

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
MATO GROSSO
CAMPUS CAMPO NOVO DO PARECIS
CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA**

ALINE SOARES DOS SANTOS OLIVEIRA

**ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB ADUBAÇÃO DE
SISTEMAS**

**CAMPO NOVO DO PARECIS
2022**

ALINE SOARES DOS SANTOS OLIVEIRA

ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB ADUBAÇÃO DE SISTEMAS

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

ORIENTADORA: PROFA DRA ANDRÉIA DE OLIVEIRA VIEIRA

**CAMPO NOVO DO PARECIS
2022**

RESUMO

A atividade enzimática é utilizada como indicador da qualidade do solo, uma vez que apresentam alta sensibilidade e rápida resposta a alterações do mesmo. O objetivo nesse trabalho foi verificar se a adição de adubação de sistemas aumenta a atividade enzimática (β -glicosidade, arilsulfatase e fosfatase ácida) e o potencial de mineralização do nitrogênio do solo. O experimento foi implantado em delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, na unidade experimental do Centro Tecnológico Aprosoja (CTECNO) em Campo Novo do Parecis, no ano agrícola 2016/2017. Os 12 tratamentos foram representados por amostras de solos: T1- Controle; T2- Apenas K na soja; T3- Apenas K no sorgo; T4- Apenas N no sorgo; T5- Apenas N na soja; T6- ½ dose de K em cada cultura; T7- ½ dose de N em cada cultura; T8- N e K na soja; T9- N e K no sorgo; T10- N no sorgo e K na soja; T11- K no sorgo e N na soja; e T12- N e K nas duas culturas. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm de profundidade. A amostragem foi realizada após a dessecação do sorgo. Verificou-se que os sistemas de adubação N na planta de cobertura (sorgo) e K na soja influenciam a atividade das enzimas sulfatase e fosfatase, mas não afetaram a atividade da β -glicosidade.

Palavras-chave: atividade enzimática, β -glicosidade, adubação de sistemas, mineralização.

ABSTRACT

Enzyme activity is used as an indicator of soil quality, since it has high sensitivity and rapid response to soil changes. The objective was to verify if the addition of a duplication of systems increases the enzymatic and acid phosphatase activity and the mineralization potential of the soil work. The was improved in randomized block experiments with four experimental experiments, at the Learning and Diffusion Center (CAD) in Campo Novo do Agricultor 2016/2017. The 12 treatments were found by origin of individual treatments: T1- Control; T2- Only K in soybean; T3- Only K in sorghum; T4- Only N in sorghum; T5- Only N in soybeans; T6- ½ dose of K in each culture; T7- ½ dose of N in each culture; T8-N and K in soybean; T9- N and K in sorghum; T10- N in sorghum and K in soybean; T11- K in sorghum and N in soybean; and T12-N and K in both cultures. Soil samples were collected at 0-10 cm depth. A was recorded after sorghum desiccation. It is verified that the N activity systems in the fertilization plant (fertilization) and K-only soy have the activity of the sulfatase and phosphatase enzymes, but are not phosphatase the activity of the β -glucosity.

Keywords: enzymatic activity, β -glucosity, fertilization systems, mineralization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
5 CONCLUSÕES.....	15
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16

1 INTRODUÇÃO

A adoção de novas tecnologias na agricultura ocorre mais rapidamente que em outros setores da economia brasileira. Isso porque o mercado é muito dinâmico e o custo de produção aumentou consideravelmente, o que reduz a margem de lucro (ARTUZO et al., 2018). Assim, estratégias de manejo do solo com vistas a melhorar a eficiência dos fertilizantes e consequentemente reduzir custos de produção tem alta aderência por parte dos produtores.

Os nutrientes fornecidos via fertilizantes fazem parte dos principais componentes para o desenvolvimento de plantas (LOPES e GUIMARÃES, 2007), além de estar diretamente relacionado com a qualidade do solo. Encontrar estratégias para aumentar a eficiência dos fertilizantes é um dos desafios da pesquisa e todos os envolvidos na produção de alimentos.

