

Atividade enzimática como indicadora da qualidade do solo de pastagens da Região Médio Paraíba do Sul ⁽¹⁾

Giselle Silva dos Santos⁽²⁾; Daiane Rigone ⁽³⁾; Jorge Makhoulouta Alonso⁽⁴⁾; Guilherme Kangussu Donagemma⁽⁵⁾; Rosângela Stralioatto⁽⁵⁾.

⁽¹⁾ Financiamento: FINEP/FNDCT 1219/21 – Cv: 01.22.0080.00; FAPERJ: 10.23.00.023.00.00. ⁽²⁾ Aluna de graduação, Biologia, PUC/Rio de Janeiro, RJ.

⁽³⁾ Farmacêutica Bioquímica, Mestre Analista, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. ⁽⁴⁾ Engenheiro Florestal. PhD, Bolsista FINEP/Rede FERTBRASIL, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. ⁽⁵⁾ Engenheiros Agrônomos, PhD, Pesquisadores, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ.

Resumo – A atividade enzimática da arilsulfatase e β - glicosidase no solo têm sido utilizadas como indicadores da sustentabilidade de sistemas de produção de grãos pela tecnologia da Bioanálise do Solo, permitindo detectar com antecedência alterações que ocorrem no solo em função do uso e manejo. Neste trabalho, solos em áreas de pastagens em Valença, RJ, região do Médio Vale Paraíba, foram monitorados quanto à atividade enzimática em áreas sob sistemas de integração pecuária-floresta; manejo convencional, em diferentes níveis de degradação e em áreas de mata, com o objetivo de acompanhar a variação nas atividades enzimáticas em dois anos consecutivos. Amostras de solo foram coletadas de acordo com o protocolo FertBio, ao final do período chuvoso. As atividades da arilsulfatase e β -glicosidase foram avaliadas segundo Tabatabai (1994) adaptado por Pazutti e Chaer (2012). Para o iPF a atividade enzimática do solo não foi influenciada pela proximidade do renque das árvores. A atividade da β -glicosidase mostrou-se inferior nas regiões de mata adjacente, influenciada pela presença das raízes das gramíneas, enquanto a da arilsulfatase foi similar entre as dos solos do iPF. Nos dois anos de amostragem, a atividade das enzimas decresceu nos solos sob pastagens com maior nível de degradação em relação aos pastos não degradados. Os níveis N1 e N2, em 2024, apresentaram atividade enzimática do solo similar refletindo a menor pressão de pastejo nas áreas N2 no último ano. Os resultados indicam a viabilidade do uso dessas avaliações enzimáticas para acompanhar diferenças entre práticas de manejo em pastagens.

Palavras-Chave β -glicosidase, arilsulfatase, sistema de integração pecuária-floresta, pastagens degradadas.

Introdução

As pastagens ocupam a maior área agricultável do Brasil, com aproximadamente 161 milhões de hectares, sendo cerca de 60 milhões classificadas como pastagens nativas (Marin et al., 2016). Cerca de metade desta área é constituída por pastagens cultivadas, parcialmente degradadas e com baixa produtividade (Scolari, 2006). Diante deste cenário, visando desenvolver práticas de recuperação e/ou conservação, diversas iniciativas estão sendo utilizadas para avaliar os níveis de degradação das pastagens, utilizando indicadores que englobam a qualidade do solo, a taxa de cobertura vegetal (Lisboa et al., 2016; Valle, 2018), a altura do pasto e a produção de biomassa (Dias-Filho, 2014). Indicadores microbianos do solo, como a biomassa microbiana e a atividade enzimática, têm recebido crescente atenção na ciência do solo nos últimos anos, devido à sua capacidade de detectar precocemente as mudanças resultantes das práticas de manejo, sendo mais sensíveis do que os atributos químicos e físicos do solo (Chaer & Tótola, 2007; Peixoto et al., 2010; Mendes et al., 2018). A biomassa microbiana é o principal componente da matéria orgânica viva do solo e, junto ao carbono orgânico, vem sendo utilizada como indicador de alterações e de qualidade do solo, devido à relação com as funções ecológicas do ambiente, bem como à capacidade de refletir as mudanças no uso do solo (Jackson et al., 2003; Araújo & Melo, 2010). A tecnologia BioAs, baseada na atividade enzimática do solo, surge como protagonista demonstrando excelente correlação com qualidade do solo (Mendes et al., 2018) e foi desenvolvida para cultura de grãos na região dos Cerrados brasileiros. A BioAS proporciona ao agricultor uma ferramenta útil para diagnosticar a saúde do solo através da quantificação da atividade das enzimas β - glicosidase e arilsulfatase, ligadas aos ciclos do carbono e enxofre no solo, correlacionadas aos dados de fertilidade e produtividade das culturas. Esses dados integrados de qualidade do solo têm sido

