



(Foto: Nilmar Lage/Greenpeace. Reprodução)

Ações do Brasil visam mitigar emissões de gases de efeito estufa na agropecuária.

Estratégias de mitigação e adaptação climática no setor agropecuário brasileiro

* Carlos Eduardo Pellegrino Cerri

** Thalita Fernanda Abbruzzini

*** João Luís Nunes Carvalho

**** Maurício Roberto Cherubin

***** Leidivan Almeida Frazão

***** Stoécio Malta Ferreira Maia

***** Dener Márcio da Silva Oliveira

Resumo

A crescente preocupação global com as mudanças climáticas, devido às emissões excessivas de gases de efeito estufa (GEE), destaca a necessidade urgente de ações efetivas. No Brasil, a agropecuária é uma fonte significativa de GEE. Em resposta, o Brasil ratificou o Acordo de Paris, comprometendo-se a reduzir suas emissões de GEE e aumentar a remoção desses gases. Para atingir essas metas, o país planeja ampliar a participação da bioenergia na matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, incluindo o aumento do consumo de biocombustíveis e a produção de etanol de segunda geração. Além disso, o Brasil está promovendo práticas agrícolas de baixa emissão de carbono (C), como o plantio direto, a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) e o manejo adequado de pastagens, para mitigar os impactos das mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade do setor agropecuário.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Gases de efeito estufa; Agropecuária; Sustentabilidade; Sequestro de carbono; Brasil

Introdução

A preocupação global com as mudanças climáticas, intensificada pelas emissões de GEE como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), exige ações imediatas e eficazes. No Brasil, a agropecuária contribui significativamente para essas emissões. Em resposta, o Brasil ratificou o Acordo de Paris e comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE e aumentar a remoção desses gases. O país está implementando diversas ações para alcançar essas metas, incluindo a ampliação da participação da bioenergia na matriz energética e a adoção de práticas agrícolas sustentáveis. Este artigo explora essas práticas e suas implicações para a mitigação das mudanças climáticas.

Práticas de manejo agropecuário como opções de adaptação e mitigação das mudanças climáticas

O Brasil é um dos maiores produtores de *commodities* e serviços agrícolas do mundo. A diversidade das condições de solo e clima, aliada ao uso de tecnologia moderna, oferece vantagens significativas para o crescimento do setor agropecuário. Contudo, existe um grande potencial para melhorar os sistemas de uso e manejo do solo por meio de práticas agrícolas conservacionistas que protejam e melhorem as funções ecossistêmicas do solo, promovendo uma agricultura

mais sustentável a longo prazo. Algumas das principais estratégias para aumentar o sequestro de C no solo e reduzir as emissões de GEE incluem:

- 1. Sistema de Plantio Direto (SPD):** Minimiza o revolvimento do solo, aumentando os estoques de C e melhorando a retenção de água e a atividade microbiana.
- 2. Sistemas integrados de cultivo:** Integração Lavoura-Pecuária (ILP), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e sistemas agroflorestais que promovem sinergias entre diferentes atividades agrícolas.
- 3. Manejo adequado de pastagens:** Recuperação de pastagens degradadas e controle de plantas invasoras.

Essas práticas não apenas reduzem as emissões de GEE, mas também aumentam a produtividade e a resiliência do setor agropecuário às mudanças climáticas. Portanto, sua implementação é essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas e garantir a sustentabilidade do setor agropecuário no Brasil. A seguir, serão apontados apenas alguns exemplos de parte das práticas de manejo mencionadas.

