

RESUMO EXECUTIVO

Recomendações relacionadas ao Plano ABC+ e ao Inventário Nacional de emissões e remoções de gases de efeito estufa

O BRASIL, assim como os demais países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, em inglês), apresenta periodicamente seu inventário nacional tanto de emissões antrópicas por fontes, como de remoções antrópicas por sumidouros de todos os gases de efeito estufa (GEE). Como parte do conjunto de ações que o país alavancou para atender suas metas junto ao UNFCCC, está a criação do Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura - Plano ABC, que se encontra em seu segundo ciclo (2020-2030), o chamado Plano ABC+. O referido Plano é chave para a Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, conciliando segurança alimentar com sustentabilidade ambiental.

Trata-se, de fato, de uma estratégia inovadora para a agropecuária brasileira, ao propor a ampliação da adoção de tecnologias que garantem melhor desempenho produtivo, maiores ganhos econômicos com adequabilidade técnica, e intensificação produtiva com potenciais reflexos indiretos na redução da pressão por desmatamento, tecnologias essas que se adequam às novas exigências do mercado agrícola em relação à sustentabilidade ambiental. Esta estratégia, também denominada Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC), possui como princípios básicos a adoção de tecnologias agropecuárias que aumentem a resiliência às mudanças climáticas, os ganhos econômicos e ainda contribuam com uma baixa emissão e/ou a mitigação de GEE em decorrência da adoção das melhores práticas de gestão agrícola e acréscimo no sequestro de C.

Como principais compromissos da estratégia consta a ampliação da adoção dos processos tecnológicos, também denominados sistemas, práticas, produtos e processos de produção sustentáveis (SPSABC), referentes às Práticas para Recuperação de Pastagens Degradadas (PRPD), Sistemas de Integração (SIN) - tais como a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF) e integração lavoura-pecuária (iLP), Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistema Plantio Direto (SPD), Bioinsumos (BI), Florestas Plantadas (FP), Manejo de Resíduos da Produção Animal (MRPA), Sistemas Irrigados (SI) e Terminação Intensiva (TI). Para alcançar tais metas foram previstas ações de fomento, a exemplo da transferência de tecnologias como estratégia para a promoção da adoção dos mencionados SPS_{ABC} pelos agricultores. As metas de adoção previstas no Plano ABC+ não se restringem apenas às áreas financiadas diretamente pelo RenovAgro (programa do BNDES voltado ao financiamento de sistemas de produção agropecuária sustentáveis, mas ao total da área de expansão dos processos tecnológicos, independente da fonte de financiamento para a sua adoção.

O último inventário nacional (Quarto Inventário) apresenta as emissões compreendidas entre o período de 1990 a 2016, comportando, portanto, uma importante base de informações para diagnóstico e tomada de decisão sobre as principais fontes de emissão e sumidouros existentes nos diversos setores produtivos do país. Contudo, apesar dos grandes avanços técnico-científicos consolidados nas *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - IPCC 2006* e que foram contemplados no Quarto Inventário de GEE do Brasil, as ações que o país tem adotado por meio do Plano ABC+ não foram incluídas de forma explícita. Neste sentido, são necessárias proposições que busquem avaliar: i) quais as possibilidades de incorporar fatores de emissão/remoção (relacionados ao uso da terra e manejos agrícolas), que melhor reflitam as práticas do ABC+; ii) como incorporar os resultados quantitativos (área) das práticas do ABC aos dados de atividade do inventário.

Nesse contexto, o presente documento visa apresentar propostas de adequações (inclusões/exclusões/modificações) na sistematização de informações para reporte referentes ao setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas (LULUCF, no acrônimo em inglês), com o intuito de que as ações do ABC+ sejam mais visibilizadas e valorizadas nos próximos Inventários Nacionais de GEE. Mais especificamente, o estudo focou em identificar e pontuar aprimoramentos que possam melhor contabilizar e reportar as tecnologias do Plano ABC+, no que se refere a práticas e sistemas de manejo do solo; e realizou uma revisão sistemática de literatura (RSL) sobre C do solo em sistemas integrados de produção (iLP e iLPF) e em pastagens recuperadas no Brasil.