utilizados para recomendação de práticas de manejo agrícola sustentáveis, incentivando a adoção de abordagens conservacionistas.

A degradação das pastagens ameaça a sustentabilidade da atividade agrícola. A avaliação de indicadores biológicos simplificados e com baixa variabilidade para avaliar o estágio de degradação de pastagens é importante para a recomendação de estratégias de manejo sustentável. O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicabilidade da avaliação da atividade das enzimas β -glicosidase e arilsulfatase como indicadores da qualidade do solo em pastagens sob diferentes sistemas de manejo e níveis de conservação.

Material e Métodos

Tratamentos e amostragens

Foram coletadas amostras de solo sob pastagens, na profundidade de 0-10 cm, na região de Valença (RJ), nos anos de 2023 e 2024, no final de janeiro e início de fevereiro, ao final do período chuvoso. Os locais escolhidos apresentavam diferentes estágios de conservação e/ou degradação das pastagens: bem manejadas e sem indícios de degradação (N1); pastagens com nível intermediário de degradação (N2) e com níveis avançados de degradação (N3) e também em áreas de mata em regiões contíguas. As amostragens foram realizadas em 4 locais distintos para cada um desses tratamentos. Foram ainda coletadas amostras de solo em áreas experimentais de pastagens sob sistema de integração pecuária-floresta (iPF), formado por braquiária consorciada com eucalipto, com 3 repetições. Dentro de cada bloco do iPF, foram coletadas três subamostras: na linha do renque (iPF R); próxima à borda das árvores, a cerca de 1m de distância do renque (iPF B) e na região central entre os renques (iPF P).

Análises laboratoriais

O solo coletado foi processado para terra fina seca ao ar de acordo com o protocolo FertBio (Mendes et al., 2019). As análises foram realizadas na Embrapa Agrobiologia (Seropédica/RJ) e na Embrapa Solos (Rio de Janeiro/RJ). Foram quantificadas as atividades das enzimas arilsulfatase, ligada ao ciclo do enxofre, e β -glicosidase, associada ao ciclo do carbono.

A metodologia, conforme descrita por Tabatabai (1994) e adaptada por Pazutti e Chaer (2012), corresponde na extração e determinação colorimétrica do p-nitrofenol liberado quando a amostra de solo é incubada em uma solução tampão contendo o substrato sintético p-nitrofenil-sulfato, para a arilsulfatase e p-nitrofenil- β -D-glicosídeo, para a β -glicosidase. A leitura dos produtos de reação, após centrifugação, é feita em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 410nm.

Análise estatística

Foi feita a análise de variância dos dados seguida por Scott-Knott e análise de cluster bivariado.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises das atividades enzimáticas foram apresentados separadamente para os anos 2023 e 2024 (figuras 1 a 4), nos sistemas de manejo convencional e iPF. Na figura 5 são apresentados os dados de análise multivariada englobando ambas atividades enzimáticas e sistemas de manejo. Na figura 1, observa-se que no ano de 2023 a atividade da enzima da arilsulfatase foi estatisticamente maior nos solos das áreas de pastagem N1 diminuindo conforme os níveis crescentes de degradação (N2 e N3). No ano de 2024, os solos sob pastagens N1 e N2 apresentaram atividade similar, diferindo significativamente apenas das áreas N3. No ano de 2024 houve uma redução na pressão de pastejo das áreas N1 e N2, tendo sido observada um robusto aumento da

biomassa vegetal nessas áreas, o que pode, conseqüentemente, ter refletido no aumento da atividade biológica e enzimática. Em relação às regiões de mata, os valores da atividade enzimática, para ambos os anos, apresentaram-se intermediários entre os níveis N1 e N2.

