

MONTURO: TECNOLOGIA ANCESTRAL DE MANEJO DA MATÉRIA ORGÂNICA NA RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS EM QUINTAL AGROFLORESTAL

MONTURO: AN ANCESTRAL TECHNOLOGY FOR ORGANIC MATTER MANAGEMENT IN THE RECOVERY OF DEGRADED SOILS IN AGROFORESTRY HOMEGARDENS

Isaias da Silva Pereira¹

RESUMO: O solo é um sistema dinâmico cuja funcionalidade depende da interação entre seus componentes e do manejo adotado, sendo a matéria orgânica fundamental para a estruturação, capacidade de troca catiônica e recuperação de áreas degradadas em ambientes tropicais. Este estudo teve como objetivo avaliar o monturo como tecnologia ancestral de manejo da matéria orgânica, analisando sua distribuição em microperfis de solo e suas implicações nos processos de acúmulo, transformação e incorporação do carbono em quintal agroflorestal, por meio de análise visual. O estudo foi conduzido em Santarém (PA), em três unidades de manejo: solo degradado (U₁), monturo domiciliar (U₂) e área de deposição de resíduos de varrição (U₃). Após um período de um ano e meio, foram abertos microperfis de solo (0,50 cm × 0,50 cm × 0,50 cm), avaliados nas profundidades de 0–10 cm e 10–20 cm, utilizando descrição morfológica associada a uma escala qualitativa de escurecimento. Os resultados indicaram maior acúmulo e transformação da matéria orgânica no monturo (U₂), comportamento intermediário na varrição (U₃) e baixa funcionalidade no solo degradado (U₁). Conclui-se que o monturo é estratégia eficiente para a dinâmica da matéria orgânica e recuperação de solos degradados.

1

Palavras Chaves: matéria Orgânica. Monturo. Análise Visual.

ABSTRACT: Soil is a dynamic system whose functionality depends on the interaction among its components and the management practices adopted, with organic matter playing a key role in soil structure, cation exchange capacity, and the recovery of degraded areas in tropical environments. This study aimed to evaluate the *monturo* as an ancestral technology for organic matter management, analyzing its distribution in soil microprofiles and its implications for carbon accumulation, transformation, and incorporation processes in an agroforestry homegarden, using visual analysis. The study was conducted in Santarém (PA), Brazil, in three management units: degraded soil (U₁), household *monturo* (U₂), and swept residue deposition area (U₃). After a period of one and a half years, soil microprofiles (0.50 m × 0.50 m × 0.50 m) were opened and evaluated at depths of 0–10 cm and 10–20 cm, using morphological description associated with a qualitative darkening scale. The results indicated greater accumulation and transformation of organic matter in the *monturo* (U₂), intermediate behavior in the swept residue area (U₃), and low functionality in degraded soil (U₁). It is concluded that the *monturo* is an efficient strategy for enhancing organic matter dynamics and recovering degraded soils.

Keywords: Organic matter. Monturo. Visual analysis.

¹Doutor em Engenharia Civil - Universidade Federal de Viçosa. Sanitária e Ambiental. Professor do Colégio Técnico de Floriano da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

RESUMEN: El suelo es un sistema dinámico cuya funcionalidad depende de la interacción entre sus componentes y del manejo adoptado, siendo la materia orgánica clave para la estructuración del suelo, la capacidad de intercambio catiónico y la recuperación de áreas degradadas en ambientes tropicales. El estudio tuvo como objetivo evaluar el *monturo* como tecnología ancestral de manejo de la materia orgánica, analizando su distribución en microperfiles del suelo y sus implicaciones en los procesos de acumulación, transformación e incorporación del carbono en un huerto agroforestal, mediante análisis visual. El estudio se realizó en Santarém (PA), Brasil, en tres unidades: suelo degradado (U₁), *monturo* domiciliario (U₂) y área de residuos de barrido (U₃). Tras un período de un año y medio, se abrieron microperfiles de suelo (0,50 m × 0,50 m × 0,50 m), evaluados en profundidades de 0–10 cm y 10–20 cm, mediante descripción morfológica asociada a una escala cualitativa de oscurecimiento. Los resultados indicaron mayor acumulación y transformación de la materia orgánica en el *monturo* (U₂), comportamiento intermedio en U₃ y baja funcionalidad en U₁. Se concluye que el *monturo* es una estrategia eficiente para la dinámica de la materia orgánica y la recuperación de suelos degradados.

