

Capítulo 5

O papel da agricultura na mitigação das emissões de gases de efeito estufa

Beata Eموke Madari

Santiago Vianna Cuadra

Patrícia Perondi Anchão Oliveira

Rosana Clara Victoria Higa

Nilza Patricia Ramos

Cristiano Alberto de Andrade

Alexandre Kemenes

Rubens Sonsol Gondim

Introdução

A agropecuária não deverá ser apenas afetada pelas mudanças climáticas, mas desempenhará papel central na redução das emissões dos gases de efeito estufa (GEE) e, conseqüentemente, na atenuação dos impactos da mudança do clima. As ações mitigadoras indicadas para agropecuária também consistem em importantes ações de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que o aumento do sequestro de carbono depende fundamentalmente da diminuição das perdas de nutrientes nos agroecossistemas e do aumento do estoque de carbono nos solos e no componente arbóreo (Oliveira et al., 2014), os quais contribuem para manter altos índices de produtividade e melhor aproveitamento dos recursos naturais, especialmente solo e água. A mitigação das emissões reflete em balanços de GEE mais favoráveis nos agroecossistemas, os quais podem eventualmente se comportar como sistemas neutros ou até sumidouros de GEE, em que a redução das emissões de GEE e o aumento do sequestro de carbono, principalmente do carbono orgânico, são um dos objetivos principais na transição para uma produção agropecuária de baixa emissão de carbono.

Agricultura e pecuária

A Embrapa tem executado diversos projetos em rede para desenvolver práticas e tecnologias de mitigação de emissões de GEE em sistemas pecuários, florestais e graníferos, nos diversos biomas brasileiros, com destaque para os [projetos em rede Pecus](#), [Saltus](#) e [Fluxus](#), respectivamente. A Empresa tem identificado estratégias relevantes para a mitigação das emissões de GEE pela agricultura. Na pro-

dução de grãos, por exemplo, a biomassa não aproveitada para alimentação é mantida na lavoura cujo solo não deve ser revolvido por implementos agrícolas. A este processo se convencionou chamar de Sistema Plantio Direto (SPD), que deve ser associado à rotação de culturas, inclusive leguminosas, uso de plantas de cobertura, adubação verde e práticas de manejo e conservação do solo. O SPD aumenta as taxas de produtividade, o sequestro de carbono orgânico do solo (Madari et al., 2005; Corbeels et al., 2016) e é benéfico à saúde dos solos cultivados (Salton et al. 1998). Além de contribuir com a mitigação das emissões de GEE, o SPD melhora as condições biofísicas do solo, previne processos de salinização, reduz a amplitude de variação de temperatura e evaporação, conferindo, assim, maior resiliência aos agroecossistemas (Giongo et al., 2014). Incrementar a Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) por leguminosas é crucial porque o ciclo do carbono é intimamente ligado ao do nitrogênio e outros nutrientes (Sisti et al., 2004).

Na agricultura de sistemas aeróbios (sem lâmina d'água), o mais importante gás de efeito estufa é o óxido nitroso (N_2O) graças principalmente à aplicação de fertilizantes inorgânicos nitrogenados (Brasil, 2014). Tecnologias que promovam o uso eficiente desses fertilizantes, por exemplo, por meio de nanotecnologia para a liberação lenta (Kottegoda et al., 2017), ou que evitem parcial ou integralmente sua aplicação pelo estímulo à FBN, podem reduzir sensivelmente as emissões de N_2O . Em agroecossistemas anóxicos de arroz irrigado, a emissão do gás metano (CH_4) pode ser reduzida com o manejo intermitente da irrigação por inundação ou ainda com o uso adequado de cultivares de arroz para esse fim (Scivittaro et al., 2014, 2015). A aplicação de biocarbão ou *biochar* pode contribuir tanto para o sequestro de carbono quanto para a mitigação das emissões de N_2O e CH_4 em agroecossistemas aeróbios e anóxicos (Karhu et al., 2011; Han et al., 2016; Sun et al., 2017).