COMPONENTE 1

Proposição de adequações para o próximo Inventário Nacional

AS PROPOSIÇÕES DE ADEQUAÇÕES DESTE ESTUDO se basearam na análise de três aspectos, que foram: i) fatores de emissão/remoção de C do solo; ii) adequações sobre os dados de atividade do setor LULUCF de forma a integrar os fatores de emissão/remoção de C do solo; e iii) possibilidades de aprimoramento no que concerne à forma de apresentação e reporte dos resultados. Este componente do trabalho se baseou na análise de dois documentos, o Relatório de Referência do Setor Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas do 4º Inventário Nacional de Emissão de GEE; e do capítulo 2 (Inventário de GEE) da Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima; e resultou em um total de 15 proposições de adequações para os próximos Inventários Nacionais de Emissão de GEE.

Algumas das proposições de adequações são de fácil adoção, e provavelmente já poderão ser incorporadas no próximo inventário, são elas:

- 1) Adotar fatores de mudança de C do solo para SPD específicos para os diferentes tipos de mudança de uso da terra ou manejo (ex.: pastagem para plantio direto; vegetação nativa para plantio direto; cultivo convencional para plantio direto);
- 2) Adotar fatores de mudança de C do solo para colheita mecanizada de cana-de-açúcar específicos para diferentes tipos de mudança de uso da terra ou manejo;
- 3) Revisar a abordagem para pastagens naturais;
- 4) Revisar o uso dos fatores de mudança de COS para pastagens no bioma Caatinga;
- 5) Revisar o fator de mudança de COS adotado para pastagem severamente degradada nos biomas Cerrado e Amazônia;
- 6) Revisar o fator de mudança de COS adotado para as áreas de reflorestamento;
- 7) Melhorar a qualidade das figuras com os dados de emissões e remoções, principalmente no Relatório de Referência;
- 8) Apresentar os resultados de emissões e remoções de forma desagregada, e dar maior ênfase ao C do solo;

Vários países apresentam seus dados de C do solo de forma mais detalhada, como por exemplo, Austrália, Reino Unido, França, Canadá e Estados Unidos. França e Reino Unido apresentam a contribuição C do solo em diferentes situações, mas ainda de forma superficial e sem destacar a contribuição por tipo de mudança de uso da terra. A Austrália confere maior destaque ao C do solo ao adotar metodologias que se aproximam do Tier 3, combinando o modelo de dinâmica do carbono do solo - Roth C - com dados censitários. Porém, os resultados são apresentados de forma não centralizada, o que dificulta a visualização e entendimento da contribuição do C do solo nas emissões e remoções. Já Canadá e Estados Unidos são os países que reportam com maior clareza e destaque as emissões e remoções do C do solo. No inventário canadense, existe um subitem específico para o C do solo (CO₂ Emissions from, and Removals by, Mineral Soils) onde os resultados são descritos detalhadamente, evidenciando as emissões e remoções dos solos, inclusive detalhando os tipos de mudança de manejo. No inventário dos Estados Unidos, os dados também são apresentados de forma desagregada, por categoria de uso da terra.

9) Contemplar as mudanças nas condições das pastagens (não degradada, severamente degradada, moderadamente degradada), sobretudo contemplando os pastos recuperados;

10) Contemplar os sistemas integrados de produção (iLP, iLPF, iPF etc.). Para tal, sugere-se duas opções: i) utilizar dados da Rede iLPF (ou experts) e calcular as áreas / polígono com adoção desses sistemas de forma ponderada (neste caso será necessário combinar também os fatores de emissão); ii) utilizar sensoriamento remoto (índices de vegetação) para mapear as mudanças de uso (pastagem x cultivos agrícolas x florestas), a fim de identificar padrões da presença dos sistemas integrados.

Já outras proposições demandarão mais análises e esforços, mas compreende-se que é importante que sejam apontadas como forma de direcionar possíveis ações de pesquisa, que são:

11) Utilizar modelos sobre a dinâmica do C do solo, como por exemplo, *Century* ou *DayCent* para derivar fatores ou mesmo realizar as estimativas (*Tier 3*);

12) Avaliar a viabilidade de se adotar a metodologia denominada “*Tier 2 steady state approach*” (IPCC, 2019), a qual contabiliza ganhos de C do solo devido ao aumento de produtividade nas culturas;

13) Avaliar o potencial de incremento de C do solo devido à aplicação de resíduos de origem animal na agricultura, dos resíduos gerados na produção de cana-de-açúcar etc. Ou seja, focar na derivação de fatores de *input*;

14) Avaliar o impacto do uso de funções de pedotransferência para densidade do solo na derivação de fatores de mudança no estoque de COS;

15) Rever o uso do mapa dos estoques de referência (CREF). Atualmente, existem mapas que foram gerados com maior número de dados e técnicas mais refinadas.

