



BETA-GLICOSIDASE E ARILSULFATASE DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E MONOCULTIVO DE PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 13^a edição, de 26/08/2024 a 30/08/2024
ISBN dos Anais: 978-65-5465-112-7

GOMES; Mila Façanha¹, MENDES; Iêda de Carvalho², CASTELLANI; Débora Cristina³, KATO; Osvaldo Ryohei⁴, VASCONCELOS; Steel Silva⁵

RESUMO

BETA-GLICOSIDASE E ARILSULFATASE DO SOLO EM SISTEMA AGROFLORESTAL E MONOCULTIVO DE PALMA DE ÓLEO NA AMAZÔNIA ORIENTAL

Mila Façanha Gomes¹, Iêda de Carvalho Mendes², Débora Cristina Castellani³, Osvaldo Ryohei Kato⁴, Steel Silva Vasconcelos⁵

¹UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP

²EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF

³NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP

⁴EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, PA

⁵EMBRAPA Florestas, Colombo, PR

Resumo

Sistemas de cultivo de palma de óleo são constituídos por zonas de manejo que apresentam diferentes níveis de saúde do solo. A variação da saúde do solo entre essas zonas manejo em monoculturas é bem conhecida, mas pouco estudada em sistemas agroflorestais com palma de óleo. O objetivo deste estudo foi avaliar se sistemas agroflorestais (SAFs) de palma de óleo melhoraram a saúde do solo nas zonas de manejo comparados ao monocultivo. Avaliamos as zonas de manejo da palma de óleo: empilhamento (PIL), área de coroamento da palma de óleo (ACP), carreador (CAR) e faixa diversificada (DIV). Como indicadores de saúde do solo, utilizamos as atividades das enzimas beta-glicosidase (Beta) e arilsulfatase (Aril). O estudo foi conduzido em Tomé-Açu, Pará, Brasil. Os valores de Beta foram aproximadamente 51, 51 e 48% maiores no CAR, ACP e PIL dos SAFs; para Aril, os valores foram 60, 60 e 48% maiores no CAR, ACP e PIL nos SAFs em comparação ao monocultivo. Nossos resultados mostram que as zonas de manejo nos sistemas agroflorestais apresentam maior atividade das enzimas e, consequentemente, melhor saúde do solo.

¹ UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP, mila.gomes@ueap.edu.br

² EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF , ieda.mendes@embrapa.br

³ NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP, deboraCastellani@natura.net

⁴ EMBRAPA – Empresa Amazônica Oriental, Belém, PA, kato.embrapa@gmail.com

⁵ EMBRAPA – Empresa Florestas, Colombo, PR, steel.vasconcelos@embrapa.br

INTRODUÇÃO

Plantios de palma de óleo, sejam monocultivos ou sistemas mais diversificados (SAFs), apresentam locais característicos que diferem em manejo (zonas de manejo). Existe um aporte de matéria de matéria orgânica tipicamente diferente em cada zona de manejo (GOODRICK et al., 2015; RAHMAN et al., 2021), o que gera uma clara variação espacial na saúde do solo em plantios de palma de óleo (GOMES et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2022; RÜEGG et al., 2019). Em geral, o carbono orgânico total do solo é indicador mais utilizado para avaliar a saúde do solo nas zonas de manejo de sistemas de cultivo de palma de óleo (FRAZÃO et al., 2013). No entanto, a saúde do solo também pode ser determinada por diversos indicadores, dentre eles a atividade das enzimas do solo.

As enzimas desempenham um papel importante na mineralização da matéria orgânica do solo e refletem processos específicos da comunidade microbiana e condições físico-químicas do solo (TABATABAI, 1994); além disso, as enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase foram estudadas pela Embrapa para a criação de um índice de saúde do solo (MENDES, 2020; MENDES et al., 2020). Embora muitas enzimas sejam utilizadas para avaliar a saúde do solo, no Brasil, por meio da tecnologia Embrapa de BioAnálise de Solo (BioAS), as enzimas betaglicosidase e arilsulfatase foram selecionadas para uso em rotina nas análises de solo (Mendes et al. 2021). Essas duas enzimas possuem uma estreita relação com a MOS, parâmetro base da qualidade de um solo, e o rendimento de grãos, parâmetro que reflete o aspecto econômico das lavouras, que é fundamental para a sustentabilidade do negócio agrícola (Mendes et al., 2019a).

