

AGREGAÇÃO E SUBSTÂNCIAS HÚMICAS COMO INDICADORES DE QUALIDADE DO SOLO NO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ

Data de aceite: 01/04/2024

Isabella Silva Lopes

Estudante de Engenharia Florestal
(UFRRJ)

Matheus Corrêa de Oliveira

Estudante de Agronomia (UFRRJ)

Ingrid Cardoso Estaky Cabral

Estudante de Engenharia Agrícola e
Ambiental (UFRRJ)

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Doutorando (PPGA-CS/UFRRJ)

Cristiane Figueira da Silva

Pós doutoranda (PPGA-CS/UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor do Departamento de Solos
(UFRRJ)

RESUMO: O objetivo do estudo foi avaliar a agregação e os teores de carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo em uma topossequência sob diferentes coberturas vegetais, no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras indeformadas na camada de 0–10 cm em áreas de Argissolo Vermelho-Amarelo (terço superior da paisagem) e Argissolo

Amarelo (terço médio) sob diferentes coberturas vegetais. Foi avaliado o diâmetro médio ponderado dos agregados (DMP) e quantificado os teores de carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo (MOS) em relação aos teores de carbono orgânico total (COT). Verificou-se maiores valores de DMP nos agregados do terço médio. Em relação ao COT, observou-se no terço superior maiores teores. Não houve diferença entre as áreas em relação aos valores das substâncias húmicas, com exceção da humina, sendo observado maiores valores no terço médio da paisagem.

PALAVRAS-CHAVE: carbono orgânico total, estrutura do solo, topossequência

AGGREGATION AND HUMIC SUBSTANCES AS INDICATORS OF SOIL QUALITY IN THE JARDIM BOTÂNICO OF THE UFRRJ

ABSTRACT: The aim of the study was to assess the degree of aggregation and the carbon content of the humic fractions of soil organic matter in a toposequence under different vegetation covers at the Jardim Botânico of Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Undeformed samples

were collected in the 0-10 cm layer in areas of Argissolo Vermelho-Amarelo (upper third of the landscape) and Argissolo Amarelo (middle third) under different vegetation covers. The weighted average aggregate diameter (WAD) was assessed and the carbon content of the humic fractions of soil organic matter (SOM) was quantified in relation to the total organic carbon (TOC) content. The highest WAD values were observed in the aggregates of the middle third. With regard to TOC, higher levels were found in the upper third. There was no difference between the areas in terms of humic substance values, with the exception of humin, which had a higher values in the middle third of the landscape.

KEYWORDS: soil structure, toposequence, total organic carbon

INTRODUÇÃO

Jardins Botânicos são áreas criadas com a finalidade de promover a conservação dos ecossistemas naturais a partir de estudos, pesquisas e educação socioambiental, além de servirem como área de recreação e proximidade com a natureza em grandes centros urbanos (SCHULTZ et al., 2019). Entre todos os serviços ecossistêmicos promovidos pelas áreas de parques naturais, podemos ressaltar para este estudo o sequestro de carbono e a retenção de água pelo solo. Neste contexto, alguns atributos do solo podem ser utilizados na avaliação da qualidade do solo dessas áreas.

A estrutura e a matéria orgânica do solo (MOS) são importantes indicadores da qualidade do solo devido a elevada susceptibilidade às alterações antrópicas. A estrutura do solo refere-se a organização das partículas unitárias sólidas do solo (areia, silte e argila). Essas partículas podem reunir-se em unidades estruturais de maior tamanho, sendo denominadas de agregados. Essa organização se dá pelo processo de agregação, no qual as substâncias húmicas possuem papel fundamental na cimentação das partículas e estabilidade dos agregados (LEPSCH, 2021). Essa interação também promove proteção física da MOS, permitindo o seu acúmulo. O tamanho e o grau do desenvolvimento dos agregados do solo podem influenciar na infiltração e retenção de água no solo, aeração e resistência a penetração de raízes. Servindo, portanto, como indicadores de processos de degradação do solo (LEPSCH, 2021).