A adubação de sistema consiste na realização de fertilização para atender demanda nutricional de todas as culturas que fazem parte do sistema. Além disso, tem como premissa a inserção de uma cultura com alto potencial de produção de raiz e fitomassa que durante o processo de decomposição, transfere os nutrientes para a cultura em sucessão. Logo, a adubação de sistema é uma estratégia com potencial para aumentar a eficiência dos adubos aportados ao sistema.

Com a inserção de culturas que produzem bom volume de fitomassa, a adubação de sistemas pode aumentar os teores de matéria orgânica do solo, o que consequentemente pode alterar a atividade de algumas enzimas do solo. A atividade enzimática pode ser utilizada como indicador da qualidade do solo, uma vez que apresentam alta sensibilidade e rápida resposta a alterações do solo (BANDICK e DICK, 1999).

As enzimas como a β -glucosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida são utilizadas como indicadores da ciclagem de nutrientes como C, P e S no solo (DICK et al., 1996), pois atuam na decomposição dos compostos orgânicos e mineralização de nutrientes, essas têm potencial para indicar se a adubação de sistema é mais eficiente na ciclagem de nutrientes que a adubação para culturas.

O objetivo deste experimento foi verificar se a adição de adubação de sistemas aumenta a atividade enzimática (β -glucosidase, arilsulfatase e fosfatase ácida) e o potencial de mineralização do nitrogênio no solo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A fertilidade do solo é considerada primordial para o desenvolvimento da cultura, assim, é crucial identificar a aptidão do solo para o fornecimento de nutrientes necessários a planta, e desta forma delinear técnicas de manejo adequado para potencializar a produção das culturas. Algumas estratégias são adotadas para o aumento da fertilidade do solo. A adubação de sistemas é uma das alternativas para aumentar a eficiência dos fertilizantes aportados ao solo.

Como nova tecnologia empregada, a adubação de sistemas visa a adubação de forma intensiva em culturas com melhores respostas, e de forma residual, atender a necessidade de culturas com menores respostas, desta forma culturas como soja (*Glycine max* L.), podem mostrar melhores respostas com adubação residual de culturas como algodão (*Gossypium hirsutum*) e milho (*Zea mays* L.) (ALTMANN, 2012).

A adubação de sistemas difere da adubação de culturas, uma vez que a recomendação não é feita somente para uma cultura, de forma isolada, e sim engloba todas as culturas que fazem parte do sistema (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010). Esta técnica, envolve a rotação de culturas como pastagem e grãos, com o objetivo de transferir a adubação entre as culturas implantadas. Essa tecnologia tem sido adotada com a efetividade do efeito residual da adubação de pastagens para sucessão de grãos, Assmann et al. (2003) comprova em estudo que obteve alta produtividade na cultura do milho em sucessão de azevém e aveia sem a adição de adubo.

A adubação de sistemas contribui na manutenção da qualidade do solo, uma vez que, com a utilização de manejo como o plantio direto pode incrementar este tipo de adubação, desta forma, pode gerar o acúmulo de nutrientes no solo, causando um acréscimo na matéria orgânica do solo (ROSOLEM et al., 2012). Além, do aumento da ciclagem de nutrientes, foi verificado que em sistemas de plantio direto em tratamentos sem adubação de N, P e K, houve um acréscimo de P no solo em cultivo de soja em sucessão ao milho segunda safra (POTRICH, 2017).

A matéria orgânica pode ser utilizada como indicador da qualidade do solo, pois influencia a estrutura, a disponibilidade de nutrientes e a atividade microbiana (MIELNICZUK, 1999; REEVES, 1997), com manejo da adubação de sistemas e conseqüente aumento da matéria orgânica do solo, há o acréscimo na atividade de enzimas, uma vez que a matéria orgânica é a principal variável de influência nas enzimas do solo (REZENDE et al., 2001).

A atividade enzimática do solo é utilizada como bioindicador de qualidade devido à alta sensibilidade, assim efeito de pequenas alterações no manejo do solo são logo detectadas (GIL-

SOTRES et al., 2005). A atividade das enzimas tem relação com a atividade microbiana do solo e suas propriedades físicas. Estudos comprovam em diferentes manejos, como plantio direto e rotação de culturas, as atividades enzimáticas mostraram alterações no C e N microbiano do solo (BALOTA et al., 2004). Enzimas como β -glucosidase, fosfatase e arilsulfatase são muito utilizados como bioindicadores por sua alta sensibilidade, em diferentes sistemas com adição de gramíneas houve aumento na atividade destas enzimas, assim como se observou um aumento de carbono orgânico no solo (MATSUOKA et al., 2003).