Uma das tecnologias mais indicadas para a mitigação das emissões na pecuária é a recuperação e intensificação de pastagens (FAO, 2009; O'Mara, 2012; Oliveira, 2015), com grande potencial de sequestro de carbono no solo, dada a grande quantidade de terras destinadas a esta atividade no Brasil. Outra importante tecnologia é a redução da emissão de CH_4 entérico. As tecnologias mais indicadas e impactantes para esse objetivo são a melhoria dos índices zootécnicos e a eficiência de produção (diminuição da idade de abate, do intervalo entre partos, do desempenho dos animais). Projetos da Embrapa nessa linha em destaque são o Novilho Precoce e a Inseminação Artificial em Tempo Fixo – IATF (Melo Filho; Queiroz, 2011). De forma complementar, o uso de dietas balanceadas e de melhor qualidade (pastagens e forrageiras bem manejadas, uso de suplementação mine-

ral, proteica e energética), bem como de aditivos moduladores de fermentação ruminal, pode também contribuir para a mitigação da emissão de CH₄ entérico (Oliveira et al. 2015; Moura et al., 2017). Importante linha de pesquisa para auxiliar na mitigação da emissão de GEE na agropecuária é a modelagem biofísica. Projetos desenvolvidos na Embrapa têm mostrado que os modelos de simulação e cenários das emissões de GEE atualmente disponíveis não apresentam resultados satisfatórios pela falta de parametrização para as condições brasileiras. Dessa forma, estão sendo construídos novos modelos a partir do banco de dados gerado pela [Rede Pecu](#) da Embrapa, que agrega um conjunto de dados obtidos nos biomas brasileiros.

A vinculação da produção agrícola ao setor florestal e à produção animal tem sido estimulada visando a resultados ainda mais satisfatórios para a mitigação das emissões de GEE pela agropecuária. A produção agropecuária de baixa emissão de carbono deverá estar calcada em sistemas integrados de pecuária-floresta (IPF), lavoura-floresta (ILF) e pecuária-lavoura-floresta ([ILPF](#)), bem como conciliar processos de reciclagem com o mínimo revolvimento do solo e conservação da vegetação nativa (Sacramento et al., 2013). Os modelos integrados de produção permitem sequestrar ainda mais carbono nas árvores, as quais, por sua vez, conferem maior conforto térmico animal (Lemes et al., 2015; Botta et al., 2017), contribuindo para ganhos nos índices zootécnicos produtivos e reprodutivos. Estudos de vinculação entre sistemas [ILPF](#) com o manejo sustentável da suinocultura (biodigestores, geração de energia renovável e fertirrigação) no Mato Grosso do Sul mostraram resultados promissores, tanto do ponto de vista da mitigação das emissões de GEE quanto do ponto de vista socioambiental (Buller et al., 2015). Já a adoção de sistemas intensivos ILF que integram o componente arbóreo e o plantio direto (Figueiredo et al., 2017; Oliveira et al., 2018) tem o potencial de incrementar o sequestro de carbono orgânico e mitigar as emissões de GEE. A Empresa tem proposto iniciativas importantes para a pecuária, como a produção de carne e leite carbono neutro, em que a carne e o leite bovino são produzidos tendo seus volumes de emissão de GEE neutralizados por sequestro de carbono paralelo ao processo de produção. A mitigação decorre em essência da presença de árvores nos sistemas de integração e por meio de certificação.

O manejo integrado de agroecossistemas, incorporando e combinando tecnologias certificadas de variadas áreas do conhecimento (manejo integrado de pragas, uso racional de insumos e da água, etc.), pode reduzir ainda mais a pegada hídrica e de carbono dos sistemas produtivos (Carmo et al., 2016). O principal desafio tem sido o arranjo econômico para fornecimento de bônus aos produtos com emissão

de GEE reduzida ou neutralizada ou por carbono orgânico sequestrado no solo, por exemplo, na forma de crédito de carbono, importante mecanismo para a garantia da sustentabilidade da agropecuária em longo prazo.