COMPONENTE 2

Carbono no solo em sistemas integrados de produção (iLP e iLPF) e pastagens recuperadas no Brasil

O SEGUNDO COMPONENTE DESTE ESTUDO consistiu em uma revisão sistemática de literatura sobre as mudanças dos estoques de carbono no solo em sistemas integrados de produção (iLP e iLPF) e pastagens recuperadas no Brasil. A RSL sobre iLP e iLPF considerou o intervalo de 2010-2023, enquanto a RSL sobre recuperação de pastos degradados (RPD) considerou o período de 2001 a 2023. Para as duas RSLs, foram consultadas inicialmente as bases de artigos científicos Periódicos da Capes, *Scopus*, *Scielo*, *Clarivate* e *Google Acadêmico*. No entanto, durante a atividade percebeu-se a necessidade de consulta a bases de teses e dissertações.

Após a busca nas bases citadas acima, foram selecionados os trabalhos (artigos, teses e dissertações) que atediam os seguintes critérios: i) permitiam claramente identificar o tipo de conversão de uso/manejo do solo evidenciando qual era o uso anterior a adoção dos sistemas integrados (iLP ou iLPF), assim como, evidenciavam o processo de recuperação de pastos degradados; ii) continham os dados de estoque de C do solo (COS) ou informações que permitissem o cálculo dos estoques, ou seja, teor de C, densidade do solo e espessura da camada do solo; e iii) continham o tempo de adoção dos sistemas iLP, iLPF ou de recuperação das pastagens.

Os dados obtidos foram tabulados e explorados por meio de duas diferentes métricas: avaliação das variáveis respostas e a taxa anual de mudança de COS. A variável resposta é simplesmente o cálculo da relação do estoque de COS do sistema atual pelo estoque de COS do uso anterior. Esta métrica foi calculada para todas as camadas de solo (variou entre 2,5 e 100 cm) dos diversos estudos, mas também somente para os dados até a camada de 30 cm de profundidade. Já a taxa anual de mudança de COS é a diferença do estoque de carbono no sistema atual do solo e o estoque no sistema de uso do solo anterior, dividido pelo tempo de adoção do sistema de uso atual.

As RSLs resultaram no total de 168 trabalhos relacionados aos sistemas integrados de produção (iLP e iLPF), e 38 trabalhos para pastagens recuperadas no Brasil. No entanto, apenas 27

atenderam os critérios estabelecidos. Para os sistemas de iLP foram aproveitados 16 estudos que resultaram em 565 pares de comparação, sendo 138 para a conversão de cultivo convencional (CC) para iLP, 109 para a conversão de pastagem para iLP, 116 para a conversão de plantio direto (PD) para iLP, e 202 contemplando a conversão de vegetação nativa para iLP. Conforme pode se observar na figura 1, os trabalhos foram realizados em 17 municípios distribuídos em 10 estados.

Os sistemas de iLPF tiveram menor quantidade de informação disponível. Foram aproveitados somente oito estudos, os quais resultaram em 32 pares de comparação para a conversão de vegetação nativa para iLPF, e 51 para a conversão de pastagem para iLPF. Os estudos estão distribuídos em sete municípios de seis estados do Brasil (Figura 1).

Por fim, na avaliação das pastagens recuperadas (provenientes de pastos degradados) foi possível também avaliar pastagens bem manejadas ou melhoradas, que são aqueles pastos manejados com pressão moderada de pastoreio e que recebem pelo menos uma melhoria, tais como fertilização, calagem, irrigação, combinação com leguminosas ou plantação de variedades de gramíneas mais produtivas (IPCC, 2006). Assim, para as pastagens foram aproveitados 19 estudos com 98 pares de comparação para as pastagens recuperadas, e 145 para as pastagens melhoradas. Os estudos com dados sobre pastagens (recuperadas e melhoradas) estão distribuídos em 27 municípios de 13 estados do país (Figura 1).