A atividade enzimática atua na disponibilidade de nutrientes para o desenvolvimento de plantas, desta forma, podem ser utilizadas como indicador da ciclagem de nutrientes (DICK, et al., 1996), uma vez que, algumas enzimas como a β -glucosidase atua no ciclo do C do solo, e na degradação de compostos orgânicos (KAVASAKI, 2019). A enzima fosfatase atua no ciclo do P, sendo influenciada pelo pH do solo. Dick et al. (1996), em seu estudo mostra que a fosfatase ácida representa relevância na mineralização do P orgânico. Outra enzima utilizada como indicadora da ciclagem de nutrientes é a arilsulfatase, que atua na liberação de S na forma disponível para as plantas, liberando o sulfato. Essa enzima atua na hidrólise de ésteres de sulfato (ALEF e NANNIPIERI, 1995), portanto, é produzida por fungos microbianos (DICK et al., 1996).

A adição de adubação ao solo pode influenciar a atividade de enzimas, Martens et al. (1992), comprova que com a utilização de fertilizantes orgânicos, a atividade de enzimas como fosfatase ácida, arilsulfatase e β -glucosidase mostraram um aumento significativo quando comparado a um solo não adubado. Desta forma, entende-se que a atividade enzimática representa grande relevância como indicador da qualidade do solo e da ciclagem de nutrientes, porém, diversos fatores podem influenciar este processo, como a atividade biológica do solo, o manejo utilizado, a adubação e as propriedades físicas e químicas do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida com amostras de solo de um experimento implantado na safra 2016/2017, no Centro Tecnológico Aprosoja (CTECNO) em Campo Novo do Parecis, em solo de textura média, localizado numa região de transição entre Cerrado e Amazônia cujo clima, segundo a classificação de KÖPPEN (1948), é o do tipo Aw, com precipitação média anual de 1.945 e temperatura média anual entre 23,7 °C. O histórico de cultivos realizados na área experimental está descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Histórico da área experimental

Ano agrícola	Safra	Cultivo
2016/2017	1°	Soja (cultivar M8372 IPRO)
2016/2017	2°	<i>Brachiaria ruziziensis</i>
2017/2018	1°	Soja (cultivar TMG 4182)
2017/2018	2°	<i>Brachiaria ruziziensis</i>
2018/2019	1°	Soja (cultivar M8372 IPRO)
2018/2019	2°	<i>Brachiaria ruziziensis</i>
2019/2020	1°	Soja (cultivar CZ48B32 IPRO)
2019/2020	2°	<i>Brachiaria brizantha cv. piatã</i>
2020/2021	1°	Soja cultivar TMG 2381 IPRO

Para verificar a influência da adubação de sistemas sobre a atividade biológica do solo após o quinto ano de instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo após a dessecação do sorgo (cultura da segunda safra). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições. Cada parcela foi constituída de 13,5 m de comprimento por 8,1 m de largura. O sorgo forrageiro foi semeado em fevereiro de 2021 a lanço e as sementes incorporadas com grade niveladora.

A adubação fosfatada com o equivalente a 300 kg ha⁻¹ de superfosfato simples foi realizada no sulco de semeadura da soja. Também foi aplicado 7 kg ha⁻¹ de Produbor® (ulexita acidulada) a lanço no dia da semeadura e 7 kg ha⁻¹ de Coopergran® (Co e Mo) via pulverização no estádio V2. A adubação de N e K foi realizado de acordo com o descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Sistemas de produção implantados na área experimental do CAD Parecis, 2021

