

Efeito do manejo orgânico e convencional da cana-de-açúcar em enzimas oxidativas do solo do Cerrado ⁽¹⁾.

Luiza Luanna Amorim Purcena⁽²⁾; Karla de Aleluia Batista⁽³⁾; Kátia Flávia Fernandes⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Fundação de Apoio a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG)...

⁽²⁾ Professora pesquisadora do Instituto Federal Goiano – Câmpus Avançado Catalão, Goiás. luizaluanna@gmail.com

⁽³⁾ Pós doutoranda pelo programa de pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Goiás, GO.

⁽⁴⁾ Professora, pesquisadora e coordenadora do programa de pós-graduação em Biologia, Universidade Federal de Goiás, GO.

RESUMO: As enzimas oxidativas são importantes na transformação da matéria orgânica do solo, que é um fator que contribui para a qualidade deste solo. Além disso, também podem atuar como biorremediadoras naturais degradando compostos encontrados em defensivos agrícolas. As oxidorredutases atuam ainda no potencial redox dos solos o que influencia nas características desse ecossistema, como por exemplo a capacidade de troca catiônica. No entanto, muito pouco ainda se tem estudado sobre o efeito do manejo de culturas sobre essas enzimas, especialmente em solos do Cerrado. Dessa forma, a atividade de peroxidases foi avaliada nos solos sob os manejos convencional e orgânico da cana de açúcar. Foi avaliado ainda quais fatores físico-químicos poderiam influenciar a atividade enzimática. Os resultados mostraram que tanto o manejo orgânico quanto o convencional reduziram a atividade da oxidorredutases mais de 50%. A atividade de peroxidase, polifenoloxidase, teor de alumínio, saturação de bases e acidez total foram os fatores que permitiram diferenciar NS dos solos cultivados e permitiram inferir que o pH poderia ser um dos fatores que mais afetasse a atividade dessas enzimas do solo.

Termos de indexação: enzimas, fertilidade do solo, fatores físico-químicos

INTRODUÇÃO

A despolimerização da matéria orgânica do solo realizada por catálise enzimática produz compostos orgânicos solúveis e com baixo peso molecular. Esta fração da matéria orgânica do solo é a fonte imediata de energia, carbono, entre outros nutrientes importantes para as vias metabólicas dos micro-organismos, além de desempenhar importantes papéis nos processos envolvidos na qualidade do solo (Tian et al., 2010).

Os compostos fenólicos são importantes componentes da matéria orgânica dissolvida e podem afetar a sua decomposição em consequência de interações com enzimas do solo interferindo na atividade enzimática (Tian et al., 2010). As enzimas oxidativas apresentam papel de destaque na decomposição da matéria orgânica do solo, uma vez

que estão envolvidas na etapa de despolimerização da lignina e oxidação de compostos fenólicos. São enzimas chave na produção de matéria orgânica solúvel e permitem a obtenção de substratos para as hidrolases presentes no solo (Sinsabaugh et al., 2010).

Devido à importância dessas enzimas no solo, faz-se necessário o monitoramento de atividades agrícolas que afetem a sua atividade. Além disso é importante identificar fatores que inibam ou diminuam a atividade dessas enzimas e que permitam a detecção precoce de perda de qualidade do solo em decorrência da diminuição na decomposição da matéria orgânica.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta do solo

As amostras de solo (profundidade 0 – 15 cm) foram coletadas em três diferentes áreas de acordo com o manejo do solo: área com cultivo de cana-de-açúcar convencional (MC), orgânico (MO) e área nativa (SN), sem manejo agrícola, no município de Goiatuba, Goiás. Em cada uma dessas áreas de manejo foram escolhidos três pontos nos quais o solo foi coletado em triplicada, somando um total de nove amostras por área.

Após a coleta, as amostras foram levadas para o laboratório e tamizadas (<2mm-mesh) e armazenadas para as análises posteriores.