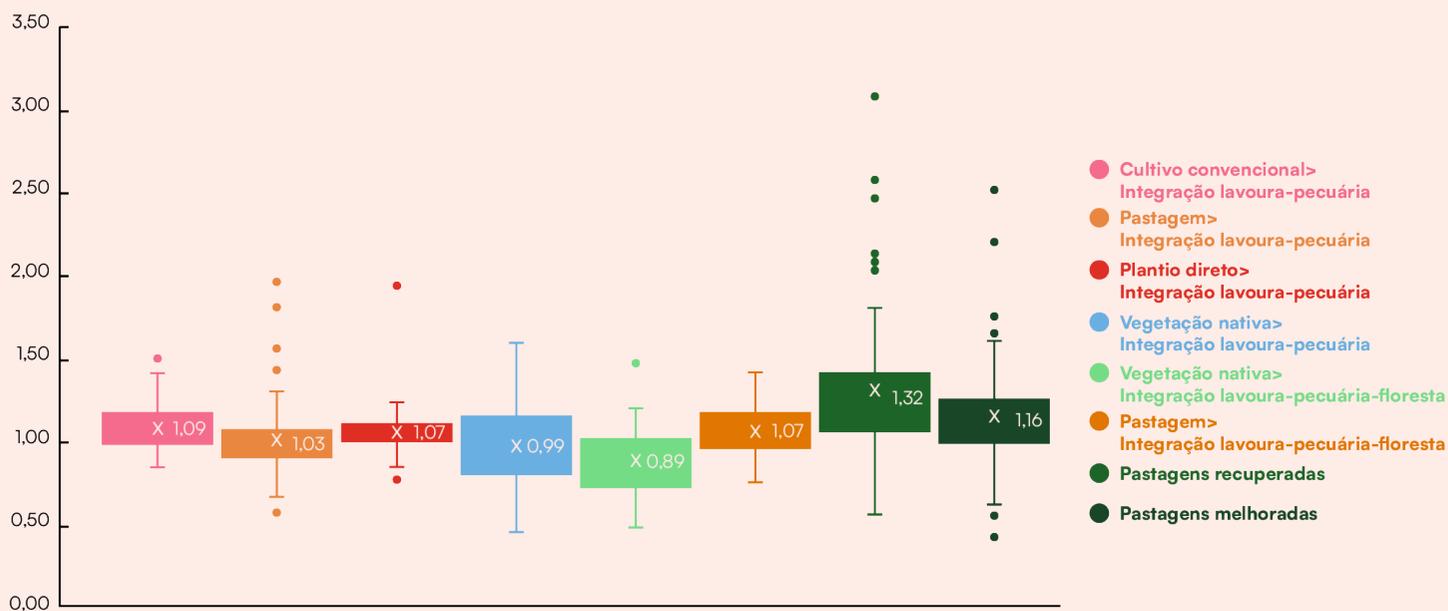
Figura 1 Locais de realização dos estudos utilizados nas RSLs



Na figura 2 são apresentados os resultados das variáveis repostas usando os dados até a camada de 0-30 cm de profundidade. Os resultados mostram que a adoção do sistema de iLP resultou em ganhos médios de COS de 9,0, 3,0 e 7,0% quando adotado a partir, respectivamente, de áreas sob cultivo convencional, pastagem e plantio direto, perdendo C (1,0%) apenas quando adotado diretamente de áreas de vegetação nativa. Já nos sistemas de iLPF, houve ganho de C do solo da ordem de 7,0% quando é adotado a partir de áreas de pastagem, mas há perda de C de 11,0% quando implantado a partir de área de vegetação nativa. As pastagens por sua vez apresentaram os maiores valores de ganho de C do solo, com as pastagens recuperadas promovendo o acúmulo médio de 32,0% e as pastagens melhoradas de 16,0%. Entretanto, cabe ressaltar que as pastagens recuperadas foram comparadas às pastagens degradadas, enquanto as melhoradas foram comparadas com as áreas de vegetação nativa.