Palabras clave: Materia orgânica. Monturo. Análisis visual.

1. INTRODUÇÃO

O solo é caracterizado como um recurso natural dinâmico, no qual ocorre a interação contínua entre partículas minerais, compostos orgânicos, água, gases e a biota edáfica, resultando em uma organização estrutural capaz de sustentar funções ecológicas e produtivas (PRIMAVESI; PRIMAVESI, 2018). Essa abordagem evidencia o solo como um sistema funcional complexo, no qual processos físicos, químicos e biológicos atuam de forma integrada, determinando sua qualidade e capacidade de suporte aos sistemas naturais e produtivos.

A matéria orgânica do solo é formada pela incorporação contínua de resíduos orgânicos, os quais passam por processos de decomposição, transformação e estabilização, contribuindo para a formação de substâncias húmicas e para a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (STEVENSON, 1994). Esses processos estão diretamente associados à formação de agregados e à proteção física do carbono no interior da estrutura do solo, reduzindo sua taxa de decomposição e aumentando seu tempo de residência, o que contribui para a estabilidade do carbono orgânico (SIX et al., 2002).

Em regiões tropicais, o elevado grau de intemperismo resulta em uma fração mineral de baixa atividade química, caracterizada pela predominância de minerais com reduzida capacidade de troca catiônica. A matéria orgânica assume papel central no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), na estabilização estrutural e na recuperação de áreas

degradadas, atuando como principal componente funcional para manutenção da fertilidade do solo (LAL, 2004; BRADY; WEIL, 2013).

Quintais agroflorestais configuram sistemas socioecológicos complexos, caracterizados pela integração entre produção, cultura e processos ecológicos (NAIR, 2004; KUMAR; NAIR, 2004). Nesses sistemas, práticas tradicionais de manejo da matéria orgânica desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes, na manutenção da fertilidade e na resiliência dos agroecossistemas, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos em diferentes sob diferentes manejos.

Em Santarém Pará,¹ no baixo Amazonas, Brasil os resíduos sólidos urbanos são destinados ao lixão do Perema, que opera sem infraestrutura adequada de impermeabilização, drenagem de chorume e captação de gases, caracterizando uma forma ambientalmente inadequada de disposição final (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS, 2019). Nessas condições, a decomposição anaeróbia da fração orgânica favorece a geração de chorume com elevado potencial de contaminação do solo e das águas subterrâneas, além da emissão de metano (CH₄), um gás de elevado potencial de aquecimento global (IPCC, 2006; IPCC, 2019). Estima-se que o município destine cerca de 200 toneladas de resíduos por dia ao local, sendo que, conforme padrões nacionais, mais de 50% corresponde à fração orgânica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS, 2022), evidenciando a magnitude do problema e a necessidade de alternativas de manejo mais sustentáveis.

O monturo configura-se como uma tecnologia ancestral de manejo concentrado de resíduos orgânicos, tradicionalmente utilizada para o reaproveitamento da fração orgânica no próprio local de geração. Essa prática favorecem o sequestro de carbono, a ciclagem de nutrientes e a recuperação de solos degradados, podendo ser compreendida como uma estratégia de manejo que integra processos ecológicos e produtivos (CLEMENT et al., 2015; SCHMIDT et al., 2023). Além disso, apresenta potencial de aplicação em quintais domésticos urbanos como alternativa para mitigação das emissões de gases de efeito estufa e redução da pressão sobre sistemas inadequados de disposição de resíduos.

O uso da metodologia de descrição morfológica em microperfis como indicador pedológico é prática recorrente em levantamentos de campo, sendo amplamente empregada como critério na interpretação das condições e da qualidade do solo (SANTOS et al., 2018). De acordo com Shepherd (2000), o emprego de escalas qualitativas baseadas na observação visual

do solo está alinhado com metodologias consolidadas de avaliação visual da qualidade edáfica, sendo amplamente utilizado para diagnóstico rápido em condições de campo. Configurando-se como uma abordagem relevante para ações de pesquisa, extensão rural e ensino, ao reduzirem a dependência de análises laboratoriais e ampliarem o acesso ao conhecimento técnico.

