



Quantificação de enzimas arilarilsulfatase e β -glicosidase em solos sob sistema agroecológico de produção no estado de Sergipe.

Quantification of arylarylsulfatase and β -glucosidase enzymes in soils under agroecological production system.

SANTOS, Emilly Lourdes Tavares¹; ALMEIDA, João Vitor Cardoso Santos¹; SANTOS, Jonata Carvalho¹; SANTOS, Dayane de Jesus²; VASCO, Anderson Nascimento³; PERIN, Liamara³

¹ Estudantes do Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, tavaresagroeco@gmail.com, joao.almeida061@academico.ifs.edu.br, jonata.agross@gmail.com; ² Agroecologia, dayanee.ssantoss2020@gmail.com; ³ Professores do Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, liamara.perin@ifs.edu.br; anderson.vasco@ifs.edu.br,

RESUMO EXPANDIDO

Eixo Temático: Manejo de Agroecossistemas

Resumo: Os solos são a base da produção agroecológica e um elemento de extrema importância para geração de vida e equilíbrio ambiental. A busca por tecnologias mais limpas e menos agressivas é uma forma racional de garantirmos a sustentabilidade às presentes e futuras gerações. O objetivo deste estudo foi avaliar o teor das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase em solos sob manejo agroecológico em propriedades agrícolas Sergipanas. Foram analisadas dezessete amostras de solos em produtores agroecológicos da Coopersus, com diferentes usos e manejos agrícolas. Os resultados indicaram atividade moderada a adequada para a enzima arilsulfatase e valores moderados na maioria das áreas para a enzima β -glicosidase. Este estudo contribuiu com informações técnicas aos produtores sobre suas práticas de manejos conservacionistas, visando uma maior sustentabilidade dos sistemas agroecológicos, e também servirá como base de dados para estudos futuros sobre qualidade biológica dos solos.

Palavras-chave: Agroecologia; qualidade do solo; bioanálise; agricultura familiar.

Introdução

A sustentabilidade agrícola está diretamente ligada à qualidade dos solos, na perspectiva de uma produção alimentícia tendo como base um solo capaz de cumprir suas funções em condições ambientais seguras e socialmente aceitas. O uso e manejo dos solos influenciam em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, estudos evidenciaram que a maior diversidade biológica estabelece um equilíbrio no solo por um período de tempo maior, sendo importante objeto de estudos em avaliação de qualidade do ambiente e da sustentabilidade dos sistemas de produção (LAVELLE et al., 2006).

No solo, as enzimas participam como catalisadoras das reações metabólicas intracelulares, que ocorrem nos seres vivos. Além disso, as enzimas extracelulares



desempenham papel fundamental, atuando em várias reações que resultam na decomposição de resíduos orgânicos (ligninases, celulases, proteases, glucosidases, galactosidases), ciclagem de nutrientes (fosfatases, amidases, urease, sulfatase), formação de matéria orgânica e da estrutura do solo (MENDES et al., 2018). O potencial das análises de atividade enzimática como indicadores de grande sensibilidade, especialmente β -glicosidase e arilsulfatase, tem sido verificado no Cerrado (PEIXOTO et al., 2010) e na região Sul do Brasil (LISBOA et al., 2012; MENDES et al., 2015a).

A enzima arilsulfatase é detectada em plantas, microrganismos e animais é considerada responsável por parte da ciclagem do enxofre nos solos, atuando na mineralização do enxofre orgânico para sulfato, forma absorvida pelas plantas (BALOTA et al., 2013). Boa parte do enxofre na superfície dos solos está presente na forma de éster sulfato (sulfato orgânico), sugerindo que a arilsulfatase pode ter importante papel no processo de mineralização do enxofre orgânico do solo (TABATABAI, 1994). Nogueira & Melo (2003) encontraram correlação positiva entre a atividade da arilsulfatase e os teores de enxofre total do solo, que está em sua maior parte na matéria orgânica. Dessa forma, evidencia-se que a maior atividade enzimática geralmente está relacionada com maiores teores de carbono orgânico, que por sua vez, contém a maior parte dos substratos sobre os quais atuam as enzimas (BALOTA et al., 2013).

