

CAPÍTULO 5

POR UMA ESTRATÉGIA JURISDICIONAL DE CARBONO NO SOLO NO TERRITÓRIO ESTADUAL: AMPLIANDO A CESTA DE PRODUTOS SUSTENTÁVEIS NAS PROPRIEDADES RURAIS FLUMINENSES

Telmo B. Silveira Filho, Monise A. F. Magalhães, Fabiano C. Balieiro,
Aldair S. Medeiros



1. INTRODUÇÃO

Créditos de carbono no solo emergem não como uma bala de prata quanto a necessidade de solução para mitigação das emissões decorrentes das mudanças climáticas, mas devem ser entendidos como mais um produto na cesta de opções para os produtores rurais alinhados a uma agricultura conservacionista ou regenerativa, fomentando práticas agrícolas que interconectam a saúde ambiental, a saúde animal e a saúde humana – princípio da saúde única.

Embora ainda existam divergências metodológicas e distintos protocolos quanto aos princípios gerais de contabilização de créditos, se faz necessário coletar dados, construir informações e caminhos mensuráveis dessa contribuição ao manejo dos solos.

Sem integridade de informações e coleta de dados robustos, o mercado não se consolida nem se credibiliza para oferecer respostas efetivas à mitigação das emissões. Desta forma, essa contribuição do estado do Rio de Janeiro, em parceria com a Embrapa Solos, visa elucidar possíveis caminhos para estimativas do estoque inicial de carbono orgânico no solo, formas de modelagem e mensuração das mudanças desse estoque ao longo do tempo, sempre apoiada na ciência.

O conteúdo apresentado não tem a pretensão de ser uma proposta parcial, mas sim a base para a construção de políticas públicas que foque no potencial das áreas rurais, para além da produção de alimentos e demais *commodities* do agronegócio, materialize serviços ecossistêmicos emergentes do solo associados às práticas agrícolas sustentáveis.

A era das consequências climáticas reforça a necessidade de soluções que gerem múltiplos resultados e envolvam diversos setores econômicos. Diminuir o consumo de combustíveis fósseis é crucial; mudanças nas cadeias de geração de energia limpa são fundamentais; ampliar e conservar áreas florestais são centrais; e produzir alimentos com conservação de solo e da biodiversidade faz parte desse conjunto de soluções.

Parte da solução está certamente sob nossos pés. No último século, a conversão de ecossistemas naturais em agrícolas, aliada a práticas prejudiciais – como aração profunda e repetitiva, monocultivos extensivos, excesso de adubação química, superpastejo e a ausência de práticas mecânicas e vegetativas de conservação do solo – causou uma redução de 25% a 75% no estoque global de matéria orgânica do solo (Lal, 2011; Sanderman; Hengl; Fiske, 2017).

Dessa forma, políticas públicas que ampliam práticas agrícolas sustentáveis podem reverter essa tendência. Entre elas, destacam-se o uso de plantas de cobertura e adubos verdes, a redução do revolvimento do solo, o controle do pastejo excessivo, o uso eficiente de nutrientes e a diversificação dos sistemas de produção (Balieiro *et al.*, 2024). Tais métodos demonstram potencial para recuperar os estoques de matéria orgânica do solo (Dupla *et al.*, 2024).

2. QUANTIFICAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO NO SOLO

Um dos incentivos à adoção dessas práticas é o crédito de carbono agrícola do solo (em inglês, *Soil Carbon Credit* – SCC). Os SCCs são títulos negociáveis que permitem aos agricultores, que implementem práticas de sequestro de carbono, vendam suas reduções de emissões a organizações interessadas em compensar sua pegada de CO₂, ainda que pouco disseminados ou discutidos no Brasil.

Essas transações ocorrem atualmente em mercados voluntários de carbono, regulados por entidades públicas ou privadas. Em 2022, o volume total de negociações de SCCs no mundo foi de 5,1 MtCO₂e, movimentando cerca de US\$ 50,1 milhões (Mikolajczyk; Bravo, 2023). Especialistas projetam que esse mercado poderá atingir US\$ 10 a 40 bilhões até 2030 (Porsborg-Smith *et al.*, 2023).