É válido mencionar que os resultados obtidos (Figura 2), são dados médios, que não foram submetidos a nenhum tipo de ajuste ou modelagem. Logo, para que estes resultados possam ser adotados pelo inventário brasileiro de emissão de GEE, será necessário que sejam submetidos a algum procedimento de ajuste, como por exemplo, a derivação dos fatores de mudança de C (fatores de emissão), seguindo o que é preconizado e adotado pelas Guias do IPCC (2006, 2019).

Figura 2 Boxplot dos resultados médios das variáveis resposta com dados dos estudos até a camada de 30 cm do solo para a adoção do sistema de integração lavoura-pecuária, integração lavoura-pecuária-floresta, e pastagens recuperadas e melhoradas provenientes de diferentes usos da terra



REFERÊNCIAS USADAS NA RSL

ASSIS, P. C. R.; STONE, L. F.; OLIVEIRA, J. de M.; WRUCK, F. J.; MADARI, B. E.; HEINEMANN, A. B. Atributos físicos, químicos e biológicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 43, p. 57-70, 2019.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. de A.; FERNANDES, S. A. P. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronosequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. **Scientia Agricola**, v. 56, p. 777–783, out. 1999.

BEUTLER, S. J.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; PERIN, A.; SILVA, C. F. D. Edaphic attributes of a crop-livestock integration system in the Cerrado biome. **Revista Caatinga**, v. 29, p. 892–900, dez. 2016.

BIELUCZYK, W.; PICCOLO, M. de C.; PEREIRA, M. G.; MORAES, M. T. de; SOLTANGHEISI, A.; BERNARDI, A. C. de C.; PEZZOPANE, J. R. M.; OLIVEIRA, P. P. A.; MOREIRA, M. Z.; CAMARGO, P. B. de; DIAS, C. T. dos S.; BATISTA, I.; CHERUBIN, M. R. Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. **Geoderma**, v. 371, p. 114368, 15 jul. 2020.

BRAZ, S. P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R.; JANTALIA, C. P.; GUIMARÃES, A. Paula.; DOS SANTOS, C. A.; DOS SANTOS, S. C.; MACHADO PINHEIRO, É. F.; BODDEY, R. M. Soil Carbon Stocks under Productive and Degraded Brachiaria Pastures in the Brazilian Cerrado. **Soil Science Society of America Journal**, v. 77, n. 3, p. 914–928, 2013.

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 and Tillage Research**, v. 110, n. 1, p. 175–186, 1 set. 2010.

CHAVES, S. S. de F. **Estoque de carbono e qualidade da matéria orgânica do solo em diferentes sistemas agropecuários em Belterra, Amazônia Oriental**. 2018. Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/64/64135/tde-10022020-160736/>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

DA LUZ, F. B.; DA SILVA, V. R.; KOCHER MALLMANN, F. J.; BONINI PIRES, C. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; CHERUBIN, M. R. Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 281, p. 100–110, 1 set. 2019.

DA ROCHA JUNIOR, P. R.; ANDRADE, F. V.; SANTOS SATIRO, L.; DONAGEMMA, G. K.; DE SÁ MENDONÇA, E. Can Short-Term Pasture Management Increase C Balance in the Atlantic Rainforest? **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, n. 6, p. 343, 11 maio 2018.

DAMIAN, J. M.; DA SILVA MATOS, E.; E PEDREIRA, B. C.; DE FACCIO CARVALHO, P. C.; PREMAZZI, L. M.; WILLIAMS, S.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. E. P. Predicting soil C changes after pasture intensification and diversification in Brazil. **CATENA**, v. 202, p. 105238, 1 jul. 2021.

DE SANT-ANNA, S. A. C.; JANTALIA, C. P.; SÁ, J. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Changes in Soil Organic Carbon during 22 Years of Pastures, Cropping or Integrated Crop/Livestock Systems in the Brazilian Cerrado. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 108, n. 1, p. 101–120, 1 maio 2017.

DEON, D. S. **Mudança de uso da terra e impacto na matéria orgânica do solo em dois locais no Leste da Amazônia**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-03072013-084639/>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

FREITAS, I. C. de; RIBEIRO, J. M.; ARAÚJO, N. C. A.; SANTOS, M. V.; SAMPAIO, R. A.; FERNANDES, L. A.; AZEVEDO, A. M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. E. P.; FRAZÃO, L. A. Agro-silvopastoral Systems and Well-Managed Pastures Increase Soil Carbon Stocks in the Brazilian Cerrado. **Rangeland Ecology & Management**, v. 73, n. 6, p. 776–785, nov. 2020.