Outras características que tornaram vantajosa a utilização da arilsulfatase e da β-glicosidase são: precisão, coerência, sensibilidade, simples determinação analítica e reprodutibilidade. Além disso, as duas enzimas são relacionadas à ciclagem da MOS, não são influenciadas pela aplicação de adubos e calcário e se adequam ao conceito Fertbio de amostragem de solo (Mendes et al. 2019b). Essas enzimas também são correlacionadas com vários outros atributos microbiológicos (carbono da biomassa microbiana, respiração basal, fosfatase ácida, celulase, desidrogenase, etc.), o que permitiu a seleção de apenas dois indicadores para expressar o funcionamento da maquinaria biológica dos solos.

Apesar da Amazônia representar aproximadamente 60% do território brasileiro e abrigar mais de 98% da produção total de palma de óleo do Brasil (IBGE, 2022), estudos que avaliam indicadores de saúde do solo são escassos para monocultivos e para sistemas agroflorestais com palma de óleo na região. Portanto, há uma lacuna sobre o entendimento de como a atividade das enzimas variam entre nas zonas de manejo entre os sistemas de cultivo de palma de óleo. Desse modo, o objetivo do nosso estudo foi avaliar se as zonas de manejo em sistema agroflorestal com palma de óleo melhoram a saúde do solo em comparação ao monocultivo de palma de óleo. A nossa hipótese é que as zonas de manejo no sistema agroflorestal apresentarão melhor saúde do solo em comparação às zonas de manejo no monocultivo de palma de óleo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em fazendas no município de Tomé-Açu, estado do Pará, Amazônia Oriental. Nas fazendas 1 ($02^{\circ}24'17''$ S, $48^{\circ}14'37''$ W), 2 ($02^{\circ}20'54''$ S, $48^{\circ}15'44''$ W) e 3 ($02^{\circ}40'42''$ S, $48^{\circ}20'45''$ W) estudamos dois sítios de sistemas agroflorestais com palma de óleo e um fragmento de floresta secundária. Nas fazendas 4 ($02^{\circ}20'18''$ S, $48^{\circ}15'55''$ W) e 5 ($02^{\circ}31'40''$ S, $48^{\circ}24'57''$ W) avaliamos sítios de monocultivos de palma de óleo. Os solos da região são predominantemente da classe Latossolo (RODRIGUES et al., 2001). Detalhes sobre as fazendas, sistemas agroflorestais e (fragmentos de) florestas secundárias podem ser encontrados em Gomes et al. (2021). Todos os SAFs eram formados por linhas duplas de palma de óleo intercaladas por faixas de plantio das outras espécies (faixa diversificada). Nas linhas duplas de palma de óleo foram plantadas mudas de aproximadamente 15 meses de idade e 2 m de altura, dispostas em formato de triângulo equilátero (9,0 x 9,0 x 9,0 m). A adubação no plantio e de manutenção estão detalhadas em Carvalho et al (2014) e Gomes et al (2021).

Coleta de solo

¹ UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP, mila.gomes@ueap.edu.br

² EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, ieda.mendes@embrapa.br

³ NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP, debora.Castellani@natura.net

⁴ EMBRAPA – Empresa Amazônica Oriental, Belém, PA, kato.embrapa@gmail.com

⁵ EMBRAPA – Empresa Florestas, Colombo, PR, steel.vasconcelos@embrapa.br

Em 2018, estabelecemos aleatoriamente quatro parcelas em cada sistema de cobertura do solo. Nos SAFs, as parcelas mediam 30 x 30 m e compreendiam uma linha dupla de palma de óleo (que continha as zonas coroamento, caminho da colheita e empilhamentos) e duas faixas diversificadas. Nos monocultivos, as parcelas mediam 30 x 30 m e compreendiam duas linhas duplas de palma de óleo. Coletamos cinco amostras de solo simples para formar uma amostra composta na profundidade 0-10 cm com trado de aço em cada zona de manejo nos SAFs e monocultivo.

Análise de solo

Determinamos a atividades das enzimas beta-glicosidase e arilsulfatase de acordo com Tabatai (1994). Incubamos 1 g de solo por 1 h em 1 mL de solução tampão contendo substrato cromogênico de *p*-nitrophenyl.

Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram executadas com o Software R versão 4.2.1 (R Core Team, 2022). Usamos modelos lineares mistos porque são mais adequados e robustos para modelos hierárquicos (ZUUR et al., 2009) como o nosso design amostral. Como efeitos fixos, nossas variáveis respostas foram: beta-glicosidase e arilsulfatase. Como fatores aleatórios, utilizamos as variáveis fazendas (g1) e os sistemas de cobertura do solo (sistemas agroflorestais, florestas e monocultivos) dentro das fazendas (g2) e, dependendo do modelo, usamos somente as fazendas (g1). Utilizamos a função *lme* do pacote *lme4* para construir os modelos lineares mistos e a função *Anova* do pacote *car* para executar o teste de significância Tipo II Wald Qui-quadrado

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atividade das enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase foi maior no CAR do SAF do que no do monocultivo (Figura 1 A e B). Os maiores valores de Aril e Beta no CAR dos SAFs em relação ao monocultivo podem ser uma consequência da utilização do controle mecânico das plantas espontâneas nos SAFs ao invés do controle químico aplicado no monocultivo. A aplicação de herbicidas reduz a atividade da Beta (RIAH et al., 2014) o que pode reduzir o armazenamento de carbono do solo. Portanto, o manejo conservacionista pode minimizar a redução da saúde do solo no carreador dos SAFs.

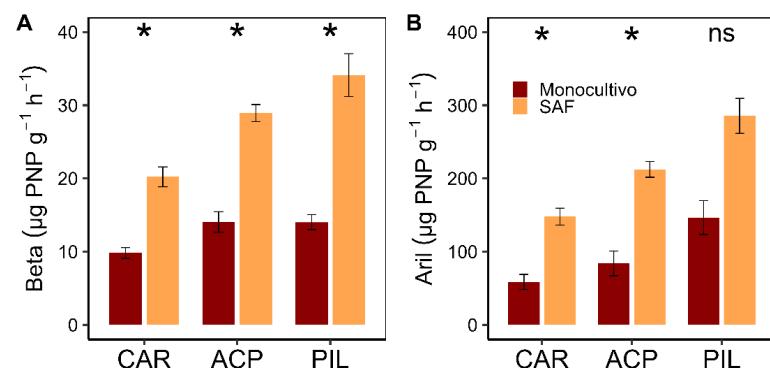


Figura 1: Atividade da beta-glicosidase (A) e da arilsulfatase (B) do solo na camada 0-10 cm solo em sistemas agroflorestais e monocultivos de palma de óleo em Tomé-Açu. As barras representam as médias da atividade das enzimas do solo ± desvio padrão.

A atividade das enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase foram maiores na ACP do SAF do que no do

¹ UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP, mila.gomes@ueap.edu.br

² EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, ieda.mendes@embrapa.br

³ NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP, debora.Castellani@natura.net

⁴ EMBRAPA – Empresa Amazônica Oriental, Belém, PA, kato.embrapa@gmail.com

⁵ EMBRAPA – Empresa Florestas, Colombo, PR, steel.vasconcelos@embrapa.br

monocultivo (Figura 1 A e B). Na ACP, a principal fonte de C é o sistema radicular da palma de óleo (RÜEGG et al., 2019). Nessa zona nos SAFs também há aplicação de adubos orgânicos, que, em geral, promovem um ambiente com temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (TAO et al., 2018) favorável para a atividade dos organismos do solo e, consequentemente, para a ciclagem de C (MARDEGAN et al., 2022). Desse modo, sugerimos que as maiores atividades das enzimas na área de coroamento dos SAFs em comparação ao monocultivo se deve às entradas de carbono acima (adubação orgânica) e abaixo (ciclagem de raízes) do solo.

O empilhamento nos SAFs apresentou maior atividade de Beta do que o empilhamento no monocultivo (Figura 1A). Estudo realizado na fazenda 3 deste estudo reportou resíduos de raízes e folhas de *T. cacao* no empilhamento (RAMOS et al., 2018), o que pode ser uma fonte adicional de material orgânico nessa zona em comparação ao monocultivo, que não apresenta outras espécies plantadas além da palma de óleo. Sugerimos que a presença de outras espécies nos SAFs favorece o aumento de Beta que é reflexo da maior quantidade de matéria orgânica e da atividade microbiana.

