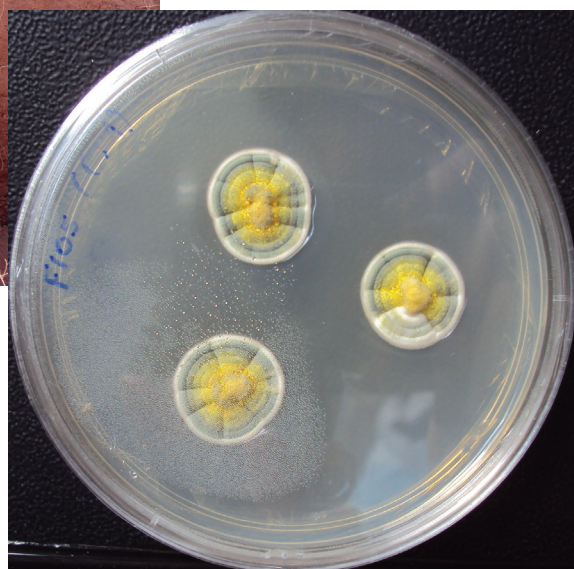


Caracterização Química, Física e Microbiológica de Solo Arenoso do Sudoeste Baiano



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

DOCUMENTOS 232

**Caracterização Química, Física e Microbiológica
de Solo Arenoso do Sudoeste Baiano**

Flávia Cristina dos Santos
João Herbert Moreira Viana
Manoel Ricardo de Albuquerque Filho
Christiane Abreu de Oliveira Paiva
Ivanildo Evódio Marriel
Márcio Rocha Francelino
André Thomazini
Vitória Palhares Ribeiro
Fabrício Nascimento Ferreira
Fabiane Ferreira de Souza
Guilherme Kangussu Donagemma
Izabelle Gonçalves Melo
Anderson Luiz Brandão

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
Fax: (31) 3027-1188
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Sidney Netto Parentoni

Secretário-Executivo
Elena Charlotte Landau

Membros
*Antonio Claudio da Silva Barros, Cynthia Maria
Borges Damasceno, Maria Lúcia Ferreira Simeone,
Roberto dos Santos Trindade e Rosângela Lacerda
de Castro*

Revisão de texto
Antonio Claudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB 6/2749)

Tratamento das ilustrações
Tânia Mara Assunção Barbosa

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Tânia Mara Assunção Barbosa

Fotos da capa
*João Herbert Moreira Viana, Maycon de Oliveira e
Manoel Ricardo de Albuquerque Filho*

1ª edição
Publicação digitalizada (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Caracterização química, física e microbiológica de solo arenoso no sudoeste bai-
no / Flávia Cristina dos Santos... [et al.]. – Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo,
2019.
40 p. : il. -- (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 232).

1. Manejo do solo. 2. Química do solo. 3. Microbiologia do solo. 4. Física do solo.
5. Fertilidade do solo. I. Santos, Flávia Cristina dos. II. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

Autores

Flávia Cristina dos Santos

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo.

João Herbert Moreira Viana

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Manoel Ricardo de Albuquerque Filho

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo.

Christiane Abreu de Oliveira Paiva

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Biologia Vegetal, Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo.

Ivanildo Evódio Marriel

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Biologia Celular, Pesquisador em Microbiologia da Embrapa Milho e Sorgo.

Márcio Rocha Francelino

Professor na Universidade Federal de Viçosa.

André Thomazini

Professor na Universidade Federal de São João del-Rei.

Vitória Palhares Ribeiro

Mestre em Bioengenharia pela Universidade Federal de São João del-Rei.

Fabício Nascimento Ferreira

Estudante da Unidade de Ensino em Ciências Gerenciais- Engenharia Ambiental, Centro Universitário de Sete Lagoas.

Fabiane Ferreira de Souza

Analista na Embrapa Milho e Sorgo.

Guilherme Kangussu Donagemma

Eng.-Agrôn., D.Sc. em Solos e Nutrição de Plantas, Pesquisador da Embrapa Solos.

Izabelle Gonçalves Melo

Doutoranda em Bioengenharia, Universidade Federal de São João del-Rei.

Anderson Luiz Brandão

Responsável Técnico pelo Campo Experimental da Fazenda Trijunção.

Apresentação

O conhecimento de características químicas, físicas e microbiológicas do solo é fundamental para o manejo adequado das práticas agrícolas e na busca da sustentabilidade econômica e ambiental. A caracterização inicial de áreas experimentais permite o diagnóstico da condição do solo em seus diversos aspectos, bem como fornece informações para as ações a serem realizadas na área para a prática agropecuária, além de permitir o acompanhamento, a evolução das variáveis de solo avaliadas ao longo do tempo de uso dos solos, podendo mostrar, se o manejo for adequado, a melhoria das condições de solos arenosos que apresentam, originalmente, limitações em diversos atributos.

Antônio Álvaro Corsetti Purcino
Chefe-geral

Sumário

Introdução	07
Metodologia	09
Caracterização química e mapa de fertilidade	09
Caracterização física.....	10
Caracterização microbiológica	10
Resultados e Discussão	11
Caracterização química.....	11
Mapas de fertilidade da área em estudo.....	17
Caracterização microbiológica	27
Agradecimentos.....	30
Referências	30
Anexo 1	35

Introdução

No mês de novembro de 2017, foi iniciado um projeto de pesquisa entre a Embrapa e a Fazenda Trijunção, com previsão de trabalho em parceria por cinco anos de duração. Dentre as ações do projeto Trijunção, cujo slogan é “Solos arenosos vivos, intensificação sustentável e ambiente saudável”, foi realizada uma caracterização inicial dos solos da Fazenda Santa Luzia, localizada no Sudoeste baiano, município de Cocos-BA, e pertencente à matrícula principal Fazenda Trijunção, com sede no município de Jaborandi-BA (Figura 1).

Para isso, houve descrição, coleta, classificação e medição de resistência à penetração com penetrômetro eletrônico de perfis de solo nas áreas de produção agropecuária (talhões comerciais) e em áreas de referência, solo de Cerrado com vegetação nativa. Além disso, houve avaliação do solo com georadar – GPR em transectos nos lotes 3 A e 3 D (área experimental do Projeto Trijunção) e a coleta de grade amostral de 65 pontos nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm nos lotes citados para caracterização física, química e microbiológica do solo.

A exploração agrícola com o passar do tempo conduz ao aumento da heterogeneidade do solo por meio de modificações, como a substituição da vegetação nativa, o preparo da terra, a alternância de culturas, o uso de fertilizantes e a incorporação de resíduos orgânicos, fazendo com que uma mesma área com cultivo ou não em distintos sistemas de manejo apresente variação nos atributos químicos do solo (Milindro et al., 2016) e, em menor proporção, dos atributos físicos (Silva; Chaves, 2001).

Em sistemas produtivos, a avaliação da qualidade do solo por meio do monitoramento de seus indicadores físicos, químicos e biológicos é fundamental para a sustentabilidade produtiva dos ambientes, pois fornece subsídios para a escolha de práticas de manejo que permitam a conservação dos ecossistemas (Cherubin et al., 2015). A qualidade dos atributos físicos afeta diretamente o espaço poroso do solo, sendo a estrutura do solo um dos indicadores mais importantes para o desenvolvimento das plantas e a atividade de organismos (Aguilar, 2008), uma vez que apresenta sensibilidade às práticas de manejo adotadas na área e interfere na taxa de fluxo de oxigênio que vai em direção ao sistema radicular das plantas (Stefanoski et al., 2013).

Nesse contexto, a manutenção da qualidade do solo, ou mesmo a sua melhoria, é fundamental para a sustentabilidade, visando a produção agrícola e a conservação ambiental. A qualidade edáfica pode ser inferida a partir de mudanças nas características do solo. Para isso devem ser selecionados indicadores, os quais são substitutos mensuráveis dos atributos do solo (Andrews et al., 2004; Araújo; Monteiro, 2007; Pragana et al., 2012) que permitem caracterizar, acompanhar e avaliar as alterações ocorridas num dado ecossistema (Araújo et al., 2013).

Entre os indicadores de qualidade de solo, os biológicos ou bioindicadores, merecem especial atenção, pois os microrganismos estão envolvidos na mediação de processos de liberação de nutrientes da matéria orgânica do solo, que são regulados pela atividade das enzimas do solo (Dorodnikov et al., 2009). Assim, as enzimas envolvidas na ciclagem de nutrientes têm sido sugeridas como potenciais indicadores da qualidade do solo (Balashov et al., 2010), por indicar mudanças ocorridas na microbiota deste ambiente (Andrade; Silveira, 2004) e serem mais sensíveis que os atributos químicos e físicos a alterações na qualidade do solo provenientes das atividades agrícolas (Valarini et al., 2011).

Além disso, a microbiota do solo apresenta grande potencial de utilização em estudos da qualidade edáfica, pois os microrganismos constituem fonte e depósito de nutrientes em todos os ecossistemas e participam ativamente em processos benéficos como a estruturação do solo, a formação do

húmus, a solubilização de nutrientes para as plantas e a degradação de compostos persistentes aplicados ao solo (Gama-Rodrigues, 2008; Green et al., 2007; Kaschuk et al., 2010).

A atividade enzimática é diretamente afetada pelas práticas de manejo do solo, e apresenta expressiva redução ao se comparar sistemas conservacionistas aos convencionais (Aon et al., 2001); práticas como plantio direto aumentam a atividade de enzimas como a urease e a fosfatase, evidenciando assim a importância destas como indicadores de qualidade do solo (Carneiro et al., 2013; Melo, 2017).

Dentre as atividades enzimáticas, a arginase é uma enzima que desempenha papel importante no ciclo do nitrogênio, uma vez que catalisa a conversão de L-arginina no solo em L-ornitina e ureia, liberando amônio (Witte 2011; Megda 2013). É utilizada para medir a taxa de ocorrência dessa amonificação, uma vez que a arginina é rica em grupos amina e amplamente utilizada pela biomassa microbiana do solo (Alef; Kleiner, 1986). Durante a senescência da planta, sua atividade aumenta e conseqüentemente o conteúdo de ureia cresce, de maneira que o N armazenado na forma de arginina é metabolizado e transportado para as sementes em desenvolvimento (Machado, 2015).

As ureases participam do ciclo do nitrogênio, contribuindo para liberação de N inorgânico e catalisam a hidrólise da ureia para CO₂ e amônia, os quais são assimilados por microrganismos e plantas (Kizilkaya; Bayrakli, 2005; Sousa, 2014). As ureases do solo são altamente resistentes à degradação ambiental e isso ocorre por ficarem protegidas da ação de outras proteases no interior dos solos (Melo et al., 2010). Sua atividade tende a aumentar em sistemas de produção em consorciação com leguminosas, sendo possível inferir acerca dos efeitos da adição de resíduos vegetais e às práticas de adubação no solo (Li et al., 2013; Laroca et al., 2018).

Por sua vez, as fosfatases têm função principal no ciclo do P nos solos, sendo associada com a deficiência de P e o crescimento das plantas (Balota et al., 2013; Melo, 2017). São responsáveis por hidrolisar o P orgânico transformando em diferentes formas de P inorgânico, os quais são assimilados pelas plantas (Amador et al., 1997; Baker et al., 2011). São sintetizadas em condições de baixa disponibilidade de P inorgânico no solo (Allison et al., 2011; Milanesi, 2015), e neste caso, a liberação das fosfatases aumenta significativamente com intuito de elevar a mineralização e remobilização do fosfato (Lisboa et al., 2012; Balota et al., 2013). Por outro lado, em condição de alta disponibilidade de P no solo, há redução da atividade da fosfatase ácida (Ye et al., 2017; Laroca et al., 2018).

As fosfatases podem ser classificadas como ácidas ou alcalinas, e tais denominações referem-se à faixa ótima de pH nas quais essas enzimas atuam (Dodor; Tabatabai, 2003). A fosfatase ácida tem sido reportada como predominante em solos ácidos, como os solos de Cerrado, enquanto a fosfatase alcalina predomina em solos alcalinos.

A enzima β -glicosidase tem papel essencial na ciclagem de nutrientes e é responsável por catalisar a hidrólise da celulose sendo detectada em diversos organismos, como animais, plantas, bactérias e fungos (Tabatabai, 1994; Balota et al., 2013; Sousa, 2014; Melo, 2017). Sua atividade é influenciada pela temperatura do solo, pH, qualidade e conteúdo de matéria orgânica, sendo que esta última, juntamente com a palhada, está intimamente relacionada com sua atividade, pois além de protegerem e manterem as enzimas no solo, atuam como fontes de substrato para elas (Alcântara et al., 2011; Kessler, 2017). Portanto, em sistemas conservacionistas espera-se maior atividade desta enzima em comparação ao sistema convencional de cultivo.

Assim, nesta Série Documentos serão apresentados os dados da caracterização química, física e microbiológica realizada em grade amostral nos lotes 3 A e 3 D. Posteriormente, novos trabalhos serão publicados a fim de apresentar as demais avaliações realizadas nos talhões comerciais e áreas de referência do Projeto Trijunção.

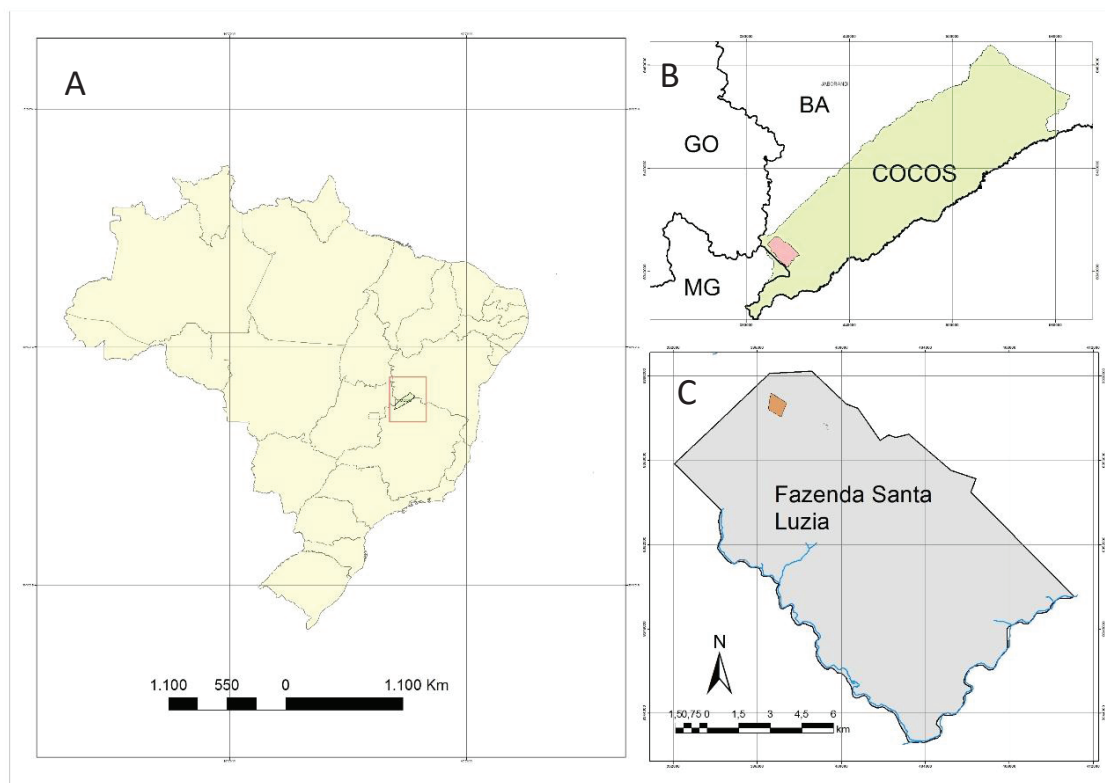


Figura 1. Localização da Fazenda Trijunção (A), da Fazenda Santa Luzia (B) e da área onde os solos foram amostrados (C).

Metodologia

Na área selecionada na Fazenda Santa Luzia para a realização das pesquisas do Projeto Trijunção, lotes 3 A e 3 D (área total de 56 ha) (Figura 1 C), foram amostrados 65 pontos nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm para as análises químicas, físicas de rotina e para as análises microbiológicas.

O histórico da área mostra que a vegetação nativa foi substituída por pastagem e na safra 2013-2014 o pasto foi reformado com plantio de *B. brizantha* e aplicação de 2 t ha⁻¹ de calcário, 1 t ha⁻¹ de gesso agrícola e 160 kg ha⁻¹ de MAP (10-52-00).

Caracterização química e mapa de fertilidade

Para apresentação dos dados químicos, foram calculados os valores mínimos, médios e máximos das características pH (potencial de hidrogênio), Al³⁺ (alumínio trocável), MO (matéria orgânica), P (fósforo disponível), K (potássio disponível), Ca²⁺ (cálcio trocável), Mg²⁺ (magnésio trocável), S (enxofre disponível), T (CTC a pH 7), V (saturação por bases), B (boro disponível), Cu (cobre disponível), Fe (ferro disponível), Mn (mangânês disponível) e Zn (zinco disponível), na camada de 0-20 cm e na camada de 20-40 cm (pH, Al, MO, P, K, Ca, Mg, S e V). Em anexo, encontram-se as tabelas 2 e 3 com todos os dados das análises químicas obtidos nas amostragens dos 65 pontos e nas duas profundidades (0-20 e 20-40 cm).