Sistema de Plantio Direto

O Sistema de Plantio Direto (SPD) é uma prática essencial na

Agricultura de Conservação (AC), focada na mínima perturbação do solo. Este sistema inclui a diversificação de culturas e a cobertura permanente do solo, promovendo a sustentabilidade agrícola. O SPD tem demonstrado um aumento significativo nos estoques de C no solo, devido ao menor revolvimento e ao contínuo aporte de resíduos das culturas [1,2,3]. Estudos realizados por Santos [4] mostraram que, no bioma Cerrado, o SPD aumentou os estoques de C em 22% na camada de solo de 0-30 cm e 25% na camada de 0-50 cm após 20 anos, em comparação com o preparo convencional. Na Mata Atlântica, os estoques de C aumentaram em 13% e 12% nas camadas de 0-30 cm e 0-50 cm, respectivamente, após 20 anos de SPD. A análise geral para o Brasil evidenciou que o SPD pode resultar em ganhos de C que variam entre 6-9% na camada de 0-30 cm e 8-11% na camada de 0-50 cm [4] Bayer et al. [2] observaram que, em Latossolos, os estoques de C aumentaram para 2,4 Mg ha⁻¹ em solos de textura média e para 3,0 Mg ha⁻¹ em solos argilosos sob SPD, com taxas de sequestro de 0,30

“O Brasil é um dos maiores produtores de commodities e serviços agrícolas do mundo. A diversidade das condições de solo e clima, aliada ao uso de tecnologia moderna, oferece vantagens significativas para o crescimento do setor agropecuário.”

Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ e 0,60 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Maia *et al.* [5], que relataram uma taxa média de ganho de C de 0,48 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ no Cerrado. Apesar dos benefícios, a adoção do SPD em solos do Cerrado nem sempre resulta em aumento do estoque de C, devido a fatores como textura do solo, mineralogia e quantidade de resíduos aportados. A textura do solo é crucial para a dinâmica da matéria orgânica (MO), influenciando a formação de agregados, a retenção de água e a atividade microbiana [6]. Condições climáticas e a irregularidade das chuvas também afetam o incremento de MO nos solos do Cerrado [7] (Figura 1).

Sistemas integrados (Lavoura-Pecuária, Lavoura-Pecuária-Floresta e agroflorestais)

Nos últimos anos, a agricultura brasileira tem adotado sistemas integrados de cultivo para aumentar a eficiência produtiva e melhorar os serviços ecossistêmicos em áreas de pastagens degradadas. Estes sistemas incluem:

1. **Integração Lavoura-Pecuária (ILP).**
2. **Integração Pecuária-Floresta (IPF).**
3. **Integração Lavoura-Floresta (ILF).**
4. **Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF).**

“Nos últimos anos, a agricultura brasileira tem adotado sistemas integrados de cultivo para aumentar a eficiência produtiva e melhorar os serviços ecossistêmicos em áreas de pastagens degradadas.”

Esses sistemas integram atividades agrícolas, pecuárias e florestais em uma mesma área, seja em cultivo consorciado, sucessão ou rotação, promovendo sinergias que contemplam a adequação ambiental e a viabilidade econômica [8].

Atualmente, no Brasil, esses sistemas são considerados alternativas sustentáveis que aumentam a produção de alimentos, fibras e energia, melhorando a qualidade do solo e aumentando os estoques de C [4,9,10,11]. Além disso, reduzem as emissões de GEE [12,13].

Os sistemas ILPF, em particular, oferecem uma grande diversidade de plantas e arranjos arbóreos, regulando o sequestro, fluxo e estoque de C, segundo os diferentes arranjos dos agrossistemas e práticas de manejo. No entanto, a diversidade regional do Brasil exige estudos específicos para entender as demandas de implantação e os efeitos de cada arranjo de ILPF sobre o solo e as plantas, reduzindo as incertezas na estimativa do potencial de sequestro de C. Carvalho *et al.* [10] observaram que a conversão de áreas de sucessão de cultivos (soja/milho) para sistemas de ILP resultou em acúmulo de C no solo, variando de 0,8 a 2,9 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. Salton [14] relatou acúmulos de 0,6 e 0,4 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ em sistemas de ILP implantados por 9 e 10 anos, respectivamente. Maia *et al.* [5] identificaram um aumento médio de 9% nos estoques de C após 20 anos de ILP. Sacramento *et al.* [15] verificaram maior armazenamento de C em