Além disso, métodos baseados em avaliação visual são amplamente adotados em abordagens participativas, sendo reconhecidos como ferramentas eficazes para integrar o conhecimento científico aos saberes locais e subsidiar práticas de manejo adaptadas às realidades socioambientais (NICHOLLS; ALTIERI, 2004).

O artigo teve como objetivo avaliar o monturo como tecnologia ancestral de manejo da matéria orgânica, analisando a distribuição em microp perfis de solo e suas implicações na manutenção do seu estoque e da potencialidade de recuperação de solo degradado em quintal agroflorestal aplicando-se uma metodologia de análise visual do solo.

2. MÉTODOS

2.1. Local do estudo

O estudo foi conduzido em um quintal agroflorestal localizado na Travessa Itupiranga, bairro Santarenzinho, município de Santarém (PA), nas coordenadas geográficas de 2° 26' 44,00" S e 54° 44' 38,83" W, com área total de 378,59 m². A área apresenta uso multifuncional, com presença de horta e espécies arbóreas frutíferas, incluindo mangueira (*Mangifera indica*), limoeiro (*Citrus limon*), laranjeira (*Citrus sinensis*), goiabeira (*Psidium guajava*) e aceroleira (*Malpighia emarginata*), além de plantas medicinais.

O solo foi classificado como antrópico, O solo foi classificado como antrópico, proveniente de material de empréstimo utilizado em terraplenagem. A camada superficial predominantemente arenosa, com a fração areia dominada por quartzo. Essa composição confere ao material baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, reduzida capacidade de troca catiônica e baixos teores de matéria orgânica, limitando a atividade biológica e a formação de estrutura solta.

O solo foi caracterizado como de origem antrópica, resultante de material de empréstimo proveniente de barranco, sendo muito utilizado em operações de terraplenagem. A camada superficial apresenta textura predominantemente arenosa, essa composição confere baixa capacidade de retenção de água e nutrientes, reduzida capacidade de troca catiônica e

baixos teores de matéria orgânica, limitando a atividade biológica e comprometendo a formação e a estabilidade da estrutura do solo.

O período experimental compreendeu de julho de 2023 a janeiro de 2025, considerado, para fins de análise, o intervalo correspondente a aproximadamente um ano e meio de implantação do sistema de manejo com resíduos orgânicos.

2.2. Unidades de estudo

Foram definidas três unidades de estudo representativas de diferentes condições de deposição e manejo da matéria orgânica no sistema (Figura 1):

U₁ – Solo degradado: caracterizado por baixa cobertura vegetal, reduzido aporte de resíduos orgânicos e predominância de solo exposto;

U₂ – Monturo domiciliar: com deposição contínua e concentrada de resíduos orgânicos domésticos;

U₃ – Área de varrição: caracterizada pelo acúmulo de resíduos vegetais provenientes da limpeza da área, predominantemente folhas, galhos e materiais lignificados.

Em cada unidade, foram delimitadas subáreas de 2 m², nas quais foram abertos microperfis de solo com dimensões de 0,50 cm de comprimento, 0,50 cm de largura e 0,50 cm de profundidade. As avaliações foram realizadas nas profundidades de 0–10 cm e 10–20 cm, com o objetivo de analisar a distribuição vertical da matéria orgânica nos microsperfis do solo.

5

Figura 1. Unidades de estudo utilizadas U₁, U₂ e U₃.



2.3. Avaliação morfológica e classificação qualitativa da matéria orgânica em microperfis

A avaliação da dinâmica da matéria orgânica foi realizada por meio de uma abordagem integrada, baseada na descrição morfológica visual nos microperfis do solo associada à aplicação de uma escala qualitativa de escurecimento, permitindo a caracterização e a sistematização dos padrões de acúmulo e distribuição da matéria orgânica em profundidade nos microperfis.

A descrição morfológica consistiu na observação direta nos microperfis em campo, nas profundidades de 0–10 cm e 10–20 cm, com o objetivo de caracterizar atributos visíveis e interpretar a organização e o funcionamento do sistema. Foram considerados como principais indicadores a intensidade do escurecimento da matriz dos microperfis e a presença de fragmentos orgânicos em diferentes estágios de decomposição.

