brasília, DF: MAPA, 2016. 138 p. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/proj_agronegocio2016.pdf/view. Acesso em 25 jul. 2017.

OLIVEIRA, P. P. A. Recuperação e reforma de pastagens. In: PEDREIRA, C. G. S.; de MOURA, J. C.; da SILVA, S. C.; FARIA, V. P. de. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2007. p. 39-73.

OLIVEIRA, P. P. A.; PEDROSO, A. de F.; ALMEIDA, R. G. de ; FURLAN, S. ; Barioni, L.G. ; BERNDT, A. ; OLIVEIRA, P. A. ; HIGARASHI, M. ; MORAES, S. ; MARTORANO, L. ; LUIPEREIRA, ; VISOLI, M. ; FASIABEM, M. C. R. ; FERNANDES, A. H. B. M. . Emissão de Gases nas Atividades Pecuárias. In: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais II SIGERA, 2011, Foz do Iguaçu. Volume I Palestras, 2011.

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. 08, n. especial do IV SMUD (2015), p. 623–634, 2015.

OLIVEIRA, P. P. A.; RODRIGUES, P. H. M.; AZENHA, M. V.; LEMES, A. P.; SAKAMOTO, L. S.; CORTE, R. U.; PRAES, M. F. F. M. Emissões de GEEs e amônia em sistemas pastoris: mitigação e boas práticas de manejo. In: da SILVA, S. C.; PEDREIRA, C. G. S. e de MOURA, J. C. (Org.). 27. Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Sistemas de Produção, Intensificação e Sustentabilidade da Produção Animal, **Anais...**, Piracicaba: FEALQ, 2015. p. 179–223.

OLIVEIRA, P. P. A.; BERNARDI, A. C. DE C.; ALVES, T. C.; PEDROSO, A. DE F. 2014 Evolução na recomendação de fertilização de solos sob pastagens: eficiência e sustentabilidade na produção pecuária. In: VALADARES FILHO, A. de C.; PAULINO, M. F.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R.; da SILVA, A. G.; ZANETTI, D.; de MOURA, F. H.; PRADOS, L. F.; BARROS, L. V.; SILVA, L. H. P.; MANSO, M. R.; PACHECO, M. V. C.; BENEDETI, P. D. B. (Org.). SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 9.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEFF CATTLE PRODUCTION, 5., 2014. O Encontro do boi verde - **Anais**. Viçosa: UFV, 2014. p. 289–344.

O'MARA, F. P. The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of Botany**, v. 110, p. 1263–1270, 2012.

PAIXÃO, F. A.; SOARES, C. P. B.; JACOVINE, L. A. G., DA SILVA, M. L.; LEITE, H. G.; DA SILVA, G. F. Quantificação do estoque de carbono e avaliação econômica de diferentes alternativas de manejo em um plantio de Eucalipto, **R. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 411–420, 2006.

PRIMAVESI, O. **A pecuária de corte brasileira e o aquecimento global São Carlos, SP**: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 42 p. (Documentos / Embrapa Pecuária Sudeste, 72).

XAVIER, A. P. P. **Avaliação do acúmulo e emissão de carbono do solo sob sistemas produtivos de pastagem**. 2014. 101 p. Dissertação (mestrado). Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos.

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. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123470/1/Doc.-265-Protocolo-Josileia.pdf>