Quantificação da atividade enzimática das oxidorredutases nas diferentes amostras de solo

A atividade de peroxidase foi determinada de acordo com metodologia descrita por Halpin et al., (1989), com modificações, como descrito a seguir: 32 mg de solo foram colocadas para reagir com 0.25 mL de tampão fosfato de sódio 0.1M, pH 6.0, 0.25 mL de peróxido de hidrogênio 0.05 M e 0.5 mL de pirogalol 0.013 M. A mistura reagiu por 1h à temperatura ambiente. Após esse período a mistura foi centrifugada e o sobrenadante lido à 420 nm. Uma unidade de enzima foi definida como a quantidade de



enzima necessária para aumentar a leitura no espectrofotômetro em 0.1 por hora de reação.

A atividade de polifenoloxidase foi determinada de acordo com Halpin e Lee (1987), com modificações, como descrito a seguir: foram pesados 32 mg de solo e a estes adicionado 1mL de catecol 0.05 M preparado com tampão fosfato de sódio 0.1 M pH 6.0. A mistura reagiu por 1h à temperatura ambiente. Após esse período, a mistura foi centrifugada e o sobrenadante lido em espectrofotômetro usando comprimento de onda 380 nm.

A atividade enzimática de oxidorredutases foi determinada em unidade de enzima (U) na qual 1U corresponde ao aumento em 0.1 de leitura no espectrofotômetro.

Análises Estatísticas

Todos os experimentos foram realizados em triplicatas e os resultados foram processados usando tendência central (média) e dispersão (desvio padrão). Para análise multivariada e testes de correlação o software utilizado foi Statistica 7.0 (StatSoft Inc. Tulsa, OK, USA), assim como o teste de tukey que foi utilizado para determinar as diferenças significantes entre as médias. O nível de significância usado foi 0.05.

Foi realizada ainda uma análise de correlação de Pearson para verificar possíveis correlações entre as variáveis mais relacionadas à atividade enzimática, a partir das informações obtidas na APC.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Componente Principal dos fatores físico-químicos e oxidorredutases em MO, MC e SN

A ACP (**tabela 1**) mostra os pesos das componentes principais 1 e 2 para as variáveis estudadas. O fator 1 explicou 51,2% do total da variância e as variáveis que contribuem para a construção do eixo definido pelo fator 1 são a atividade de POX e PPO, pH, Ca, Mg, H+Al, CTC, Al, M, V, Ca/Mg, Ca/K, Ca/CTC e Mg/CTC. O fator 2 explicou 11,3% do total da variância e as variáveis que contribuem para a construção desse eixo são areia, silte, argila, K e K/CTC.

Tabela 1: Descrição dos pesos das componentes principais 1 (CP1) e componentes principais 2 (CP2). Os fatores físico-químicos e atividade enzimática nos solos analisados são agrupados de acordo com o máximo de ajuste ao componente principal. (Coeficiente de correlação >0,50; n= 21)

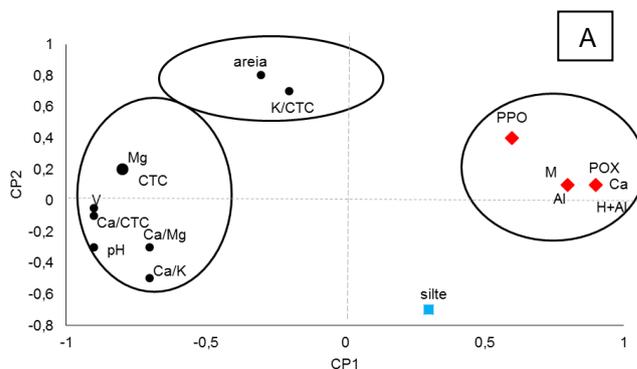
Variáveis	Componente Principal	
	CP 1 (50.4%)	CP 2 (22,4%)
Peroxidase	0.9	0.1