A enzima β -glicosidase está ligada ao ciclo do carbono e pode dar uma ideia da atividade biológica e da capacidade do solo em estabilizar a matéria orgânica (MENDES et al., 2018), bem como ser usada para detectar o efeito do manejo do solo (FERREIRA et al., 2011), podendo assim ser usada como indicadora de qualidade do solo (ACOSTA-MARTINEZ & TABATABAI, 2000). Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do solo através do teor das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase em solos sob manejo agroecológico no estado de Sergipe.

Metodologia

A pesquisa foi realizada no ano de 2020 em propriedades agrícolas de 7 municípios sergipanos. As temperaturas médias anuais variam de 24 a 26° C e os municípios de São Cristóvão, Itaporanga D'Ajuda, Estância e Indiaroba estão localizados em região com clima Tropical Atlântico, com chuvas concentradas no período de outono-inverno, com médias de 1.800 mm anuais chuva e 3 meses de seca. Os municípios de Areia Branca, Malhador e Campo do Brito, estão localizados na região Agreste (área de transição entre o clima Tropical Atlântico e Semi Árido), com precipitação média de 1.200 mm anuais de chuva, concentradas no período de outono-inverno, e 5 meses de seca. Os solos predominantes nos municípios pesquisados são Argissolos, Neossolos Litólicos, Planossolos e Neossolos Quartzarênicos. Todos os produtores são cooperados da Coopergus (Cooperativa da Produção Sustentável Familiar de Sergipe), esta cooperativa foi criada em 2010



e possui atualmente 30 cooperados, todos agricultores familiares, distribuídos em doze municípios do estado, onde produzem de forma orgânica uma grande variedade de produtos comercializados no Mercado Augusto Franco, em Aracaju.

As coletas foram realizadas pelos próprios produtores nos meses de julho e agosto de 2020, período chuvoso do ano, em dezessete áreas diferentes, na profundidade de 0-10 cm (SANTOS et al., 2013). As amostras de solo foram transportadas para o Laboratório de Solos do Instituto Federal de Sergipe – Campus São Cristóvão onde foram secas, destorroadas e peneiradas em peneira de 0,212 mm para posterior bioanálise.

Foram avaliadas as atividades das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase do solo, associadas ao ciclo do enxofre e do carbono, usando o método descrito por Tabatabai (1994). Este método baseia-se na determinação colorimétrica do p-nitrofenol (coloração amarela) formado após a adição de substratos incolores específicos para cada enzima avaliada. Para cada amostra de solo, foram feitas duas repetições analíticas no laboratório. A atividade enzimática do solo foi expressa em mg p-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora. Para a determinação foi criada uma curva de calibração com concentrações conhecidas de p-nitrofenol.

O estudo com enzimas do solo é recente e a Embrapa lançou faixas de valores para interpretação, porém estes valores são resultado de pesquisas realizadas no Cerrado brasileiro (LOPES et al., 2018), e não há faixas de valores para interpretação e poucos estudos para a região onde este estudo foi realizado. Os valores obtidos (mg g^{-1} de solo) foram interpretados segundo interpretação obtida em pesquisas realizadas no Cerrado brasileiro (LOPES et al., 2018).

Resultados e Discussão

Os menores valores das enzimas: $60,56 \text{ mg kg}^{-1}$ para arilsulfatase e $76,2 \text{ mg kg}^{-1}$ para β -glicosidase, foram encontrados em área cultivada com mamoeiros em Malhador e área em pousio em São Cristóvão, respectivamente. Os maiores valores foram encontrados em São Cristóvão em área de pastagem com os respectivos resultados 722 mg kg^{-1} para arilsulfatase e $360,44 \text{ mg kg}^{-1}$ para β -glicosidase (Tabela 1).

A análise das enzimas indica se a atividade microbiana destes solos está adequada ou não. Na falta de valores de referência para interpretação, deve-se usar uma área de referência sem uso antrópico próximo da área agrícola. Porém, devido a pandemia e suas restrições, não foi possível coletar amostras de solos em áreas sem uso agrícola nas propriedades. Portanto, estes dados servirão como base de dados para estudos futuros.

