

ATIVIDADE ENZIMÁTICA DO SOLO E A RELAÇÃO COM OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NO JARDIM BOTÂNICO DA UFRRJ

Data de aceite: 01/04/2024

Gabriel Coutinho Oliveira de Lemos

Estudante de graduação em Agronomia (UFRRJ)

Ingyrd Cardoso Estaky Cabral

Estudante de graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFRRJ)

Marcelo Antoniol Fontes

Analista na Embrapa Agrobiologia

Luiz Alberto da Silva Rodrigues Pinto

Doutorando do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ)

Marcos Gervasio Pereira

Professor Titular do Departamento de Solos (UFRRJ)

Cristiane Figueira da Silva

Pós-Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Agronomia-Ciência do Solo (UFRRJ)

Rural do Rio de Janeiro. Foram coletadas amostras de solo, na profundidade de 0-10 cm, em uma topossequência (terços superior, médio e inferior) com pequena variação na declividade, porém com coberturas vegetais distintas. Os terços superior e inferior são cobertos por espécies arbóreas de diferentes famílias botânicas; e o terço médio por gramíneas. Foi realizada a caracterização da fertilidade do solo, a quantificação da atividade enzimática através da hidrólise do diacetato de fluoresceína, as frações da matéria orgânica - MO(carbono orgânico total – COT; CO particulado – COP; CO associado aos minerais – COAM; MO leve – MOL) e os atributos químicos do solo. Verificou-se maior AE do solo sob as espécies arbóreas e as gramíneas, nos terços mais elevados da paisagem. Correlações foram observadas entre a AE e as frações da MO e alguns atributos químicos (pH, H+Al, Na⁺, K⁺, P e Valor T) do solo. Verificou-se que as espécies arbóreas e as gramíneas nos terços mais elevados da paisagem estão contribuindo para maior AE do solo, e as correlações sugerem que menores teores de P e maiores teores das frações da MO, bem como os maiores valores de pH e teores de H+Al, Na⁺ e K⁺ e Valor T estimulam a AE do solo.

RESUMO: O estudo objetivou avaliar a influência de espécies vegetais na atividade enzimática (AE) do solo, bem como a relação deste atributo microbiológico com as propriedades químicas do solo, em áreas sob diferentes coberturas vegetais, no Jardim Botânico da Universidade Federal

PALAVRAS-CHAVE: diacetato de fluoresceína, espécies arbóreas, gramíneas, matéria orgânica do solo.

SOIL ENZYME ACTIVITY AND THE RELATIONSHIP WITH SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES IN THE UFRRJ BOTANICAL GARDEN

ABSTRACT: The study aimed to evaluate the influence of plant species on the soil enzymatic activity (AE), as well as the relationship between this microbiological attribute and the chemical attributes of the soil, in areas under different vegetation covers, in Jardim Botânico of the Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Soil samples were collected at the end of the rainy season, at a depth of 0-10 cm, in a toposequence (upper, middle and lower thirds) with small variation in slope, but with different vegetation covers. The upper and lower third is covered by tree species from different botanical families; and the middle third by grasses. Quantification of AE was carried out through the fluorescein diacetate hydrolysis. The fractions of organic matter - MO (total organic carbon – TOC; particulate OC – COp; associated with minerals OC – COam; light MO – MOL) and other chemical attributes of the soil were also analyzed. There was greater soil AE under tree species and grasses, in the highest thirds of the landscape. Significant correlations were observed between AE and MO fractions (COT, COp, COam and MOL) and other chemical attributes (pH, H+Al, Na⁺, K⁺, P and T-value) of the soil. Thus, tree species and grasses in the highest thirds of the landscape are promoting greater soil AE, and correlations suggest that lower levels of P and higher levels of MO fractions, as well as pH, H+Al, Na⁺, K⁺ and T-value stimulate soil AE.

KEYWORDS: fluorescein diacetate, tree species, grasses, soil organic matter.

INTRODUÇÃO

O uso de informações acerca de propriedades ou processos biológicos do solo, representa uma importante ferramenta para a avaliação e interpretação dos efeitos de interferências naturais ou antrópicas no solo, especialmente porque este compartimento do ecossistema é produto da atuação do clima e dos organismos sobre o material de origem ao longo do tempo, sendo, portanto, considerado uma variável integradora.