Os métodos de análises utilizados encontram-se descritos no Manual de métodos de análise de solo (Teixeira et al., 2017).

Foram elaborados também mapas de fertilidade para as características químicas pH, MO, P, K, SB – soma de bases, S, Zn e B, na profundidade de 0-20 cm, utilizando os 65 pontos amostrados que foram distribuídos em grupos (clusters) georreferenciados para possibilitar análises geoestatísticas.

Caracterização física

Foi feita a caracterização da granulometria do solo, com a determinação dos teores de areia muito grossa (1-2 mm), areia grossa (0,5-1 mm), areia média (0,21-0,5 mm), areia fina (0,105-0,21 mm), areia muito fina (0,05-0,105 mm), silte (0,002-0,05 mm) e argila (menor que 0,002 mm). A partir desses dados, foi realizada a relação entre a areia fina (soma da areia fina e muito fina) e a areia total (soma de todas as frações areia) e entre a areia grossa (soma da areia grossa e muito grossa) e areia fina (soma da areia fina e muito fina).

Os métodos de análises utilizados para a determinação da granulometria encontram-se descritos no Manual de métodos de análise de solo (Teixeira et al., 2017).

Foi feita a análise geoestatística e foram gerados os mapas de distribuição espacial, interpolados por krigagem ordinária, para algumas das variáveis estudadas, na profundidade de 0 a 20 cm a partir da amostragem realizada em 65 pontos georreferenciados.

Caracterização microbiológica

As amostras foram coletadas com o auxílio de um trado tipo holandês, num total de 65 amostras, em duas profundidades (0-20 e 20-40 cm). Como tratamento controle foi utilizado o solo do Cerrado classificado como Argissolo amarelo distrófico, textura média a arenosa.

Após coleta no campo, as amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e transportados para o laboratório de Microbiologia e Bioquímica do Solo da Embrapa Milho e Sorgo, onde foram peneiradas em peneiras de 2 mm de abertura da malha e mantidas com a umidade do momento da coleta sob refrigeração (+/- 4 °C) até o momento das análises.

a) Arginase

Para a determinação da atividade da arginase foi utilizada a metodologia descrita por Alef e Kleiner (1986). Um grama de solo de cada amostra foi incubado, em tubos Falcon de 15 mL, com 0,25 mL de solução de arginina por duas horas a 37 °C.

Após esse período, foi acrescentado aos tubos 4 mL de cloreto de potássio (1 M), agitando-se por 30 minutos e, em seguida, centrifugando-se a 4.000 rpm por 10 minutos. Foram aliqüotados 100 µl do sobrenadante de cada amostra e misturada a 1,0 mL das soluções para colorimetria.

Após 1 hora de repouso das amostras para desenvolvimento de cor, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 660 nm. Fez-se a curva padrão com cloreto de amônio nos níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 µg de NH₄⁺ N mL⁻¹.

b) Urease

A atividade da urease foi determinada pelo método descrito por Kandeler e Gerber (1988) da seguinte forma: 0,5 g de solo de cada amostra foi incubado com 0,25 mL de solução de ureia ($4,8 \text{ g/L}^{-1}$) por uma hora a 37°C em tubos de centrífuga de 15 mL. Após esse período, foi acrescido aos tubos cinco mL de solução composta por HCl 1N e KCl 1M, eles foram submetidos a agitação horizontal por 30 minutos e posteriormente, centrifugados a 4.000 rpm por 10 minutos.

Foram aliqüotados 100 μl do sobrenadante de cada amostra e misturada a 1,0 mL das soluções para colorimetria. Após 1 hora de repouso das amostras para desenvolvimento de cor, realizou-se a leitura no espectrofotômetro a 660 nm.

Fez-se a curva padrão com cloreto de amônio nos níveis de 0, 5, 10, 15 e 20 μg de $\text{NH}_4^+\text{N mL}^{-1}$.

c) Fosfatase Ácida e Alcalina

A atividade da fosfatase foi determinada por meio do método preconizado por Tabatabai et al. (1994). Amostras de 0,15 g de solo foram tratadas com 0,48 mL de solução contendo TRIS e os ácidos málico, cítrico e bórico, cujo pH é ajustado de acordo com a fosfatase a ser analisada; pH 6,5 para ácida e 11,0 para alcalina.

Em seguida, adicionou-se 0,12 mL de solução p-nitrofenil fosfato de sódio 0,05M e elas foram incubadas por uma hora a 37°C . Após a incubação, adicionou-se 0,12 mL de solução de CaCl_2 0,5M e 0,48 mL da solução NaOH 1M, seguindo-se homogeneização em Vórtex e posterior centrifugação a 8.000 rpm por cinco minutos. A leitura do sobrenadante foi realizada no espectrofotômetro a 400 nm.

d) β -glicosidase

O método apresentado está baseado na determinação colorimétrica do p-nitrofenol liberado pela ação da β -glicosidase sobre o p-nitrofenil- β -D-glicopiranosídeo quando o solo é incubado com uma solução tampão (pH 6,0).

A atividade da β -glicosidase foi determinada por meio do método preconizado por Tabatabai et al. (1994): 0,5 g de amostra de solo foi acrescida de 2 mL de solução tampão MUB (pH 6,0) e 0,5 mL de solução PNG $0,025 \text{ mol L}^{-1}$. Os tubos foram submetidos à agitação em Vórtex e incubados por 1 hora a 37°C . Após o período de incubação, adicionou-se 0,5 mL de solução CaCl_2 0,5M e 2,0 mL de solução tampão TRIS 0,1M, pH 12,0. Em seguida, os tubos foram reagitados e levados para centrifugação por 5 minutos a 3.000 rpm. A leitura do sobrenadante foi realizada no espectrofotômetro a 410 nm.

Resultados e Discussão

Caracterização química

Na Figura 2 encontram-se os valores mínimos, médios e máximos das principais variáveis químicas do solo avaliadas, na camada de 0-20 e 20-40 cm.

De maneira geral, as características químicas apresentadas na Figura 2 demonstram a baixa fertilidade dos solos arenosos, evidenciada nas duas camadas analisadas (Figuras 2 e 3). Esses dados estão em concordância com os de Donagemma et al. (2016) em que a caracterização química

de Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média de áreas similares também evidenciou as limitações de natureza química desses solos.

A interpretação das variáveis fica na classe da baixa disponibilidade, à exceção do S, que tem disponibilidade alta (Figura 2 H), do Fe, que apresentou disponibilidade boa (Figura 3 C), e do Zn, que apresentou disponibilidade considerada classe média (Figura 3 E).

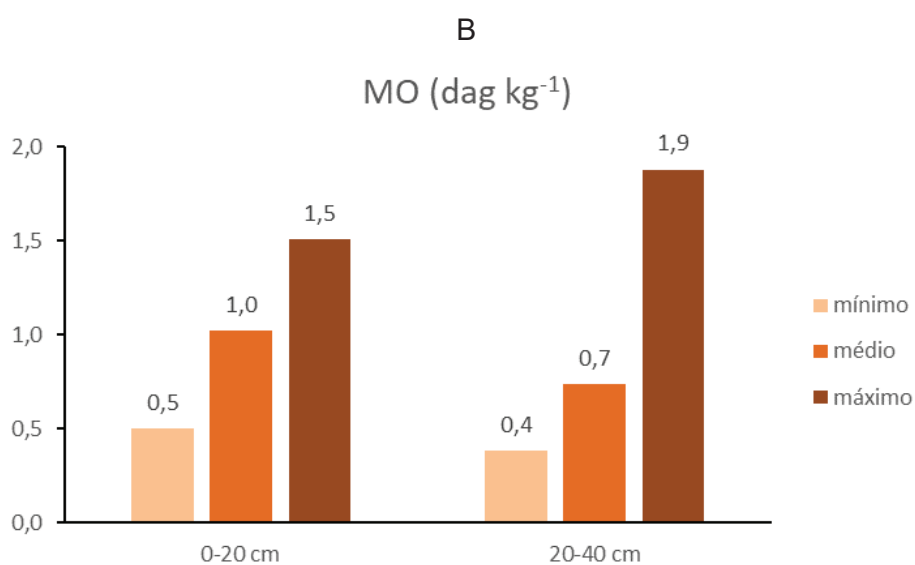
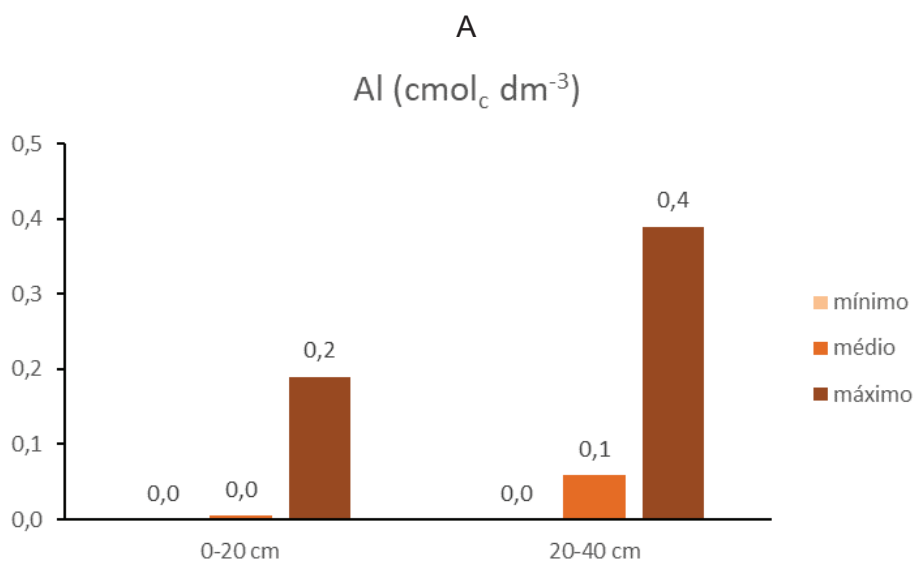
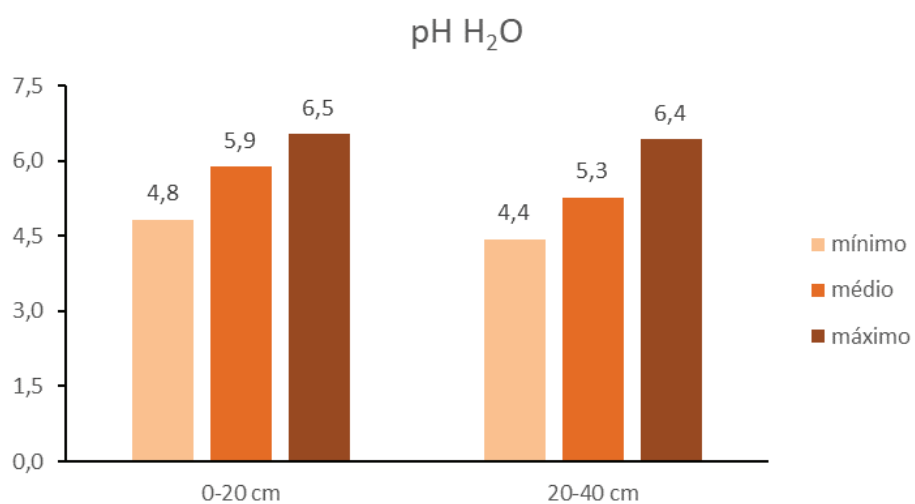
Os valores médios de pH estão acima de 5,2, inclusive na camada subsuperficial (20-40 cm) (Figura 2 A), que é o valor tido como adequado para a prática agrícola e acima do qual há precipitação do Al tóxico (Sousa; Lobato, 2004). Na safra 2013/2014, foram aplicadas 2 t ha⁻¹ de calcário, e isso justifica o pH mais elevado, bem como a redução do Al (Figura 2 B), pois o resultado da análise de solo retirada em área de Cerrado nativo próximo ao talhão 3 mostra valor de pH de 4,5 e 4,8 nas camadas de 0-20 e 20-35 cm, respectivamente, e de 0,29 cmol_c dm⁻³ de Al na camada de 0-20 e mesmo valor na camada de 20-35 cm.

O teor médio de 1,0 dag kg⁻¹ de MO na camada de 0-20 cm (Figura 2 C), considerado médio para a textura arenosa do solo (Sousa; Lobato, 2004) é praticamente o mesmo do teor original do solo do Cerrado nativo próximo ao talhão 3 (0,88 dag kg⁻¹), mostrando que o uso com pastagem de *B. brizantha*, numericamente, aumentou um pouco o teor original de MO do solo.

Na camada de 0-20 cm, os dados médios de teores disponíveis de Ca (1,0 cmol_c dm⁻³) (Figura 2 F), de Mg (0,5 cmol_c dm⁻³) (Figura 2 G), considerados baixos, e o valor médio da saturação por bases de 63% (Figura 2 J), considerado alto, mostram que, para solos arenosos, o método de cálculo da necessidade de calagem pela saturação por bases não deve ser utilizado, uma vez que como a CTC do solo é baixa (Figura 2 I) a saturação por bases desejada pode ser atingida mesmo com valores baixos de disponibilidade de Ca e Mg no solo. Portanto, o mais importante é observar os valores absolutos de Ca e Mg e para o cálculo da necessidade de calagem deve-se priorizar o método da neutralização do Al e elevação dos teores de Ca e Mg (Alvarez V.; Ribeiro, 1999).

Cabe ressaltar que os valores de pH apresentaram baixa dispersão (coeficiente de variação – CV abaixo de 15%), os valores de MO, T, V e Mn apresentaram dispersão média (CV entre 15 e 30%) e as demais variáveis avaliadas apresentaram alta dispersão (CV acima de 30%).

Diante dos dados apresentados, fica evidente a importância de um bom manejo da fertilidade do solo, com programas de adubação e correção do solo que propiciem a melhoria das condições químicas, de forma a favorecer o crescimento vegetal e a produção de fitomassa. Deve-se, portanto, priorizar a cobertura constante desses solos, o que, além de evitar a erosão, o aumento da temperatura, entre outros, deve aumentar os teores de matéria orgânica do solo, fundamental em qualquer sistema agrícola sustentável, mas essencial para os solos arenosos, que apresentam baixa CTC, em função dos baixos teores de argila e de matéria orgânica. Portanto, a forma mais viável para aumentar a CTC dos solos arenosos é aumentar os teores de MO deles. Práticas conservacionistas, como o sistema plantio direto e os sistemas integrados, são fundamentais para viabilizar o uso desses solos e minimizar os riscos climáticos. A gessagem, a construção de perfil de solo corrigido por meio da calagem, o uso de plantas de cobertura com sistemas radiculares diferenciados, que possam atingir camadas mais profundas do solo, também devem ser preconizados.