As substâncias húmicas (SHs) são substâncias orgânicas complexas que compõe de 60% a 80% da MOS, sendo frações bastante estáveis e resistentes aos ataques microbianos e enzimáticos (LEPSCH, 2021). Em regiões de clima tropical, os principais fatores que atuam na formação das SHs são a temperatura e drenagem que, por sua vez, influenciam na atividade biológica (CUNHA et al., 2005). A partir do exposto, o estudo teve como objetivo avaliar o grau de agregação e os teores de carbono das frações húmicas da MOS em uma topossequência sob diferentes coberturas vegetais, no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Jardim Botânico (JB) do campus da UFRRJ, localizado no município de Seropédica, RJ. O município está sob o predomínio do bioma Mata Atlântica e clima tropical úmido (Aw, segundo a classificação de Koppen). A amostragem foi distribuída em duas áreas localizadas em uma topossequência (terços superior e médio) com pequena variação na declividade, porém com coberturas vegetais distintas. O terço superior é dominado por espécies arbóreas das famílias botânicas Rubiaceae, Lecythidaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae e Fabaceae; o terço médio é caracterizado por vegetação rasteira da família Poaceae e ausência de espécies arbóreas (LIMA et al., 2019). Segundo PINHEIRO JUNIOR et al. (2022), as classes de solo dos pontos coletados foram Argissolo Vermelho-Amarelo e Argissolo Amarelo para os terços superior e médio, respectivamente, classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018).

Em cada ponto da topossequência foram coletadas, com o auxílio de um enxadão, no período chuvoso, quatro amostras simples de terra deformadas e indeformadas (torrões) na profundidade de 0–10 cm para compor uma amostra composta, em um total de seis amostras compostas por terço. No terço com a presença de espécies arbóreas, a coleta foi realizada sob a copa das árvores. Após a coleta, para avaliação da fertilidade do solo, as amostras de terra foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm. Foram realizadas as seguintes análises químicas: a) pH em água na relação 1:2,5 (solo: água); b) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} trocáveis extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, analisados por titulometria; c) P, K⁺ e Na⁺ extraídos pelo método Mehlich⁻¹ e analisados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente; d) H+Al avaliados a através de solução de acetato de cálcio 0,025 mol L⁻¹, e carbono orgânico total pela oxidação via úmida, com dicromato de potássio segundo TEIXEIRA et al. (2017). A partir dos dados obtidos foram calculados o Valor S (soma dos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio) e o Valor T.

Para avaliação da estabilidade de agregados e das SHs, as amostras indeformadas foram secas ao ar e posteriormente submetidas a peneiramento, utilizando-se um conjunto de peneiras de 8,0 e 4,0 mm de malha. Na sequência, 25 g de agregados foram pesados e submetidos à análise de estabilidade via úmida, utilizando-se tamisação vertical, com conjunto de peneiras com malha decrescente, a saber: 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; e 0,106 mm, por 15 min, no aparelho de Yoder (Yoder, 1936). A partir dos dados de massa de agregados, foi calculado seu diâmetro médio ponderado (DMP) (TEIXEIRA et al., 2017).

Os agregados que não foram submetidos a peneiramento úmido, foram destorroados e passados por peneira de 2,0 mm de diâmetro de malha para obter a fração terra fina seca ao ar (TFSA). O carbono orgânico total (COT) foi determinado via oxidação úmida da matéria orgânica do solo segundo YEOMANS; BREMNER (1988). As SHs foram obtidas pela extração e separação por meio da solubilidade diferencial da matéria orgânica do solo

(MOS) em meio básico ou ácido (ácidos fúlvicos e húmicos) e o resíduo (humina) (BENITES et al., 2003). A determinação do carbono orgânico em cada uma das frações húmicas, ácidos fúlvicos (C-FAF), ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-FHUM), foi realizada de acordo com YEOMANS; BREMNER (1988). A partir dos resultados obtidos, foi calculado a porcentagem em que cada fração húmica em relação ao COT.

Os dados foram analisados quanto a normalidade dos resíduos e a homocedasticidade das variâncias por meio dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. As variáveis que não apresentarem distribuição normal ou homogeneidade foram transformadas de acordo com o teste de Box-Cox e foram novamente testadas. Na sequência, os dados foram submetidos à análise de variância com aplicação do Teste T de Bonferroni a 5% quando os pressupostos de normalidade e homogeneidade foram atendidos (variáveis transformadas ou não). Estas análises foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar 4.6. Algumas variáveis não atenderam os pressupostos da análise de variância mesmo após transformação, nesses casos, foram analisadas pelo teste não-paramétrico de Mann Whitney a 5% mais diferença mínima significativa de Fisher (LSD) com correção de Bonferroni. Adicionalmente foi realizada a análise de componentes principais (APC) baseada na matriz de correlação de Pearson. Todos os testes estatísticos foram realizados à 5% de significância pelo Software R (R CORE TEAM, 2020) com os pacotes “ExpDes.pt” e “Ggplot2”.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tanto a agregação do solo quanto os teores de carbono das frações húmicas da matéria orgânica do solo (MOS) foram influenciados pelas condições edáficas inerentes ao ponto da paisagem avaliado (Tabela 1).