A atividade enzimática vem sendo utilizada como bioindicadora da qualidade do solo devido a relevância na dinâmica da matéria orgânica e em outros processos que ocorrem no solo, como aciclagem de nutrientes e diversidade funcional (LIU et al., 2021), e também em decorrência da maioria dos estudos evidenciarem a responsividade deste atributo - considerado indicador de funções bioquímicas edáficas - as modificações impostas ao solo (LIU et al., 2021; MATOS et al., 2020; PETTER et al., 2019). Algumas enzimas importantes, como a desidrogenase, o diacetato de fluoresceína e a arilsulfatase, estão envolvidas nos ciclos biogeoquímicos (C, N e S) e, conseqüentemente, podem refletir mudanças nos processos metabólicos do solo (NOTARO et al. 2018).

Desta forma, a caracterização da atividade enzimática do solo, assim como o estudo da sua variação, compreendendo os fatores e processos atuantes, é de grande importância

para direcionar ações de preservação, adoção de práticas de manejo sustentáveis, bem como a manutenção de áreas de conservação.

O objetivo desta pesquisa foi de caracterizar a atividade enzimática do solo, por meio da hidrólise de diacetato de fluoresceína, e a sua relação com as frações da matéria orgânica e os demais atributos químicos do solo, 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 do campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, localizado em Seropédica, RJ. O município está situado nas coordenadas geográficas de latitude sul 22°45'32.3" e longitude oeste 43°41'32.3", sob o domínio do bioma Mata Atlântica, com clima tropical sub úmido classificado por Aw segundo Koppen. Os pontos de amostragem foram distribuídos em três áreas, localizadas em uma topossequência (terços superior, médio e inferior) com pequena variação na declividade, porém com coberturas vegetais distintas. O terço superior é dominado por espécies arbóreas das famílias botânicas Rubiaceae, Lecythydaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae e Fabaceae; o terço médio é caracterizado por vegetação rasteira da família Poaceae e ausência de espécies arbóreas; e o terço inferior é composto por árvores das famílias Euphorbiaceae, Fabaceae, Meliaceae, Myrtaceae e Sapotaceae. Os terços superior e médio apresentam textura argilosa na camada superficial, e o terço inferior textura arenosa (LIMA et al., 2019).

Em cada uma das áreas, com o auxílio de um enxadão, foram coletadas, na profundidade de 0-10 cm, no final do período chuvoso, quatro amostras simples de solo para perfazer uma amostra composta, em um total de seis amostras compostas por área. Nos terços com a presença de espécies arbóreas, as coletas foram realizadas sob a copa das árvores. Após a coleta, para avaliação dos atributos do solo, as amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas por peneira de 2 mm. As amostras utilizadas para as análises microbiológicas foram armazenadas a 4°C até o seu processamento.

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.

O fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo para obtenção das frações carbono orgânico particulado (COp) foi realizado de acordo com Cambardella e

Elliot (1992). O carbono orgânico associado aos minerais (Coam) foi obtido pela diferença entre o COT e o COp. A determinação da matéria orgânica leve em água (MOL) foi realizada segundo Anderson e Ingram (1989).

Para avaliação da atividade enzimática, foi realizada a quantificação da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) de acordo com SCHNURER;ROSSWAL (1982). Foi utilizado 1,0 g de terra e solução estoque de FDA. A leitura foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 490 nm para a determinação da quantidade de fluoresceína hidrolisada. A atividade de FDA foi expressa em μg Fluoresceína $\text{g solo}^{-1} \text{h}^{-1}$.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de normalidade da distribuição dos erros (teste de Lillifors / SAEG 5.0) e homogeneidade das variâncias (testes de Cochran e Bartlett / SAEG 5.0). Quando os dados não apresentaram distribuição normal, foi realizada a sua transformação logarítmica para posterior comparação dos valores médios por meio do teste T de Bonferroni, com a utilização do programa estatístico Sisvar 4.6. Também foi realizada a análise de agrupamento por meio do programa Past.exe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As frações da matéria orgânica do solo, assim como o carbono orgânico total variaram entre os terços da paisagem (Tabela 1). Maiores teores de COT, carbono orgânico particulado (COp) e carbono orgânico associado aos minerais (COam) foram observados nos terços (superior e médio) mais elevados da paisagem, com a presença de espécies arbóreas e gramíneas, respectivamente (Tabela 1). Embora não tenha sido observada diferença estatística para a matéria orgânica leve, verifica-se uma tendência de maiores teores, também nos terços superior e médio (Tabela 1).