A partir da Lei Federal nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024, que institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE), torna-se necessária a construção de protocolos de mensuração, relato e verificação (MRV), considerando as características ecológicas e de práticas de manejo presentes no país, além da manutenção de uma matriz de indicadores de permanência e adicionalidade para futura geração de créditos e sua comparação.

A falta de uma padronização, somada às diversas práticas agrícolas, dificultam assegurar o monitoramento e a avaliação dos benefícios climáticos reais e líquidos. Um sistema nacional ou subnacional de MRV, estabelecido em regulamentos claros e disponíveis ao público, incluindo garantias de controle de qualidade, baseado em acordos institucionais e internacionais, facilitaria a prestação de contas de forma adequada ao contexto nacional (Wilkes; Tennigkeit; Solymosi, 2013).

O que se apresenta nesta publicação para quantificação do carbono orgânico do solo baseia-se nas informações e nas atuais práticas da ciência do solo, desde amostragem de solo dentro de uma grade amostral regional, seguindo padrões do Inventário Florestal Nacional no estado do Rio de Janeiro (IFN/RJ), até a combinação de modelagens de processos e sensoriamento remoto. Demonstra-se que é possível, nacionalmente, desenvolver e implementar métodos robustos de dados e informações para contribuição do carbono estocado no solo.

As práticas agrícolas que visam aumentar o carbono orgânico do solo podem trazer diversos co-benefícios, como a melhoria da qualidade da água, o aumento de produtividade e uma maior resiliência das colheitas (Chaer *et al.*, 2023; Balieiro *et al.*, 2024; Cavalieri-Polizeli *et al.*, 2024). Portanto, mesmo havendo incertezas quanto ao potencial de mitigação climática, os esforços para construir carbono no solo continuam sendo valiosos.

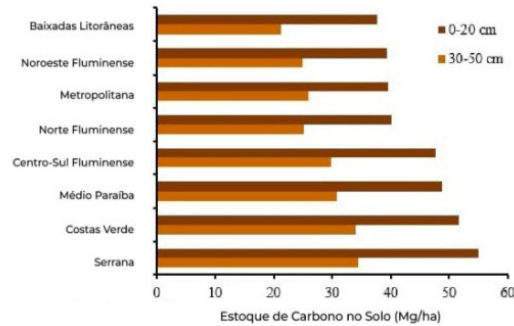
De forma inovadora, o modelo conceitual neste estudo permite o uso de unidades de monitoramento jurisdicional e facilita a contabilidade regional de carbono, minimizando os custos de monitoramento de projetos para os agricultores e fomentando ações em maior escala de práticas agrícolas que reduzam emissões e armazenem carbono (Figura 1).



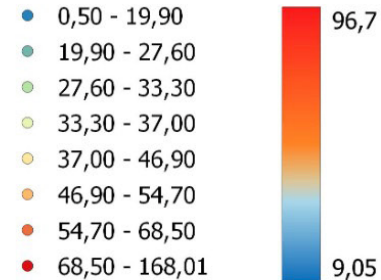
FIGURA 1. Estoque de carbono no solo no território do estado do Rio de Janeiro

Fonte: Elaborada pelos autores (mais informações disponíveis no Capítulo 2).

Estoque de carbono do solo no estado do Rio de Janeiro



Estoque do carbono do solo (Mg/ha)



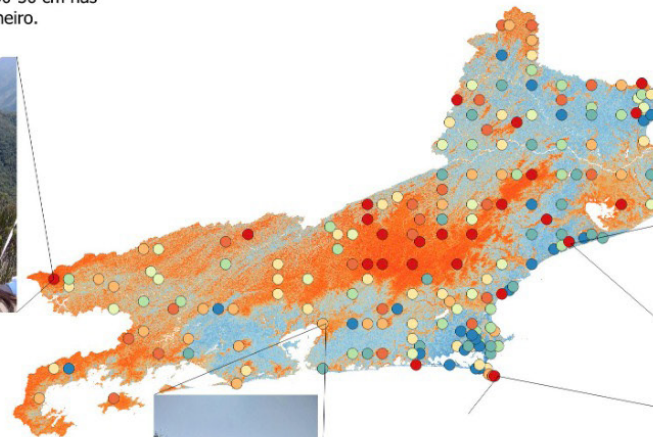
Os estoques de carbono do solo no ERJ somam aproximadamente 189 milhões de toneladas (189 Tg; 1 Tg = 1012 g) a 0-20 cm e aproximadamente 119 milhões de toneladas (119 Tg) a 30-50 cm, respectivamente.