A coloração do solo foi utilizada como atributo diagnóstico central, por constituir indicador direto da presença e da distribuição da matéria orgânica, uma vez que o escurecimento está associado ao acúmulo de compostos húmicos ou matéria orgânica transformada pela atividade biológica (STEVENSON, 1994; BRADY; WEIL, 2013). Essa abordagem é amplamente empregada em levantamentos pedológicos, na descrição de perfis e na identificação de horizontes diagnósticos, sendo reconhecida como ferramenta relevante na interpretação das condições e da qualidade do solo (SANTOS et al., 2018).

Para sistematizar a análise morfológica e permitir a comparação entre as unidades de estudo, foi aplicada uma escala qualitativa de classificação da matéria orgânica, com atribuição de notas variando de 0 (muito fraca) a 5 (muito forte). A definição das classes baseou-se na avaliação integrada de atributos visuais do solo, considerando: (i) a presença e a quantidade de resíduos orgânicos visíveis; (ii) a intensidade do escurecimento da matriz do solo; e (iii) a continuidade da coloração ao longo do perfil.

As classes foram definidas da seguinte forma: nota 0 – solo claro, sem resíduos; nota 1 – leve escurecimento superficial; nota 2 – escurecimento perceptível até 10 cm; nota 3 – escurecimento associado à presença de resíduos visíveis; nota 4 – escurecimento contínuo com evidências de agregação; e nota 5 – escurecimento profundo, indicando acúmulo significativo de matéria orgânica humificada em profundidade.

O procedimento consistiu na observação sequencial do perfil exposto, considerando a variação da coloração e a presença de materiais orgânicos em cada segmento avaliado. As notas foram atribuídas com base na predominância das características visuais observadas em cada

profundidade, sem o uso de instrumentos laboratoriais, o que permite sua aplicação direta em condições de campo.

A integração entre a descrição morfológica e a escala qualitativa permite a conversão de atributos visuais em indicadores comparativos da dinâmica da matéria orgânica, reduzindo a subjetividade da análise e aumentando sua reprodutibilidade. Essa abordagem apresenta elevada aplicabilidade em diferentes situações, podendo ser utilizada em estudos comparativos, monitoramento da qualidade do solo e suporte à tomada de decisão em sistemas de manejo em agroecossistemas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Dinâmica da matéria orgânica nos microperfis do solo relacionada o manejo

A análise integrada da descrição morfológica e da aplicação da escala qualitativa de escurecimento evidenciou diferenças consistentes e sistemáticas na dinâmica da matéria orgânica entre as unidades de estudo, diretamente associadas ao manejo e ao aporte de resíduos orgânicos. Essa integração metodológica permitiu interpretar, de forma consistente, não apenas o acúmulo superficial, mas também os processos de transformação e incorporação da matéria orgânica ao longo dos microperfis das unidades de estudos.

Na camada superficial (0–10 cm), o solo degradado (U_1) apresentou coloração clara, ausência de cobertura orgânica e predominância da fração arenosa, refletindo baixa atividade biológica e reduzida incorporação de matéria orgânica. Essa condição indica limitação severa na entrada de carbono no sistema, resultando na ausência de frações lábeis da matéria orgânica, especialmente da matéria orgânica particulada (POM), constituindo o principal substrato energético para a microbiota do solo no processo de decomposição (Figura 2).

Em contraste, o monturo (U_2) apresentou escurecimento acentuado da matriz do solo, associado à presença contínua de resíduos em diferentes estágios de decomposição, evidenciando elevada atividade microbiana, rápida transformação da matéria orgânica e maior intensidade dos processos de decomposição, mineralização e síntese da fração humificada (ácidos fúlvicos, húmicos e humina) (Figura 3).

A varrição apresentou escurecimento superficial acentuado, associado ao acúmulo de resíduos vegetais lignificados. Embora o volume de material orgânico seja elevado, a predominância de compostos estruturais mais resistentes, como lignina e celulose, confere

maior recalcitrância ao material, reduzindo a taxa de decomposição e a eficiência dos processos de transformação da matéria orgânica, o que resulta em acúmulo superficial com menor dinamismo biogeoquímico (Figura 4)

Na profundidade de 10–20 cm, observou-se redução do escurecimento em todas as unidades de estudos, refletindo uma mudança de gradiente vertical da matéria orgânica nos microperfils do solo. No solo degradado (U_1), a manutenção da coloração clara e homogênea evidencia ausência de incorporação vertical, caracterizando um sistema com baixa conectividade funcional entre superfície e subsuperfície (Figura 2).

