

INFLUÊNCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NOS ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE LUVISSOLOS EM ÁREA DESERTIFICADA

FRANCISCO JOSÉ GOMES DA SILVA JUNIOR¹, LUCIANA LUZIA PINHO², JULIANA MATOS VIEIRA³, RICARDO ESPÍNDOLA ROMERO⁴, GEISIELE COSTA GUILHERME GARCÊZ⁵

¹ Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Rua Campus do Pici, s/n, Bloco 807, Pici, CEP: 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brasil. ORCID: 0009-0009-5067-5480 E-mail: junioragro@alu.ufc.br

² Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Rua Campus do Pici, s/n, Bloco 807, Pici, CEP: 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brasil. ORCID: 0000-0003-3458-713X, E-mail: englucianaufc@gmail.com

³ Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Av. Rui Barbosa, 1246 – Aldeota, CEP: 60115-221, Fortaleza, Ceará, Brasil. ORCID: 0009-0001-9860-0666 E-mail: juliana.vieira@funceme.br

⁴ Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Rua Campus do Pici, s/n, Bloco 807, Pici, CEP: 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brasil. ORCID: 0000-0002-1194-1637 E-mail: reromero@ufc.br

⁵ Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Rua Campus do Pici, s/n, Bloco 807, Pici, CEP: 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brasil. ORCID: 0009-0003-8196-9912 E-mail: geisielegarcez@alu.ufc.br

RESUMO: A degradação do solo pode alcançar níveis extremos, culminando na desertificação. No Brasil, cerca de 16% do território é classificado como Área Suscetível à Desertificação (ASD), caracterizada por um índice de aridez entre 0,05 e 0,65. Este estudo foi conduzido em uma ASD localizada na Comunidade Riacho do Brum, Médio Jaguaribe, Ceará, Brasil. Foram selecionados Luvissois sob diferentes coberturas vegetais: Área mantida em pousio (AP) desde 2020; Área com práticas conservacionistas (AC) realizadas desde 2014; Área com alto grau de degradação (AD) e horizonte A erodido; e Área com vegetação preservada (AM) e espontânea mais densa, sem práticas agrícolas. Em cada tratamento, foram abertas seis minitrincheiras e foram coletadas amostras dos dois horizontes mais superficiais de cada ponto. As análises morfológicas foram realizadas em campo e o Carbono Orgânico Total (COT) foi quantificado via seca, com analisador elementar. Os resultados indicaram que a quantidade de COT esteve fortemente associada aos aspectos morfológicos de cor (valor e croma), de consistência (seca e úmida) e de plasticidade, reforçando o papel da matéria orgânica como indicadora da qualidade do solo em áreas degradadas.

Palavras-chaves: desertificação, semiárido, aspectos morfológicos

INFLUENCE OF ORGANIC MATTER ON THE MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES OF LUVISOLS IN A DESERTIFIED AREA

ABSTRACT: Soil degradation can reach extreme levels, culminating in desertification. In Brazil, approximately 16% of the territory is classified as an area susceptible to desertification (ASD), characterized by an aridity index between 0.05 and 0.65. This study was conducted in an ASD located in the Riacho do Brum Community, Médio Jaguaribe, Ceará, Brazil. Luvisols under different vegetation covers were selected: areas maintained fallow (AP) since 2020; areas with conservation practices (AC) carried out since 2014; areas with a high degree of degradation (AD) and eroded A horizons; and areas with preserved vegetation (AM) and denser spontaneous vegetation without agricultural practices. In each treatment, six mini-trenches were opened, and samples were collected from the two most superficial horizons of each point. Morphological analyses were performed in the field, and total organic carbon (TOC) was quantified via dry matter analysis using an elemental analyzer. The results indicated that the amount of TOC was strongly associated with the morphological aspects of color (value and chroma), consistency (dry and wet), and plasticity, reinforcing the role of organic matter as an indicator of soil quality in degraded areas.