Tratamento	Descrição do manejo	Cobertura		Soja		
		K ₂ O	N	K ₂ O kg ha ⁻¹	VC	R5
1	Controle	0	0	0	0	0
2	Apenas K na soja	0	0	100	0	0
3	Apenas K no sorgo	100				
4	Apenas N no sorgo	0	90			
5	Apenas N na soja				36	54
6	½ K em cada cultura	50		50		
7	½ N em cada cultura		45		18	27
8	N e K na soja			100	36	54
9	N e K no sorgo	100	90			
10	N no sorgo e K na soja	0	90	100		
11	K no sorgo e N na soja	100			36	54
12	N e K nas duas culturas	100	90	100	36	54

As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10 cm utilizando trado calador. A coleta de solo foi realizada em seis pontos da parcela e em cada ponto foi retirado cinco amostras. As subamostras foram homogeneizadas para formar uma amostra composta por parcela.

Posterior a coleta, essas amostras foram armazenadas em sacos de plástico previamente identificados e acondicionados em caixas térmicas com gelo para o transporte. No laboratório, após homogeneização com o uso de peneira com malha de 2 mm, as amostras foram divididas em duas partes, uma foi armazenada em câmara fria à 4°C até a execução das análises microbiológicas e a outra foi mantida em temperatura ambiente para secar ao ar.

A determinação do potencial de mineralização do N solo foi realizada em meio anaeróbico como descrito por KANDELER (1996). Para essa quantificação foi pesado 10 g de solo das amostras em quatro erlenmeyers de 125 mL. Duas amostras foram incubadas a 40°C e duas amostras controle incubadas a -20°C por 7 dias. Após a incubação, foi adicionado 50 mL de KCl e agitado por 30 min. A suspensão de solo de cada erlenmeyer foi filtrada e determinado

os teores de amônio do solo. O potencial de mineralização foi obtido por meio da subtração das amostras pelo controle.

A atividade das enzimas β -glicosidade, fosfatase ácida e arissulfatase foram quantificadas como proposto por Tabatabai (1994). Esses métodos quantificam a coloração amarela formada após a adição de substratos específicos para cada enzima. A atividade enzimática do solo foi expressa em μg p-nitrofenol liberado por grama de solo seco por hora.

Após a maturação fisiológica da soja, as áreas úteis das parcelas foram colhidas manualmente, para a obtenção da produtividade de grãos em kg ha^{-1} . Os dados foram corrigidos para a umidade padrão de 13%.

Os dados de potencial de mineralização do N, atividade das enzimas e teores de COT do solo e a produtividade da soja foram submetidos à análise de variância por meio do teste de F e feitas comparações das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) no software Sisvar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que os sistemas de adubação influenciam a atividade das enzimas sulfatase e fosfatase, mas não afetaram a atividade da betaglicosidase. O sistema com aplicação de N na planta de cobertura (sorgo) e K na soja apresentou maior atividade da enzima sulfatase (Figura 1). Os sistemas com aplicação de N e K no sorgo e aplicação de K no sorgo e N na soja apresentaram valores intermediários e os demais sistemas apresentaram menores valores.