Na figura 2, observa-se que a atividade da enzima β -glicosidase não apresentou diferença significativa entre os anos de 2023 e 2024 nos solos de pastagem não degradada (N1) e nos de nível intermediário de degradação (N2). No entanto, houve uma diferença significativa entre nível mais

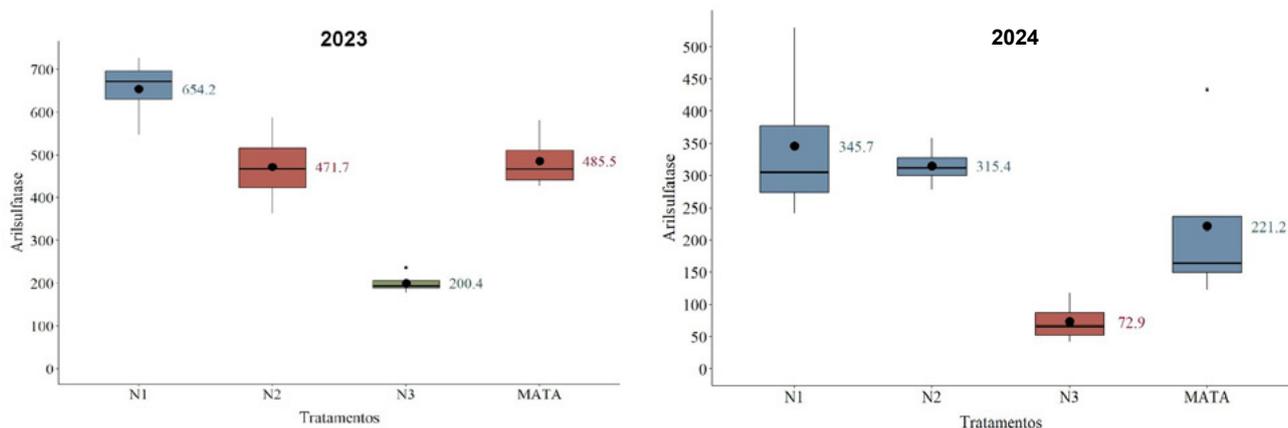


Figura 1. Atividade da enzima arilsulfatase referente aos anos de 2023 e 2024, no solo de áreas de pastagens com manejo convencional, em diferentes níveis de degradação: N1 (pasto não degradado); N2 (nível intermediário de degradação) e N3 (nível alto de degradação) e em áreas de mata, em Valença, RJ.