Comparando com a tabela de interpretação do Cerrado, para Latossolos Vermelhos argilosos sob Sistema Plantio Direto (LOPES et al., 2018), os valores para a enzima



arilsulfatase foram considerados moderados (de 26 a 145 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h) em nove áreas e adequados (acima de 145 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h) em oito áreas estudadas (Tabela 1). Para a enzima β -glicosidase, foram observadas três áreas com valores baixos (até 90 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h), dez áreas com valores moderados (91 a 225 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h) e quatro áreas com valores adequados (acima de 225 mg de p-nitrofenol/kg de solo/h).

Tabela 1: Atividade das enzimas arilsulfatase e β -glicosidase (mg de p-nitrofenol/kg de solo/h) nas áreas avaliadas dos produtores orgânicos cooperados da Coopersus.

Produtor	Município	Uso atual	PNS*	PNG
1	São Cristóvão	Pastagem	70,48	121,00
2	São Cristóvão	Pastagem	722,00	360,44
3	São Cristóvão	Pastagem	367,68	249,22
4	São Cristóvão	Pousio	81,08	76,20
5	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	126,52	107,84
6	Itaporanga D'ajuda	Olerícolas	169,4	124,60
7	Estância	Pousio	103,16	113,56
8	Estância	Olerícolas	138,40	146,26
9	Areia Branca	Videiras	111,24	85,54
10	Areia Branca	Macieiras	192,76	154,96
11	Malhador	Pousio	98,92	90,42
12	Malhador	Mamoeiros	60,56	180,44
13	Campo do Brito	Olerícolas	95,96	84,70
14	Campo do Brito	Frutíferas	135,44	87,66
15	Indiaroba	Laranjeiras e aboboreiras	399,52	304,62
16	Indiaroba	Laranjeiras e cajueiros	707,20	303,78
17	Indiaroba	Pastagem	115,92	260,90

*Unidades dos resultados das análises enzimáticas do solo: Arilsulfatase (PNS) e β -glicosidase (PNG) para profundidade de 0 – 10 cm.

Atributos microbiológicos são mais sensíveis e detectam mudanças no uso das terras mais rapidamente que atributos químicos. Por isso, nem sempre os teores de enzimas têm relação com dados de fertilidade do solo. Segundo Mendes et al., (2018), ao longo dos últimos 15 anos, um grande número de dados de pesquisa e de relatos de produtores demonstravam que nem sempre as alterações nas propriedades químicas, em particular os teores de carbono orgânico total, eram capazes de identificar as modificações que ocorriam no solo em função da adoção de manejos conservacionistas. Justamente por serem indicadores mais sensíveis, as enzimas são capazes de detectar tais mudanças ocorridas nos solos, através dos manejos adotados pelos agricultores.

Vários autores relatam maiores atividades enzimáticas em sistemas conservacionistas frente a cultivos convencionais, Segundo Peixoto et al. (2010), o



alto nível de β -glicosidase em áreas de plantio direto em comparação com áreas de plantio convencional pode ser explicado pela alta concentração de resíduos vegetais na superfície do solo. Posto que, essa enzima atua na degradação de celulose, portanto sua atividade pode estar condicionada a insumos de material celulósico no solo, como também aos fatores físico-químicos que regulam a atividade de decomposição dos microrganismos.

Melero et al. (2008), evidenciaram que a entrada de diferentes resíduos de cultura também pode ter grande influência na síntese de enzimas microbianas, uma vez que, tanto o resíduo da cultura, quanto a qualidade da matéria orgânica afetam a diversidade funcional da comunidade microbiana do solo. Mendes et al. (2018), relatam que, maior aporte de resíduos vegetais resulta inicialmente em mais atividade biológica e com o passar do tempo, mais ciclagem de nutrientes, maior estruturação e agregação do solo, resultando em maior retenção de água, evidenciando que na escalada da melhoria de um solo, os atributos microbiológicos são os primeiros a serem impactados.

A área de abrangência da amostragem foi grande, com variação de solos, clima e manejo e não tivemos área referência em cada propriedade agrícola, dificultando maior exploração dos dados. Os dados obtidos variaram muito dentre os diferentes usos dos solos, desde área em pousio, culturas perenes como pastagem e frutíferas até áreas com olerícolas que demandam maior manejo, não foi observado uniformidade nos resultados. Área com mesmo uso apresentaram valores considerados baixos ou altos para as enzimas. Além disso, a falta de dados referência para a região nos mostra a necessidade de mais estudos para entender sua dinâmica além da contribuição dos dados de fertilidade química dos solos.