C

Figura 2. Valores mínimos, médios e máximos das variáveis químicas do solo avaliadas (pH, Al, MO), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

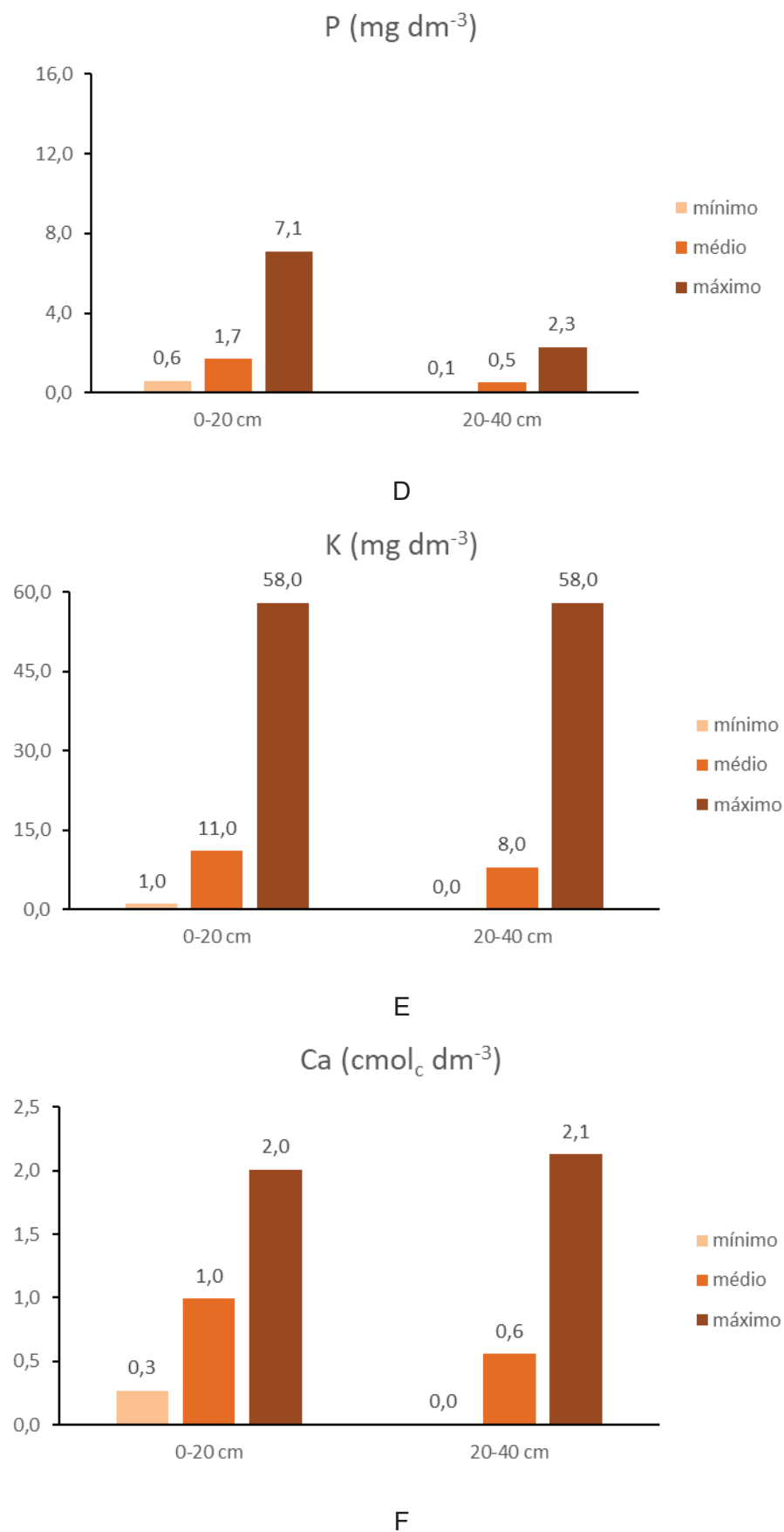


Figura 2. Continuação Valores mínimos, médios e máximos das variáveis químicas do solo avaliadas (P, K, Ca), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

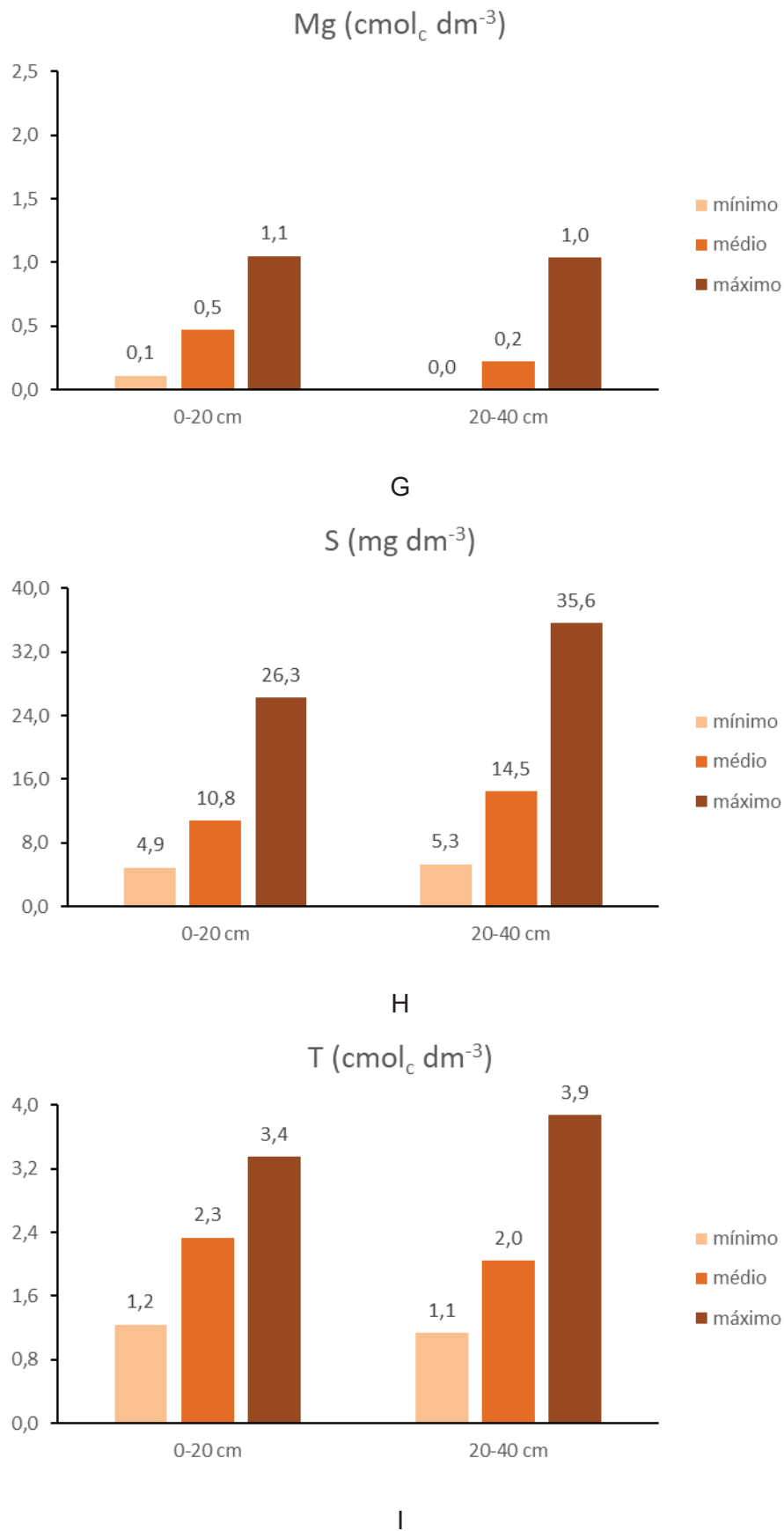
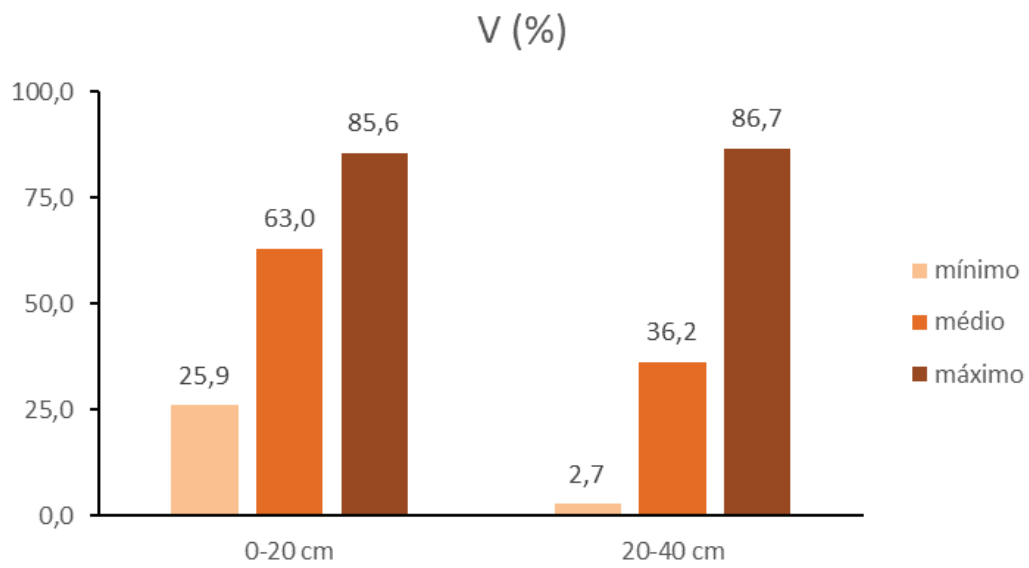


Figura 2. Continuação Valores mínimos, médios e máximos das variáveis químicas do solo avaliadas (Mg, S, T), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.



J

Figura 2. Continuação Valores mínimos, médios e máximos da variável química do solo avaliada (V), na camada de 0-20 e 20-40 cm.

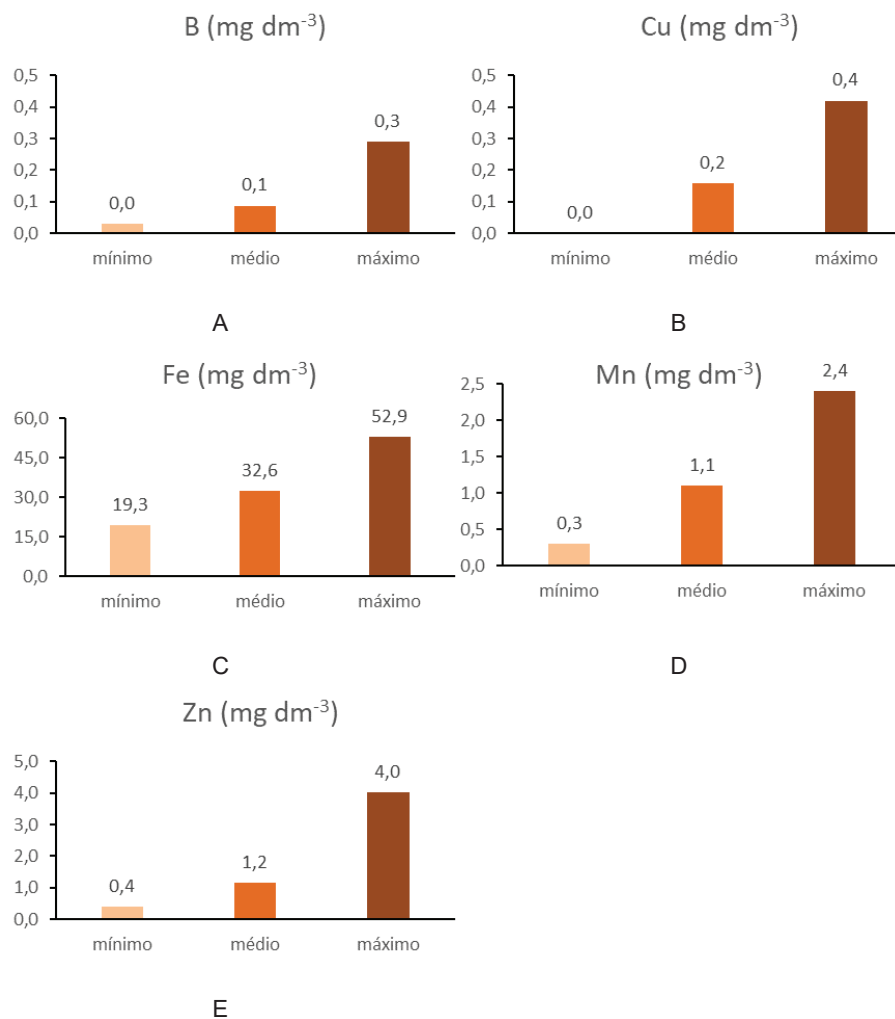


Figura 3. Valores mínimos, médios e máximos das variáveis químicas do solo avaliadas (B, Cu, Fe, Mn, Zn), na camada de 0-20 cm.

Mapas de fertilidade da área em estudo

Os mapas de fertilidade gerados da área indicam dois padrões gerais nas características químicas avaliadas. Os valores de MO (Figura 5), de K (Figura 7), de SB (Figura 8) e de S (Figura 9) apresentam aumento no sentido sudeste-noroeste, acompanhando a tendência do teor de argila (Figura 16). Os valores de pH (Figura 4), de P (Figura 6), de Zn (Figura 10) e de B (Figura 11) não apresentam tendência definida na área. Esta tendência é corroborada pelos padrões dos semivariogramas obtidos (Tabela 1), que indicam incrementos crescentes da variância no primeiro grupo, com alcances iguais ou superiores à máxima dimensão da área. No segundo grupo, os semivariogramas são dispersos, com ajuste ruim indicando pouca ou nenhuma dependência espacial na área.

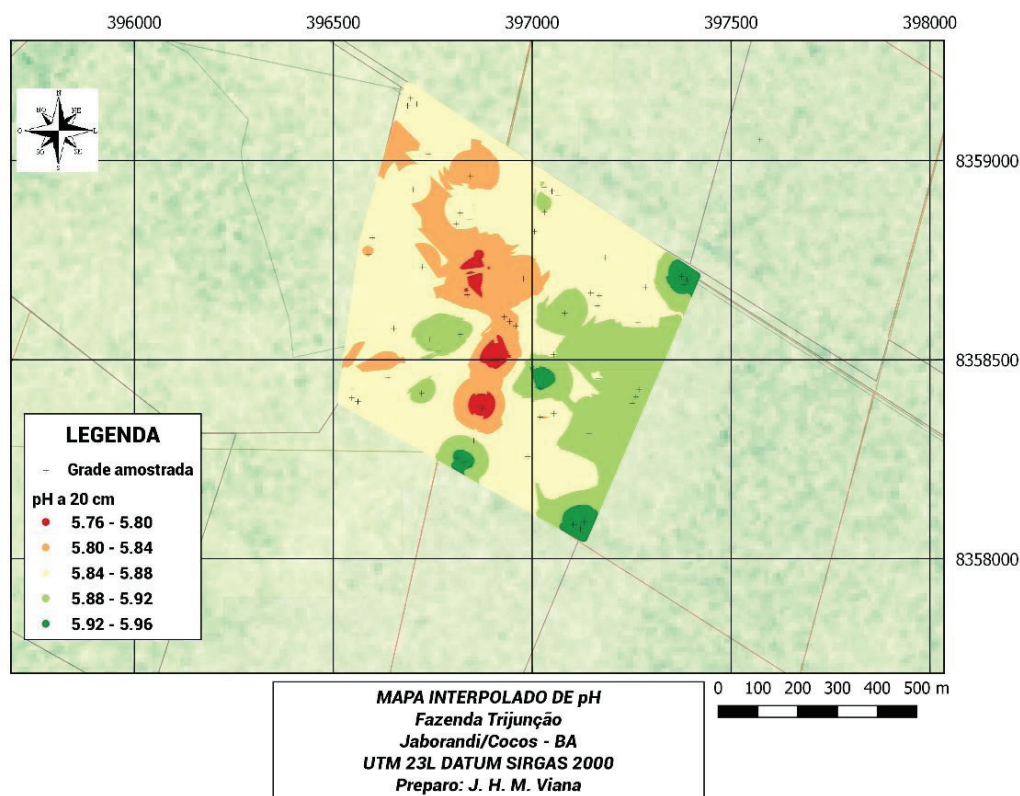


Figura 4. Mapa de distribuição de pH na área de estudo.

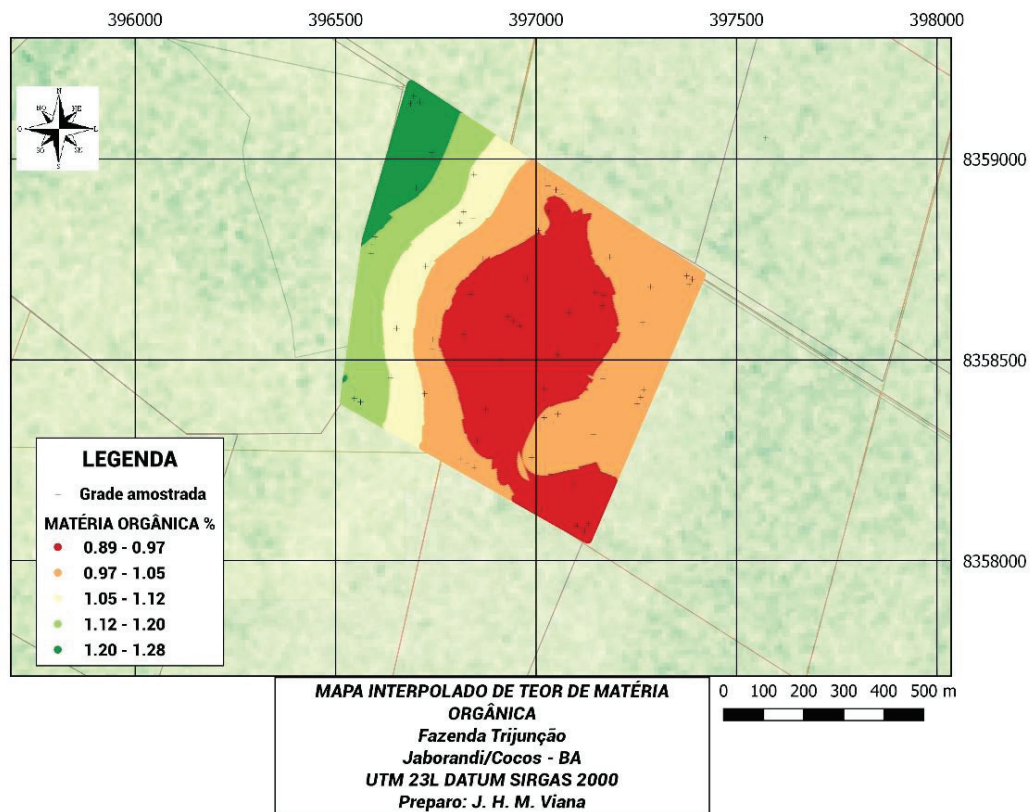


Figura 5. Mapa de distribuição de matéria orgânica na área de estudo.