Keywords: desertification, semi-arid, morphological aspects

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que aproximadamente 40% das terras do planeta apresentam algum grau de degradação, o que quer dizer que a degradação do solo atinge, de forma direta ou indireta, em torno de 3,2 bilhões de pessoas em todo o mundo. Esse processo está associado à diminuição significativa da diversidade biológica e à perda de produtividade agrícola e ambiental, acarretando impactos socioeconômicos expressivos que, em termos anuais, são estimados em trilhões de dólares (Sutton *et al.*, 2016). Quando essa degradação atinge níveis mais extremos e persistentes, pode culminar no processo de desertificação.

A desertificação é definida como a degradação do solo em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante da interação de fatores naturais, como a variabilidade climática, e de atividades humanas inadequadas, dentre as quais estão o desmatamento, o sobrepastejo, o manejo agrícola insustentável e o uso intenso dos recursos naturais (UNCCD, 1994). É um processo multifatorial e complexo que afeta a integridade física e química do solo e a consequente manutenção de suas funções ecossistêmicas.

Esse fenômeno é particularmente frequente nas regiões semiáridas, que cobrem aproximadamente 41% do globo terrestre e que abrigam mais de 250 milhões de pessoas no mundo (Huang *et al.*, 2020). Os serviços ecossistêmicos dessas áreas, que incluem a regulação climática, a ciclagem de nutrientes, a produção de alimentos e a conservação da biodiversidade, elevam sua importância socioambiental (WU *et al.*, 2021). No entanto, a sua sensibilidade aos efeitos das mudanças climáticas, combinada às pressões antrópicas, potencializa a ocorrência e a intensificação do processo de desertificação (Burrell; Evans; Kauwe, 2020).

Na região semiárida do Brasil, aproximadamente 16% das terras são consideradas Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD); elas abrangem as áreas em que o índice de aridez está entre 0,05 e 0,65,

sendo este índice calculado pela razão entre a precipitação média anual e a evapotranspiração de referência média anual (Ceará, 2010; Brasil, 2007).

Assim, há urgência no controle da desertificação em todo o mundo, por sua influência negativa na concretização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, sobretudo a Erradicação da Pobreza (ODS 1), a Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2) e a Vida Terrestre (ODS 15), que buscam promover o equilíbrio entre desenvolvimento socioeconômico e preservação do meio ambiente (Smith *et al.*, 2020).

Diante desse cenário e da necessidade de compreensão das interações entre os atributos do solo e as práticas de manejo que podem favorecer sua recuperação, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da matéria orgânica sobre os atributos morfológicos dos horizontes mais superficiais dos solos de uma área degradada em processo de recuperação sob diferentes condições de cobertura vegetal, decorrentes do manejo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Comunidade Riacho do Brum, que está situada na região do Médio Jaguaribe, no estado do Ceará, Brasil, a aproximadamente 238 km de distância de Fortaleza. Trata-se de uma região relevante ambiental e socioeconomicamente por estar inserida no contexto semiárido brasileiro, com alta variabilidade climática e solos suscetíveis à degradação.

O município de Jaguaribe, onde a comunidade está inserida, apresenta temperatura média anual que varia entre 26°C e 28°C (Funceme, 2009) e precipitação média anual de 676,9 mm com período chuvoso de janeiro a abril. O clima predominante é classificado como tropical quente semiárido e tropical quente semiárido brando segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2017). A estimativa de evaporação potencial é de 1.080 mm ano⁻¹ (Braga; Varejão-Silva, 1990). A irregularidade do regime pluviométrico e os balanços hídricos

negativos ao longo do ano, associados à vegetação caducifólia típica da região, causam claras diferenças na paisagem ao longo do ano.

A região do Riacho do Brum vem sendo alvo de intervenções técnicas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) desde 2012, através do Projeto de Recuperação de Área Degradada da Sub-bacia Hidrográfica do Riacho do Brum – Jaguaribe/CE.

Para a execução do trabalho, foram selecionados perfis de Luvisolos expostos a quatro condições contrastantes de uso e cobertura vegetal: Área em pousio (AP) – mantida sem uso agrícola desde 2020, com entrada controlada de caprinos, favorecendo a regeneração parcial de vegetação; Área com práticas conservacionistas (AC) – onde são realizadas as intervenções técnicas por profissionais da Funceme desde 2014; Área com alto grau de degradação (AD) – caracterizada por apresentar horizonte A erodido, baixa cobertura vegetal e sem qualquer prática conservacionista; e Área com vegetação preservada (AM) – com vegetação espontânea mais densa e sem práticas agrícolas, em melhor estado de conservação pela ausência de histórico recente de uso agrícola.