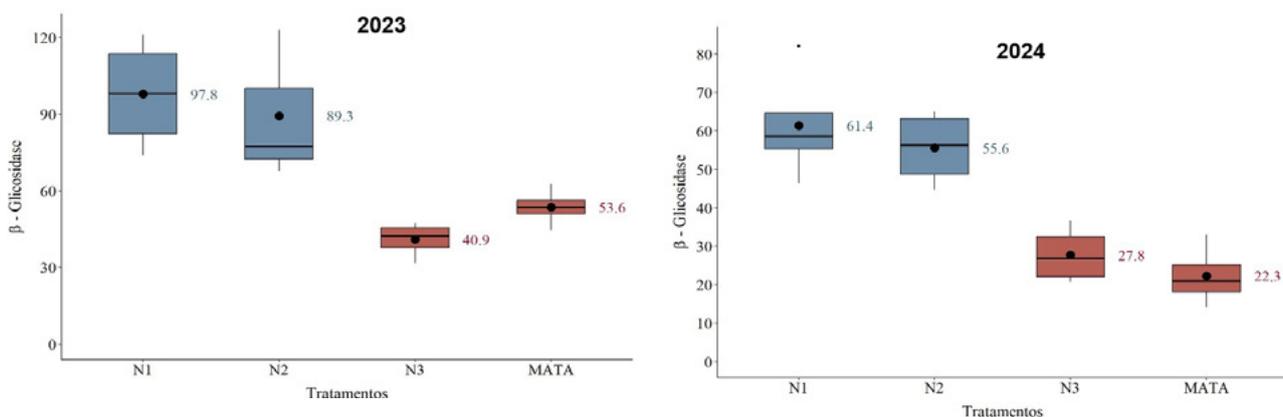


Figura 2. Atividade da enzima β -glicosidase referente aos anos de 2023 e 2024, no solo de áreas de pastagens com manejo convencional, em diferentes níveis de degradação: N1 (pasto não degradado); N2 (nível intermediário de degradação) e N3 (nível alto de degradação) e em áreas de mata, em Valença, RJ.

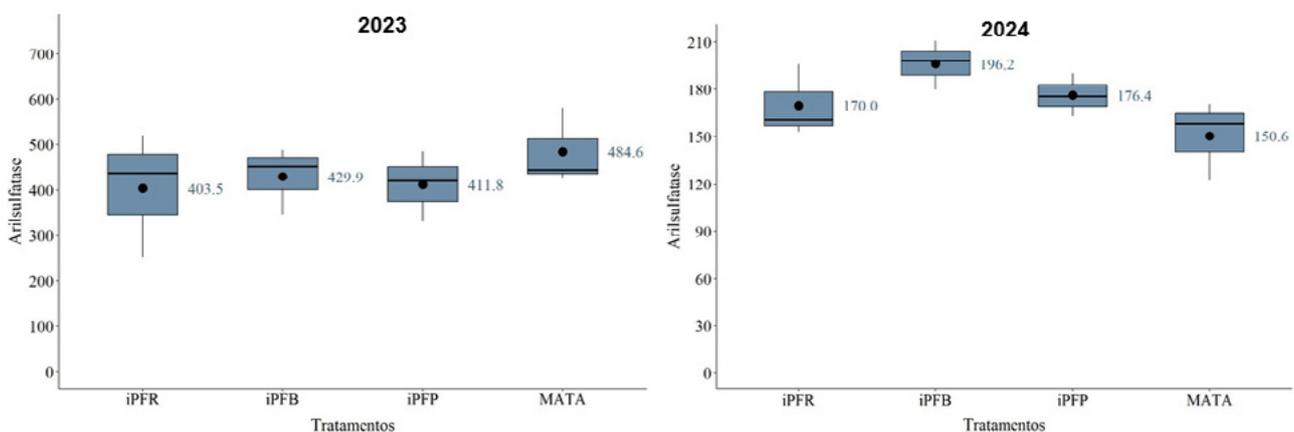


Figura 3. Atividade das enzimas e arilsulfatase do ano de 2023 e 2024, no solo em pastagens sob sistema de integração em pecuária floresta (iPF) e em áreas de mata, em Valença, RJ