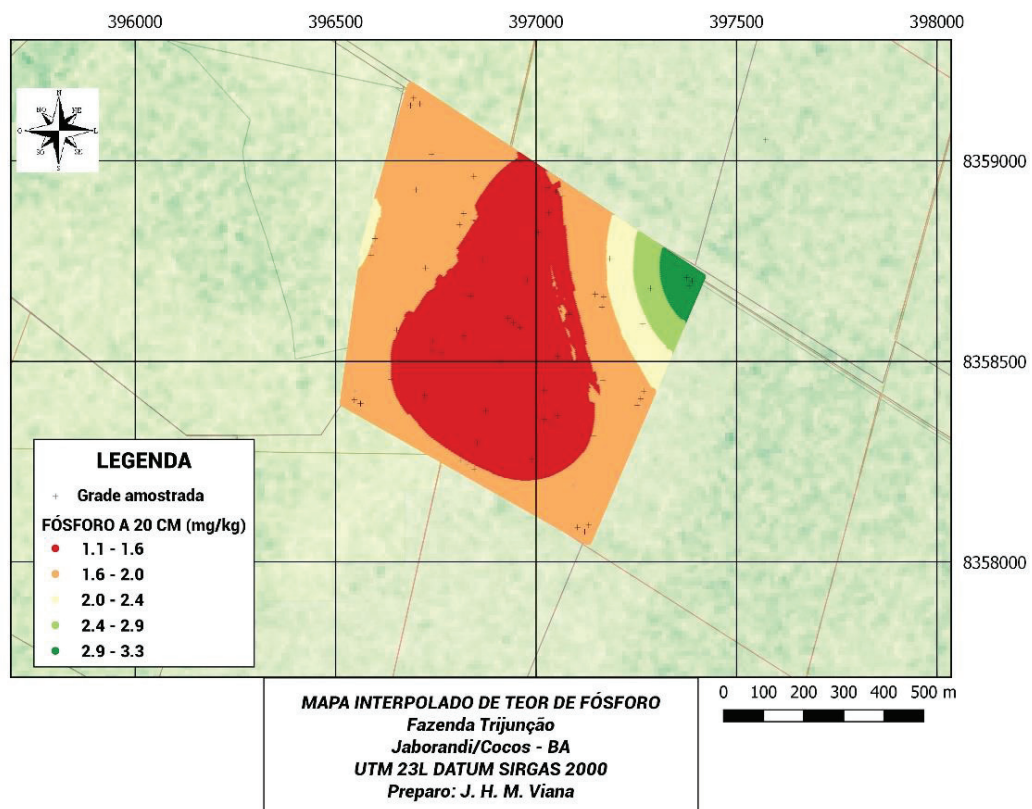


Figura 6. Mapa de distribuição de fósforo na área de estudo.

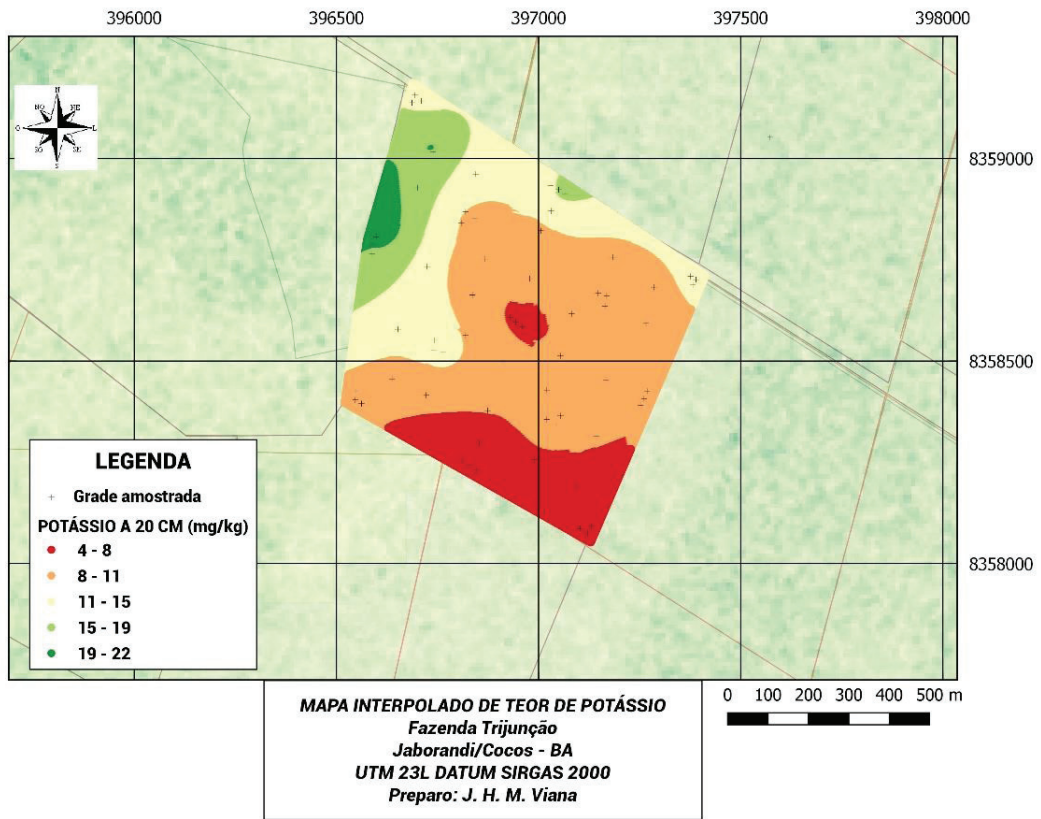


Figura 7. Mapa de distribuição de potássio na área de estudo.

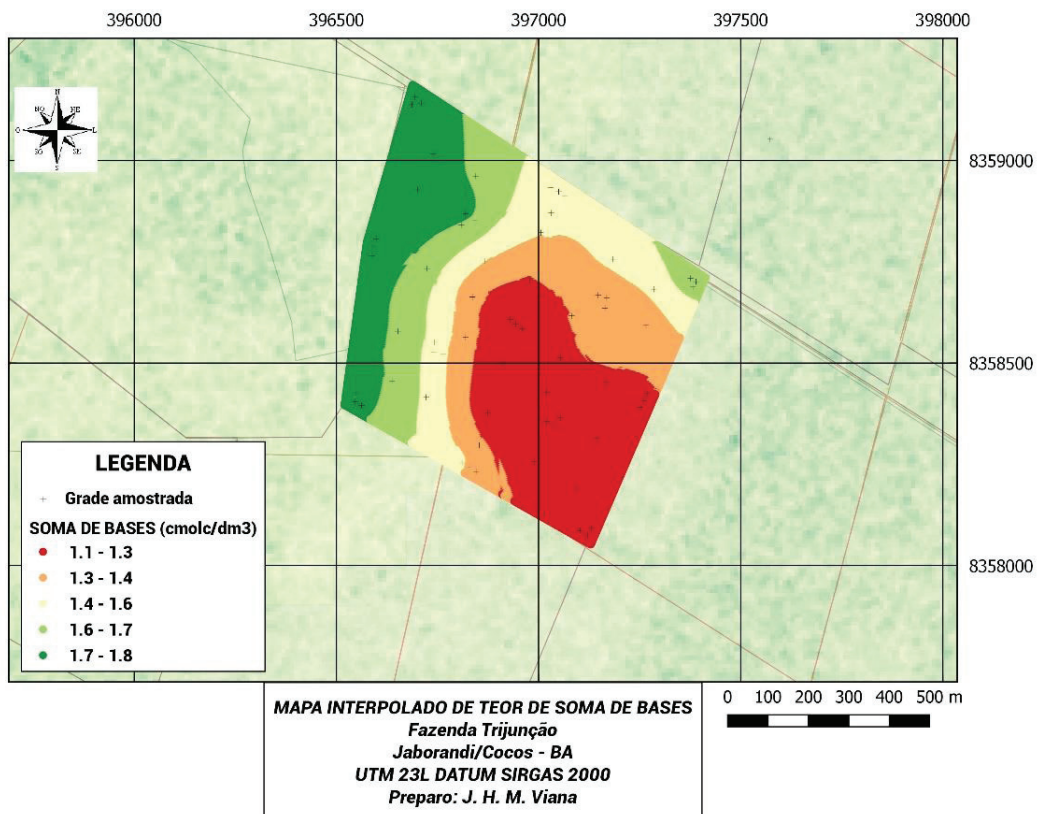


Figura 8. Mapa de distribuição da soma de bases na área de estudo.

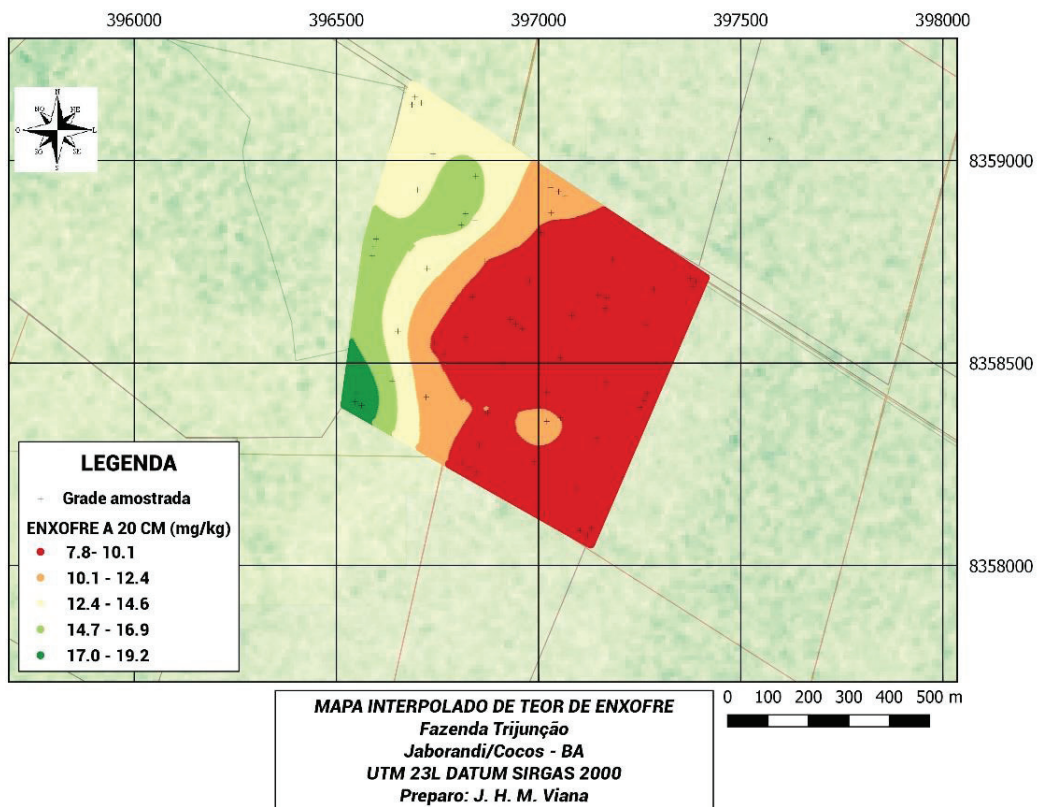


Figura 9. Mapa de distribuição de enxofre na área de estudo.

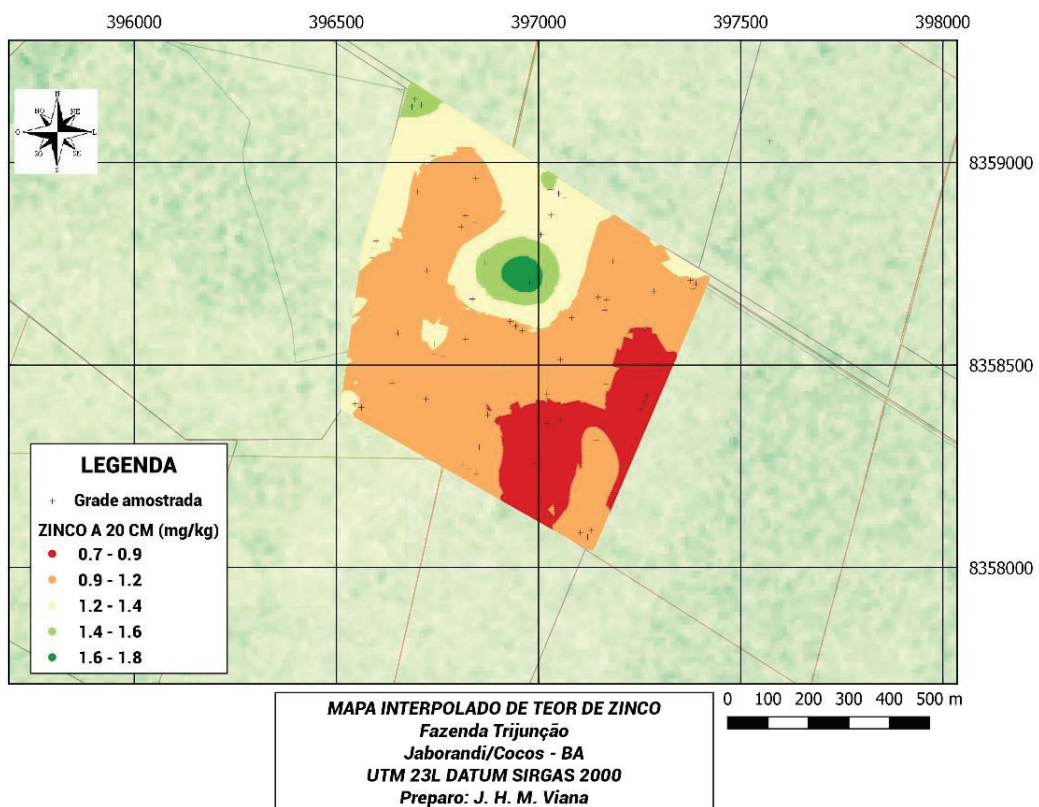


Figura 10. Mapa de distribuição de zinco na área de estudo.

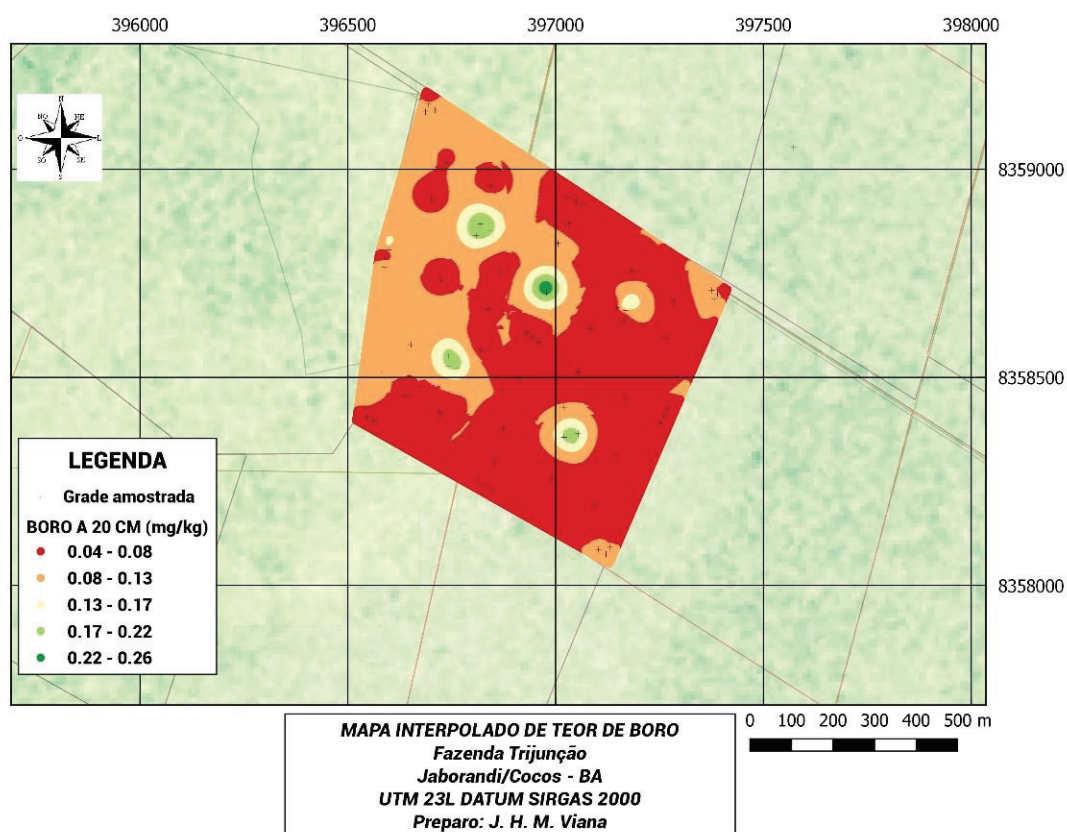


Figura 11. Mapa de distribuição de boro na área de estudo.

Embora haja alguma variação espacial das características avaliadas, a pobreza química do solo é evidente, e a maioria dos valores se enquadra dentro de uma única classe de interpretação (Sousa; Lobato, 2004). A disponibilidade dos nutrientes é considerada muito baixa (P – Figura 6), e baixa a média (K – Figura 7, B – Figura 11, Zn – Figura 10). Considerando-se solos arenosos, os teores de MO são classificados como baixos a adequados (Figura 5) e apenas os valores de pH estão dentro da faixa adequada (Figura 4). Os valores de enxofre estão nas faixas de média a alta (Figura 9). Esses resultados para pH e S indicam o efeito da calagem e gessagem aplicadas na área (2 e 1 t ha⁻¹, respectivamente), e evidenciam também o baixo efeito tampão dos solos arenosos, em que pequenas doses aplicadas elevam o pH a valores adequados.