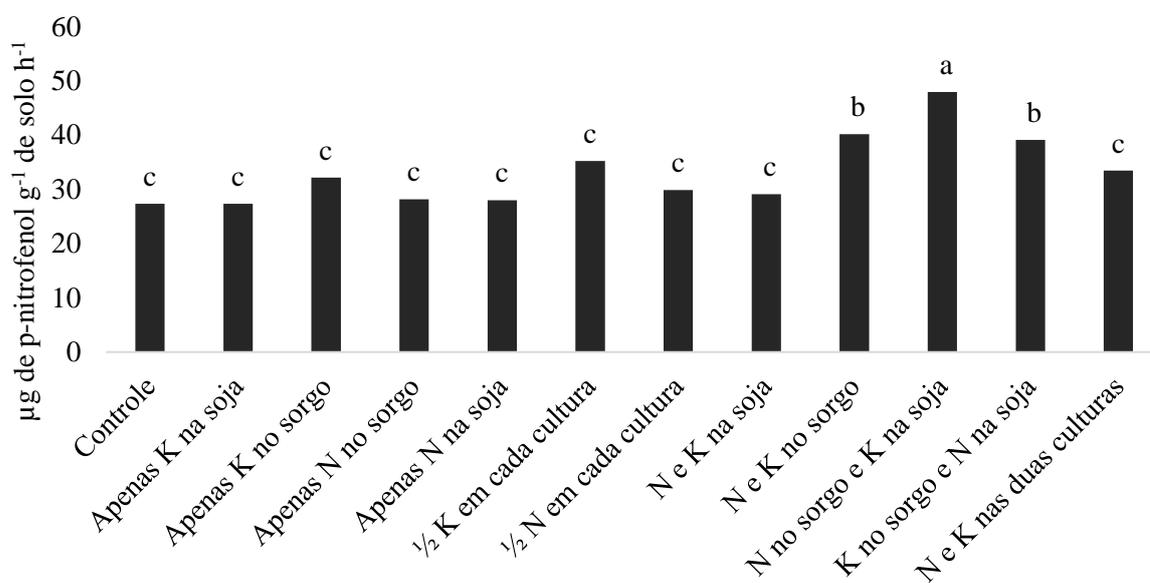


Figura 1. Atividade da enzima sulfatase nos sistemas de adubação, agosto 2021.

Ao avaliar a atividade da enzima fosfatase verificou-se que os sistemas com aplicação de N na planta de cobertura (sorgo) e K na soja e aplicação de K no sorgo e N na soja apresentaram maior atividade da enzima fosfatase e a aplicação de N apenas na soja, ½ de K em cada cultura e N e K na soja e N e K no sorgo apresentaram os menores valores (Figura 2).

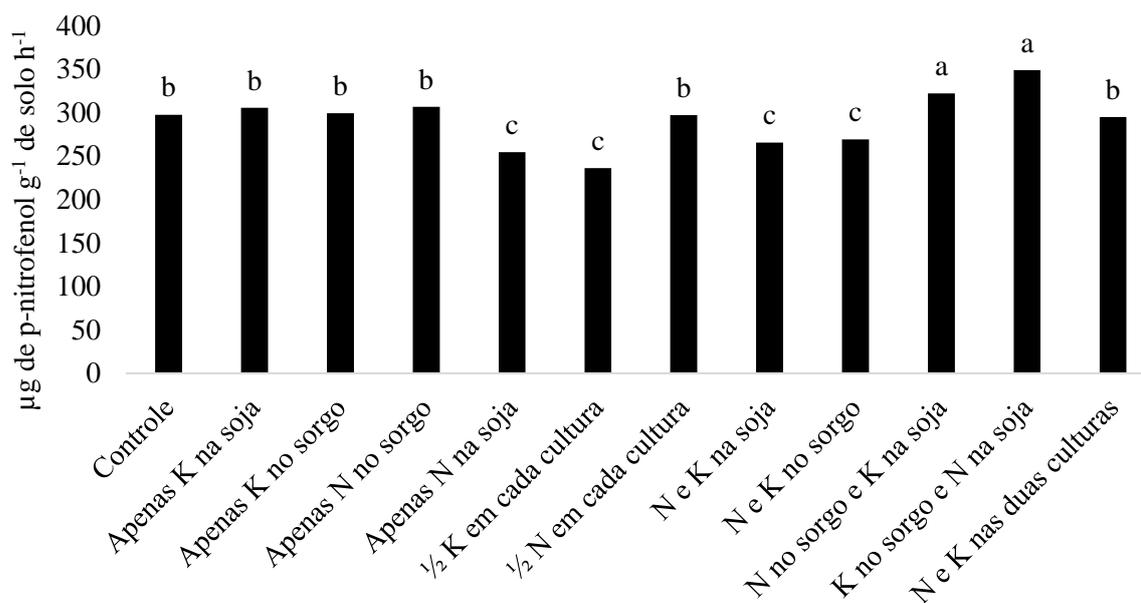


Figura 2. Atividade da enzima fosfatase nos sistemas de adubação, agosto 2021.