Foram abertas seis minitrincheiras em cada tratamento, priorizando pontos com maior representatividade das condições de desenvolvimento da vegetação e coletados materiais dos dois horizontes mais superficiais de cada ponto.

As análises morfológicas compreenderam a descrição da espessura e profundidade dos horizontes, da cor nas condições seca e úmida, da textura, da consistência (seca, úmida e molhada) e da estrutura (grau de desenvolvimento, forma e tamanho). Elas foram realizadas em campo,

seguindo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (Santos *et al.*, 2013) e utilizando-se a Carta de Munsell.

A quantificação do Carbono Orgânico Total (COT) foi realizada por combustão via seca, em laboratório, com uso de analisador elementar de alta precisão, conforme a metodologia descrita por Nelson e Sommers (1996). Para a análise estatística, foram atribuídos valores quantitativos às características de matiz, estrutura e consistência, o que possibilitou a aplicação de métodos quantitativos e a realização de correlações entre o teor de COT e os atributos morfológicos (Silva Júnior, 2025).

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$) e, mediante ausência de distribuição normal, procedeu-se com a análise de correlação de Spearman. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software Statistical Analysis Systems – SAS (SAS, 1989).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na análise de correlação de Spearman entre o Carbono Orgânico Total (COT) e os atributos morfológicos dos Luvisolos (Tabela 1), observou-se associação expressiva e positiva entre algumas variáveis e os teores de COT, enquanto outras não demonstraram relação significativa. Em particular, as consistências seca ($r = 0,40132$; $p = 0,0047$) e úmida ($r = 0,36158$; $p = 0,0116$) apresentaram correlação significativa (Tabela 1), indicando que solos com maior teor de matéria orgânica tendem a apresentar também maior coesão e resistência em condições secas e úmidas, destacando a sua influência na estabilidade de agregados mesmo em condições climáticas desfavoráveis.

Tabela 1. Análise de Correlação de Spearman entre o COT e os atributos morfológicos de Luvisolos em área desertificada sob diferentes manejos

Variável	r	p	Associação
Espessura	-0,18641	0,2046	Não significativa
Matiz (cor seca)	-0,14697	0,3188	Não significativa
Valor (cor seca)	-0,42153	0,0028	Significativa e negativa
Croma (cor seca)	-0,27154	0,0619	Não significativa
Matiz (cor úmida)	0,01579	0,9152	Não significativa
Valor (cor úmida)	-0,50697	0,0002	Significativa e negativa
Croma (cor úmida)	-0,37359	0,0089	Significativa e negativa
Forma (estrutura)	0,06577	0,6569	Não significativa
Tamanho (estrutura)	-0,04596	0,7564	Não significativa
Grau (estrutura)	0,27450	0,0590	Limítrofe positiva
Consistência seca	0,40132	0,0047	Significativa e positiva
Consistência úmida	0,36158	0,0116	Significativa e positiva
Plasticidade	0,48740	0,0004	Significativa e positiva
Pegajosidade	0,12031	0,4154	Não significativa

r: coeficiente de correlação; p: significância estatística

Fonte: Os autores (2025)

Houve uma tendência de associação positiva com o grau de desenvolvimento da estrutura ($r = 0,27450$; $p = 0,0590$); a influência da matéria orgânica na capacidade de retenção de água e fertilidade do solo pela melhoria da estrutura do solo também foi notada por Oliveira, Souza & Nascimento (2020), Silva *et al.* (2021) e Silva *et al.* (2023). Esse resultado está associado à capacidade da matéria orgânica de contribuir para a formação e a manutenção de uma estrutura mais bem desenvolvida, ainda que a manutenção da matéria orgânica do solo seja dificultada pelas condições climáticas dessa região, com precipitações concentradas apenas em alguns meses do ano.