Os maiores estoques de C no solo no ERJ estão na região montanhosa e de alta altitude, nas Serras do Mar (nas regiões Serrana e Costa Verde) e da Mantiqueira (na região do Médio Paraíba), bem como nos manguezais próximos à costa, principalmente no delta do Rio Paraíba do Sul, na divisa leste do estado, na região Norte Fluminense.

Estoque de carbono do solo médio a 0-20 e 30-50 cm nas mesorregiões do estado do Rio de Janeiro.



Campo de Altitude



Vegetação de Restinga



QR Code para a profundidade de 0 - 20 cm.



QR Code para a profundidade de 30 - 50 cm



Vegetação de Manguezal



Floresta Ombrófila Densa Submontana

3. PROJETO JURISDICIONAL DE INCREMENTO DO CARBONO NO SOLO

Este modelo de avaliação regional do carbono no solo, vinculado às políticas que promovem sistemas agroalimentares sustentáveis, permitem ampliar as possibilidades de acréscimo de renda aos produtores e produtoras rurais. Por meio da Política Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável, de Agroecologia e Produção Orgânica no estado do Rio de Janeiro (Lei Estadual nº 8.625/2019), alinhada à Política de Pagamento por Serviços Ambientais (Lei Federal nº 14.119/2021), aplicada em conjunto com o Instrumento de Avaliação da Transição Agroecológica (IATA)¹ de agroecossistemas e com a consolidação do SBCE, o país fortalece sua posição como grande produtor de alimentos e como protagonista na geração de créditos de carbono oriundos de florestas e solos, potencializando uma nova *commoditie* ambiental.

Porém, tais ferramentas de MRV, assim como os modelos de contratos e pagamentos, devem observar a lógica produtiva e social dos pequenos e médios produtores rurais. Sem políticas públicas consistentes, incentivos econômicos diretamente acessíveis ao agricultor, assistência técnica, extensão rural e monitoramento contínuo, pouco se avançará no aproveitamento desse grande potencial.

O Projeto Jurisdicional de incremento de carbono no solo deve ter como objetivo central estruturar diretrizes e instrumentos técnicos e financeiros que possibilitem o reconhecimento do carbono no solo como ativo ambiental e

econômico, a partir da geração de créditos para o mercado de carbono, mas especialmente no âmbito do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), contribuindo para a remoção de C da atmosfera, a regeneração ambiental e o desenvolvimento sustentável das propriedades rurais fluminenses.

Estudos técnicos demonstram que práticas como o reflorestamento e os sistemas agroflorestais (SAFs) são eficazes no aumento do carbono orgânico no solo (COS). Resultados apontam ganhos de até 49% no estoque de COS em áreas reflorestadas (Macedo *et al.*, 2008) e de até 24% em SAFs, quando comparadas a áreas de pastagens convencionais (Matos *et al.*, 2022). Tais dados evidenciam a viabilidade ambiental e o potencial econômico dessas estratégias.

O estado do Rio de Janeiro, com iniciativas já consolidadas, como o Projeto Conexão Mata Atlântica², mostra-se preparado para ampliar sua atuação nesse mercado emergente, promovendo ganhos ambientais, sociais e econômicos. O desenvolvimento de bases tecnológicas voltadas ao monitoramento de carbono no solo constitui uma das recomendações estratégicas do Projeto Jurisdicional.

Conclui-se que a criação de um mercado de carbono no solo é não apenas viável, mas também desejável, desde que haja articulação entre políticas públicas, financiamento climático, capacitação técnica e certificação com métricas nacionais e chancela internacional.