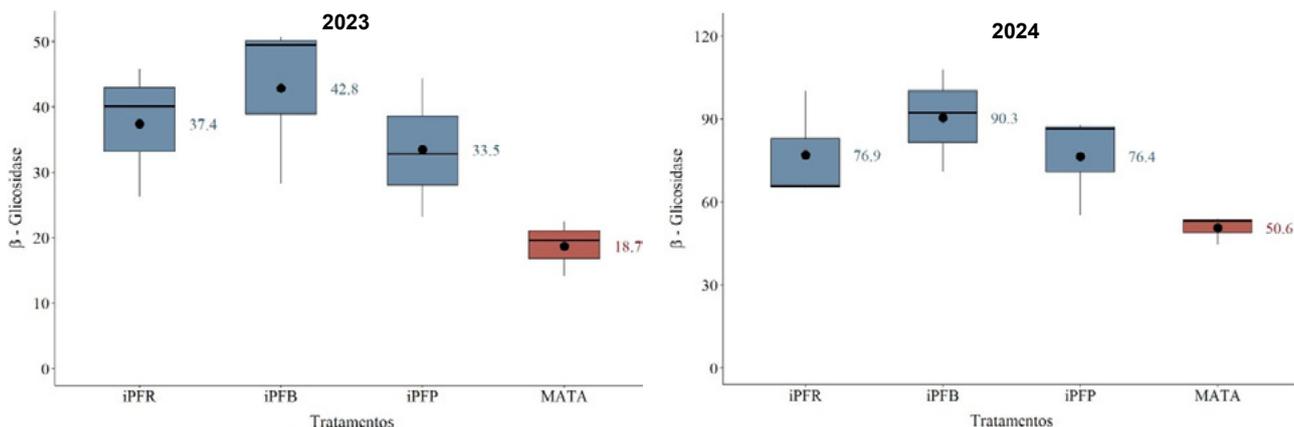


Figura 4. Atividade das enzimas β -glicosidase referente aos anos de 2023 e 2024, no solo em pastagens sob sistema de integração pecuária-floresta (iPF) e em áreas de mata, em Valença, RJ.

alto de degradação (N3) e a pastagem com menor degradação (N1), o que demonstra que a tendência que se manteve nos dois anos de avaliação.

Na região de mata, a atividade da enzima β -glicosidase não apresentou diferença significativa em relação aos pastos degradados (N3). A menor atividade da esta enzima está relacionada aos compostos de carbono recalcitrantes presentes no sistema radicular das plantas dessa região. Nas pastagens os compostos das raízes, geralmente profusas, são lábeis o que favorece a atividade microbiana, conseqüentemente, a atividade enzimática vinculada ao ciclo do carbono.

Para os sistemas Integração Pecuária Floresta (iPF) (**figuras 3 e 4**), a atividade de ambas enzimas arilsulfatase não apresentou diferença significativa entre os locais de amostragem: borda, pasto e renque nos dois anos avaliados. Portanto a amostragem no sistema iPF pode ser feita do modo convencional, sem influência da proximidade do renque. Apenas a atividade da enzima β -glicosidase foi menor nas áreas de Mata, conforme já observado, devido, provavelmente, à influência do sistema radicular da braquiária, na região do iPF.

Foi realizada uma análise estatística de cluster (**figura 5**), considerando os resultados das duas enzimas analisadas nos anos de 2023 e 2024.

Esta análise, gerou agrupamentos distintos relacionando a atividade enzimática com os níveis de degradação do solo. Em ambos os anos, os agrupamentos formados refletiram a tendência da relação atividade enzimática e nível de degradação. O cluster 1 concentrou as regiões com maior

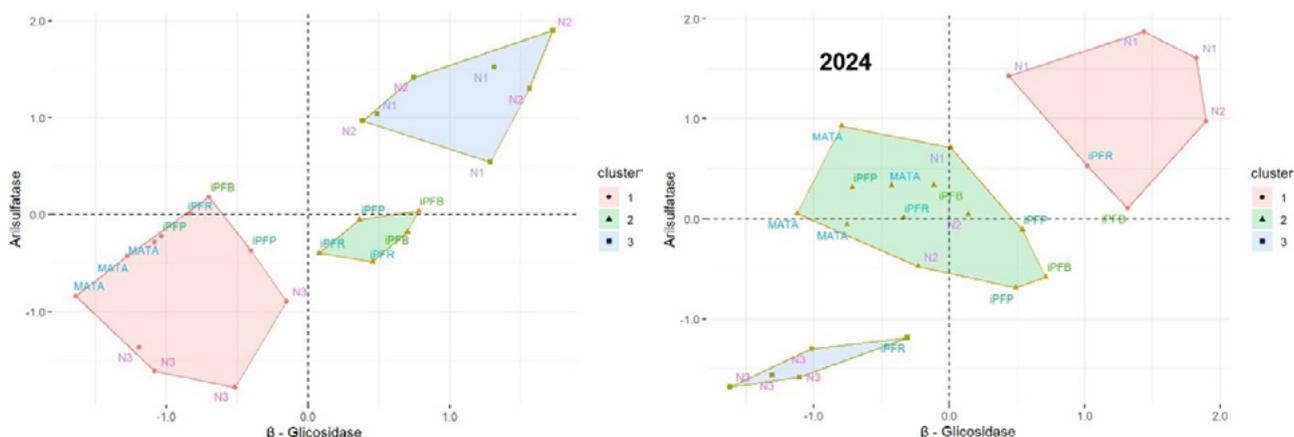


Figura 5. Análise de cluster mostrando 3 agrupamentos distintos das atividades enzimáticas da arilsulfatase e β -glicosidase. Referentes aos anos de 2023 e 2024.