(Foto: Seagro. Reprodução)

Figura 1. Sistema de Plantio Direto no Cerrado.

sistemas ILPF na Caatinga após 13 anos, comparado aos sistemas convencional e IPF. Silva *et al.* [16] confirmaram que quatro anos de ILPF aumentaram os níveis de C e melhoraram a estrutura física do solo. Coser *et al.* [17] encontraram um acúmulo de 3,5 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ em pastagem convertida para ILPF no Distrito Federal. Oliveira *et al.* [18] relataram aumentos nos estoques de C em ILPF após três anos no Mato Grosso, com maiores estoques de C em sistemas com *Eucalyptus urograndis*. Silva *et al.* [12] encontraram acúmulos de serapilheira de 11,2 a 12,7 Mg ha⁻¹ em sistemas ILPF com *Eucalyptus* no cerrado goiano, aumentando a ciclagem de nutrientes e o teor de C no solo. Ribeiro [19] e Freitas *et al.* [20] relataram aumentos nos estoques de C em sistemas ILPF no Estado de Minas Gerais, com taxas de acúmulo de até 2,2 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹. Tsukamoto Filho [21] estimou que sistemas ILPF com árvores de rápido crescimento podem fixar aproximadamente 5 Mg C eq ha⁻¹ ano⁻¹ na madeira,

equivalente à neutralização anual das emissões de 13 bois adultos. Os sistemas ILPF, além de mitigar emissões de GEE, melhoram o bem-estar animal, promovem a biodiversidade, aumentam a eficiência do uso da terra e agregam valor e renda às áreas de pastagens [22]. Eles são alternativas viáveis, corretas e justas para aumentar a produção sustentável de alimentos, fibras e agroenergia, contribuindo para a mitigação do desmatamento, redução da erosão, sequestro de C e diminuição das emissões de GEE (Figura 2).

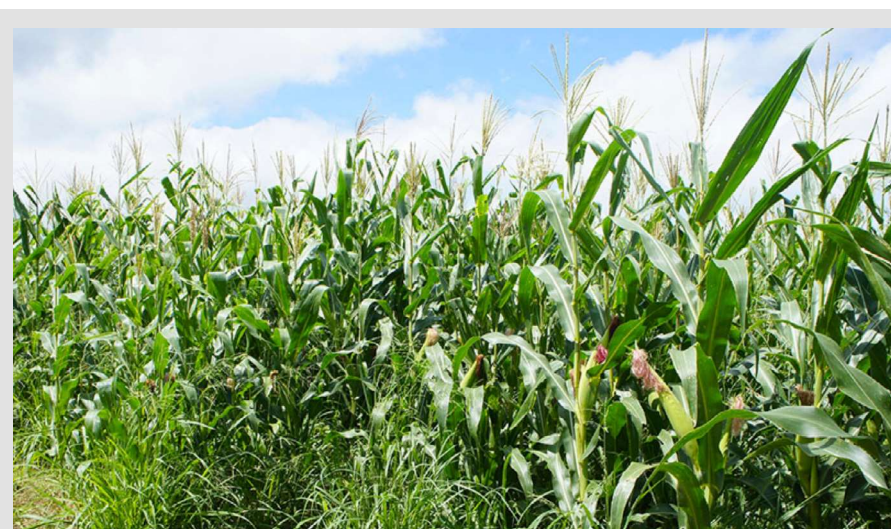
M a n e j o conservacionista de pastagens

As pastagens cobrem 70% da área agrícola global, proporcionando *habitat* para uma grande diversidade de fauna e flora e contribuindo com serviços ecossistêmicos como a regulação dos fluxos de água e a produção de forragem. Além disso, sustentam mais de um bilhão de pessoas globalmente

[23]. No Brasil, as pastagens ocupam 158,6 milhões de hectares, com 70% em algum estágio de degradação [24].