Tabela 1. Resultados dos ajustes de modelos aos semivariogramas de variáveis de solo.

Variável	pH	MO	P	K	SB	S	Zn	B	Argila	Areia fina
Semivariograma	Esférico	Esférico	Gaussiano	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Esférico	Gaussiano	Esférico
Parâmetros										
C0	0.0381	0.0377	0.3876	41.9100	0.1647	7.2050	0.2422	0.0004	0.0002	0.0000
C1	0.0884	1.2450	0.3580	2963.6000	0.1816	26.2500	0.0832	0.0027	0.0012	0.0632
A1	65	50000	269	50000	1192	1223	210	91	872	10000
RMSE	0.0330	0.0074	0.4470	42.6100	0.0449	5.0860	0.0886	0.0015	0.0001	0.0007

Caracterização física

A representação esquemática da proporção e o limite superior dos tamanhos das partículas do solo são apresentados na Figura 12.

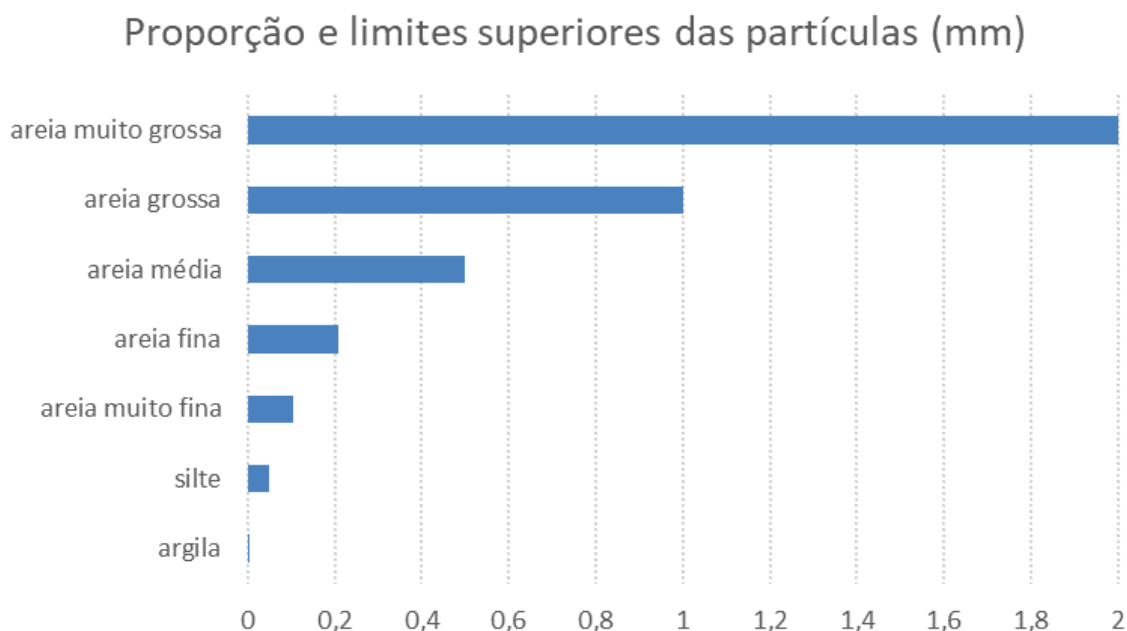


Figura 12. Proporção (tamanho das barras) e limites superiores das partículas do solo (mm).

O solo da área amostrada apresenta granulometria variando de “areia” a “franco argilo arenosa”, com predomínio das classes “areia franca” e “franco arenosa” (Figura 13).

Naturalmente, em se tratando de solo arenoso, a fração areia total apresenta média de 86 dag kg⁻¹. A areia muito grossa apresentou valores iguais a zero nas duas camadas de solo amostradas. Merecem destaque os valores médios de areia média (41 e 39 dag kg⁻¹ nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente) (Figura 13 B), seguidos dos valores de areia fina (média de 32 dag kg⁻¹ nas camadas de 0-20 e 20-40 cm) (Figura 13 C). As frações areia grossa, areia muito fina e silte têm valores médios abaixo de 8 dag kg⁻¹ nas duas camadas (Figura 12 A, D e E, respectivamente), ou seja, valores pouco expressivos. Os valores médios de argila também são baixos (11 e 14 dag kg⁻¹, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente) (Figura 13 F), sendo notado um aumento nos teores nas camadas mais profundas de solo, que é importante para uma maior retenção de água e cátions trocáveis no solo ao longo do perfil. Entretanto, outras características, como porosidade, mineralogia das frações granulométricas do solo, teor de matéria orgânica, etc., irão influenciar na capacidade de retenção de água dos solos.

A relação entre o teor de areia fina (soma da areia fina e muito fina) e areia total apresentou valores médios de 46 e 48%, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente (Figura 14). Estes valores são bem abaixo dos 80% preconizados por consultores do Mato Grosso como necessários para viabilizar o uso dos solos arenosos de forma mais segura para a produção agropecuária. Contudo, há que se considerar que outros fatores, como o regime hídrico local e o manejo, têm grande influência na utilização mais segura desses solos.

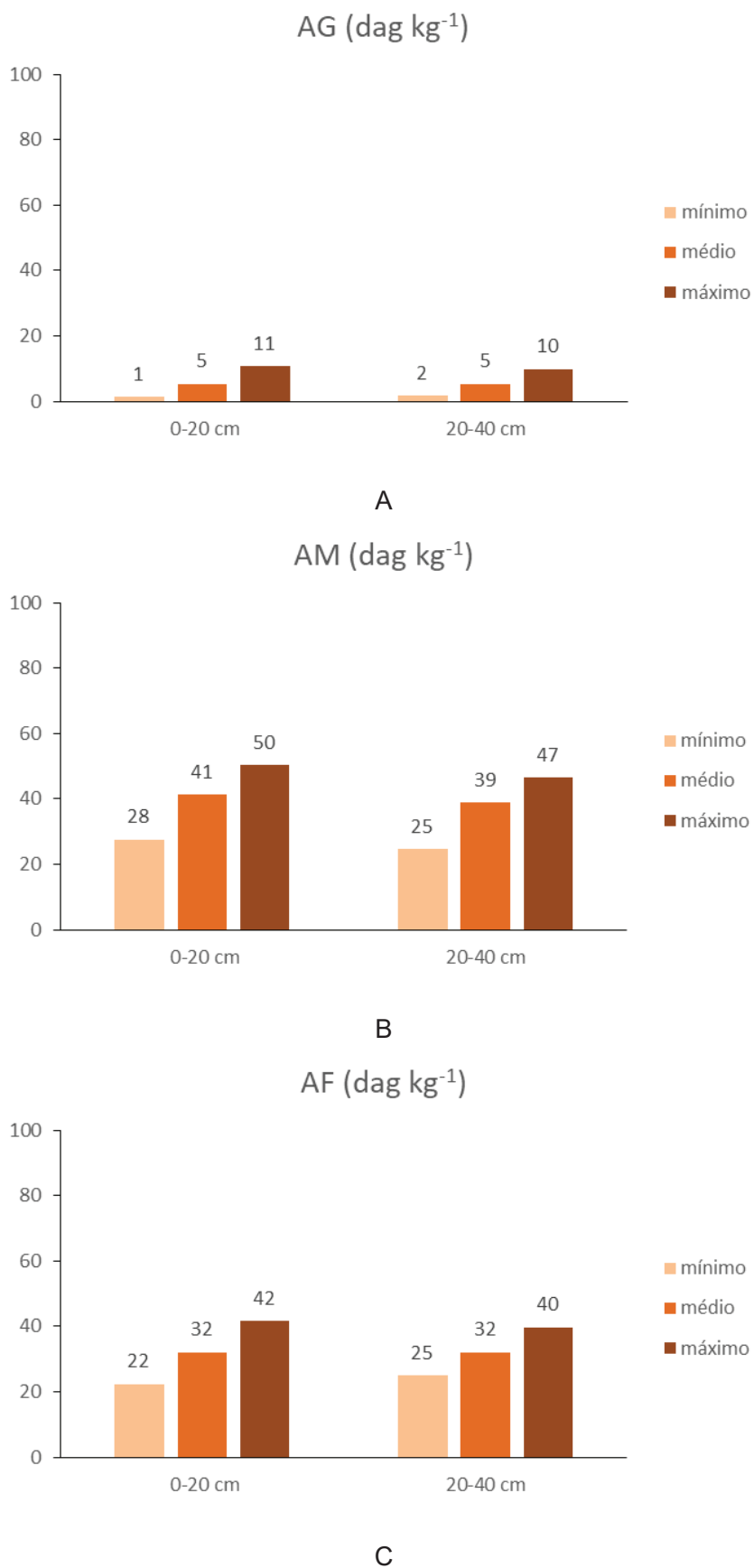


Figura 13. Valores mínimos, médios e máximos das variáveis areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), silte e argila, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

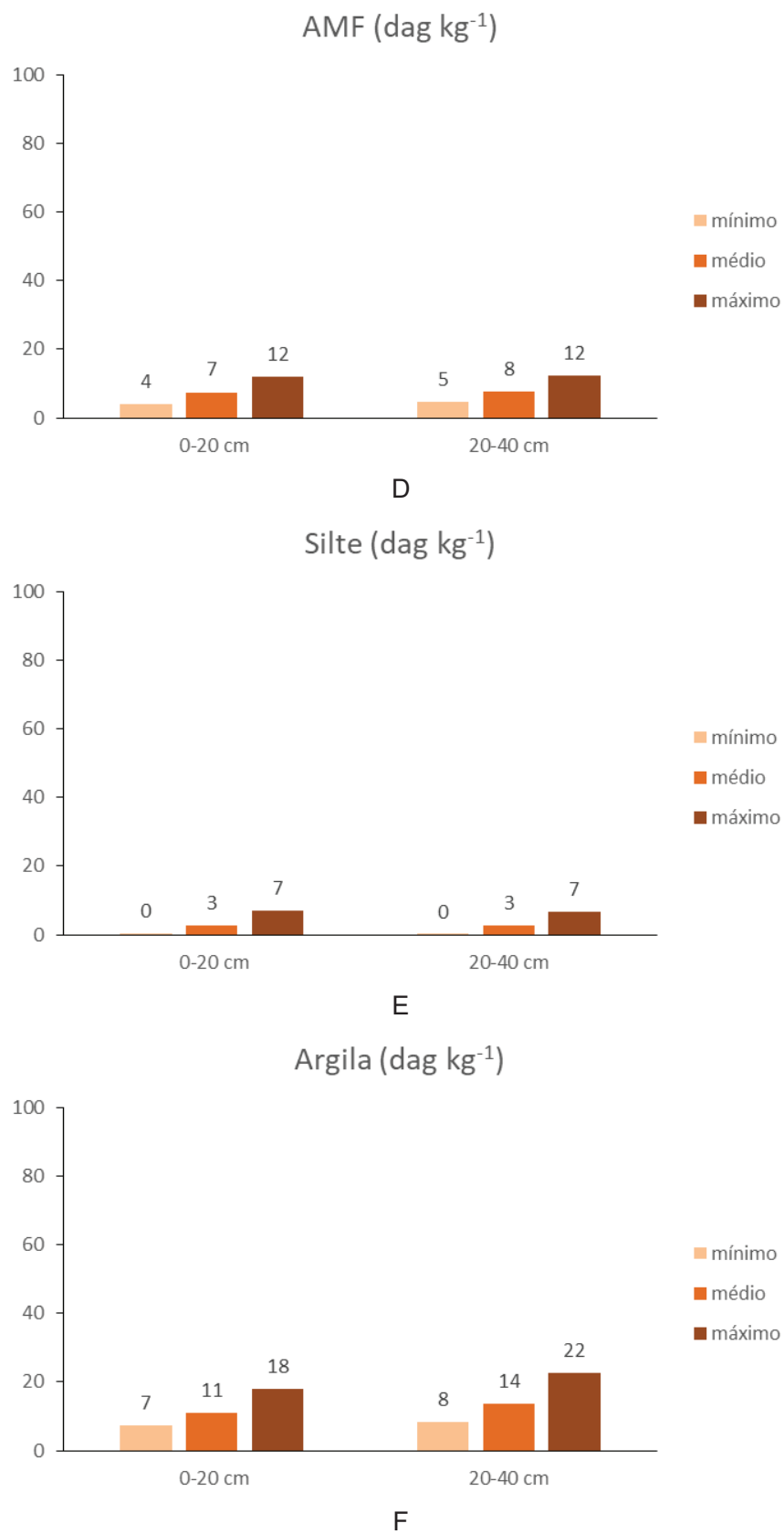


Figura 13. Continuação... Valores mínimos, médios e máximos das variáveis areia grossa (AG), areia média (AM), areia fina (AF), areia muito fina (AMF), silte e argila, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

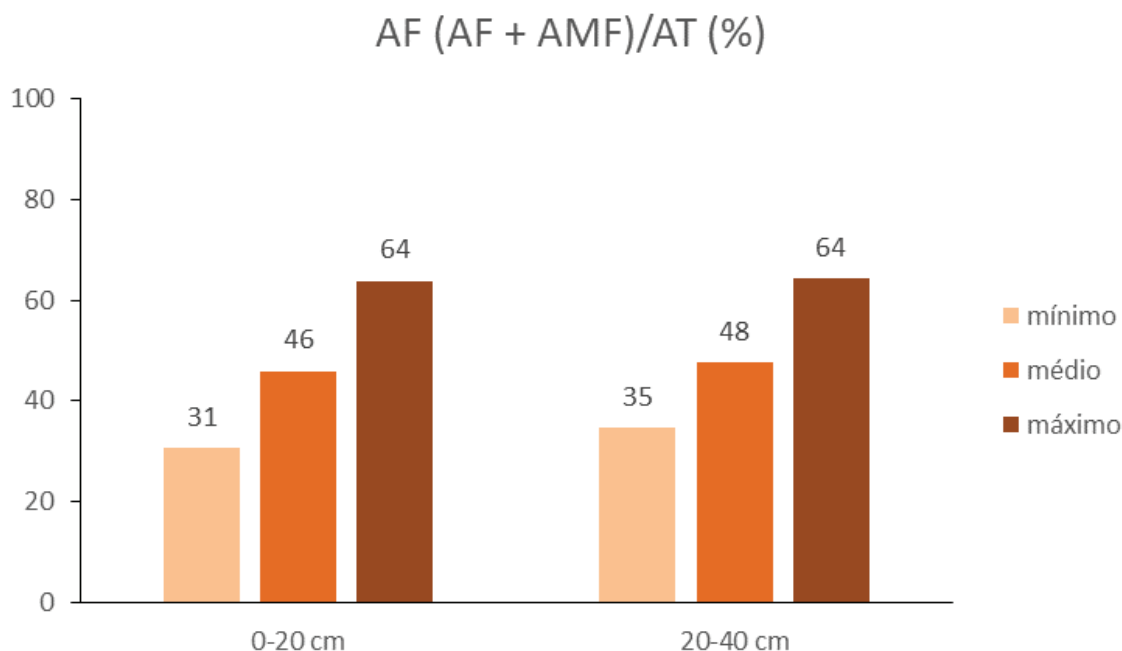


Figura 14. Relação entre teor de areia fina (AF) (soma da areia fina e areia muito fina) e teor de areia total (AT), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

A maior proporção de areia média pode favorecer uma maior retenção de água, em comparação a uma condição de predomínio de areia grossa. Não seria o mesmo, obviamente, se a comparação fosse com um solo em que houvesse predomínio de areia fina, pois, conforme verificou trabalho de Silva et al. (2006), com Neossolos Quartzarênicos comparados com Latossolos, na região do Cerrado, houve maior conteúdo de água nos solos com o dobro de argila ou associados à presença de areia fina.

Segundo Donagemma et al. (2016), a relação areia grossa e areia fina é indicadora da possibilidade de rearranjo de partículas de tamanhos diferentes e pode provocar o fenômeno do empacotamento, que pode levar ao maior adensamento e menor disponibilidade de água no solo. Quanto mais heterogêneo em termos de tamanho de partículas for o solo, maior será a possibilidade de rearranjo das partículas ou empacotamento. Valores mais próximos de 1,0 na relação AG/AF indicam que não há predominância pronunciada de um teor sobre o outro. Pelos dados médios da Figura 15 é possível inferir que há maior possibilidade de rearranjo de partículas na camada de 0-20 cm em relação à de 20-40 cm de solo.

Nos mapas de distribuição das frações argila e areia fina (soma da areia fina e areia muito fina), observa-se que há uma tendência de pequeno incremento na fração argila na direção noroeste (Figura 16). Há também tendência de incremento de valores de areia fina nesta mesma direção (Figura 17). Embora os valores absolutos de argila sejam baixos e a variação geral seja pequena, pode haver efeitos locais relacionados à disponibilidade hídrica, que se manifestam em períodos de déficit hídrico, comuns na região, assim como a interação desta com as demais variáveis, por exemplo, com a matéria orgânica (Figura 5).