Conclusões

Os valores para a enzima arilsufatase variou de 60,56 a 722 mg kg⁻¹ de solo e para β -glicosidase, variou de 76,2 a 360,44 mg kg⁻¹ e o uso atual dos solos não interferiu nos valores das enzimas. Para melhor compreensão da qualidade biológica destes solos, na ausência de valores referência para a região, é recomendado uma área referência em cada propriedade agrícola e dados de fertilidade química dos solos.

Referências bibliográficas

ACOSTA-MARTINEZ, Veronica & TABATABAI, M.A. Enzyme activities in a limed agricultural soil. **Biology and Fertility of Soils**, v. 31, p. 85-91, 2000.

BALOTA, Elcio L.; NOGUEIRA, Marco A.; MENDES, Ieda C.; HUNGRIA, Mariangela; FOGOTTI, Dáfila S. L; MELO, Gabriel M. P.; SOUZA, R. C.; MELO, Wanderley J. **Enzimas e seu papel na qualidade do solo**. Tópicos Ciência do Solo, v. 8, p. 221-278, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288482294_Enzimas_e_seu_papel_na_qualidade_do_solo? Acesso em: 01/11/2020.



FERREIRA, Enderson P. B.; WENDLAND, Adriane.; DIDONET, Agostinho. D. Microbial biomass and enzyme activity of a Cerrado Oxisol under agroecological production system. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 1-9, 2011.

LAVELLE, Patrick; DECAENS, Thibaud; AUBERT, Michael; BAROT, Sébastien. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, n. 1, p. 3–15, 2006.

LOPES, André. A. C.; SOUSA, Djalma. M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B.; FIGUEIREDO, Cícero. C.; MALAQUIAS, Juací. V.; SOUZA, Leandro. M.; MENDES, Ieda C. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 12, p. 72-82, 2018.

LISBOA, Bruno. B.; VARGAS, Luciano. K.; SILVEIRA, Andressa. O.; MARTINS, Adriana. F.; SELBACH, Pedro. A. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 45-55, 2012.

MELERO, S.; VANDERLINDEN, K.; RUIZ, J.C. & MADEJON, E. Long-term effect on soil biochemical status of a Vertisol under conservation tillage system in semi-arid Mediterranean conditions. **European Journal Soil Biology**, v. 44, p. 437-442, 2008.

MENDES, Ieda C.; SOUSA, Djalma M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B. dos; LOPES, André de C. **Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo**. (Circular Técnica 38) Embrapa, Planaltina, DF, Dezembro, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1110832/bioanalise-de-solo-comoacessar-e-interpretar-a-saude-do-solo>. Acesso em: 01/09/2020.

MENDES, Ieda C.; SOUSA, Djalma M. G.; REIS JUNIOR, Fábio B. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 32, p. 191- 209, 2015.

NOGUEIRA, M. A.; MELO, W. J. Enxofre disponível para a soja e atividade de arilsulfatase em solo tratado com gesso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 655-663, 2003.

PEIXOTO, Raquel. S.; CHAER, Guilherme. M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, Fábio B.; MENDES, Ieda C.; ROSADO, Alexandre. S. A decade of land use contributes to changes in the chemistry, biochemistry and bacterial community structures of soils in the Cerrado. **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 98, n. 3, p. 403-413, 2010.

SANTOS, Raquel. D.; LEMOS, Raymundo E. C.; SANTOS, Humberto.G. dos; KER, João.C.; ANJOS, Lúcia H.C. dos; SHIMIZU, Sergio. H. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. 6° ed. Revisada e ampliada. Viçosa, MG. SBCS, 2013, 100 p.

TABATABAI, M. A. Enzymes. In: WEAVER, RichardW.; AUGLE, Scott.; BOTTOMLEY, P.J.; BEZDICEK, David.; SMITH, Scott.; TABATABAI, Ali. & WOLLUM,



A., eds. Methods of soil analysis. Madison, **Soil Science Society of America**, 1994. Part 2. p.775-833. (Microbial and Biochemical Properties, 5).