Culturas energéticas

As culturas energéticas são alternativas viáveis do ponto de vista econômico e ambiental para uso complementar às fontes fósseis. O potencial de produção de biomassa varia conforme a cultura, assim como o tipo de biocombustível produzido, podendo ser desde etanol de cana-de-açúcar ou de milho, biodiesel de soja, até energia elétrica a partir da biodigestão de resíduos (Bergier et al., 2012). As emissões evitadas pela queima de combustíveis fósseis por si já justificam o uso destas culturas na matriz energética mundial. Porém, a adoção de sistemas de produção mais eficientes em termos de produtividade e com práticas mais ajustadas, como, entre outras, SPD, uso de inoculantes para otimizar [FBN](#), manejo da palhada e reciclagem de efluentes, também contribui para mitigar as emissões de GEE. Considerando que entre 60% e 85% das emissões da produção de biocombustíveis decorrem da fase agrícola, ou estão associadas a ela, quaisquer alterações nas práticas envolvidas nesta fase são significativas para melhorar o balanço final de carbono. Portanto, a automação e a integração de processos nos agroecossistemas serão cruciais para que seja efetivo o refinamento na aplicação, nas doses e fontes de corretivos e fertilizantes, visando mitigar sensivelmente as emissões e maximizar a produtividade. Na adubação da cana-de-açúcar, por exemplo, tem-se observado que a substituição da ureia pelo nitrato de amônio reduz as emissões de N_2O , cuja taxa de redução depende do solo, da época do ano da aplicação e da região. O uso da FBN como inovação pode contribuir ainda mais na mitigação das emissões das culturas energéticas, pois poderá tornar as emissões de N_2O equivalentes àquelas da respiração de solos sem aplicação de fertilizantes. Para a soja, o uso de inoculante em substituição ao fertilizante nitrogenado mineral já é rotina e contribui significativamente para a mitigação das emissões de GEE. No manejo da cultura, outro fator que contribui para mitigação é o uso do plantio direto durante a reforma do canavial, que mitiga de 11% a 20% as emissões de CO_2 , comparado ao preparo convencional.

Setor florestal

O setor florestal tem grande potencial na redução de emissões de GEE. As plantações de árvores, especialmente aquelas destinadas ao setor moveleiro, e as

áreas de vegetação nativa em Reservas Legais (RLs), Áreas de Proteção Permanente (APPs) e Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RRPNs) contribuem para a manutenção de carbono, água e da biodiversidade em agroecossistemas. As Nações Unidas lançaram em 2008 um programa de mitigação das emissões por desflorestamento e degradação florestal, também chamado de [REDD](#). Outro importante benefício do setor é o uso de produtos de base florestal para manter o carbono estocado por longo período de tempo ou ainda substituir o uso de combustíveis fósseis. Além disso, solos florestais livres de inundação são sumidouros de CH_4 . Há observações, no Sul do Brasil, de que a oxidação de CH_4 em solos sob plantios de *Pinus taeda*, mesmo sendo de menor grandeza quando comparado à floresta nativa adjacente (estágio intermediário de sucessão), é significativa (Higa et al., 2017).

Sistemas ecológicos

O estímulo à adoção de sistemas produtivos mais diversificados e orgânicos (certificados) atende a uma clara demanda da sociedade por alimentos saudáveis e que mitiguem os impactos do aquecimento global. Os modelos dos agroecossistemas funcionais sustentáveis utilizarão níveis de complexidade crescentes das inter e intrarrelações de seus múltiplos componentes. O uso dos sistemas agroflorestais como opções de uso da terra por meio de interações do solo e das espécies vegetais em diferentes magnitudes apresenta grande potencial de mitigação, sendo uma importante medida de adaptação aos riscos climáticos, atribuindo maior resiliência, segurança alimentar, energética e hídrica. O uso de espécies nativas é uma importante ferramenta para conservar áreas degradadas e espécies ameaçadas, agregando ainda mais valor aos produtos locais; o que pode trazer à tona a discussão sobre políticas públicas ligadas ao pagamento pela prestação de [serviços ambientais](#), e, em particular, os serviços de regulação climática (Anderson-Teixeira et al., 2012), que podem compor a matriz de medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