A intensificação da pecuária, com a taxa de lotação aumentando de 0,61 UA ha⁻¹ em 1998 para 0,93 UA ha⁻¹ em 2018 [25], torna crucial melhorar a produtividade e a sustentabilidade ambiental.

As pastagens têm um alto potencial de sequestro de C no solo, representando 29% do potencial global de mitigação do aquecimento [26]. Oliveira *et al.* [18] mostraram que pastagens manejadas adequadamente podem aumentar os estoques de C do solo em 15% em 30 anos. Pastagens que recebem insumos, como adubação e calagem, aumentam o C em 8%, e a recuperação de pastagens degradadas pode promover um ganho de 23%. A meta de recuperar 30 milhões de hectares de pastagens degradadas poderia resultar em um acúmulo de 12 Tg C ano⁻¹ no solo, enquanto a não recuperação resultaria em uma perda de 4,2 Tg C ano⁻¹. A aplicação de calcário e fertilizantes em pastagens no Sul da Bahia aumentou os estoques de C em 0,66 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em Paracatu (MG), a aplicação de ureia a cada três anos aumentou os estoques de C mais do que a vegetação nativa e o eucalipto [27]. Em média, a fertilização de pastagens no Brasil aumenta o



(Foto: Embrapa. Reprodução)

Figura 2. Sistema integrado de produção na Caatinga.

“A intensificação da pecuária torna crucial melhorar a produtividade e a sustentabilidade ambiental.”

C do solo em $0,73 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A inclusão de leguminosas forrageiras em pastagens melhora o sequestro de C. Salton *et al.* [14] relataram um aumento de $1,12 \text{ mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em pastagens consorciadas com leguminosas. A introdução de leguminosas em pastagens aumentou os estoques de C em $0,72 \text{ mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Alguns genótipos de braquiária podem obter até 20% do N necessário por meio de associações com bactérias do gênero *Azospirillum* [28].

Sistemas integrados de produção agrícola e pecuária (ILP) também são eficazes para a recuperação de pastagens. Em Santa Carmen (MT), a sucessão soja/sorgo + braquiária aumentou os estoques de C em $1,03$ a $1,35 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ [10]. Em Montividiu (GO), a sucessão soja/milho + braquiária/algodão/pousio resultou em incrementos de $0,82 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no estoque de C do solo. Em lavouras de soja em sucessão com pastagens de braquiária, Salton *et al.* [14] reportaram aumento de $0,44 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A integração lavoura-pecuária apresenta um potencial de acúmulo de C de $0,67 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Considerações Finais

O uso agrícola do solo com técnicas convencionais de cultivo, incluindo aração e gradagem, é uma das principais causas das emissões de GEE e da redução do C no solo, contribuindo para o aquecimento global e afetando negativamente a produtividade agrícola e os serviços ambientais. No

entanto, a adoção de sistemas de manejo conservacionistas tem modificado esse quadro, reduzindo a degradação do solo, as perdas de safra e aumentando a produtividade. Diversas pesquisas mostram que essas práticas podem reduzir as emissões de GEE e, ao mesmo tempo, aumentar o sequestro de C no solo. Assim, sistemas conservacionistas de manejo do solo e rotação de culturas, além de reduzir custos de produção, têm a função de mitigar as mudanças climáticas globais. Apesar dos benefícios ambientais, essas práticas ainda não são amplamente reconhecidas para créditos de C pela Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. É necessária a implementação de políticas imediatas para que a redução das emissões de GEE e o sequestro de C sejam reconhecidos como atividades elegíveis, incentivando a adoção de práticas sustentáveis e o uso adequado do solo.

* **Carlos Eduardo Pellegrino Cerri** é professor do Departamento de Ciência do Solo da ESALQ/USP e Diretor do CCARBON/USP (Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical).

** **Thalita Fernanda Abbruzzini** é Post Doctoral Fellow no Instituto de Geologia, Departamento de Ciências Ambientais e do Solo, da Universidade Autônoma de México (UNAM).

*** **João Luís Nunes Carvalho** é pesquisador do Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR/CNPEM), Campinas/SP, e orientador no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ/USP, Piracicaba/SP.