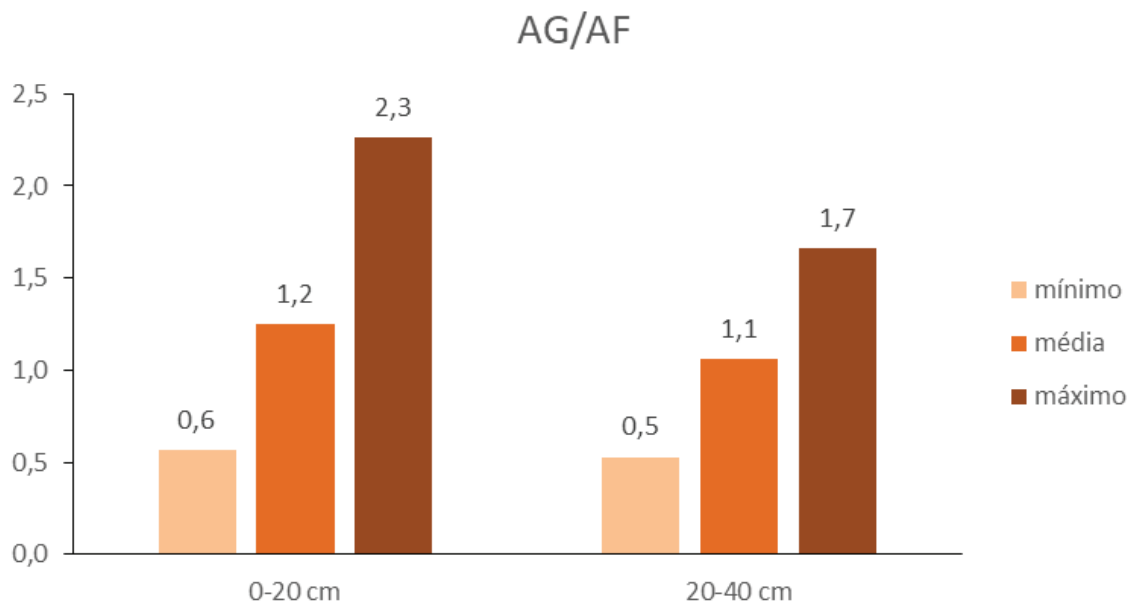


Figura 15. Relação entre teor de areia grossa (AG) (soma da areia grossa e média) e teor de areia fina (AF) (soma da areia fina e muito fina), nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

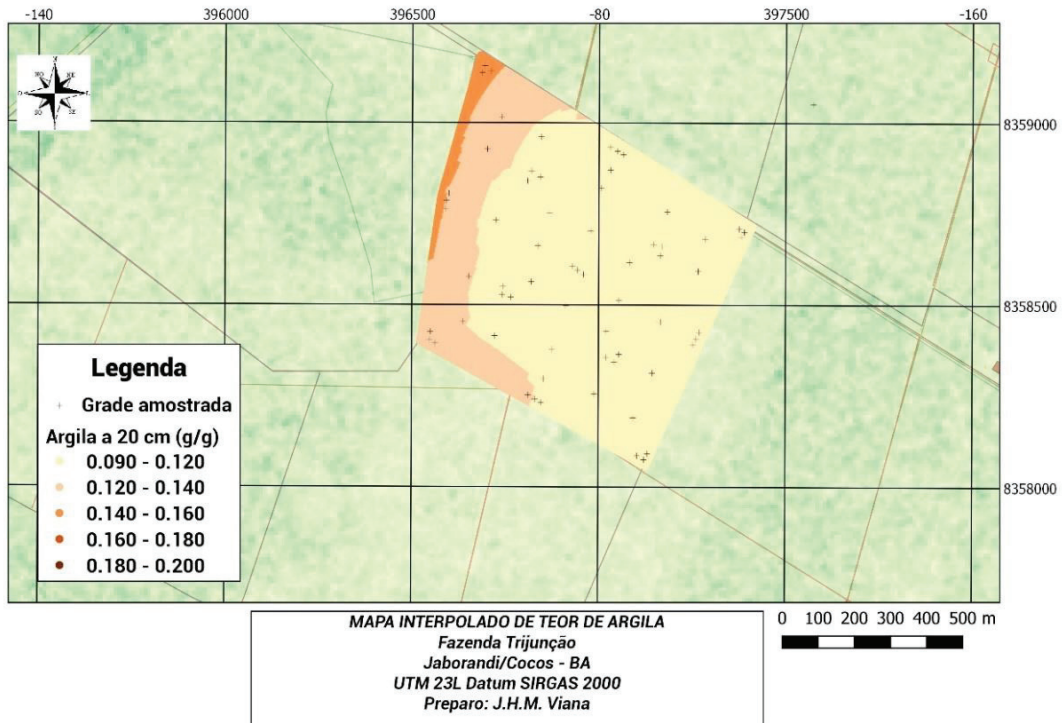


Figura 16. Mapa de distribuição de argila na área de estudo.

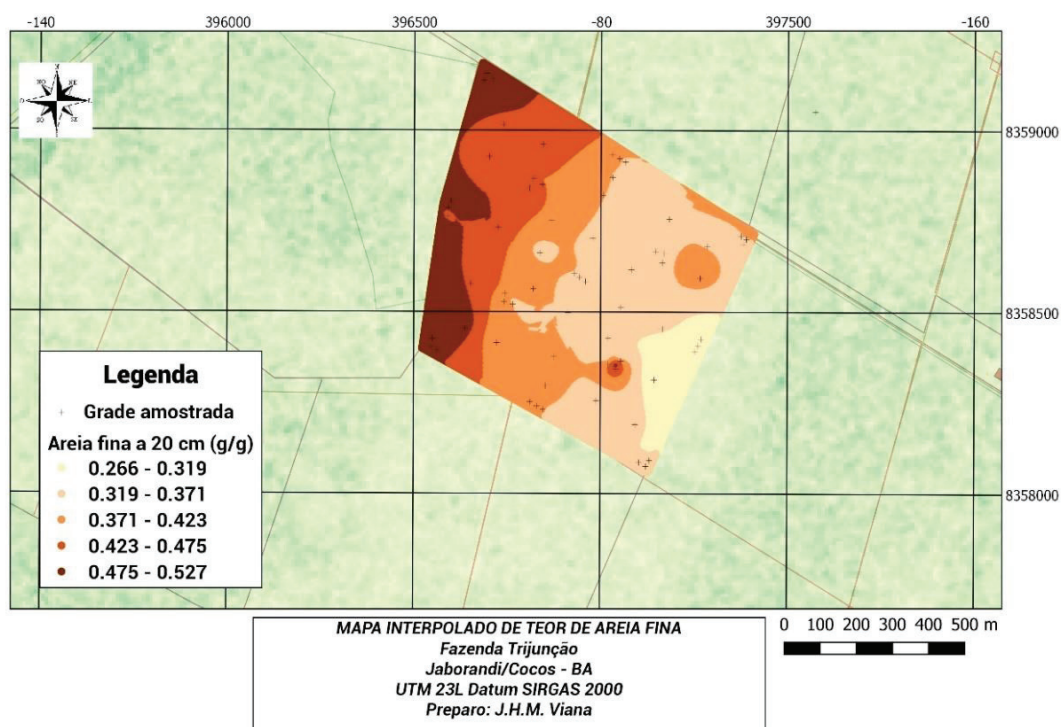


Figura 17. Mapa de distribuição de areia fina na área de estudo.

Caracterização microbiológica

Os resultados obtidos por meio da determinação da atividade enzimática do solo amostrado estão apresentados nas figuras 18 a 22.

Nas amostras coletadas na profundidade 0-20 cm, a enzima arginase apresentou maior atividade no solo sob Cerrado em comparação aos valores médios encontrados nas demais áreas, indicando que a comunidade microbiana envolvida na ciclagem de N destas áreas, pode estar sob algum nível de estresse. Tais resultados corroboram com Melo (2017), que encontrou maior atividade da arginase em solo sob Cerrado em comparação a solos de sistemas de rotação e consorciação de culturas.

De modo contrário, na profundidade de 20-40 cm, o valor médio de atividade da arginase foi maior nas áreas amostradas que no Cerrado, apresentando valores de 44,07 e 2,35 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo, respectivamente (Figura 18).

Em relação às profundidades amostradas, o valor da atividade da arginase no controle (solo de Cerrado) foi maior em 0-20 cm, com 12,05 $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ solo (Figura 18). Segundo Mendes et al. (2012), o acúmulo de matéria orgânica depositada a longo prazo nas camadas superficiais do solo influencia significativamente, tanto na composição quanto no aumento da atividade microbiana.

Em média, os valores da atividade da urease nas duas profundidades (0-20 e 20-40 cm) foram maiores que o controle (solo de cerrado) (Figura 19). Este resultado demonstra que o uso da área amostrada com plantio de pastagem não causou impacto negativo na atividade desta enzima.

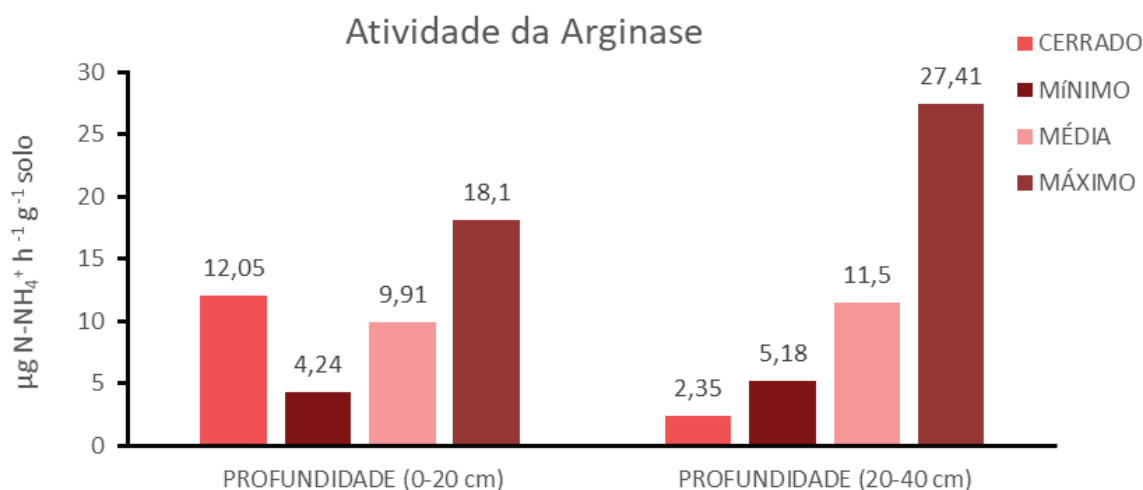


Figura 18. Valores mínimo, médio e máximo da atividade da arginase ($\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ solo}$) das amostras de solo arenoso, da Fazenda Trijunção em duas profundidades (0-20, 20-40 cm). Como tratamento controle foi utilizado o solo de Cerrado.

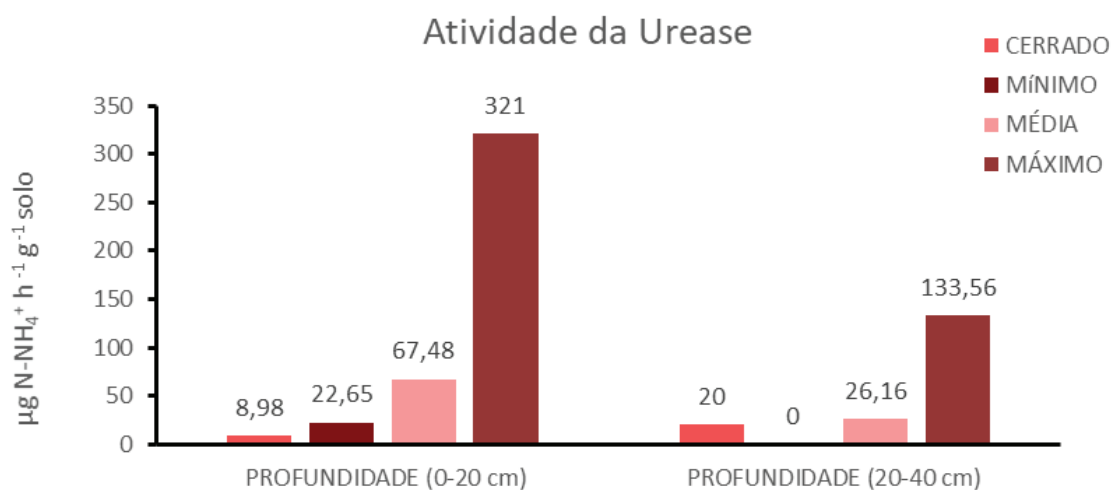


Figura 19. Valores mínimo, médio e máximo da atividade da urease ($\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ solo}$) das amostras de solo arenoso, da fazenda Trijunção em duas profundidades (0-20, 20-40 cm). Como tratamento controle foi utilizado o solo de Cerrado.

Os valores encontrados para a arginase foram menores que os da urease, independentemente da profundidade. Em situações em que o solo apresenta alto teor de matéria orgânica com alto potencial de decomposição com a relação C/N baixa, a arginina, substrato da arginase, pode estar sendo usada como fonte de C pela biomassa microbiana (Alef; Kleiner, 1987). Nestes casos, a atividade da arginase é menor pela falta do substrato, mesmo que a população aumente de tamanho ou a atividade metabólica das células esteja alta. E em solos onde a matéria orgânica é abundante e tem relação C/N alta, o N liberado pela reação da enzima pode estar sendo assimilado pela microbiota antes de ser detectado na determinação do amônio, resultando novamente em baixa atividade da enzima.

De maneira geral, a atividade da fosfatase ácida foi maior na camada de 20-40 cm que na camada superficial (Figura 20), o que não era esperado. Nas duas profundidades a atividade da fosfatase ácida do Cerrado foi maior que as médias do solo sob pastagem, indicando que o uso da calagem na pastagem pode ter diminuído a atividade biológica dos microrganismos envolvidos na ciclagem de P, pelo aumento do valor pH do solo (pH do solo de Cerrado igual a 4,5 (dado não apresentado) e do solo sob pastagem igual a 5,9 – Figura 2).

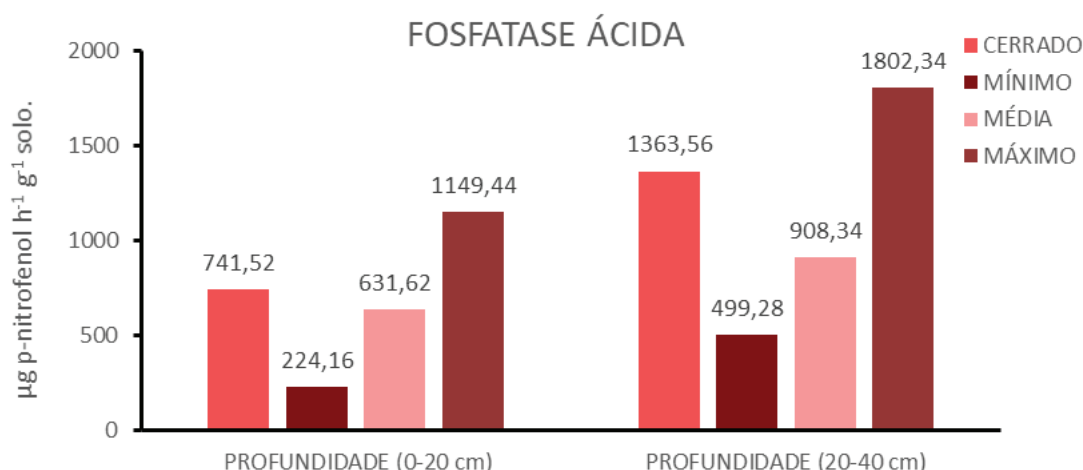


Figura 20. Valores mínimo, médio e máximo da atividade da fosfatase ácida ($\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) das amostras de solo arenoso, da Fazenda Trijunção em duas profundidades (0-20, 20-40 cm). Como tratamento controle foi utilizado o solo de Cerrado.

Para a atividade da fosfatase alcalina verificou-se que o valor da média ($330,02 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) na profundidade de 0-20 cm foi um pouco maior que o valor do controle (solo de cerrado nativo) ($278,61 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$), ao contrário da profundidade 20-40 cm, em que o valor da média ($251,52 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) foi menor que o valor do controle (solo de cerrado) ($379,7 \mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) (Figura 21). Há relatos da relação direta entre o aumento dos teores de carbono no solo e o aumento da atividade biológica, que pode ser representada pela fosfatase alcalina, como obtido por Claassens et al. (2005).