Piscicultura

De modo geral, as represas de água são fontes de CH_4 (Deemer et al., 2016) e também estocam carbono nos sedimentos (Mendonça et al., 2017). A adição de ração em tanques-rede deve ter impactos diretos no balanço de carbono desses ambientes aquáticos represados, dado que a produtividade primária, ligada com o uso e ocupação, é determinante sobre as emissões (Bergier et al., 2014;

Deemer et al., 2016). São necessários estudos adicionais para determinar se a piscicultura de tanques-rede em grande escala pode resultar em anoxia e elevação das emissões de CH_4 , *bloom* de cianobactérias ou macrófitas aquáticas e os consequentes riscos à vida aquática. Estudos preliminares realizados pela Embrapa Meio Ambiente forneceram um primeiro indício da influência da aquicultura na emissão de GEE. No reservatório de Furnas, Minas Gerais, foram monitoradas três áreas com produção de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede, sendo observado que a emissão de CH_4 foi significativamente maior quando comparada com uma área sem a produção aquícola. Amostragens também foram realizadas em áreas de criação de peixes em tanques-rede no Açude Padre Cícero, conhecido como Castanhão, Ceará, e no reservatório de Chavantes, na calha do Rio Paranapanema, São Paulo-Paraná. Em ambos os casos, foi observada a emissão significativa de CH_4 na área de influência dos tanques-rede. Por sua vez, não foi verificada diferença de emissão de CO_2 entre áreas cultivadas e não cultivadas em um mesmo reservatório. Os resultados preliminares sugerem que a matéria orgânica proveniente da criação de peixes promove a metanogênese e a consequente emissão de CH_4 para a atmosfera, enquanto a emissão/remoção de dióxido de carbono está mais associada ao grau de eutrofização do reservatório.

Portanto, é imprescindível caracterizar melhor os sistemas de aquicultura, monitorar a qualidade da água e melhor avaliar as emissões de CH_4 em tanques-rede. Mais que isso, e análogo ao que vem sendo feito nos agroecossistemas mais sustentáveis, é preciso, a depender da escala, integrar a aquicultura com a hidropônia (aquaponia) e/ou com a geração de energia elétrica fotovoltaica. Há iniciativas muito interessantes na Ásia na área de integração das indústrias fotovoltaica e da aquicultura, os quais podem ser replicados no Brasil como adaptação do setor energético e da aquicultura para adaptação e mitigação às mudanças climáticas. A presença de painéis solares na superfície de reservatórios, além de gerar energia renovável, aumenta o albedo e reduz o calor sensível e latente, minimizando as perdas de água por evaporação.

Considerações finais

A Embrapa, com seus parceiros, vem atuando no desenvolvimento de soluções para a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) na agropecuária e, conseqüentemente, para a atenuação dos impactos da mudança do clima. Algumas tecnologias, como recuperação de pastagens degradadas, integração lavoura-pecuária-floresta, sistema plantio direto, fixação biológica de nitrogênio, florestas plantadas e sistemas agroflorestais, bem como manejo de dejetos animais,