¹ Resolução Conjunta SEAPPA/SEAS/EMATER-RIO/INEA nº 16/2024 e Nota Técnica SEAS/SEAPPA/EMATER-RIO nº 01/2024.

² Conexão Mata Atlântica, saiba mais em: <https://mataatlantica.inea.rj.gov.br/inicio> e <https://conexaomataatlantica.mctic.gov.br/cma/portal/>.

As Soluções baseadas na Natureza (SbN) englobam diversas abordagens que utilizam os ecossistemas como base para enfrentar desafios socioambientais. Essas soluções apresentam elevado potencial para restaurar, preservar e aprimorar os ecossistemas, além de contribuírem significativamente para a mitigação das mudanças climáticas (Maia *et al.*, 2022). Entre as ações de mitigação relacionadas às SbN, o solo desempenha um papel crucial, pois é o maior reservatório de carbono da superfície terrestre, veja capítulo 2 (*Mapas de Estoque de Carbono do Solo para o Estado do Rio de Janeiro: subsídios para oportunidades em mercado de carbono*) (Paustian *et al.*, 2016), tornando-se um elemento-chave na construção de paisagem resilientes no estado.

A elaboração de um Projeto Jurisdicional voltado à geração de créditos de carbono no solo no território fluminense busca definir premissas e diretrizes que fundamentem seu potencial como ativo econômico no mercado de carbono. Tal proposta integra o manejo agrícola e demais atividades de lavoura-pecuária-floresta e restauração ecológica. Esse processo busca viabilizar a comercialização desses créditos e fortalecer a agropecuária do estado, a partir do empoderamento dos agricultores das propriedades rurais no estado do Rio de Janeiro.

4. CARBONO NO SOLO COMO ATIVO AMBIENTAL

A comercialização de créditos de carbono e o PSA são mecanismos financeiros voltados à valorização da conservação ambiental, mas possuem diferenças fundamentais em sua estrutura e objetivos (Munhoz; Vargas, 2022).

A comercialização de créditos de carbono refere-se à geração e venda de certificados que representam a redução ou remoção de gases de efeito estufa (GEE) da atmosfera, sendo um mercado orientado para a compensação de emissões (Souza, 2022). Esses créditos podem ser adquiridos voluntariamente por empresas e indivíduos que desejam compensar suas emissões ou podem ser usados em mercados regulados como forma de cumprir metas estabelecidas por políticas climáticas (Brasil, 2024). O processo de certificação dos créditos de carbono segue padrões internacionais e requer validação por auditores independentes, a fim de garantir a integridade ambiental das reduções ou remoções das emissões de GEE (Souza, 2022).

Em relação ao PSA, este é um mecanismo financeiro destinado a remunerar produtores rurais, agricultores familiares e assentados, assim como comunidades tradicionais e povos indígenas, pelos serviços ambientais prestados, que geram benefícios para toda a sociedade (WRI Brasil, 2021). Esses serviços podem ocorrer por meio da conservação de vegetação nativa ou da restauração de áreas e florestas degradadas, visando à melhoria da qualidade da água, à remoção de carbono ou ainda à conservação da biodiversidade, a qual garante benefícios para a produção agrícola através da polinização, por exemplo (Prado *et al.*, 2016; WRI Brasil, 2021).

O sequestro de carbono no solo representa um serviço ecossistêmico valioso, que pode ser remunerado por meio de programas de PSA, independentemente da sua comercialização no mercado tradicional de créditos de carbono. Dessa forma, é essencial adotar uma abordagem que contemple ambas as vias – a geração de créditos de carbono e a valorização

do carbono no solo como ativo econômico para PSA – garantindo múltiplos incentivos para a conservação e o manejo sustentável do solo e em especial aos produtores rurais (Prado *et al.*, 2022).