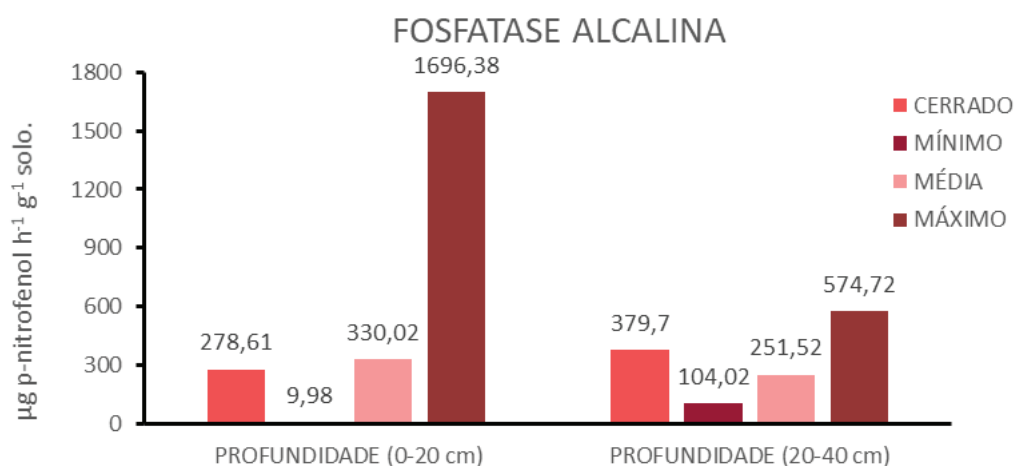


Figura 21. Valores mínimo, médio e máximo da atividade da fosfatase alcalina ($\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) das amostras de solo arenoso, da Fazenda Trijunção em duas profundidades (0-20, 20-40 cm). Como tratamento controle foi utilizado o solo de Cerrado.

A atividade da β -glicosidase apresentou valores de $18,69 \mu\text{g PNG h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ para a amostra controle (solo de Cerrado) e de $33,11 \mu\text{g PNG h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$ para a média do solo da área experimental. Esses valores estão abaixo do padrão utilizado como comparação, o Neossolo Quartzarênico (Luís Eduardo Magalhães - LEM-BA; 14% de argila, MOS 8 g kg^{-1}) (Mendes et al., 2018), cabendo ressalva que no trabalho de Mendes et al. (2018) a profundidade amostrada foi de 0-10 cm (Figura 22).

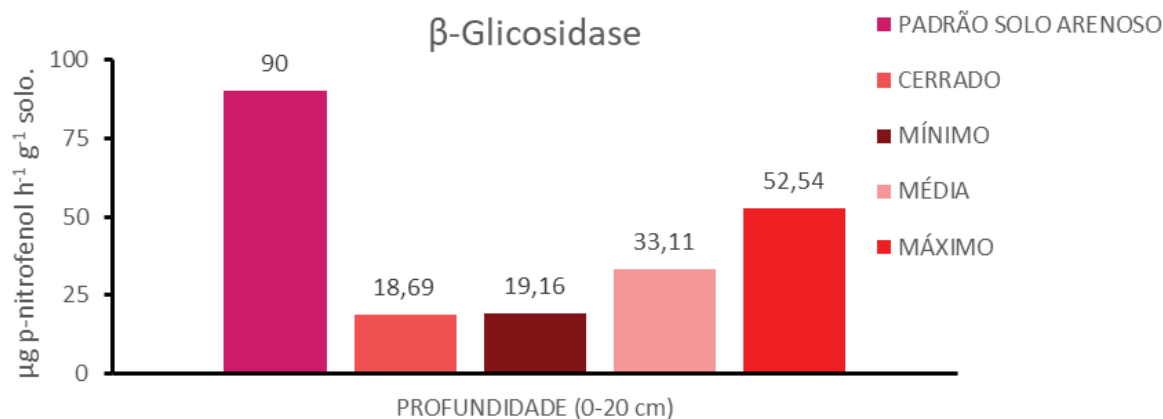


Figura 22. Valores mínimo, médio e máximo da atividade da β -glicosidase ($\mu\text{g p-nitrofenol h}^{-1} \text{g}^{-1} \text{ solo}$) das amostras de solo arenoso, da Fazenda Trijunção na profundidade de 0-20 cm. Como tratamentos controles foram utilizados o solo de Cerrado e o solo arenoso padrão (14% de argila, MOS 8 g kg⁻¹, conforme Mendes et al. (2018).

Em geral, os dados de atividade enzimática do solo, utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, se mostraram mais baixos em relação a outros solos agrícolas reportados na literatura, principalmente os argilosos (Mendes et al., 2015). Essas respostas podem ser atribuídas às diferenças climáticas e edáficas entre as regiões e os solos, tendo os solos argilosos maior fertilidade e estando sob maior índice pluviométrico que o solo arenoso considerado. Estudos de Kandeler et al. (1999), comparando atividade da urease em diferentes frações do solo, mostraram valores mais elevados na fração mais fina (argila) em relação às mais grossas (areia), explicando, em parte, maiores valores da enzima encontrados em solos argilosos.

Em conclusão, os resultados indicam que estas áreas necessitam de um processo de recuperação biológica, recomendando-se o uso de práticas conservacionistas, com cobertura vegetal constante do solo, em rotação com plantas leguminosas, devendo-se buscar o aumento da matéria orgânica e uso de inoculantes biológicos, além da melhoria das demais condições físicas e químicas do solo.

Agradecimentos

À Embrapa e à Fazenda Trijunção, pelo apoio dado para às pesquisas. Aos colegas da UFV e UFSJ, pela parceria nos trabalhos.

Referências

AGUIAR, M. I. **Qualidade física do solo em sistemas agroflorestais**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

ALCÂNTARA, M. M. D.; SILVA JÚNIOR, M. L.; MELO, V. S.; COSTA, S. D. A.; SOUZA, R. V. Avaliação da atividade enzimática de solos de sistemas de floresta primária-pastagem de Marabá (PA). In: SEMINÁRIO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRA, 9., 2011, Belém. **Anais...** Belém: UFRA, 2011.

ALEF, K.; KLEINER, D. Arginine ammonification, a simple method to estimate microbial activity potentials in soils. **Sol Biology and Biochemistry**, v. 18, n. 2, p. 233-235, 1986.

- ALEF, K.; KLEINER, D. Estimation of anaerobic microbial activities in soils by arginine-ammonification and glucose - dependent CO₂ production. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 683-686, 1987.
- ALLISON, S. D.; WEINTRAUB, M. N.; GARTNER, T. B.; WALDROP, M. P. Evolutionary-economic principles as regulators of soil enzyme production and ecosystem function. In: SHUKLA, G.; VARMA, A. (Ed.). **Soil enzymology**. Berlin: Springer, 2011. p. 229-243. (Soil Biology, v. 22).
- ALVAREZ V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.
- AMADOR, J. A.; GLUCKSMAN, A. M.; LYONS, J. B.; GORRES, J. H. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. **Soil Science**, v. 162, p. 808-825, 1997.
- ANDRADE, S. A. L.; SILVEIRA, A. P. D. da. Biomassa e atividade microbianas do solo sob influência de chumbo e da rizosfera da soja micorrizada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 12, p. 1191-1198, dez. 2004.
- ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; CAMBARDELLA, C. A. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 1945-1962, 2004.
- AON, M. A.; CABELLO, M. N.; SARENA, D. E.; COLANERI, A. C.; FRANCO, M. G.; BURGOS, J. L.; CORTASSA, S. I. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 18, n. 3, p. 239-254, 2001.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 66-75, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F.; CESARZ, S.; LEITE, L. F. C.; BORGES, C. D.; TSAI, S. M.; EISENHAUER, N. Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 66, p. 175-181, 2013.
- BAKER, L. R.; WHITE, P. M.; PIERZYNSKI, G. M. Changes in microbial properties after manure, lime, and bentonite application to a heavy metal-contaminated mine waste. **Applied Soil Ecology**, v. 48, p. 1-10, 2011.
- BALASHOV, E.; KREN, J.; PROCHAZKOVA, B. Influence of plant residue management on microbial properties and waterstable aggregates of two agricultural soils. **International Agrophysics**, v. 24, p. 9-13, 2010.
- BALOTA, E. L.; NOGUEIRA, M. A.; MENDES, I. C.; HUNGRIA, M.; FAGOTTI, D. S. L.; MELO, G. M. P.; SOUZA, R. C.; MELO, W. J. de. Enzimas e seu papel na qualidade do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 8, p. 221-278, 2013.
- CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D.; PAULINO, H. B.; SALES, L. E. O.; VILELA, L. A. F. Atributos indicadores de qualidade em solos de cerrado no entorno do Parque Nacional das Emas, Goiás. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 6, p. 1857-1868, 2013.

CHERUBIN, M. R.; EITELWEIN, M. T.; FABBRIS, C.; WEIRICH, S. W.; SILVA, R. F.; SILVA, V. R.; BASSO, C. J. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p. 615-625, 2015.

CLAASSENS, S.; RIEDEL, K. J.; VAN RENSBURG, T. L.; MORGENTHAL, P. J.; VAN RENSBURG, J. Soil microbial properties in coal mine tailings under rehabilitation. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 4, p. 75-83, 2005.

DODOR, D.; TABATABAI, A. Effect of cropping systems of phosphatases in soils. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 166, p. 7-13, 2003.

DONAGEMMA, G. K.; FREITAS, P. L. de; BALIEIRO, F. de C.; FONTANA, A.; SPERA, S. T.; LUMBRERAS, J. F.; VIANA, J. H. M.; ARAÚJO FILHO, J. C. de; SANTOS, F. C. dos; ALBUQUERQUE, M. R. de; MACEDO, M. C. M.; TEIXEIRA, P. C.; AMARAL, A. J.; BORTOLON, E.; BORTOLON, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, set. 2016.

DORODNIKOV, M.; BLAGODATSKAYA, E.; BLAGODATSKY, S.; MARHAN, S.; FANGMEIER, A.; KUZUYAKOV, Y. Stimulation of microbial extracellular enzyme activities by elevated CO₂ depends on soil aggregate size. **Global Change Biology**, v. 15, p. 1603-1614, 2009.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica no solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 159-168.

GREEN, V. S.; STOTT, D. E.; CRUZ, J. C.; CURI, N. Tillage impacts on soil biological activity and aggregation in a Brazilian Cerrado Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 92, p. 114-121, 2007.

KANDELER, E.; GERBER, H. Short term assay of soil urease activity using colorimetric determination ammonium. **Biology and Fertility Soils**, v. 6, p. 68-72, 1988.

KANDELER, E.; TSCHERKO, D.; SPIEGEL, H. Long-term monitoring of microbial biomass, N mineralization and enzyme activities of a Chernozem under different tillage management. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, p. 343-351, 1999.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, p. 1-13, 2010.

KESSLER, N. C. H. **Efeitos dos antibióticos de uso pecuário associados à água residuária de suinocultura sobre a atividade microbiana do solo**. 2017. 65 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

KIZILKAYA, R.; BAYRAKLI, B. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. **Applied Soil Ecology**, v. 30, p. 192-202, 2005.

LAROCA, J. V. dos S.; SOUZA, J. M. A. de; PIRES, G. C.; PIRES, G. J. C.; PACHECO, L. P.; SILVA, F. D. da; WRUCK, F. J.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, L. S.; SOUZA, E. D. de. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 11, p. 1248-1258, nov. 2018.

LI, M.; CHENG, X.; GUO, H. Heavy metal removal by biomineralization of urease producing bacteria isolated from soil. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 76, p. 81-85, 2013.

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

MACHADO, V. J. **Application of fertilizers with different technologies: NH₃ volatilization**. 2015. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MEGDA, M. M. **Formas de nitrogênio e doses de potássio no capim-marandu: atributos morfológicos, produtivos, nutricionais e bioquímicos e transformações do nitrogênio em um Neossolo**. 2013. 119 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2013.

MELO, W. J.; MELO, G. P.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, V. P. Avaliação da atividade enzimática em amostras de solo. In: FIGUEIREDO, M. B. V.; BURITY, H. A.; OLIVEIRA, J. P.; SANTOS, C. E. R. S.; STANFORD, N. P. (Ed.). **Biotecnologia aplicada à agricultura: textos de apoio e protocolos experimentais**. Brasília: Embrapa, 2010. v. 1, p. 153-187.

MELO, I. G. **Atividade microbiana de solo de cerrado submetido a diferentes estratégias de integração Lavoura-Pecuária**. 2017. 68 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2017.

MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JÚNIOR, F. B. dos. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types. **Plant and Soil**, v. 359, p. 183-195, 2012.

MENDES, I. de C.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos. Bioindicadores de qualidade de solo: dos laboratórios de pesquisa para o campo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 185-203, jan./ago. 2015.

MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G. de; REIS JÚNIOR, F. B. dos; LOPES, A. A. C. Indicadores de qualidade biológica para manejo sustentável de solos arenosos. **Boletim informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 44, n. 1, p. 22-27, jan./abr. 2018.

MILANESI, J. H. **Adubação da cultura da soja baseada nos teores mínimos de fósforo e potássio no solo**. 2015. 73 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

MILINDRO, I. F.; RODRIGUES, R. A. A.; SANTOS, M. K. A.; SANTOS, V. B. dos.

Atributos químicos como indicadores de qualidade do solo sob manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p. 1-5, out. 2016.

PRAGANA, R. B.; NOBREGA, R. S. A.; RIBEIRO, M. R.; LUSTOSA FILHO, J. F. Atributos biológicos e dinâmica da matéria orgânica em Latossolos amarelos na região do cerrado piauiense sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 851-858, 2012.

SILVA, P. C. M.; CHAVES, L. H. G. Avaliação e variabilidade espacial de fósforo, potássio e matéria orgânica em alissolos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 431-436, 2001.

SILVA, E. M. da; LIMA, J. E. F. W.; AZEVEDO, J. A. de; RODRIGUES, L. N. Valores de tensão na determinação da curva de retenção de água de solos do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 323-330, 2006.

SOUSA, H. M. **Atributos microbiológicos do solo em sistemas de integração Lavoura Pecuária no Ecótono Cerrado-Amazônia**. 2014. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2014.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, L. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, 2013.

TABATABAI, M. A. Enzymes. In: WEAVER, R. W.; AUGLE, S.; BOTTOMLY, P. J.; BERDICEK, Q.; SMITH, S.; TABATABAI, M. A.; WOLLUM, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p. 775-833.

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. 573 p.

VALARINI, P. J.; FRIGHETTO, R. T. S.; SCHIAVINATO, R. J.; CAMPANHOLA, C.; SENA, M. M.; BALBINOT, L.; POPPI, R. J.; Análise integrada de sistemas de produção de tomateiro com base em indicadores edafobiológicos. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 60-67, 2011.

YE, D.; LI, T.; ZHANG, X.; ZHENG, Z.; DAI, W. Rhizosphere P composition, phosphatase and phytase activities of Polygonum hydropiper grown in excess P soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 53, p. 823-836, 2017.

WITTE, C. P. Urea metabolism in plants. **Plant Science**, v. 180, p. 431-438, 2011.

Anexo 1- Dados das análises químicas

Tabela 2. Dados das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm

Ponto	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
H ₂ O		mg dm ⁻³		mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
1	6,28	2,60	7,00	1,18	0,58	0,00	0,30	1,78	1,78	2,08	85,60	0,00	0,88	45,50	7,70	0,14	0,22	1,40	37,30	1,30
2	6,08	2,30	13,00	0,81	0,54	0,00	0,80	1,38	1,38	2,18	63,30	0,00	0,75	45,20	8,60	0,07	0,26	1,00	33,20	1,47
3	5,91	3,30	10,00	1,16	0,53	0,00	1,30	1,72	1,72	3,02	57,00	0,00	1,38	41,10	16,30	0,05	0,20	0,90	48,40	3,09
4	6,10	4,70	5,00	1,59	0,46	0,00	1,00	2,06	2,06	3,06	67,30	0,00	1,26	45,60	11,80	0,03	0,16	1,40	27,60	1,79
5	5,64	1,30	5,00	0,32	0,16	0,00	1,40	0,49	0,49	1,89	25,90	0,00	1,26	42,10	16,30	0,05	0,17	0,90	48,20	2,25
6	5,24	1,30	8,00	0,54	0,27	0,00	1,90	0,83	0,83	2,73	30,40	0,00	0,88	44,10	18,70	0,09	0,05	0,70	50,50	0,79
7	6,28	2,30	2,00	0,69	0,19	0,00	0,50	0,89	0,89	1,39	64,00	0,00	0,88	51,80	8,60	0,04	0,19	1,70	22,20	0,72
8	5,98	1,00	2,00	1,19	0,20	0,00	0,80	1,40	1,40	2,20	63,60	0,00	0,88	44,60	8,90	0,04	0,17	0,80	30,00	1,35
9	5,82	1,20	3,00	0,33	0,11	0,00	0,80	0,45	0,45	1,25	36,00	0,00	0,88	45,70	8,90	0,05	0,22	1,30	31,80	0,92
10	6,27	2,30	1,00	0,59	0,27	0,00	0,50	0,86	0,86	1,36	63,20	0,00	1,13	47,70	7,70	0,07	0,26	1,40	22,80	0,90
11	6,09	1,80	3,00	0,52	0,11	0,00	0,60	0,64	0,64	1,24	51,60	0,00	0,75	46,80	8,60	0,09	0,29	1,20	27,70	0,96
12	6,51	1,20	1,00	1,00	0,33	0,00	0,30	1,33	1,33	1,63	81,60	0,00	0,88	43,70	7,40	0,06	0,21	1,30	21,50	0,50
13	6,35	3,50	4,00	1,47	0,70	0,00	0,60	2,18	2,18	2,78	78,40	0,00	1,26	45,20	7,40	0,07	0,27	1,50	22,30	1,45
14	5,95	1,70	8,00	0,99	0,45	0,00	0,80	1,46	1,46	2,26	64,60	0,00	1,13	47,40	8,60	0,06	0,24	0,90	24,50	0,59
15	5,73	1,40	19,00	0,89	0,36	0,00	1,00	1,30	1,30	2,30	56,50	0,00	0,88	46,50	8,30	0,08	0,22	0,80	27,30	0,40
16	6,30	7,10	16,00	1,24	0,64	0,00	0,50	1,92	1,92	2,42	79,30	0,00	0,88	47,70	9,50	0,10	0,29	1,20	26,10	0,65
17	6,47	2,74	14,00	1,55	1,05	0,00	0,50	2,64	2,64	3,14	84,10	0,00	1,38	50,30	6,20	0,12	0,42	2,40	25,30	1,67
18	5,60	2,00	6,00	0,66	0,30	0,00	1,60	0,98	0,98	2,58	38,00	0,00	0,88	47,70	8,90	0,05	0,30	0,60	51,30	0,97
19	5,96	0,80	8,00	1,13	0,58	0,00	0,60	1,73	1,73	2,33	74,20	0,00	0,88	45,60	9,30	0,06	0,10	0,90	30,90	1,33
20	6,25	1,30	11,00	2,01	0,71	0,00	0,60	2,75	2,75	3,35	82,10	0,00	1,13	41,40	25,40	0,04	0,05	0,90	26,70	0,85
21	5,79	3,10	14,00	1,66	0,51	0,00	1,10	2,21	2,21	3,31	66,80	0,00	1,51	41,70	22,20	0,10	0,04	1,70	52,90	1,09
22	5,68	1,40	58,00	1,26	0,59	0,10	0,80	2,00	2,10	2,80	71,40	4,80	1,26	43,30	15,50	0,15	0,03	0,80	34,30	0,76
23	5,45	0,90	14,00	1,05	0,43	0,19	1,30	1,52	1,71	2,82	53,90	11,10	1,13	41,90	19,90	0,10	0,03	0,70	39,50	1,08
24	6,25	1,30	40,00	0,94	0,58	0,00	0,50	1,62	1,62	2,12	76,40	0,00	1,00	45,50	12,20	0,04	0,03	1,20	24,70	1,45
25	6,35	1,50	11,00	0,99	0,74	0,00	0,50	1,76	1,76	2,26	77,90	0,00	0,88	46,90	4,90	0,04	0,07	1,00	28,80	2,47
26	6,22	1,60	10,00	1,54	0,64	0,00	0,60	2,21	2,21	2,81	78,60	0,00	1,38	44,50	14,00	0,10	0,09	1,10	35,60	1,33