já fazem parte de políticas públicas nacionais, como o [Plano ABC](#), as quais são alinhadas a iniciativas e políticas internacionais para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Entretanto, ainda há necessidade de estudos de caracterização do impacto dos sistemas agropecuários para identificar problemas e cobrir lacunas do nosso conhecimento desse aspecto dos sistemas produtivos. Há espaço também para o desenvolvimento ou aperfeiçoamento de tecnologias já reconhecidas como mitigadores. Foram identificadas áreas de produção, como no caso da piscicultura, em que ações devem ser tomadas para desenvolver ou adaptar tecnologias para a redução da emissão de GEE. Entre os futuros desafios, ainda podemos mencionar que há falta de incentivo para que o setor produtivo adote em grande escala as tecnologias mitigadoras de emissão de GEE. É também um desafio grande desenvolver mecanismos para incentivar a adoção de tais tecnologias por longos períodos (20 anos ou mais), tempo necessário para alcançar as metas sugeridas de redução na emissão de GEE do País em acordos internacionais. Além disso, o monitoramento da adoção das tecnologias mitigadores é, em si, um desafio complexo. A adoção de tecnologias mitigadores, em longo prazo, seria também desejável para evitar um possível ressalto nas emissões de GEE, acentuando as mudanças climáticas. Entretanto, os desafios de adoção das tecnologias e sua permanência no campo requerem soluções que vão além da problemática de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico, pois permeiam especialmente questões políticas e econômicas que viabilizem e estimulem os mais variados processos de mitigação das emissões de GEE e combate às mudanças climáticas.

Referências

- ANDERSON-TEIXEIRA, K. J.; SNYDER, P. K.; TWINE, T. E.; CUADRA, S. V.; COSTA, M. H.; DELUCIA, E. H. Climate-regulation services of natural and agricultural ecoregions of the Americas. **Nature Climate Change**, v. 2, p. 177-181, 2012.
- BERGIER, I.; GOULART, T.; FRANCO, E.; RECH, R.; SILVA, D. S. da.; OLIVEIRA, G. S. de.; ALVES, L. F.; MORAES, A.; KOSOSKI, A. R.; SANTOS, K.; BULLER, L. S.; ORTEGA, H.; FERNANDES, C.; SILVA, R.; SILVA, P.; GABAS, S. G.; LASTORIA, G.; MORAES, O.; RAMOS, F. M.; TOMICH, T. R. **Fertirrigação e agricultura de baixa emissão de carbono**: resultados do projeto CNPq/REPENSA em São Gabriel do Oeste. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2012. 30 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 116).
- BERGIER, I.; RAMOS, F. M.; BAMBACE, L. A. W. Dam reservoirs role in carbon dynamics requires contextual landscape ecohydrology. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 10, p. 5985-5988, Oct. 2014.
- BOTTA, D.; ARRUDA, R. P. de; CARVALHO, C. P. T. de; ROMANELLO, N.; PANTOJA, M. H. de A.; BARRETO, A. do N.; LEMES, A. P.; GIRO, A.; MOURA, A. B.; GARCIA, A. R. Categorização computadorizada da motilidade de espermatozoides criopreservados de touros compostos após desafio térmico in vitro. In: REUNIÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANDROLOGIA ANIMAL, 2.,

2017, Uberlândia, MG. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2017. p. 86-89 (Embrapa Pantanal. Documentos, 146).

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2. ed. Brasília, DF, 2014. 161 p.

BULLER, L. S.; BERGIER, I.; ORTEGA, E.; MORAES, A.; BAYMA-SILVA, G.; ZANETTI, M. R. Soil improvement and mitigation of greenhouse gas emissions for integrated crop-livestock systems: case study assessment in the Pantanal savanna highland, Brazil. **Agricultural Systems**, v. 137, p. 206-219, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2014.11.004>.

CARMO, H. F. do; MADARI, B. E.; WANDER, A. E.; MOREIRA, F. R. B.; GONZAGA, A. C. de O.; SILVEIRA, P. M. da; SILVA, A. G.; SILVA, J. G. da; MACHADO, P. L. O. de A. Balanço energético e pegada de carbono nos sistemas de produção integrada e convencional de feijão-comum irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1069-1077, 2016.

CORBEELS, M.; MARCHÃO, R. L.; SIQUEIRA NETO, M.; FERREIRA, E. G.; MADARI, B. E.; SCOPEL, E.; BRITO, O. R. Evidence of limited carbon sequestration in soils under no-tillage systems in the Cerrado of Brazil. **Scientific Reports**, v. 6, n. 21450, 2016. .