Diferente da comercialização de créditos de carbono, que está focada na compensação das emissões em mercados ainda “fechados” e, também, na mitigação das mudanças climáticas, o PSA pode abranger diversas externalidades ambientais positivas, com pagamentos que podem ser realizados em dinheiro, bens ou serviços (Prado *et al.*, 2016; Prado *et al.*, 2022; Souza, 2022). Além disso, o PSA pode ser financiado tanto pelo setor privado quanto por políticas públicas, buscando incentivar práticas sustentáveis e garantir benefícios ambientais de longo prazo.

Em outras palavras, a comercialização de créditos de carbono ocorre em um mercado estruturado, no qual créditos certificados são vendidos para compensar emissões, podendo ser regulado ou voluntário. O PSA, ao considerar o carbono no solo como ativo ambiental, não depende necessariamente de um mercado formal, sendo frequentemente utilizado como política pública ou incentivo privado para a conservação ambiental. Enquanto o mercado de carbono foca na compensação de emissões, o PSA busca incentivar práticas sustentáveis por meio de pagamentos diretos, com externalidades facilmente reconhecíveis pela sociedade (Munhoz; Vargas, 2022; Souza, 2022).

A agricultura regenerativa ou conservacionista, vinculada a uma estratégia jurisdicional de carbono, exige coordenação articulada, pois tem no agricultor seu maior protagonista. Assim como a restauração em larga escala no território do estado do Rio de Janeiro só será possível com a participação dos agricultores e proprietários e proprietárias rurais, que são os principais gestores das terras e responsáveis pela

manutenção dos ecossistemas, assumindo riscos inerentes a essas atividades. Isso significa que se deve encontrar formas de financiar a regeneração e a restauração da Mata Atlântica, em diferentes escalas, fomentando as boas práticas de manejo sustentável do solo, ao mesmo tempo em que nos alinhamos com metas ecológicas estaduais mais amplas voltadas à conservação de biodiversidade e à segurança hídrica.

Garantir que o agricultor fluminense seja reconhecido como provedor de bens e serviços para a sociedade rural e urbana do estado é objetivo da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e de demais órgãos do estado. Os primeiros passos estão sendo dados a partir de agendas e soluções construídas de forma compartilhada – como demonstra esta publicação.

O IATA, em implementação, permitirá ao estado monitorar sistemas de produção em diferentes macrorregiões, bem como compreender a evolução dos seus solos. Laboratório de análise de C, utilizando métodos baseados em química verde, e banco de dados destinados ao armazenamento dessas informações darão suporte às interpretações de tendências de acúmulo ou perda de C dos agroecossistemas fluminenses, subsidiando políticas de pagamento por serviços ambientais voltados aos agricultores.

Os primeiros passos foram dados para construção de uma política pública que almeje a conservação da nossa Mata Atlântica e o fortalecimento de uma agricultura regenerativa, promovendo qualidade de vida nas áreas rurais, florestais e das cidades no território estadual.

REFERÊNCIAS

BARBIEIRO, F. C.; PEREIRA, H. S.; LOYOLA, R.; TONIN, A. M.; AUGUSTO, D. C. C.; MELO, F. P. L.; MAIA, J. L. S.; UGUEN, K.; MONTEIRO, M. M.; VIEIRA, R. R. S.; BARBIERI, R. L.; ALFAIA, S. S. Conciliando a agricultura e a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. *In*: PRADO, R. B.; OVERBECK, G. E.; GRACO-ROZA, C.; MOREIRA, R. A.; MONTEIRO, M. M.; DUARTE, G. T. (org.). **Relatório temático sobre agricultura, biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. 1. ed. Campinas, SP: Ed. dos Autores, 2024. p. 99-131. (Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos).

Brasil – Presidência da República. Lei Nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE); e altera as Leis nºs 12.187, de 29 de dezembro de 2009, 12.651, de 25 de maio de 2012 (Código Florestal), 6.385, de 7 de dezembro de 1976 (Lei da Comissão de Valores Mobiliários), e 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (Lei de Registros Públicos). 2024. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-15042-11-dezembro-2024-796690-publicacaooriginal-173745-pl.html>. Acesso em: 03 de fev. de 2025.

BRASIL. Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 7, 14 jan. 2021. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14119.htm. Acesso em: 15 out. 2025.