Polifenoloxidase	0.6	0.4
Argila	0.38	-0.67
Silte	0.27	-0.77
Areia	-0.37	0.86
MOS	0.04	0.29
pH	-0.90	-0.38
P extraível	-0.50	0.44
K extraível	-0.65	0.66
Ca extraível	-0.95	0.001
Mg extraível	-0.86	0.27
H+Al	0.92	0.13
Al extraível	0.83	0.10
CTC	-0.90	0.21
M	0.84	0.11
V	-0.98	-0.05
Ca/Mg	-0.71	-0.30
Mg/K	-0.41	-0.54
Ca/K	-0.75	-0.57
Ca/CTC	-0.96	-0.16
Mg/CTC	-0.67	0.20
K/CTC	-0.22	0.77

Valores em negrito são estatisticamente significativos.

Analisando os dados apresentados na **tabela 1**, observa-se que a CP1 apresenta maior peso, ou seja, valores positivos e maiores que a média para as variáveis atividade de POX e PPO, H+Al, Al³⁺ extraível e M%. A CP2 apresenta valores positivos e maiores para as variáveis areia% e K/CTC%.

A partir da **tabela 1** foi possível construir um gráfico (**Figura 1A**) no qual é observada a formação de três agrupamentos das variáveis analisadas. O peso das amostras dos solos coletados com relação à CP1 e CP2 também foi avaliado e é mostrado na **figura 1B**.



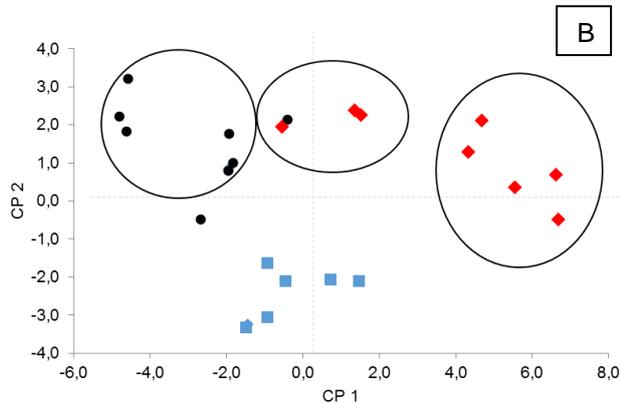


Figura 1: A) Relação entre a CP 1 *versus* CP 2 considerando os pesos de cada variável testada no solo. B) Relação entre a CP 1 *versus* CP 2 considerando os pesos das diferentes amostras do solo. Sendo que \blacklozenge representa o SN, \bullet representa o MO e MC é representado por: \blacksquare

A partir das **figuras 1A** e **1B** observa-se que os fatores que permitem diferenciar o SN dos solos cultivados são o Al^{3+} extraível, $H+Al$, M%, teor de areia, atividade de POX e PPO e K/CTC%. Já os fatores que diferenciam o solo com MO dos demais são Mg^{2+} , pH, Ca^{2+} , CTC, V, Ca/Mg, Ca/K e Ca/CTC. Por fim, a principal característica que diferencia o solo com MC dos demais é o teor de silte.

A **figura 1B** mostra que o solo com MO apresenta similaridade com o SN quando se considera a textura, que é representada na CP 2 pelo teor de areia e K/CTC.

A relação entre os solos demonstrada pela CP 2 explica 22% da variância dos resultados obtidos para os solos coletados. Esse resultado mostra a heterogeneidade do solo quanto à textura, que pode ser consequência possivelmente do manejo da cana-de-açúcar. Considerando-se a ACP e a quantificação da atividade da PPO e POX nos diferentes solos pode-se concluir que os fatores relacionados ao pH, tais como a quantidade de alumínio, saturação de alumínio e acidez total, são fatores importantes que interferem na atividade dessa enzima, mostrando que o pH é o fator mais relevante ao se considerar a atividade de PPO e POX no solo. É interessante notar que diferentemente das fosfomonoesterases e β -glicosidasas, para as oxidoreduções estudadas a textura não foi um fator que interferiu significativamente na atividade enzimática.