Figura 2. Distribuição da matéria orgânica e escurecimento do microperfil em profundidade na unidade de estudo Solo Degradado.



Por outro lado, o monturo (U_2) apresentou escurecimento moderado, indicando o início da incorporação vertical da matéria orgânica, resultado da ação combinada da atividade biológica e da mobilização de compostos orgânicos solúveis (carbono orgânico dissolvido – COD), que contribuem para a movimentação do carbono ao longo do perfil (Figura 3).

Figura 3. Distribuição da matéria orgânica e escurecimento do microperfil em profundidade na unidade de estudo Monturo.



Na unidade de estudo varrição (U₃), embora também se observe escurecimento moderado, a incorporação em profundidade foi menos expressiva quando comparada ao monturo, refletindo a menor taxa de decomposição dos resíduos lignificados e a limitada produção de compostos orgânicos móveis, o que restringiu a movimentação da matéria orgânica no perfil (Figura 4)

9

Figura 4. Distribuição da matéria orgânica e escurecimento do microperfil em profundidade na unidade de estudo Varrição



A aplicação da escala qualitativa confirmou e quantificou esses padrões morfológicos, evidenciando classificação muito fraca (nota 0) para o solo degradado (U_1) em ambas as profundidades, enquanto o monturo (U_2) e a varrição (U_3) apresentaram classificação forte (nota 4) na camada superficial e mediana (nota 3) na subsuperfície. A redução das notas em profundidade reflete a diminuição da intensidade dos processos biológicos e da disponibilidade de substrato orgânico, evidenciando que a incorporação da matéria orgânica ocorre de forma progressiva e dependente das condições de manejo.

A redução das notas ao longo do perfil indica que a incorporação da matéria orgânica é controlada pela mobilidade dos compostos orgânicos, pela atividade microbiana e pelos mecanismos de estabilização física e interação com a fração mineral, confirmando que a dinâmica da matéria orgânica é fortemente condicionada pelo aporte superficial e pela intensidade dos processos de decomposição e humificação (STEVENSON, 1994). Estudos recentes reforçam que a persistência (sequestro) do carbono no solo está diretamente associada à sua proteção física em agregados e à sua interação química com a fração mineral, sendo fortemente influenciada pelo manejo adotado.

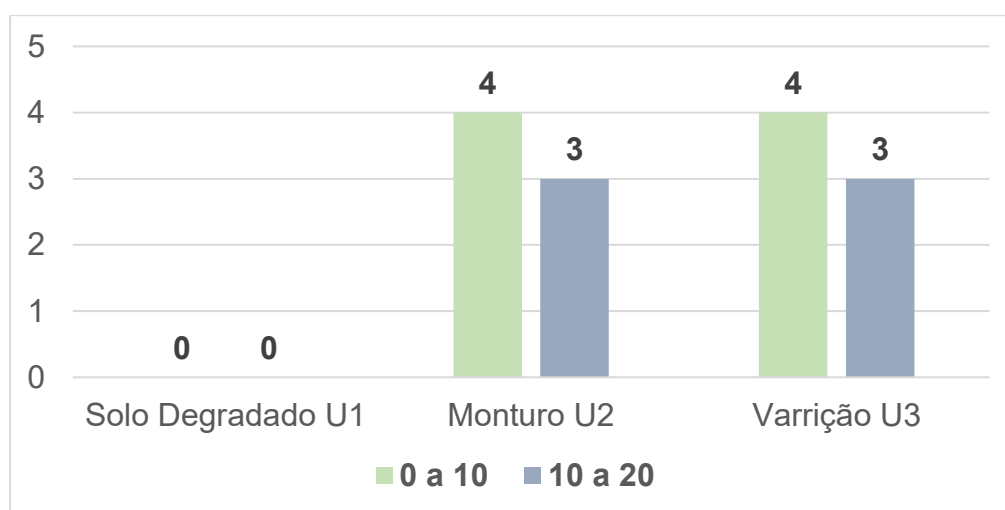
Do ponto de vista dos processos do solo, os resultados evidenciam que a dinâmica da matéria orgânica não é determinada apenas pelo volume de resíduos aportados, mas principalmente pela qualidade e pela forma de deposição desses materiais. No monturo (U_2), o aporte contínuo de resíduos de rápida decomposição favorece maior atividade microbiana, acelera a transformação da matéria orgânica e promove sua incorporação progressiva em mais curto prazo no perfil, contribuindo para a formação de estruturas estáveis e para o aumento dos estoques de carbono.