**** **Maurício Roberto Cherubin** é professor do Departamento de Ciência do Solo, ESALQ/USP, Piracicaba/SP, e vice coordenador-geral do Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCARBON/USP).

***** **Leidivan Almeida Frazão** é professora da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros/MG, e membro do Comitê Gestor do Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCARBON/USP), Piracicaba/SP.

***** **Stoécio Malta Ferreira Maia** é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Marechal Deodoro/AL, e membro científico da Brazilian Soil Health Partnership, iniciativa vinculada ao Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCARBON/USP).

***** **Dener Márcio da Silva Oliveira** é professor da Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Ciências Agrárias, Florestal/MG, e Membro Científico da Brazilian Soil Health Partnership, iniciativa vinculada ao Centro de Estudos de Carbono em Agricultura Tropical (CCARBON/USP).

Referências

- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T. J. C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S. V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 54, p. 101-109, 2000.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; CONCEIÇÃO, P. C.; SPAGNOLLO CAMPOS, B. C.; VEIGA, M. Potential of carbon accumulation in no-till

- soils with intensive use and cover crops in Southern Brazil. *Journal of Environment Quality*, v. 35, p. 1599-1607, 2006.
4. SANTOS, T. C. *Impactos das mudanças de uso da terra e manejo nos estoques de carbono do solo em diferentes biomas brasileiros*. 2019. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.
5. MAIA, S. M. F.; CARVALHO, J. L. N.; CERRI, C. E. P.; LAL, R.; BERNOUX, M.; GALDOS, M. V.; CERRI, C. C. Contrasting approaches for estimating soil carbon changes in Amazon and Cerrado biomes. *Soil & Tillage Research*, v. 133, p. 75-84, 2013.
6. BERG, B.; MCCLAUGHERTY, C. *Plant litter: Decomposition, humus formation, carbon sequestration*. 2. ed. Berlin: Springer, 2008.
7. MACHADO, P. L. O. A.; SILVA, C. A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. *Nutrient Cycling Agroecosystem*, v. 61, p. 119-130, 2001.
8. BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. Marco referencial em integração lavoura-pecuária-floresta (iLPPF). Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011.
9. MORAES, A. D.; CARVALHO, P. C. D. F.; LUSTOSA, S. B. C.; LANG, C. R.; DEISS, L. Research on integrated crop-livestock systems in Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 45, p. 1024-1031, 2014.
10. CARVALHO, J. L. N.; RAUCCI, G. S.; CERRI, C. E. P.; BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; WRUCK, F. J.; CERRI, C. C. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil & Tillage Research*, v. 110, p. 175-186, 2010.
11. ALMEIDA, L. L. S.; FRAZÃO, L. A.; LESSA, T. A. M.; FERNANDES, L. A.; VELOSO, A. L. C.; LANA, A. M. Q.; SOUZA, I. A.; PEGORARO, R. F.; FERREIRA, E. A. Soil carbon and nitrogen stocks and the quality of soil organic matter under silvopastoral systems in the Brazilian Cerrado. *Soil & Tillage Research*, v. 205, p. 104785, 2021.
12. SILVA, R. A.; CRESTE, J. E.; MEDRADO, M. J. S.; MAREGA, I. Sistemas integrados de produção: o novo desafio para a agropecuária brasileira. *Colloquium Agrariae*, Presidente Prudente, v. 10, p. 55-68, 2014.
13. TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; BRIANEZI, D.; ALVES, E. B. B. M. Sistemas agroflorestais no Brasil: uma abordagem sobre a estocagem de carbono. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 34, p. 235-244, 2014.
14. SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Teor e dinâmica do carbono no solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 46, p. 349-1356, 2011.