A plasticidade apresentou correlação positiva e significativa com o COT ($r = 0,48740$; $p = 0,0004$), reforçando a ideia de que a matéria orgânica pode exercer influência direta sobre a capacidade do solo de deformar-se plasticamente sem ruptura, assim como foi observado por Keller e Dexter (2012) que, ao estudarem a correlação entre a plasticidade e a textura e entre a plasticidade e a matéria orgânica do solo e, ao analisarem solos de textura semelhante e com diferentes porcentagens de matéria orgânica, perceberam forte correlação entre a MOS e a plasticidade, destacando que solos com maior teor de matéria orgânica tendem a apresentar maior

plasticidade devido ao aumento da coesão e retenção de água nos agregados.

No que se refere à cor dos horizontes, algumas variáveis não apresentaram correlação significativa com o COT, entre elas, o matiz seco ($r = -0,14697$; $p = 0,3188$), matiz úmido ($r = 0,01579$; $p = 0,9152$) e croma seco ($r = -0,27154$; $p = 0,0619$). Por outro lado, valor seco ($r = -0,42153$; $p = 0,0028$) e úmido ($r = -0,50697$; $p = 0,0002$) bem como croma úmido ($r = -0,37359$; $p = 0,0089$), apresentaram correlação significativa com o COT, o que pode ser justificado pelo escurecimento dos horizontes estudados causado pelo aumento do teor de matéria orgânica. Esse efeito ocorre por causa do processo pedogenético de melanização, em que a matéria orgânica corrobora a intensificação da cor escura no solo. Achados semelhantes foram observados por Silva *et al.* (2024) estudando o estoque de carbono nos horizontes superficiais de Luvisolos, Cambissolos e Argissolos e por Barbosa (2024) ao analisar a qualidade de Luvisolos do Ceará.

As outras variáveis avaliadas não apresentaram correlações significativas com o COT, incluindo a espessura do horizonte ($r = -0,18641$; $p = 0,2046$), a forma da estrutura ($r = 0,06577$; $p = 0,6569$), o tamanho da estrutura ($r = -0,04596$; $p = 0,7564$) e a pegajosidade ($r = 0,12031$; $p = 0,4154$), indicando que esses

atributos morfológicos tendem a ser menos influenciados pelo teor de matéria orgânica ou ainda, que sua expressão depende de outros fatores, como textura, manejo e histórico do uso do solo, por exemplo.

4 CONCLUSÕES

Através da análise de correlação de Spearman, pôde-se perceber que há forte correlação entre a quantidade de carbono orgânico total e a cor (especialmente valor e croma), decorrente do processo de melanização, e entre o COT e as consistências seca, úmida e a plasticidade dos solos. Esses resultados confirmam a influência da matéria orgânica sobre atributos morfológicos de Luvisolos degradados e em recuperação, reforçando seu papel como indicador da qualidade do solo em áreas degradadas.

5 AGRADECIMENTOS

Às agências de fomento – CNPq, CAPES e FUNCAP, pela concessão de bolsas de pesquisa que possibilitaram a realização deste estudo; ao INCTAgriS, pelo apoio financeiro, que viabilizou atividades de campo e análises laboratoriais; à FUNCEME, pelo suporte técnico e trabalho realizado na área de estudo; e ao proprietário da área de estudo, Sr. Neto do Brum, pela disponibilidade da área experimental e generosa colaboração com informações sobre o histórico da região, essenciais para o desenvolvimento e a execução deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS

BARBOSA, T. C. S. **Qualidade do solo nos sertões dos Inhamuns-CE e os processos de degradação e recuperação ambiental**. 2024. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

BRAGA, C. C.; VAREJÃO-SILVA, M. A. Distribution statistique des disponibilités en eau (Precipitation moins évapotranspiration) pour la production agricole, et cartographie de

ces distributions. **Météorologie**, Paris, n. 34, p. 30-39, 1990.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação no Brasil**. Brasília, DF: MMA, 2007.

BURRELL, A. L.; EVANS, J. P.; KAUWE, M. G. de. Anthropogenic climate change has driven over 5 million km² of drylands towards desertification. **Nature communications**, Londres, v. 11, n. 1, article 3853, 2020.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE)**. Fortaleza: MMA: SRH, 2010.