O sorgo apresenta responsividade elevada à adubação de N (ARAÚJO e SILVA, 2019), diferentemente da cultura da soja, uma vez que sua demanda de nitrogênio é suprida pela FBN, não havendo necessidade de adubação nitrogenada (OLIVEIRA e ROSA, 2014), assim, a aplicação e conseqüentemente a absorção deste nutriente contribui para melhor desenvolvimento do sorgo, o que possibilitou maior exploração dos recursos (nutrientes e água). A senescência dessa cultura e a decomposição dos seus resíduos aumentam a disponibilidade dos nutrientes no solo (TEIXEIRA, 2010), o que conduz ao aumento da biomassa microbiana, explicando assim a conseqüente maior atividade das enzimas sulfatase e fosfatase no solo (SANTOS, 2016). Vasconcellos et al. (1999) observou que diferentes variedades de sorgo, utilizadas como planta de cobertura, afetam a biomassa microbiana e o desenvolvimento da soja.

A maior produção de matéria seca de plantas de cobertura influencia no incremento de matéria orgânica, uma vez que atua no acúmulo e ciclagem de nutrientes, assim como a atividade biológica do solo (ROSCOE et al., 2006). O acréscimo de matéria seca do sorgo é favorecido pela adubação de N e K, portanto, há o aumento da M.O que favorece a atividade enzimática pelo maior desenvolvimento da atividade biológica do solo, além disso quando ocorre a decomposição de resíduos de forma acelerada, há a disponibilidade de nutrientes como o N mais rapidamente na cultura de sucessão.

O aporte de N na cultura do sorgo, pode aumentar a disponibilidade de nutrientes para a cultura e assim incrementar a produção de fitomassa, conseqüentemente a cultura favorece ao

melhorar as condições ambientais como a maior retenção de umidade e redução de temperatura do solo após a senescência (DUARTE et al., 2014). Portanto, os resultados deste experimento podem ser explicados pelas condições favoráveis que o sorgo traz para os microrganismos, e conseqüentemente melhora a atividade enzimática do solo.

A aplicação de N na soja, apresenta determinadas diferenças em relação aos resultados de outros, uma vez que a relação entre a planta e os rizóbios apresentam certa complexidade, além disso, outros fatores como as condições climáticas e o manejo utilizado pode influenciar diretamente os resultados desta adubação (MENDES et al., 2008; BAHRY, 2011; BAHRY et al., 2013). Em experimento em uma área de Cerrado, em Latossolo Amarelo foi verificado que a adubação de nitrogênio na soja não possui rentabilidade no sentido econômico, assim é uma prática inviável (MENDES et al., 2008).

Os resíduos vegetais das plantas de cobertura são influenciados pela cultura utilizada, bem como o manejo realizado, e da adubação do solo. Além disso, outros fatores climáticos e edáficos podem afetar diretamente a atividade biológica do solo (ALVARENGA et al., 2001). Desta forma, os microrganismos são favorecidos pelas plantas de cobertura, que por sua vez, influenciam os ciclos biogeoquímicos dos nutrientes como nitrogênio e enxofre, que atuam na mineralização e reserva de nutrientes (SOUZA et al., 2010).

A atividade da enzima sulfatase atua na mineralização do enxofre orgânico no solo (ACOSTA MARTINEZ, 2007), assim é responsável pela disponibilidade deste nutriente para as plantas (TABATABAI e BREMNER, 1970). Um estudo realizado em solo cultivado com diferentes coberturas avaliando a atividade enzimática e biológica do solo, foi observado relação positiva entre a enzima sulfatase e os teores de S total e orgânico (PINTO e NAHAS, 2002). As mudanças relacionadas a S no solo estão diretamente ligadas a processos bióticos e abióticos, e estes fatores dependem da quantidade de nitrogênio e carbono presente no solo (OSORIO FILHO, 2006). Estudo comprova que a liberação de S é influenciada pela adubação nitrogenada, havendo menores teores de enxofre quando houve a adubação em pastagem (WERNER et al., 2021).