Tabela 1: Atividade enzimática (FDA) e frações da matéria orgânica do solo (profundidade de 0-10 cm) em áreas com diferentes coberturas vegetais no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Áreas	FDA	COT	COp	Coam	MOL
	μg Fluoresc. $\text{g}^{-1} \text{SS h}^{-1}$	g kg^{-1}	mg kg^{-1}	g kg^{-1}	g kg^{-1}
Superior	140,20 a	29,73 a	5,40 ab	24,33 a	0,53 a
Médio	128,43 a	27,40 a	8,22 a	19,17 ab	0,55 a
Inferior	39,89 b	18,75 b	3,27 b	15,48 b	0,24 a

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Test T de Bonferroni a 5%. FDA: Hidrólise de diacetato de fluoresceína; COT: Carbono orgânico total; COp: Carbono orgânico particulado; COam: carbono orgânico associado aos minerais; MOL: matéria orgânica leve
 Terço Superior: Presença de cobertura florestal com predominância de espécies das famílias Fabaceae, Lecythidaceae e Euphorbiaceae;
 Terço Médio: Predominância de Poaceae (gramíneas) rasteira e ausência de árvores;
 Terço Inferior: Presença de espécies arbóreas com predominância das famílias Fabaceae, Sapotaceae; Euphorbiaceae e Apocynaceae.

Em relação à atividade enzimática do solo, avaliada pela hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), foram observados maiores valores nos terços superior e médio da paisagem, sob as espécies arbóreas e gramíneas, respectivamente (Tabela 1). Tal padrão pode estar associado aos maiores teores de matéria orgânica nessas áreas (SILVA et al., 2018), o que é confirmado através da análise de correlação entre estes atributos do solo (Tabela 2). Foram observadas correlações significativas da FDA com o COT e as frações COp, Coam e MOL (Tabela 2). Além de correlações significativas com os demais atributos químicos do solo, como o pH, H+Al, Na⁺, K⁺ e P (Tabela 2). A influência da matéria orgânica do solo na atividade enzimática tem sido reportada em vários trabalhos (MAURYA et al., 2020; SILVA et al., 2021).

Tabela 2. Correlação de Pearson entre a atividade enzimática (FDA) e as frações da matéria orgânica e os demais atributos do solo (profundidade de 0-10 cm) em áreas com diferentes coberturas vegetais no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Atributos	COT	COP	COAM	MOL	pH	H+Al	Na	K	P	Valor T
FDA	0,74***	0,47*	0,65**	0,50*	0,48*	0,59*	0,48*	0,66**	-0,54*	0,74***

FDA: Hidrólise de diacetato de fluoresceína; COT: Carbono orgânico total; COp: Carbono orgânico particulado; COam: carbono orgânico associado aos minerais; MOL: matéria orgânica leve

*Significativo a $\leq 0,05$; **Significativo a $< 0,01$; ***Significativo a $< 0,001$

A quantidade e a qualidade do substrato adicionado ao solo são importantes para o aumento da atividade microbiana (SILVA et al., 2018), e a hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) - realizada por uma variedade de enzimas, incluindo esterase, proteases e lipases - pode ser usada como um indicador da atividade microbiana (NIKAEEN et al., 2015; KOMILIS; KONTOU; NTOUGIAS, 2011).

A análise de agrupamento, integrando os atributos químicos e microbiológicos do solo, mostrou a formação de dois grupos distintos (Figura 1). O primeiro grupo, formado apenas pelo terço inferior, se distanciou em aproximadamente 80% do segundo grupo, constituído pelos terços superior e médio. Maior similaridade (~55%) foi observada entre os terços superior e médio, com a presença de espécies arbóreas e gramíneas, respectivamente (Figura 1).

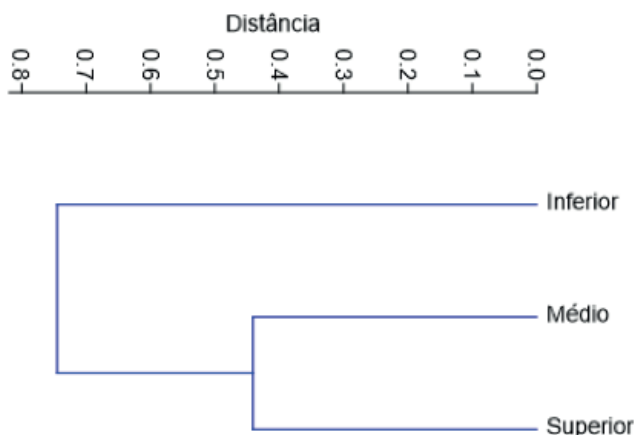


Figura 1: Análise de agrupamento (Ligação simples; Método de Gower) integrando as variáveis atividade enzimática (FDA), as frações da matéria orgânica (COT, Cop, COam e MOL) e os demais atributos químicos (pH, H+Al, Na⁺, K⁺, P e Valor T) do solo (profundidade de 0-10 cm) em áreas com diferentes coberturas vegetais no Jardim Botânico da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Terço Superior: Presença de cobertura florestal com predominância de espécies das famílias Fabaceae, Lecythydaceae e Euphorbiaceae;

Terço Médio: Predominância de Poaceae (gramíneas) rasteira e ausência de árvores;

Terço Inferior: Presença de espécies arbóreas com predominância das famílias Fabaceae, Sapotaceae; Euphorbiaceae e Apocynaceae.