CAVALIERI-POLIZEL, K. M. V.; GUEDES FILHO, O.; ROMANOSKI, V. S.; RUTHES, B. E. S.; CALÁBRIA, Z. P.; OLIVEIRA, L. B. Conservative farming systems and their effects on soil organic carbon and structural quality. **Soil and Tillage Research**, v. 242, Oct. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106143>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167198724001442?via%3Dihub>. Acesso em: 04 set. 2025.

CHAER, G. M.; MENDES, I. C.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V.; REIS JUNIOR, F. B.; OLIVEIRA, M. I. L. Evaluating C trends in clayey Cerrado Oxisols using a four-quadrant model based on specific arylsulfatase and β -glucosidase activities. **Applied Soil Ecology**, v. 183, Mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104742>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139322003584>. Acesso em: 04 set. 2025..

DUPLA, X.; BONVIN, E.; LUGASSY, L.; VERRECCHIA, E. BAVEYE, P. C.; GRAND, S.; BOIVIN, P. Are soil carbon credits empty promises? Shortcomings of current soil carbon quantification methodologies and improvement avenues. **Soil Use Management**, v. 40, n. 3, p. 1-17, Jul. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1111/sum.13092>. Disponível em: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/sum.13092>. Acesso em: 04 set. 2025..

LAL, R. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. **Food Policy**, v. 36, supl. 1, p. S33-S39, Jan. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.12.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306919210001454>. Acesso em: 04 set. 2025..

MACEDO, M. O.; RESENDE, A. S.; GARCIA, P. C.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S.; CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A. Changes in soil C and N stocks and nutrient dynamics 13 years after recovery of degraded land using leguminous nitrogen-fixing trees. **Forest Ecology and Management**, v. 255, n. 5-6, p.1516-1524, Apr. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112707008742>. Acesso em: 04 set. 2025..

MAIA, S. M. F.; 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 and Tillage Research**, v. 220, Jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105368>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016719872200054X>. Acesso em: 04 set. 2025..

MATOS, P. S.; CHERUBIN, M. R.; DAMIAN, J. M.; ROCHA, F. I.; PEREIRA, M. G.; ZONTA, E. Short term effects of agroforestry systems on soil health in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 96, p. 897-908, 17 Jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-022-00749-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-022-00749-4>. Acesso em: 04 set. 2025..

Mikolajczyk, S.; Bravo, F. **Voluntary carbon market**: 2022 overview. [S. l.]: Climate Focus, 2023. 12 p.

MUNHOZ, L.; VARGAS, D. **Adicionalidade de serviços ambientais na perspectiva jurídica**: o pagamento por serviços ambientais em áreas legalmente protegidas. São Paulo: FGV, 2022. 22 p.

PAUSTIAN, K.; LEHMANN, J.; OGLE, S. M.; REAY, D.; ROBERTSON, G. P.; SMITH, P. Climate-smart soils. **Nature Climate Change**, v. 532, p. 49-57, 06 Apr. 2016.

PEROSA, B. B.; GURGEL, A. C.; VICENTE, L. F.; VICENTE, A. K.; SPINELLI-ARAUJO, L. **Agricultura de baixo carbono no Brasil**: potencialidade e desafios para construção de um sistema MRV. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 13., 2019, Campinas, SP. Anais [...]. Campinas, SP: Embrapa, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1116505/1/VicenteAgriculturaCarbono2019.pdf>. Acesso em: 15 out. 2025.

PORSBORG-SMITH, A.; NIELSEN, J.; OWOLANBI, B.; CLAYTON, C. The voluntary carbon market is thriving. **BCG global**, Boston, 19 Jan. 2023. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2023/why-the-voluntary-carbon-market-is-thriving>. Acesso em: 13 out. 2025.