15. SACRAMENTO, J. A. A. S. D.; ARAÚJO, A. C. D. M.; ESCOBAR, M. E. O.; XAVIER, F. A. D. S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, T. S. D. Soil carbon and nitrogen stocks in traditional agricultural and agroforestry systems in the semiarid region of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 37, p. 784-795, 2013.
16. SILVA, A. R.; SALES, A.; VELOSO, C. A. C.; CARVALHO, E. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica de um latossolo amarelo sob sistemas integração lavoura-pecuária-floresta. *Journal of Agronomic Sciences*, v. 4, p. 144-157, 2015.
17. COSER, T. R.; FIGUEIREDO, C. C.; JOVANOVIC, B.; MOREIRA, T. N.; LEITE, G. G.; CABRAL FILHO, S. L. S.; KATO, E.; MALAQUIAS, J. V.; MARCHÃO, R. L. Short-term buildup of carbon from a low-productivity pastureland to an agrisilviculture system in the Brazilian savannah. *Agricultural Systems*, v. 166, p. 184-195, 2018.
18. OLIVEIRA, J. M.; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. T. M.; ASSIS, P. C. R.; SILVEIRA, A. L. R.; LIMA, M. L.; WRUCK, F. J.; MEDEIROS, J. C.; MACHADO, P. L. O. A. Integrated farming systems for improving soil carbon balance in the southern Amazon of Brazil. *Regional Environmental Change*, v. 18, p. 105-116, 2018.
19. RIBEIRO, J. M. *Dinâmica do carbono orgânico em cronossequências de uso do solo no Cerrado mineiro: mudanças nos estoques e simulação com o modelo Century*. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2020.
20. FREITAS, P. L.; BLANCANEAU, P.; GAVINELLI, E.; LARRE-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, p. 157-170, 2000.
21. TSUKAMOTO FILHO, A. A. Fixação de carbono em um sistema agroflorestal com eucalipto na região do cerrado de Minas Gerais. 2003. 98 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
22. LEITE, L. F. C.; PORFÍRIO-SILVA, V.; MADARI, B. E.; MACHADO, P. L. O. A.; BARCELLOS, A. O.; BALBINO, L. C. O potencial de sequestro de carbono em sistemas de produção integrados: integração lavoura-pecuária-floresta. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 12., 2010, Foz do Iguaçu. *Anais [...]*. Ponta Grossa: FEBRAPDP, 2010. p. 60-76.
23. SUTTIE, J. M.; REYNOLDS, S. G.; BATELLO, C. *Grasslands of the world: Food and Agriculture Organization of the United Nations, plant production and protection series*. Rome: Food and Agriculture Organization, 2005.
24. MANZATTO, C. V.; ARAUJO, L. S.; ASSAD, E. D.; SAMPAIO, F. G.; SOTTA, E. D.; VICENTE, L. E.; PEREIRA, S. E. M.; LOEBMANN, D. G. S. W.; VICENTE, A. K. *Mitigação das emissões de gases de efeitos estufa pela adoção das tecnologias do Plano ABC: estimativas parciais*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020.
25. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (ABIEC). *Beef Report: perfil da pecuária no Brasil 2019*.

Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2019/>. Acesso em: 15 jan. 2021.

26. LAL, R. Biochar and soil carbon sequestration. In: GUO, M.; HE, Z.; UCHIMIYA, S. M. (ed.). *Agricultural and environmental applications of biochar: advances and barriers*. Madison: SSSA Special Publication, 2016, v. 63, p. 175-197.

27. TONUCCI, R. G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil carbon storage in silvopasture and related land-use systems in the Brazilian Cerrado. *Journal of Environmental Quality*, v. 40, p. 1-9, 2011.

28. REIS, J. C.; KAMOI, M. Y. T.; LATORRACA, D.;

CHEN, R. F. F.; MICHETTI, M.; WRUCK, F. J.; GARRET, R. D.; VALENTIM, J. F.; RODRIGUES, R. A. R.; RODRIGUES-FILHO, S. Assessing the economic viability of integrated crop–livestock systems in Mato Grosso, Brazil. *Renewable Agriculture and Food Systems*, v. 34, p. 1-12, 2018.