FREITAS, R. de C. A. de; POPIN, G. V.; MILORI, D. M. B. P.; SIGNOR, D.; DRUMOND, M. A.; CERRI, C. E. P. Soil Organic Matter Quality in *Jatropha* Spp. Plantations in Different Edaphoclimatic Conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 27 mar. 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8KmvknMnPLRZwny9kyWw-vmt/?lang=en>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

GOBBI, K. F.; TAKAHASHI, M.; AZEVEDO, M. C. B. de; FIDALSKI, J.; LUGÃO, S. M. B. Cassava Yield in Conventional and No-Tillage Cultivation in Integrated Crop-Livestock Systems. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e02677, 2022.

MELO DAMIAN, J.; DA SILVA MATOS, E.; CARNEIRO E PEDREIRA, B.; CÉSAR DE FACIO CARVALHO, P.; MONICA PREMAZZI, L.; EDUARDO PELLEGRINO CERRI, C. Intensification and diversification of pasturelands in Brazil: Patterns and driving factors in the soil carbon stocks. **CATENA**, v. 220, p. 106750, 1 jan. 2023.

OLIVEIRA, D. C. de. **Potencial de sequestro de carbono no solo e dinâmica da matéria orgânica em pastagens degradadas no Brasil**. 2018. Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-17072018-184226/>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

PIANO, J. T.; REGO, C. A. R. de M.; VENGEN, A. P.; EGEWARTH, J. F.; EGEWARTH, V. A.; MATTEI, E.; OLIVEIRA, P. S. R. de; HERRERA, J. L. de. Soil Organic Matter Fractions and Carbon Management Index under Integrated Crop-Livestock System. **Bioscience Journal**, v. 36, n. 3, p. 743–760, 13 abr. 2020.

RAMALHO, B.; DIECKOW, J.; BARTH, G.; SIMON, P. L.; MANGRICH, A. S.; BREVILIERI, R. C. No-Tillage and Ryegrass Grazing Effects on Stocks, Stratification and Lability of Carbon and Nitrogen in a Subtropical Umbric Ferralsol. **European Journal of Soil Science**, v. 71, n. 6, p. 1106–1119, 2020.

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**, v. 46, p. 1349–1356, out. 2011.

SEGNINI, A. **Estrutura e estabilidade da matéria orgânica em áreas com potencial de seqüestro de carbono no solo**. 2007. Universidade de São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-14042008-082406/>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

SILVA, P. L. F. da; OLIVEIRA, F. P. de; MARTINS, A. F.; TAVARES, D. D.; AMARAL, A. J. do. Fertility, Carbon Stock and Aggregate Stability of an Alfisol under Integrated Farming Systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 51, p. e66505, 13 ago. 2021.

SOUSA, H. M.; CORREA, A. R.; SILVA, B. D. M.; OLIVEIRA, S. D. S.; CAMPOS, D. T. D. S.; WRUCK, F. J. Dynamics of soil microbiological attributes in integrated crop-livestock systems in the Cerrado-Amazônia ecotone. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 09–20, 23 mar. 2020.

SOUZA, E. D. de. Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. 2008. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/14905>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARUTTI, R. B.; DE REZENDE, C. P.; PEREIRA, J. M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The Effect of the Presence of a Forage Legume on Nitrogen and Carbon Levels in Soils under Brachiaria Pastures in the Atlantic Forest Region of the South of Bahia, Brazil. **Plant and Soil**, v. 234, n. 1, p. 15–26, 1 jul. 2001.

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, n. 3, p. 833–841, 2011.

VALANI, G. P.; MARTÍNI, A. F.; PEZZOPANE, J. R. M.; BERNARDI, A. C. de C.; COOPER, M. Soil physical quality in the topsoil of integrated and non-integrated grazing systems in a Brazilian Ferralsol. **Soil and Tillage Research**, v. 220, p. 105357, 1 jun. 2022.

DEMAIS REFERÊNCIAS

BENITES, V. M.; MACHADO, P. L. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E. Pedotransfer functions for estimating soil bulk density from existing soil survey reports in Brazil. **Geoderma**, v. 139, n. 1, p. 90–97, 15 abr. 2007.