5 CONCLUSÕES

O sistema com aplicação de N na planta de cobertura (sorgo) e K na soja aumenta a atividade da enzima sulfatase;

Os sistemas com aplicação de N na planta de cobertura (sorgo) e K na soja e aplicação de K no sorgo e N na soja aumentam a atividade da enzima fosfatase no solo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; CRUZ, L.; SOTOMAYOR-RAMÍREZ, D.; PÉREZ-ALEGRIA, L. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. **Applied Soil Ecology**, v. 35, p. 35-45, 2007.
- ALEF, K.; NANNIPIERI, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. Academic Press, p. 576, 1995.
- ALTMANN, N. **Adubação de sistemas integrados de produção em plantio direto: resultados práticos no cerrado**. International Plant Nutrition Institute (INPI): Informações Agronômicas, n. 140, p. 1-8, 2012.
- ALVARENGA, R.C.; LARA CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, p. 25- 36, 2001.
- ARAÚJO, L.B.; SILVA, L.L. **Resposta do sorgo à adubação nitrogenada em um latossolo amarelo da Amazônia**. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharel de Engenharia Agrônômica). Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, p. 31, 2019. Disponível em:<<http://bdta.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1040/1/Resposta%20do%20Sorgo%20%C3%A0%20Aduba%C3%A7%C3%A3o%20Nitrogenada%20em%20Um%20Latossolo%20Amarelo%20da%20Amaz%C3%B4nia.pdf>>. Acesso em: 27/11/2021.
- ARTUZO, F.D.; FOGUESATTO, C.R.; SOUZA, Â.R.L.D.; SILVA, L.X.D. Gestão de custos na produção de milho e soja. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 20, p. 273-294, 2018.
- ASSMANN, T.S.; RONZELLI JÚNIOR, P.; MORAES, A.D.; ASSMANN, A.L.; KOEHLER, H.S.; SANDINI, I. Rendimento de milho em área de integração lavoura-pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 675-683, 2003.
- BAHRY, C.A. **Desempenho agrônômico da soja em função da adubação nitrogenada em diferentes estádios reprodutivos**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Ciência e tecnologia de Sementes). Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p. 45, 2011. Disponível em:<http://www.guaiaca.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1517/1/dissertacao_carlos_andre_bahry.pdf>. Acesso em: 20/11/2021.
- BAHRY, C.A.; VENSKE, E.; NARDINO, M.; FIN, S.S.; ZIMMER, P.D.; SOUZA, V.Q.; CARON, B.O. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetida à adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**, v.6, n.21, p.281-288, 2013.
- BALOTA, E.L.; COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil Tillage Research**, v. 77, n. 2, p. 137-145, 2004.
- BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 31, n. 11, p. 1471-1479, 1999.

- DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. **Methods for assessing soil quality**, v. 49, p. 247-271, 1996.
- DUARTE, I.B.; GALLO, A.S.; GOMES, M.S.; GUIMARÃES, N.F.; ROCHA, D.P.; SILVA, R.F. Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. **Acta Iguazu**, v. 3, p. 150-165, 2014.
- GIL-SOTRES, F.; CEPEDA-TRASAR, C.; LEIRÓS, M.C.; SEOANE, S. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 37, p. 877-887, 2005.
- KAVASAKI, K.F.L. **Indicadores microbiológicos em solos agrícolas no estado de Mato Grosso**. Tese de Doutorado (Programa de pós-graduação em Agricultura Tropical). Cuiabá: Universidade Federal de Mato Grosso, p. 108, 2019. Disponível em: <<https://www.ufmt.br/ppgat/images/uploads/Disserta%C3%A7%C3%B5es-Teses/Teses/2019/TESE%20-%20KAYNARA%20FABIOLA%20LIMA%20KAVASAKI.pdf>>. Acesso em: 17/06/2021.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Buenos Aires, Ed. Fundo de Cultura Econômica, 1948.
- LOPES, A.S.; GUIMARÃES, L. R. Fertilidade do solo e Produtividade agrícola. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 1-64, 2007.
- MARTENS, D.A.; JOHANSON, J.B.; FRANKENBERGER, W.T. Production and persistence of soil enzymes with repeated addition of organic residues. **Soil Science**, v. 153, n. 1, p. 53-61, 1992.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de primavera do leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 425-433, 2003.
- MENDES, I.C.; REIS JUNIOR, F.B.; HUNGRIA, M.; SOUZA, D.M.G.; CAMPO, R.J. Adubação nitrogenada suplementar tardia em soja cultivada em latossolos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 8, p. 1053-1060, 2008.
- MIELNICZUK, J. **Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas**. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, v. 1, p. 1-8, 1999.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA, F.A. Soja. Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes. **International Plant Nutrition Institute (IPNI)**, p. 1-38, 2010.
- OLIVEIRA, A.D.; ROSA, A.P.S.A. Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2014/2015 e 2015/2016. In: **XL Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1º edição, 2014. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/33886473.pdf>>. Acesso em: 27/11/2021.