CONCLUSÕES

As espécies arbóreas (terço superior) e as gramíneas (terço médio) presentes nos terços mais elevados da paisagem estão contribuindo para uma maior atividade enzimática do solo, e as correlações sugerem que menores teores de P e maiores teores das frações (carbono orgânico total, carbono orgânico particulado, carbono orgânico associado aos minerais, matéria orgânica leve) da matéria orgânica, bem como os maiores valores de pH e teores de H+Al, Na⁺, K⁺ e o Valor T (capacidade de troca catiônica) estimulam a atividade enzimática do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods.** CAB Internatiaoal. 1989. 171p.

CAMBARDELLA, C. A.; ELLIOTT, E. T. **Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence.** Soil Science Society of America Journal, v.56, p.777-783, 1992.

KOMILIS, D.; KONTOU, I.; NTOUGIAS, S. **A modified static respiration assay and its relationship with an enzymatic test to assess compost stability and maturity.** Bioresour. Technol. 2011, 102, 5863–5872.

LIU, C.; SONG, Y.; DONG, X.; WANG, X.; MA, X.; ZHAO, G.; ZANG, S. **Soil enzyme activities and their relationships with soil C, N, and P in Peatlands from diferente types of Permafrost regions**, Northeast China. *Frontiers in Environmental Science*, v. 9, 2021. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.670769>

MATOS, P.S.; FONTE, S.J.; LIMA, S.S.; PEREIRA, M.G.; KELLY, C.; DAMIAN-JÚNIOR M; FONTES, M.A.; CHAER, G.M.; BRASIL, F.C.; ZONTA, E. **Linkages among Soil Properties and Litter Quality in Agroforestry Systems of Southeastern Brazil**. *Sustainability*, v. 12, p. 9752, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12229752>

NOTARO, K. A.; MEDEIROS, E. V., DUDA, G. P.; MOREIRA, K. A.; BARROS, J. A.; SANTOS, U. J.; LIMA, J. R. S.; MORAES, W. S. **Enzymatic activity, microbial biomass and organic carbon of Entisols from Brazilian tropical dry forest and annual and perennial crops**. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 78, 68-77, 2018. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392018000100068>

NIKAEEN, M.; NAFEZ, A.H.; BINA, B.; NABAVI, B.F.; HASSANZADEH, A. **Respiration and enzymatic activities as indicators of stabilization of sewage sludge composting**. *Waste Manag.* 2015, 39, 104–110.

PETTER, F. A.; LEITE, L. F. C.; MACHADO, D. M.; MARIMON JÚNIOR, B. H.; LIMA, L. B.; FREDDI, O. S.; ARAÚJO, A. S. F. **Microbial biomass and organic matter in an oxisol under application of biochar**. *Bragantia*, 78, 109-118, 2019. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.2018237>

SCHNURER, J.; ROSSWALL, T. **Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter**. *Applied Environment Microbiology* 43:1256-1261, 1982.

SILVA, C. P.; MENDE FILHO, P. F.; GOMES, V. F. F.; MARTINS, C. M.; CUNHA, C. S. M.; LOBATO, M. G. R. **Glomalin-related soil protein content in areas of degraded and revegetated Caatinga in the municipality of Irauçuba**. *Journal of Agricultural Science*,v. 10, p. 1-11, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n1p302>

SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; PINTO, L.S.R.; TEODORO, S.A.; FONTES, M.A. GAIA-GOMES, J.H. SILVA, E.M.R. **Soil attributes as indicators of the stabilization process of erosion in gullies at different formation stages in the southeast region of Brazil**. *Rev. Ambient. Água* vol. 16 n. 4, e2632, 2021.

TEIXEIRA, P.C., DONAGEMMA, G.K., FONTANA, A., TEIXEIRA, W.G., 2017. **Manual de Métodos de Métodos de Análise de Solo**. Embrapa, Brasília. 573p.

MAURYA, S.; ABRAHAM, J. S.; SOMASUNDARAM, S.; TOTEJA, R.; GUPTA, R.; MAKHIJA, S. **Indicators for assessment of soil quality: a mini-review**. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, p. 604, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-020-08556-z>

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