Tabela 1: Diâmetro médio ponderado (DMP), carbono orgânico total e fracionamento químico da matéria orgânica de agregados do solo (profundidade de 0-10 cm) de áreas com diferentes coberturas vegetais no Jardim Botânico, Seropédica–RJ.

Terços	DMP ⁽³⁾	COT ⁽¹⁾	CAH ⁽¹⁾	CAF ⁽¹⁾	CHum ⁽¹⁾	CAF ⁽²⁾	CAH ⁽¹⁾	CHum ⁽¹⁾	CSH ⁽¹⁾	CNH ⁽¹⁾
	mm	-----g kg ⁻¹ -----				-----%-----				
Superior	4,21 b	33,03 a	3,82 a	1,92 a	8,28 a	5,82 a	11,83 a	24,69 b	42,34 b	37,54 b
Médio	4,77 a	25,03 b	3,51 a	1,88 a	10,32 a	7,76 a	14,21 a	40,49 a	62,46 a	57,66 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem os pontos da topossequência. ⁽¹⁾ ANOVA + Test T de Bonferroni sem transformação dos dados a 5% de probabilidade; ⁽²⁾ ANOVA + Test T de Bonferroni com transformação dos dados a 5% de probabilidade; ⁽³⁾ Teste de Kruskal-Wallis + diferença mínima significativa de Fisher (LSD) com correção de Bonferroni. DMP: Diâmetro; médio ponderado; COT: Carbono orgânico total; CAF: Carbono orgânico da fração ácido fúlvico; CAH: Carbono orgânico da fração ácido húmico; CHum: Carbono orgânico da fração humina; CSH: Carbono das substância húmicas; e CNH: Carbono não humificado.

Os maiores valores de DMP foram quantificados na área do terço médio da encosta (Tabela 1). Entretanto, os valores de DMP observados em ambas as áreas foram superiores à 4,00 mm, indicando elevada estabilidade dos agregados. Agregados com valores de DMP superiores a 2,00 mm indicam solos com condições físicas estáveis e favoráveis em relação a aeração e infiltração de água (BRIEDIS et al., 2012; SCHULTZ et al., 2019). Esta variável pode ser relacionada aos teores de C-HUM, que também foram maiores neste terço. A humina é a fração húmica responsável pela formação e estabilidade de agregados e em solos tropicais representa a maior parte do carbono humificado do solo (BENITES et al., 2003). As raízes finas das gramíneas da família Poaceae podem ter favorecido a formação e estabilidade dos agregados, promovendo a proteção e humificação da MOS. Foi verificado no terço superior maiores teores de COT, evidenciando a contribuição das copas das espécies arbóreas no aporte constante de material orgânico. Não foi observada contribuição das coberturas vegetais nas frações ácido húmico e ácido fúlvico (Tabela 1).

Na análise de componentes principais (ACP) foi observada variância acumulada para os componentes principais (PC) 1 e 2 de 66% (Figura 1). Analisando a Figura 1 foi possível verificar uma nítida separação dos pontos avaliados da topossequência. Ambos separados ao longo dos dois eixos, a saber: a área do terço superior no quadrante superior esquerdo; e a área do terço médio no quadrante inferior direito (Figura 1). As variáveis que apresentaram elevada correlação ($-0,70 \leq r \leq 0,70$), contribuindo fortemente para a formação do PC (45,5%; eixo de maior relevância) foram %HUMag (0,97), %SHag (0,92), valor S (0,94), K⁺ (0,89), Ca²⁺ (0,86), DMP (0,85), Mg²⁺ (0,81), P (0,81), Na⁺ (0,75), valor V (0,75) e %CNHag (-0,92). Em relação ao PC2, este explicou 20,3% da variabilidade total dos dados e teve como principais variáveis correlacionadas CFAFag (0,86), H+Al (0,84) e valor T (0,81).

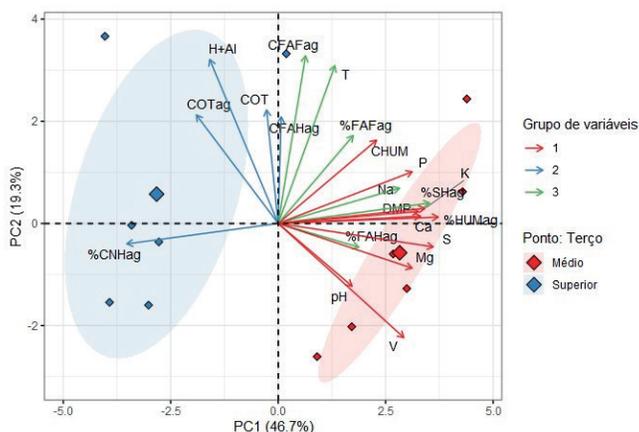


Figura 1: Análise de componentes principais integrando as variáveis numa toposequência sob diferentes coberturas vegetais, no Jardim Botânico da UFRRJ.