BERNOUX, M.; DA CONCEIÇÃO SANTANA CARVALHO, M.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C. Brazil's Soil Carbon Stocks. **Soil Science Society of America Journal**, v. 66, n. 3, p. 888–896, 2002.

BORGES, S.T.F. **Efeito dos Sistemas de Colheita da Cana-de-açúcar sobre o Estoque de Carbono no Brasil e Qualidade do Solo em Alagoas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal. Universidade Federal de Alagoas. 133p. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020-2030: Plano Operacional / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: Mapa/DEPROS, 2021. 133p. ISBN: 978-65-86803-63-1.

EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 1 jul. 2006. Disponível em: <<https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20880391>>. Acesso em: 2 nov. 2023.

FERREIRA JÚNIOR, L.G.; SANTO, C.O.; MESQUITA, V.V.; PARENTE, L.L. Dinâmica das pastagens Brasileiras: Ocupação de áreas e indícios de degradação - 2010 a 2018. Relatório técnico, 2020.

GOMES, L.C.; FARIA, R.M.F.; SOUZA, E.S.; VELOSO, G.V.; SCAHEFER, C.E.G.R.; Fernandes Filho, E.I. Modelling and mapping soil organic carbon stocks in Brazil. **Geoderma** 340, 337–350, 2019.

ILPF em números Safra 2020/2021. Relatório técnico, 14p. 2021. Disponível em <https://redeilpf.org.br/ilpf-em-numeros/>.

IPCC 2006 – **Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**. Vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Ch. 4. Forestland. EGGLESTON, H. S.; BUENDIA, L.; MIWA, K.; NGARA, T.; TANABE, K. (eds.). Japan: IGES, 2006.

IPCC 2019 – **Intergovernmental Panel on Climate Change. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Japan: IGES, 2019.

MCBRATNEY, A. B.; MINASNY, B.; CATTLE, S. R.; VERVOORT, R. W. From pedotransfer functions to soil inference systems. **Geoderma**, v. 109, n. 1, p. 41–73, 1 set. 2002.

MEDEIROS, A. S.; SILVA, T.S.; SILVA, A.V.L.; BARROS, D.R.S.; MAIA, S.M.F. Organic carbon, nitrogen and the stability of soil aggregates in areas converted from sugar cane to eucalyptus in the state of Alagoas. **Revista Árvore**, 42(4):e420404, 2018.

MEDEIROS, A.S.; MAIA, S.M.F.; SANTOS, T.C.; GOMES, T.C.A. Losses and gains of soil organic carbon in grasslands in the Brazilian semi-arid region. **Sci. Agric.** v.78, n.3, e20190076, 2021.

MAIA, S.F.M.; MEDEIROS, A.S.; SANTOS, T.C.; LYRA, G.B.; LAL, R.; ASSAD, E.D.; CERRI, C.E.P. Potential of no-till agriculture as a nature-based solution for climate-change mitigation in Brazil. **Soil & Tillage Research**, 220, 105368, 2022.

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, 1 out. 2013.

MAIA, S.M.F.; OGLE, S.M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Changes in soil organic carbon storage under different agricultural management systems in the Southwest Amazon Region of Brazil. **Soil & Tillage Research**, v. 106, n. 2, p. 177-184, 2010.

OLIVEIRA, D. C.; MAIA, S. M. F.; FREITAS, R. de C. A.; CERRI, C. E. P. Changes in Soil Carbon and Soil Carbon Sequestration Potential under Different Types of Pasture Management in Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 22, n. 3, p. 87, 27 jun. 2022.

SOUZA, E. D.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BATJES, N. H.; SANTOS, G. R. D.; PONTES, L. M. Pedotransfer Functions to Estimate Bulk Density from Soil Properties and Environmental Covariates: Rio Doce Basin. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 6, p. 525–534, dez. 2016.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M. Estimating soil water retention characteristics from limited data in Brazilian Amazonia. **Soil Science**, v. 163, 1 mar. 1998.

VALPASSOS, M. A. R.; CAVALCANTE, E. G. S.; CASSIOLATO, A. M. R.; ALVES, M. C. Effects of Soil Management Systems on Soil Microbial Activity, Bulk Density and Chemical Properties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 1539–1545, dez. 2001.

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Stoécio Malta Ferreira Maia