atividade enzimática, que são as áreas de pastagem não degradada. Um cluster intermediário (cluster 2), agrupou as regiões de mata e as do sistema iPF. Já no cluster 3, encontram-se as áreas de pastagem com maior nível de degradação e consequentemente, com valores muito inferiores de atividade enzimática. Com estes resultados, foi possível inferir a relação proporcional, direta e consistente existente entre a atividade enzimática e o nível de degradação, demonstrando ser possível o uso deste parâmetro para avaliar a degradação do solo.

Conclusões

Os dados de atividade enzimática obtidos neste estudo, indicam a viabilidade do uso desse indicador para avaliar a qualidade do solo em áreas de pastagem com diferentes níveis de degradação.

Referências

- CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios eucaliptos sobre indicadores de qualidade solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 6, p. 1381-1396, dez. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600016>.
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 36 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 402). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/102203/1/DOC-402.pdf>. Acesso em: 20 de ago. 2024.
- LISBOA, F. M.; DONAGEMMA, G. K.; BURAK, D.L.; PASSOS, R. R.; MENDONÇA, E. de S. Indicadores de qualidade de Latossolo relacionados à degradação de pastagens. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, n. 9, p. 1184-1193, set. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900018>.
- LOPES, A. A. C.; SOUSA, D. M. G.; REIS JUNIOR, F. B. dos; FIGUEIREDO, C. C.; MALAQUIAS, J. V.; SOUZA, L. M.; MENDES, I. C. Temporal variation and critical limits of microbial indicators in oxisols in the Cerrado, Brazil. *Geoderma Regional*, v. 12, p. 72-82, Mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.01.003>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- MARIN, F. R.; PILAU, F. G.; SPOLADOR, H. F. S.; OTTO, R.; PEDREIRA, C. G. S. Intensificação sustentável da agricultura brasileira: cenários para 2050. *Revista de Política Agrícola*, v. 25, n. 3, p. 108-124, 2016. Disponível em: <https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/1160/1016>. Acesso em: 25 abr. 2024.
- MENDES, I. de C.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. de C. Bioanálise de solo: como acessar e interpretar a saúde do solo. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2018. 23 p. (Embrapa Cerrados. Circular técnica, 38). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199833/1/CircTec-38-Ieda-Mendes.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024. MENDES, I. de C.; SOUZA, L. M. de; SOUSA, D. M. G. de; LOPES, A. A. de C.; REIS JÚNIOR, F. B. dos; LACERDA, M. P.C.; MALAQUIAS, J. V. Critical limits for microbial indicators in oxisols at post-harvest: the FERTBIO soil sample concept. *Applied Soil Ecology*, v. 139, p.85-93, Jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.02.025>
- PAZUTTI, L. V. V.; CHAER, G. M. Desenvolvimento de metodologia de baixo custo para avaliação de β -glucosidade em solos. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2012. 23 p. (Embrapa Agrobiologia. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 92). Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1002922/desenvolvimento-de-metodologia-de-baixo-custo-para-analise-de-b-glicosidase-em-solos>. Acesso em: 20 de ago. de 2024.
- PEIXOTO, R. S.; CHAER, G. M.; FRANCO, N.; REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C.; ROSADO, A. 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, p. 403-413, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10482-010-9454-0>.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024.

SCOLARI, D. D. G. Produção agrícola mundial: o potencial do Brasil. In: VISÃO progressista do agronegócio brasileiro. Brasília, DF: Fundação Milton Campos, 2006. p. 9-86. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/160161/1/Producao-agricolamundial.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2024.

VALLE, T. R. de S. Níveis de degradação de pastagens e qualidade de solo na região do Médio Vale do Paraíba do Sul. 2018. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biosistemas) – Universidade Federal Fluminense, Niterói. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=7504152#. Acesso em: 19 de ago. 2024.