DEEMER, B. R.; HARRISON, J. A.; LI, S.; BEAULIEU, J. J.; SONTRO, T. del; BARROS, N.; BEZERRA-NETO, J. F.; POWERS, S. M.; SANTOS, M. A. dos; VONK, J. A. data from: greenhouse gas emissions from reservoir water surfaces: a new global synthesis. **BioScience**, v. 66, n. 11, p. 949-964, 2016.

FAO. GRASSLANDS: enabling their potential to contribute to greenhouse gas mitigation. Rome. [2009]. 5 p. Disponível em: <<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/climate/FinalUNFCCCgrassland.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2010.

FIGUEIREDO, E. B. de; JAYASUNDARA, S.; BORDONAL, R. de O.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; WAGNER-RIDDLE, C.; LA SCALA JÚNIOR, N. Greenhouse gas balance and carbon footprint of beef cattle in three contrasting pasture-management systems in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. 1, p. 420-431, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.132>.

GIONGO, V.; BRANDÃO, S. da S.; SANTANA, M. da S.; COSTA, N. D.; MENDES, A. M. S.; YURI, J. E.; PETRERE, C. **Sistema plantio direto de meloeiro com coquetéis vegetais em vertissolo no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2014. 26 p. (Embrapa Semiárido. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 117).

HAN, X.; SUN, X.; WANG, C.; WU, M.; DONG, D.; ZHONG, T.; THIES, J. E.; WU, W. Mitigating methane emission from paddy soil with rice-straw biochar amendment under projected climate change. **Scientific Reports**, v. 6, p. 1-10, 2016. DOI: 10.1038/srep24731.

HIGA, R. C. V.; ZANATTA, J. A.; RACHWAL, M. F. G. Plantações florestais comerciais e a mitigação na mudança do clima. In: OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de (Ed.). **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 67-112.

KARHU, K.; MATTILA, T.; BERGSTRÖMA, I.; REGINA, K. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity – results from a short-term pilot field study. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 140, n. 1-2, p. 309-313, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>.

KOTTEGODA, N.; SANDARUWAN, C.; PRIYADARSHANA, G.; SIRIWARDHANA, A.; RATHNAYAKE, U. A.; ARACHCHIGE, D. M. B.; KUMARASINGHE, A. R.; DAHANAYAKE, D.; KARUNARATNE, V.; AMARATUNGA, G. A. J. Urea-hydroxyapatite nanohybrids for slow release of nitrogen. **ACS NANO**, v. 11, n. 2, p. 1214-1221, 2017. DOI: 10.1021/acs.nano.6b07781.