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; MONTEIRO, J. M. G.; SCHULER, A. E.; VEZZANI, F. M.; GARCIA, J. R.; OLIVEIRA, A. P.; VIANA, J. H. M.; PEDREIRA, B. C. C. G.; MENDES, I. C.; REATTO, A.; PARRON, L. M.; CLEMENTE, E. P.; DONAGEMMA, G. K.; TURETTA, A. P. D.; SIMÕES, M. Current overview and potential applications of the soil ecosystem services approach in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1021-1038, Sept. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900002>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/dRBxzpS5VQ7cTbTbVZ-znD8m/?lang=en>. Acesso em: 04 set. 2025..

PRADO, R. B.; FIDALGO, E. C. C.; PARRON, L. M.; TURETTA, A. P. D.; BALIEIRO, F. C. Oportunidades e desafios relacionados aos serviços ecossistêmicos de solo e água na paisagem rural. **Cadernos de Ciência &**

Tecnologia, v. 39, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2022.v39.26955>. Disponível em: <https://apct.sede.embrapa.br/cct/article/view/26955>. Acesso em: 04 set. 2025..

RIO DE JANEIRO (Estado). Lei nº 8.625, de 18 de novembro de 2019. Dispõe sobre a Política Estadual de Desenvolvimento Rural Sustentável, de Agroecologia e de Produção Orgânica no Estado do Rio de Janeiro. **Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro**: parte 1, Rio de Janeiro, ano 55, n. 219, 19 nov. 2019. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/legislacao/782174786/lei-8625-19-rio-de-janeiro-rj>. Acesso em: 15 out. 2025.

SANDERMAN, J.; HENGL, T.; FISKE, G. J. Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 36, p. 9575-9580, 21 Aug. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1706103114>. Disponível em: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1706103114>. Acesso em: 04 set. 2025..

SOUZA, A. R. P. O que há em comum entre o PSA, os créditos de carbono, a CPR verde e afins?. **Agronanalysis**, v. 42, n. 12, p. 20-21, dez. 2022.

WILKES, A.; TENNIGKEIT, T.; SOLYMOSI, K. **Planificación nacional para la mitigación de GEI en la agricultura**: documento de orientación. Rome: MICCA: FAO, 2013. 34 p. (Serie de mitigación de cambio climático en la agricultura; 8).

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL (2021). Como funciona o pagamento por serviços ambientais a quem protege e restaura florestas. 14 jun. 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/como-funciona-o-pagamento-por-servicos-ambientais-quem-protege-e-restaura-florestas>. Acesso em: 15 out. 2025.

SOBRE OS AUTORES

Telmo Borges Silveira Filho

É Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e Doutor em Ciências Ambientais e Florestais pela mesma universidade. Possui experiência em gestão florestal e atua como servidor público desde 2006. Superintendente de Mudanças do Clima e Florestas na Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (SEAS). (telmoborges.florestal@gmail.com).

Monise A. F. Magalhães

É Engenheira Florestal, Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com especialização em Unidades de Conservação (UCs). Possui experiência em gestão de projetos ambientais e florestais e políticas públicas. Atua na área há mais de 15 anos. Hoje trabalha para a Superintendência de Mudanças do Clima e Florestas na Subsecretaria de Mudanças do Clima e Conservação da Biodiversidade da Secretaria de Estado do Ambiente e Sustentabilidade do Rio de Janeiro (SEAS). (monise.seas@gmail.com).

Fabiano C. Balieiro

É Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Doutor em Ciência do Solo, pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). É Pesquisador da Embrapa Solos desde 2007 e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Ambientais e Florestas da UFRRJ (desde 2019). Atua nas áreas de ciclagem de nutrientes e dinâmica da matéria

orgânica em florestas naturais e plantadas, e outros agroecossistemas.
(fabiano.balieiro@embrapa.br).

Aldair S. Medeiros

É Licenciado em Ciências Agrárias pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Mestre em Horticultura Tropical pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Doutor em Agronomia (Produção Vegetal) pela Universidade Federal de Alagoas (Ufal), Pós-Doutor em Ciência do Solo na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (USP) e em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). Tem experiência em Agronomia (Fitotecnia e Ciência do Solo). É Professor de Graduação e Pós-Graduação no Campus Professora Cinobelina Elvas da Universidade Federal do Piauí (UFPI) (aldair.medeiros@ufpi.edu.br).