Além disso, a predominância de quartzo na fração mineral do solo degradado limita a formação de associações organominerais estáveis, reduzindo a capacidade de estabilização da matéria orgânica e aumentando sua vulnerabilidade à perda. Fatores antrópicos — como aplicação sistemática de agrotóxicos (com impactos sobre a biota), compactação, cobertura do solo com restos vegetais, temperatura e umidade — são determinantes na dinâmica do carbono, influenciando simultaneamente os processos de decomposição, sequestro de carbono e emissão de gases de efeito estufa.

A classificação qualitativa da distribuição da matéria orgânica nas duas profundidades avaliadas evidencia a superioridade do monturo (U_2) na promoção do acúmulo, transformação e incorporação da matéria orgânica ao longo do perfil, indicando maior eficiência nos fluxos de

entrada e na estabilização do carbono no sistema. A unidade de varrição (U_3) apresentou desempenho intermediário, com acúmulo restrito à camada superficial e menor incorporação em profundidade, associada à maior recalcitrância dos resíduos e à menor taxa de decomposição. Em contraste, o solo degradado (U_1) apresentou baixa funcionalidade, caracterizada pela limitação dos fluxos de carbono, ausência de incorporação vertical e reduzida capacidade de formação e estabilização de estoques de matéria orgânica no perfil (Figura 5).

Figura 5. Notas da classificação da distribuição da matéria orgânica nos nas profundidades de 0 a 10 cm e 10 a 20 cm nas unidades de estudo (U_1 , U_2 e U_3).



4. CONCLUSÕES

A dinâmica da matéria orgânica nos microperfis do solo das unidades de estudo foi condicionada pelo aporte, pela composição e pela forma de deposição dos resíduos orgânicos.

O monturo, caracterizado pela deposição concentrada e contínua de resíduos, mostrou-se mais eficiente na promoção do acúmulo, transformação e incorporação da matéria orgânica, com implicações diretas no aumento dos estoques de carbono e na recuperação do solo degradado.

O solo degradado (U_1) apresentou baixa funcionalidade, com ausência de acúmulo e incorporação de matéria orgânica, enquanto a varrição (U_3) apresentou comportamento intermediário, com acúmulo superficial e menor incorporação em profundidade, em função da maior recalcitrância dos resíduos.

A análise visual mostrou-se uma metodologia eficiente, sensível e acessível, permitindo a avaliação da dinâmica da matéria orgânica em condições de campo, com baixo custo e fácil

aplicação. Sua utilização favorece a integração entre saberes locais e científicos, ampliando seu potencial em práticas de manejo sustentável e em ações socioambientais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. Avaliação da qualidade da água subterrânea na área do lixão do Perema, Santarém-PA. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 23., 2019. Anais [...]. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH0056-1-20190808-121228.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2022. São Paulo: ABRELPE, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 abr. 2026

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. 13. ed. Boston: Pearson, 2013.

CLEMENT, C. R. et al. The domestication of Amazonia before European conquest. *Proceedings of the Royal Society B*, London, v. 282, n. 1812, 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 5 – Waste. Hayama: IGES, 2006. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>. Acesso em: 20 abr. 2026.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Geneva: IPCC, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>. Acesso em: 20 abr. 2026.

KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. The enigma of tropical homegardens. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, v. 61, p. 135–152, 2004.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, Washington, v. 304, p. 1623–1627, 2004.

NAIR, P. K. R. *Agroforestry systems and environmental quality: introduction*. Dordrecht: Springer, 2004.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. Agroecological bases of ecological engineering for pest management. *Agronomy for Sustainable Development*, Paris, v. 24, n. 1, p. 35–42, 2004.

PRIMAVESI, A.; PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo*. São Paulo: Nobel, 2018.

SCHMIDT, M. J. et al. Intentional creation of carbon-rich dark earth soils in the Amazon. *Science Advances*, Washington, v. 9, n. 3, 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de;

OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1094001>. Acesso em: 21 abr. 2026.

SHEPHERD, T. G. *Visual Soil Assessment. Volume 1: Field guide for pastoral grazing and cropping on flat to rolling country*. Palmerston North: Horizons Regional Council, 2000.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 241, p. 155-176, 2002.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*. 2. ed. New York: Wiley, 1994.