- LEMES, A. P.; GIMENES, L. U.; PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; ESTEVES, S. N.; PEDROSO, A. F.; OLIVEIRA, P. P. A.; MARCONDES, C. R.; BERNDT, A.; MAHLMEISTER, K.; BERNARDI, A. C. C.; ALVES, T. C.; GARCIA, A. R. Thermal comfort of composite beef heifers (*Bos taurus* vs *Bos indicus*) raised in livestock-forest systems in Southeastern Brazil. In: WORLD CONGRESS ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK-FOREST SYSTEMS; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED CROP-LIVESTOCK SYSTEMS, 3., 2015, Brasília, DF. **Towards sustainable intensification**: proceedings. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 1 p.
- MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; ANDRADE, A. G.; VALENCIA, L. I. O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 80, p. 185-200, 2005.
- MELO FILHO, G. A. de.; QUEIROZ, H. P. de (Ed.). **Gado de corte**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: 2011. 261 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<http://mais500p500r.sct.embrapa.br/view/pdfs/90000017-ebook-pdf.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2018.
- MENDONÇA, R.; MÜLLER, R. A.; CLOW, D.; VERPOORTER, C.; RAYMOND, P.; TRANVIK, L. J.; SOBEK, S. Organic carbon burial in global lakes and reservoirs. **Nature Communications**, v. 8, Article 1694, 2017. DOI:10.1038/s41467-017-01789-6.
- MOURA, A. M.; TOMICH, T. R.; PEREIRA, L. G. R.; TEIXEIRA, A. M.; PACIULLO, D. S. C.; JAYME, D. G.; MACHADO, F. S.; GOMIDE, C. A. M.; CAMPOS, M. M.; CHAVES, A. V.; GONÇALVES, L. C. Pasture productivity and quality of *Urochloa brizantha* cultivar Marandu evaluated at two grazing intervals and their impact on milk production. **Animal Production Science**, v. 57, n. 7, p. 1384-1391, 2017. DOI: 10.1071/AN16715.
- O`MARA, F. P. The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of Botany**, v. 110, n. 6, p. 1263-1270, 2012. .
- OLIVEIRA, J. de M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. de M.; ASSIS, P. C. R.; SILVEIRA, A. L. R.; LIMA, M. de L.; WRUCK, F. J.; MEDEIROS, J. C.; MACHADO, P. L. O. de A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 18, n. 1, p. 105-116, 2018. DOI: 10.1007/s10113-017-1146-0.
- 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. Número especial, IV SMUD.
- OLIVEIRA, P. P. A.; BERNARDI, A. C. C.; ALVES, T. C.; PEDROSO, A. de F. Evolução na recomendação de fertilização de solos sob pastagens: eficiência e sustentabilidade na produção pecuária. In: VALADARES FILHO, S. de C.; PAULINO, M. F.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R.; SILVA, A. G. da; ZANETTI, D.; MOURA, F. H. de; PRADOS, L. F.; BARROS, L. V. de; SILVA, L. H. P.; MANSO, M. R.; PACHECO, M. V. C.; BENEDETI, P. D. B. (Ed.). SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 9.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEFF CATTLE PRODUCTION, 5., 2014, Viçosa. **O encontro do boi verde**: anais. Viçosa: Ed. da UFV, 2014. p. 289-344.
- OLIVEIRA, P. P. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; MEO FILHO, P. de; BERNDT, A.; PEDROSO, A. de F.; BERNARDI, A. C. de C. Balanço e emissões de gases de efeito estufa em sistemas integrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 1.; ENCONTRO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA NO SUL DO BRASIL, 4., 2017 Pato Branco. **Palestras**: intensificação com sustentabilidade. Pato Branco: UTFPR, 2017. p. 23-32.
- 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 GEE e amônia em sistemas pastoris: mitigação e boas práticas

de manejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 27., 2015, Piracicaba. **Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal**: anais. Piracicaba: Fealq, 2015. p. 179-223.

SACRAMENTO, J. A. A. S.; ARAÚJO, A. C. de M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. da S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. de. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 784-795, 2013.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. (Org.). **Sistema plantio direto**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 1998. 248 p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/98258/1/500perguntassistemaplantiodireto.pdf>>. Acesso em: 7 fev. 2018.

SCIVITTARO, W. B.; BUSS, G. L.; FARIAS, M. de O.; CORRÊA G. da S.; LACERDA, C. L.; SILVEIRA, A. D.; SOUSA, R. O. de.; PARFITT, J. M. B. **Emissões de metano e de óxido nitroso em planossolo cultivado com arroz irrigado por inundação e aspersão**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2014. 26 p. (Embrapa Clima Temperado, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 208).

SCIVITTARO, W. B.; BUSS, G. L.; SOUSA, R. O. de; SILVEIRA, A. D.; FARIAS, M. de O. **Emissões anuais de metano e de óxido nitroso em terras baixas**: efeito do método de irrigação para o arroz. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2015. 32 p. (Embrapa Clima Temperado, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 236).

SISTI, C. P. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 76, p. 39-58, 2004.

SUN, Z.; SANGER, A.; REBENSBURG, P.; LENTZSCH, P.; WIRTH, S.; KAUPENJOHANN, M.; MEYER-AURICH, A. Contrasting effects of biochar on N₂O emission and N uptake at different N fertilizer levels on a temperate sandy loam. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 557-565, 2017.