CONCLUSÕES

A saúde do solo é maior nas zonas de manejo dos sistemas agroflorestais do que nas zonas de manejo do monocultivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRAZÃO, L. A. et al. Soil carbon stocks and changes after oil palm introduction in the Brazilian Amazon. *GCB Bioenergy*, v. 5, n. 4, p. 384–390, 2013.
- GOMES, M. F. et al. Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. *Land Degradation and Development*, v. 32, n. 15, p. 4313–4326, 2021.
- GOODRICK, I. et al. Soil carbon balance following conversion of grassland to oil palm. *GCB Bioenergy*, v. 7, p. 263–272, 2015.
- I B G E . Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/dende/br>>.
- MARDEGAN, S. F. et al. Organic farming enhances soil carbon and nitrogen dynamics in oil palm crops from Southeast Amazon. *Soil Science and Plant Nutrition* v. 68, n. 1, p. 104–113, 2022.
- MENDES, I. C. *Tecnologia BioAS: Padrões de laudos e suas interpretações Embrapa Cerrados*, 2020.
- MENDES, I. D. C. et al. *Bioanálise De Solo: a Mais Nova Aliada Para a Sustentabilidade Agrícola*. Nutrição de Plantas Ciência e Tecnologia, 2020.
- MENDES, I.C. et al., In: Bioanálise de solo: Aspectos teóricos e práticos. Tópicos em Ciência do Solo, pp. 399–462. 2019a
- Mendes, I.C. et al. Critical limits for microbial indicators in tropical Oxisols at post-harvest: The FERTBIO soil sample concept. *Appl Soil Ecol* 85–93, 2019b
- OLIVEIRA, R. L. L. et al. Management practices affect soil carbon and physical quality in oil palm agroforestry systems in the Amazon. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* n. 0123456789, 2022.
- RAHMAN, N. et al. The effects of management practices on soil organic carbon stocks of oil palm plantations in Sumatra, Indonesia. *Journal of Environmental Management* v. 278, n. P2, p. 111446, 2021.
- RAMOS, H. M. N. et al. Above- and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. *Agroforestry Systems*, v. 92, n. 2, p. 221–237, 2018.
- RIAH, W. et al. Effects of pesticides on soil enzymes: A review. *Environmental Chemistry Letters*, v. 12, n. 2, p. 257–273, 2014.
- RODRIGUES, T. E. et al. *Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Tomé-Açu, PA*. Belém:

¹ UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP, mila.gomes@ueap.edu.br

² EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF , ieda.mendes@embrapa.br

³ NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP, deboraCastellani@natura.net

⁴ EMBRAPA – Empresa Amazônia Oriental, Belém, PA, kato.embrapa@gmail.com

⁵ EMBRAPA – Empresa Florestas, Colombo, PR, steel.vasconcelos@embrapa.br

RÜEGG, J. et al. Drivers of soil carbon stabilization in oil palm plantations. **Land Degradation & Development**, n. May, p. 1–12, 2019.

TABATABAI, M. A. Soil Enzymes. In: **Methods of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and Biochemical Properties**. [s.l.: s.n.], p. 291–328.

TAO, H. H. et al. Application of oil palm empty fruit bunch effects on soil biota and functions: A case study in Sumatra, Indonesia. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 256, n. December 2017, p. 105–113, 2018.

ZUUR, A. F. et al. **Mixed effects models and extensions in ecology with R**. New York, NY: Springer New York, 2009.

PALAVRAS-CHAVE: Enzimas do solo, Indicadores biológicos, Sustentabilidade agrícola, Saúde do solo, Qualidade do solo

¹ UEAP – Universidade do Estado do Amapá, Amapá, AP, mila.gomes@ueap.edu.br

² EMBRAPA Cerrados, Planaltina, DF, ieda.mendes@embrapa.br

³ NATURA - Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, Cajamar, SP, debora.Castellani@natura.net

⁴ EMBRAPA – Empresa Amazônia Oriental, Belém, PA, kato.embrapa@gmail.com

⁵ EMBRAPA – Empresa Florestas, Colombo, PR, steel.vasconcelos@embrapa.br