De fato, a análise de correlação de Pearson mostrou que existe correlação negativa entre a atividade de POX e de PPO com o pH do solo (respectivamente $r = -0,8$ e $0,9$ $p < 0,05$). Esse resultado está de acordo com outros trabalhos descritos na literatura (Iyyemperumal et al., 2008), quantificaram enzimas em solos tratados com resíduos de suinocultura e nitrato de amônia, a peroxidase foi a enzima que mais sofreu redução de

atividade em função do pH. Tian et al., (2010), também reportaram que em seus estudos sobre a correlação da mineralização do carbono e nitrogênio com enzimas do solo as únicas enzimas que apresentaram correlação com a alteração de pH foram fenol oxidases e β -glicosaminidasas.

O pH é um dos fatores mais importantes e que interfere na atividade enzimática. Podem interferir tanto o grau de ionização da enzima e dessa forma alterando sua afinidade com o substrato, quanto na produção e liberação da enzima pelos micro-organismos do solo (Iyyemperumal et al., 2008). As enzimas oxidativas atuam nas etapas iniciais da decomposição da matéria orgânica e as hidrolases, tais como as celulases, β -glicosidasas e fosfatases atuam na mineralização do carbono e do fósforo respectivamente (Tian et al., 2010) e dessa forma fornecem nutrientes que poderão ser utilizados por micro-organismos, plantas e em vários processos do solo.

Uma vez que as oxidoreduções atuam nas etapas iniciais de degradação da matéria orgânica do solo, se tornam chave nesse processo, pois permitem a formação de substratos para as etapas seguintes. Dessa forma alterações no pH do solo levam à diminuição na atividade enzimática, conforme indicado pela ACP e a correlação de Pearson, comprometem a degradação da matéria orgânica, e interferem na atividade enzimática de hidrolases presentes no solo.

Efeito do manejo da cana-de-açúcar na atividade de peroxidase

Conforme observado na **figura 2**, o SN (353 U) apresentou maior atividade que os solos com manejo convencional (152 U) e orgânico (máximo de atividade em MO 161 U). De acordo com teste Tukey, não há diferença significativa entre as atividades de peroxidase nos manejos convencional e orgânico.

De acordo com a **figura 2** o manejo provocou uma redução de 57% da atividade de peroxidase no manejo convencional e de 55% no manejo orgânico da cana-de-açúcar. O efeito do manejo de culturas em enzimas de solo já foi relatado por outros autores (García-Ruiz et al., 2009). No entanto, para enzimas oxidativas poucos estudos avaliando o efeito do manejo de culturas sobre essas enzimas têm sido realizados.

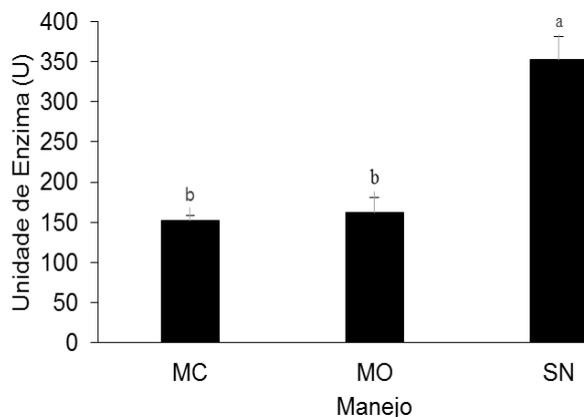


Figura 2: Efeito do manejo na atividade de peroxidase

Efeito do manejo de cana de açúcar na atividade de polifenoloxidase

A figura 3 mostra o efeito do manejo orgânico e convencional na atividade de polifenoloxidase. Observa-se que o SN apresentou maior atividade enzimática (80 U) que o solo convencional (51 U) e orgânico (54 U). O teste Tukey ($p > 0,05$) mostrou que não houve diferença significativa na atividade enzimática nos solos cultivados. Nesse sentido, assim como ocorreu para peroxidase, o manejo de cana de açúcar reduziu a atividade enzimática nos solos cultivados.