DMP: Diâmetro médio ponderado; COT: Carbono orgânico total; pH: Acidez ativa; Ca^{2+} : Cálcio trocável; Mg^{2+} : Magnésio trocável; H+Al: Acidez potencial; K^+ : Potássio trocável; P: Fósforo disponível; S: Soma de bases; T: Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: Saturação de bases; COTag: Carbono orgânico total dos agregados; CFAFag: Carbono da fração ácido fúlvico dos agregados; CFAHag: Carbono da fração ácido húmico dos agregados; CHUMag: Carbono da fração húmica dos agregados; %FAFag: Porcentagem de carbono da fração ácido fúlvico dos agregados; %FAHag: Porcentagem de carbono da fração ácido húmico dos agregados; %HUMag: Porcentagem de carbono da fração húmica dos agregados; %SH: Porcentagem de carbono humificado dos agregados; e %CNH: Porcentagem de carbono não humificado dos agregados.

Através da aplicação do método das k-médias, foi possível agrupar as variáveis em três “cluster” distintos, o 1º cluster é formado pelos atributos pH, CHUMag, %HUMag, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , P, valor S, valor V e DMP, estes atributos estão mais associados à área do terço médio da paisagem; o 2º cluster é composto por CFAHag, COTag, %CNHag, H+Al e COT, a maior parte dos seus atributos estão relacionados à área do terço superior da encosta; e o 3º cluster é formado pelos atributos CFAFag, %FAFag, %FAHag, %SHag, Na^+ e valor T.

CONCLUSÕES

Foi verificado um elevado grau de agregação em ambas as áreas, com destaque para o terço médio da paisagem. Esse elevado grau de agregação pode estar associado aos teores de carbono da fração húmica, que foram maiores nesta área. A análise dos componentes principais foi eficiente no agrupamento das variáveis que estão mais associadas a cada um dos terços.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da CAPES, CNPq, FAPERJ, PPGA-CS/UFRRJ E Jardim Botânico/UFRRJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENITES, V. M., MADARI, B., MACHADO, P. L. O. A. **Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 7p., 2003.

BRIEDIS, C.; SÁ, J.C.M.; CAIRES, E.F.; NAVARRO, J.F.; INAGAKI, T.M.; BOER, A.; NETO, C.Q.; FERREIRA, A.O.; CANALLI, L.B.; SANTOS, J.B. **Soil organic matter pools and carbon-protection mechanisms in aggregates classes influenced by surface liming in a no-till system.** *Geoderma*, 170:80-88, 2012.

CUNHA, T. J. F.; CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; RIBEIRO, L. P. **Fracionamento da matéria orgânica humificada de solos brasileiros.** In.: CANELLAS, L. P. & SANTOS, G. A LEPSCH, I F. 19 lições de pedologia 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 310p

LIMA, S S.; CABREIRA, W V.; SILVA, R G.; SILVA, R M.; SANTOS, R N.; FERNANDES, D.A.C.; PEREIRA, M.G. **Diversidade da epígea sob diferentes coberturas vegetais no jardim botânico da UFRRJ.** In: Meio Ambiente com Sustentabilidade 2. Capítulo 8. 2019.

PINHEIRO JUNIOR, C R.; PEREIRA, MG.; GOMES, G H J.; CABREIRA, V W.; CEDDIA, B M.; FREIRE, O M. **Solos do Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.** In: Pesquisas no Jardim Botânico da UFRRJ. Rio de Janeiro: Edur, 2022. 274p

R CORE TEAM (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL

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

SCHULTZ N.; PINTO, L. A. S. R.; LIMA, S. S.; ZIVIANI, M. M.; ASSUNÇÃO, S. A.; PEREIRA, M. G. **Agregação do solo e atributos químicos em áreas com diferentes coberturas vegetais In: Características do Solo e sua Interação com as Plantas 2.2 ed.:** Atena Editora, v.2, p. 1-12, 2019.

TEIXEIRA PC, DONAGEMA GK, FONTANA A, TEIXEIRA WG (2017). **Manual de métodos de análise de solo.** Brasília, DF: Embrapa, Livro técnico (INFOTECA-E), 3. ed. rev. e ampl. 573p.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.** *Communications Soil Science and Plant Analysis*, 19:1467-1476, 1988.

YODER RE (1936) **A direct method of aggregate analysis of soil and a study of the physical nature of erosion losses.** *Journal - American Society of Agronomy* 28, 337–351.