HUANG, J.; ZHANG, G.; ZHANG, Y; GUAN, X. G.; YUN, W.; GUO, R. Global desertification vulnerability to climate change and human activities. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 31, n. 11, p. 1380-1391, 2020.

IPECE. **Perfil básico municipal 2017**. Fortaleza: IPECE, 2017. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: jun. 2025.

KELLER, T.; DEXTER, A. R. Plastic limits of agricultural soils as functions of soil texture and organic matter content. **Soil Research**, Melbourne, v. 50, n. 1, p. 7-17, 2012.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M.E. (ed.) **Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. v. 5, p. 961-1010.

OLIVEIRA, T. C.; SOUZA, R. A.; NASCIMENTO, M. M. Dinâmica da salinidade em Neossolos Flúvicos sob irrigação no Semiárido. **Revista**

Agroambiental, Pouso Alegre, v. 12, n. 3, p. 91-101, 2020.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA T. F. C. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013.

SILVA, J. F.; ARAÚJO, E. A.; MOREIRA, W. C. L.; FILGUEIRA, V.; MOREIRA, J. G. V. Caracterização pedológica e estoques de carbono em solos da formação geológica Solimões, Amazônia Sul-ocidental. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, Belém, v. 19, n. 2, p. 57-70, 2024.

SILVA, M. S. L.; OLIVEIRA NETO, M. B. de; FERNANDES, F. E. P.; SOUZA, S. L. de; SILVA, A. F.; FELISBERTO, N. R. de O.; OLIVEIRA, L. S.; ARAUJO FILHO, J. C de; PARAHYBA, R. da B. V.; SANTANA, C. C. M. de; LIMA, R. A.; LIMA, L. M. J. M.; SILVA, T. D. S. da. **Práticas de manejo e conservação do solo e da água na gestão sustentável de agroecossistemas da bacia leiteira caprina integrada da Paraíba e Pernambuco**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2023.

SILVA, T. G. F.; QUEIROZ, M. G. de; ZOLNIER, S.; SOUZA, L. S. B. de; SOUZA, C. A. A. de; MOURA, M. S. B. de; ARAÚJO, G. G. L. de; STEIDLE NETO, A. J.; SANTOS, T. S.; MELO, A. L.; CRUZ NETO, J. F. da; SILVA, M. J. da; ALVES, H. K. M. N. Soil properties and microclimate of two predominant landscapes in the Brazilian semiarid region: comparison between a seasonally dry tropical forest and a deforested area. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 207, article 104852, 2021.

SILVA JÚNIOR, F. J. G. **Atributos dos horizontes superficiais em solos de áreas desertificadas sob processo de recuperação**.

2025. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025.

SMITH, P.; CALVIN, K.; NKEM, J.; CAMPBELL, D.; CHERUBINI, F.; GRASSI, G.; KOROTOV, V.; HOANG, A. L.; LWASA, S.; MCELWEE, P.; NKONYA, E.; SAIGUSA, N.; SOUSSANA, J.; TABOADA, M. A.; MANNING, F. C.; NAMPANZIRA, D.; ARIAS-NAVARRO, C.; VIZZARRI, M.; HOUSE, J.; ROE, S.; COWIE, A.; ROUNSEVELL, M.; ARNETH, A. Which practices co-deliver food security, climate change mitigation and adaptation, and combat land degradation and desertification? **Global Change Biology**, Oxford, v. 26, n. 3, p. 1532-1575, 2020.

SAS. Statistical analysis system user's guide. version 6.4. Cary: Statistical Analysis Systems Institute Inc., 1989.

SUTTON, P. C.; ANDERSON, S. J.; COSTANZA, R.; KUBISZEWSKI, I. The ecological economics of land degradation: Impacts on ecosystem service values. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 129, p. 182-192, 2016.

UNCCD. **United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa**. Paris: UNCCD, 1994. Disponível em: https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=IND&mtdsg_no=XXVII-10&chapter=27&clang=en. Acesso em: jun. 2025.

WU, Y.; ZHANG, X.; LI, C.; XU, T.; HAO, F.; YIN, G. Ecosystem service trade-offs and synergies under influence of climate and land cover change in an afforested semi-arid basin, China. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 159, article 106083, 2021.