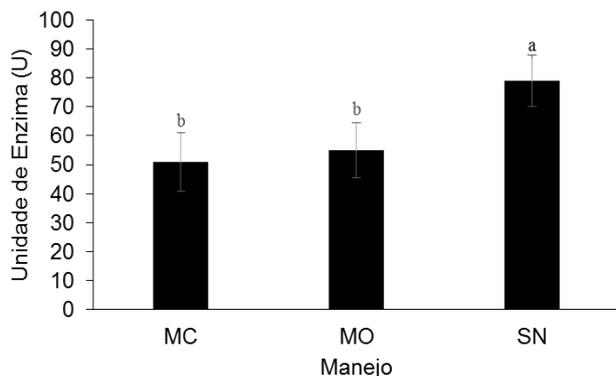


Figura 3: Atividade de polifenoloxidase nos diferentes manejos

Geng et al. (2012) realizaram um estudo com várias enzimas em solo nativo de florestas e solo com retirada de vegetação e observaram que polifenoloxidases apresentaram maior atividade em solo nativo.

CONCLUSÕES

A análise de componente principal dos dados de quantificação de enzimas oxidativas em solos do Cerrado (peroxidase e polifenoloxidase) e dos fatores físico-químicos permitiram diferenciar os solos

coletados das áreas de SN, MO e MC. A atividade de peroxidase, polifenoloxidase, teor de alumínio, saturação de bases e acidez total foram os fatores que permitiram diferenciar NS dos solos cultivados e permitiram inferir que o pH poderia ser um dos fatores que mais afetasse a atividade dessas enzimas do solo, o que foi comprovado pela correlação de Pearson.

Foi observado ainda que o SN apresentou maior atividade de enzimas oxidativas que os manejos cultivados, mostrando que distúrbios causados pela agricultura, afetam a atividade dessas enzimas, sendo que houve redução de cerca de 36% da atividade enzimática de polifenoloxidase e 57% na atividade de peroxidase nos solos cultivados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEG pelo apoio e financiamento deste projeto.

REFERÊNCIAS

GARCÍA-RUÍZ, R., OCHOA, V., VINEGLA, B., HINOJOSA, M. B., PENA-SANTIAGO, R., LIÉBANAS, G., LINARES, J. C., CARREIRA, J. A., Soil enzymes, nematode community and selected physico-chemical properties as soil quality indicators in organic and conventional olive oil farming: Influence of seasonality and site features *Applied Soil Ecology*, 41:305–314, 2009.

GENG, Y., DIGHTON, J., GRAY, D. The effects of thinning and soil disturbance on enzyme activities under pitch pine soil in New Jersey Pinelands. *Applied Soil Ecology*, 62:1-7, 2012.

HALPIN, B. E., PRESSEY, R., JEN, J. J., MODY, N., Purification and characterization of peroxidase from green peas. *Journal of Food Science*, 54:644-649, 1989.

HALPIN, B. E., LEE, C.Y. Effect of blanching on enzyme activity and quality changes in green peas. *Journal of Food Science*, 52:1002-1005, 1987.

IYYEMPERUMAL, K., SHI, W. Soil enzyme activities in two forage systems following application of different rates of swine lagoon effluent or ammonium nitrate. *Applied Soil Ecology*, 38:128-136, 2008.

MOSCATELLI, M. C., LAGOMARSINO, A., GARZILLO, A. M. V., PIGNATARO, A., GREGO, S., Beta-glucosidase kinetic parameters as indicators of soil quality under conventional and organic cropping systems applying two analytical approaches. *Ecological Indicators*, 13:322–327, 2012.

TIAN, L., DELL, E., SHI, W., Chemical composition of dissolved organic matter in agroecosystems: Correlations with soil enzyme activity and carbon and nitrogen mineralization. *Applied Soil Ecology*, 46:426-435, 2010.

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015