OSORIO FILHO, B.D. **Dinâmica de Enxofre no sistema solo e resposta das culturas a adubação sulfatada**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 76, 2006. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/5467/BENJAMIN%20OSORIO%20FILHO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28/11/2021.

PINTO, C. R. O; NAHAS E. Atividade e população microbiana envolvida nas transformações do enxofre em solos com diferentes vegetações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1751-1756, 2002.

POTRICH, D.C. **Adubação da sucessão soja e milho consorciado com *Brachiaria ruziziensis***. Dissertação de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2017. Disponível em: <<https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Douglas%20Costa%20Potrich.pdf>>. Acesso em: 11/06/2021.

REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Tillage Research**, v. 43, p. 131-167, 1997.

REZENDE, J.L.P.; GARCIA, Q.S.; COTTI, M.R.M.M.L. Laboratory decomposition of *Dalbergia nigra* all. ex. benth and *Eucalyptus grandis* w.hill ex. maiden leaves in forest and eucalypt plantation soils. **Acta Botanica Brasilica**, v.15, n.3, p.305-312, 2001.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares. **Embrapa Agropecuária Oeste**, p. 17-42, 2006.

ROSOLEM, V.; RESENDE, T.M.; BORGES, E.N.; FRARE, C.T.; MACHADO, H.A. Variações nos teores do C total e isotópico do solo após substituição do cerrado em sistemas agrícolas no Triângulo Mineiro. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 24, n. 1, p.157-168, 2012.

SANTOS, L.O. **Atividade de rizobactérias antagonistas a *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* em solos cultivados com milho, sorgo e milheto**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola). Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, p. 75, 2016. Disponível em: <<http://repositorio.ufrb.edu.br/bitstream/prefix/1083/1/Lucila%20Oliveira%20Santos%20Disserta%20a7%20a3o%20.pdf>>. Acesso em: 28/11/2021.

SARMANHO, L.C.C. **Monitoramento da atividade da β -glucosidase e do carbono da biomassa microbiana de um latossolo vermelho amarelo de cerrado sob plantio direto e convencional**. Trabalho de Conclusão de Curso (Literatura em Ciências Naturais). Planaltina: Universidade de Brasília, 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/bitstream/10483/13343/1/2015_LidiaCorreadaCostaSarmanho.pdf>. Acesso em: 19/06/2021.

SILVEIRA, A.O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado (Mestre em Ciência do Solo). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/13756/000642940.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 18/08/2021.

SOUZA, E.D.; COSTA, S.E.V.G.A.; ANGHINONI, I.; LIMA, C.V.S.; CARVALHO, P.C.F.; MARTINS, A.P. Biomassa microbiana do solo em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, n. 1, p. 79-88, 2010.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Arylsulphatase activity of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 34, n.2, p. 225-229, 1970.

TABATABAI, M.A. **Soil enzymes**. In: BOTTOMLEY, P.J.; ANGLE, J.S.; WEAVER, R.W. Methods of soil analysis. Soil Science Society of America Journal. 1994.

TEIXEIRA, M. B. **Teores de nutrientes na palhada e no solo, após o corte das plantas de milho e sorgo**. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p. 48, 2010.

VASCONCELLOS, C.A.; CAMPOLINA, D.C.A.; SANTOS, F.G.; EXEL PITTA, G.V.; MARRIEL, I.E. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n.1, p. 69-77, 1999.

WERNER, F.; BALBILOT JUNIOR, A.A.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA JUNIOR, A.; FRANCHINI, J.C.; DEBIASSI, H.; COELHO, A.E.; SILVA, M.A.A. Liberação de cálcio, magnésio e enxofre da palha de pastagem de braquiária para a soja em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 20, p. 12, 2021.