Tabela 2 c. Dados das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm

Ponto	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	kg ⁻¹	dag	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
27	5,60	1,40	10,00	0,94	0,40	0,00	1,30	1,37	1,37	2,67	51,30	0,00	1,26	42,80	10,80	0,13	0,11	0,80	36,10	1,03
28	6,04	2,10	9,00	0,85	0,47	0,00	0,80	1,34	1,34	2,14	62,60	0,00	0,88	45,80	6,90	0,19	0,11	1,20	39,20	1,50
29	5,79	1,70	12,00	1,37	0,64	0,00	1,10	2,04	2,04	3,14	65,00	0,00	1,51	41,40	16,00	0,22	0,12	1,30	43,70	1,20
30	5,80	1,20	9,00	0,68	0,46	0,00	0,80	1,16	1,16	1,96	59,20	0,00	0,88	45,60	8,70	0,20	0,12	1,10	36,60	1,02
31	6,10	2,00	11,00	1,70	0,75	0,00	0,60	2,48	2,48	3,08	80,50	0,00	1,26	46,50	26,30	0,21	0,10	1,10	30,30	1,08
32	5,76	1,30	8,00	1,18	0,52	0,00	0,80	1,72	1,72	2,52	68,30	0,00	1,00	48,30	18,40	0,22	0,07	1,00	27,40	0,76
33	6,17	2,60	9,00	1,37	0,59	0,00	0,60	1,98	1,98	2,58	76,70	0,00	1,38	45,80	10,20	0,21	0,11	1,70	21,80	0,57
34	6,29	1,50	11,00	1,23	0,69	0,00	0,50	1,95	1,95	2,45	79,60	0,00	1,13	45,20	8,40	0,19	0,10	1,20	34,60	1,37
35	6,01	0,70	37,00	1,04	0,39	0,00	0,50	1,52	1,52	2,02	75,20	0,00	0,88	48,20	11,30	0,21	0,10	1,20	24,60	0,92
36	5,47	1,00	16,00	0,38	0,24	0,00	1,10	0,66	0,66	1,76	37,50	0,00	0,88	47,50	12,20	0,18	0,13	0,80	31,10	0,52
37	5,65	1,30	7,00	0,83	0,38	0,00	1,00	1,23	1,23	2,23	55,20	0,00	1,13	43,60	6,70	0,17	0,10	1,10	27,40	0,77
38	5,89	1,50	9,00	0,98	0,65	0,00	0,50	1,65	1,65	2,15	76,70	0,00	1,13	43,90	8,40	0,03	0,22	1,40	24,80	1,33
39	5,90	3,20	6,00	0,88	0,39	0,00	0,60	1,29	1,29	1,89	68,30	0,00	0,88	43,60	8,40	0,04	0,16	1,30	30,60	0,70
40	6,23	1,50	15,00	1,33	0,72	0,00	0,50	2,09	2,09	2,59	80,70	0,00	1,51	43,60	9,90	0,04	0,13	1,20	37,80	1,06
41	5,45	1,50	8,00	0,91	0,47	0,00	1,30	1,40	1,40	2,70	51,90	0,00	0,88	43,70	16,00	0,06	0,19	1,20	40,70	0,90
42	5,85	1,00	11,00	1,17	0,65	0,00	0,80	1,85	1,85	2,65	69,80	0,00	1,13	45,50	13,10	0,10	0,15	1,00	29,90	0,91
43	6,05	0,60	6,00	1,19	0,51	0,00	0,60	1,72	1,72	2,32	74,10	0,00	1,13	42,40	9,60	0,05	0,13	1,10	29,90	1,06
44	5,60	1,20	10,00	0,69	0,26	0,00	0,80	0,98	0,98	1,78	55,10	0,00	1,13	44,70	10,20	0,05	0,16	1,00	38,60	0,50
45	6,10	1,50	9,00	0,90	0,48	0,00	0,50	1,40	1,40	1,90	73,70	0,00	0,88	47,80	7,50	0,04	0,22	1,50	30,70	1,27
46	6,01	2,20	8,00	1,17	0,53	0,00	0,80	1,72	1,72	2,52	68,30	0,00	1,13	43,80	8,40	0,03	0,15	1,40	33,90	1,21
47	5,55	1,60	10,00	0,64	0,29	0,00	1,10	0,96	0,96	2,06	46,60	0,00	0,88	45,90	8,70	0,07	0,13	1,00	32,50	0,57
48	5,88	1,10	10,00	0,99	0,68	0,00	0,80	1,70	1,70	2,50	68,00	0,00	1,13	44,50	9,00	0,10	0,11	1,10	47,60	0,80
49	5,41	1,00	11,00	0,67	0,33	0,00	1,10	1,03	1,03	2,13	48,40	0,00	0,88	45,50	9,00	0,29	0,14	0,70	28,30	4,02
50	4,91	0,70	6,00	0,53	0,22	0,00	1,60	0,77	0,77	2,37	32,50	0,00	1,00	46,10	8,40	0,04	0,15	0,60	34,70	0,86
51	4,83	0,80	9,00	0,27	0,11	0,00	1,10	0,40	0,40	1,50	26,70	0,00	0,75	42,30	11,60	0,04	0,18	0,30	37,20	0,61
52	5,83	1,60	8,00	1,03	0,50	0,00	0,50	1,55	1,55	2,05	75,60	0,00	0,88	48,30	7,50	0,03	0,22	1,00	19,30	1,52
53	5,71	2,10	9,00	0,81	0,46	0,00	0,80	1,29	1,29	2,09	61,70	0,00	1,13	48,40	6,70	0,04	0,28	1,20	26,20	1,01
54	5,32	1,20	10,00	0,54	0,29	0,00	1,30	0,86	0,86	2,16	39,80	0,00	0,88	42,80	7,80	0,06	0,23	0,60	33,50	1,37
55	5,68	1,00	10,00	1,21	0,41	0,00	0,60	1,65	1,65	2,25	73,30	0,00	0,88	45,60	15,20	0,05	0,22	0,90	37,00	0,81

Tabela 2 c. Dados das análises químicas do solo na camada de 0-20 cm

Ponto	pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn	
H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	
56	5,88	1,30	37,00	1,16	0,61	0,00	0,60	1,86	1,86	1,86	2,46	75,60	0,00	1,38	45,80	11,61	0,07	0,23	1,10	31,30	1,01
57	5,66	1,60	9,00	1,22	0,66	0,00	1,00	1,90	1,90	1,90	2,90	65,50	0,00	1,26	47,20	14,90	0,06	0,25	0,80	29,20	0,56
58	5,60	0,90	10,00	0,86	0,44	0,00	0,80	1,33	1,33	1,33	2,13	62,40	0,00	0,88	45,80	7,80	0,04	0,27	1,00	26,50	1,11
59	5,65	1,40	7,00	0,85	0,34	0,00	1,00	1,21	1,21	1,21	2,21	54,80	0,00	1,13	48,70	6,70	0,04	0,28	0,90	22,70	1,05
60	5,51	1,20	7,00	0,91	0,44	0,00	1,00	1,37	1,37	1,37	2,37	57,80	0,00	0,88	45,90	7,20	0,05	0,26	0,90	46,20	2,20
61	6,45	2,10	11,00	0,97	0,66	0,00	0,60	1,66	1,66	1,66	2,26	73,50	0,00	0,50	46,10	8,10	0,04	0,00	1,20	22,40	1,11
62	6,54	0,90	7,00	1,06	0,53	0,00	0,80	1,61	1,61	1,61	2,41	66,80	0,00	0,50	43,60	7,50	0,08	0,02	1,30	26,80	0,98
63	6,24	1,50	12,00	0,99	0,48	0,00	1,00	1,50	1,50	1,50	2,50	60,00	0,00	0,75	43,40	8,10	0,06	0,06	1,60	31,30	0,74
64	5,76	1,00	8,00	0,93	0,27	0,00	1,40	1,22	1,22	1,22	2,62	46,60	0,00	0,63	42,60	9,30	0,04	0,04	0,80	42,40	1,75
65	6,15	1,70	11,00	0,92	0,46	0,00	1,00	1,41	1,41	1,41	2,41	58,50	0,00	0,63	44,30	9,00	0,04	0,02	1,20	40,00	1,59
Média	5,89	1,71	11,02	0,99	0,47	0,00	0,84	1,49	1,50	1,50	2,33	63,01	0,24	1,02	45,26	10,82	0,09	0,16	1,10	32,56	1,16
Des- vPad	0,36	1,02	9,24	0,35	0,19	0,03	0,34	0,51	0,51	0,51	0,48	14,90	1,49	0,24	2,22	4,54	0,06	0,09	0,33	8,14	0,61

OBS: pH em água, relação 1:2,5 TFSA; P, K, Cu, Mn, Fe e Zn – Método Mehlich 1; Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺ – Método KCl 1 mol L⁻¹; H+Al – Método Ca(OAc)₂ 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0; MO – Método Walkley & Black (MO = 1,724 x CO); P-rem – concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante 1 hora a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹, contendo 60 mg L⁻¹ de P; na relação 1:10; S – Método Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol L⁻¹; B – Método da água quente.

Tabela 3. Dados das análises químicas do solo na camada de 20-40 cm

Ponto	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
1	5,94	1,00	3,00	0,67	0,32	0,00	0,80	1,00	1,00	1,80	55,60	0,00	0,63	42,40	11,00	0,03	0,15	0,30	45,90	1,73
2	6,44	16,00	31,00	2,13	1,04	0,00	0,50	3,25	3,25	3,75	86,70	0,00	1,88	47,70	5,30	0,13	0,41	3,10	32,50	4,15
3	5,13	0,90	8,00	0,54	0,32	0,00	1,70	0,88	0,88	2,58	34,10	0,00	0,88	39,00	35,60	0,03	0,15	0,40	49,50	0,87
4	5,05	0,60	4,00	1,49	0,48	0,00	1,60	1,98	1,98	3,58	55,30	0,00	0,75	37,70	33,50	0,05	0,17	0,50	51,90	0,45
5	4,52	0,60	2,00	1,08	0,38	0,29	2,40	1,47	1,76	3,87	38,00	16,50	1,13	35,90	30,50	0,04	0,17	0,30	58,90	0,92
6	4,50	0,20	5,00	0,15	0,03	0,29	1,90	0,19	0,48	2,09	9,10	60,40	0,50	37,60	31,30	0,07	0,01	0,20	41,10	0,66
7	5,82	0,40	0,00	1,10	0,42	0,00	0,80	1,52	1,52	2,32	65,50	0,00	0,63	43,90	11,80	0,03	0,19	0,40	35,70	0,93
8	4,94	0,50	1,00	1,05	0,42	0,19	1,60	1,47	1,66	3,07	47,90	11,40	0,63	39,70	13,60	0,08	0,18	0,40	51,00	0,53
9	5,20	0,50	2,00	1,14	0,59	0,10	1,40	1,74	1,84	3,14	55,40	5,40	0,63	42,10	12,40	0,06	0,18	0,30	47,00	0,99
10	5,77	0,70	1,00	1,16	0,37	0,00	1,30	1,53	1,53	2,83	54,10	0,00	0,63	41,60	9,80	0,04	0,21	0,50	51,80	0,47
11	5,50	0,70	1,00	1,28	0,56	0,00	1,30	1,84	1,84	3,14	58,60	0,00	0,63	45,30	11,80	0,06	0,18	0,30	40,60	1,41
12	6,19	0,40	1,00	1,61	0,32	0,00	0,60	1,93	1,93	2,53	76,30	0,00	0,63	42,60	8,90	0,04	0,22	0,50	47,30	0,64
13	5,94	0,60	1,00	0,96	0,38	0,00	0,60	1,34	1,34	1,94	69,10	0,00	0,75	40,00	9,50	0,06	0,21	0,40	41,50	1,69
14	4,87	0,40	1,00	0,17	0,08	0,19	1,40	0,25	0,44	1,65	15,20	43,20	0,50	39,80	15,40	0,08	0,19	0,20	36,70	0,31
15	5,10	0,60	3,00	0,39	0,15	0,00	1,40	0,55	0,55	1,95	28,20	0,00	0,75	44,30	11,50	0,08	0,20	0,30	35,90	0,29
16	5,82	1,30	58,00	0,54	0,23	0,00	1,40	0,92	0,92	2,32	39,70	0,00	0,63	42,10	12,10	0,04	0,25	0,60	52,10	0,59
17	6,32	2,30	13,00	0,90	0,58	0,00	0,60	1,51	1,51	2,11	71,60	0,00	0,63	42,60	6,80	0,05	0,30	0,70	66,40	0,51
18	4,67	0,40	8,00	0,18	0,00	0,39	1,40	0,20	0,59	1,60	12,50	66,10	0,63	37,50	16,60	0,05	0,02	0,40	42,10	0,61
19	5,32	0,30	5,00	0,47	0,12	0,00	1,30	0,60	0,60	1,90	31,60	0,00	0,38	41,70	13,40	0,06	0,00	0,80	69,30	0,85
20	5,21	0,30	9,00	0,69	0,18	0,00	1,60	0,89	0,89	2,49	35,70	0,00	0,88	35,60	21,90	0,09	0,00	0,40	51,40	0,61
21	5,20	0,40	7,00	0,68	0,11	0,00	1,40	0,81	0,81	2,21	36,70	0,00	0,88	34,40	20,70	0,06	0,02	0,40	49,50	0,52
22	5,19	0,40	10,00	0,56	0,18	0,00	1,60	0,77	0,77	2,37	32,50	0,00	0,88	34,70	16,30	0,07	0,05	0,40	54,40	0,41
23	4,89	0,30	8,00	0,24	0,10	0,00	1,60	0,36	0,36	1,96	18,40	0,00	0,88	34,00	19,30	0,07	0,00	0,30	79,60	1,11
24	5,28	0,60	8,00	0,24	0,13	0,00	1,10	0,39	0,39	1,49	26,20	0,00	0,63	40,50	13,10	0,07	0,05	0,60	46,40	1,37
25	5,56	0,30	6,00	0,30	0,19	0,00	1,00	0,51	0,51	1,51	33,80	0,00	0,63	40,70	7,20	0,10	0,02	0,40	40,50	1,42
26	5,35	0,40	8,00	0,64	0,37	0,00	1,30	1,03	1,03	2,33	44,20	0,00	0,88	39,20	18,70	0,12	0,07	0,60	63,20	2,77
27	5,02	0,80	9,00	0,38	0,12	0,00	1,40	0,52	0,52	1,92	27,10	0,00	0,88	36,30	11,60	0,25	0,10	0,40	33,70	1,00
28	5,27	0,40	6,00	0,32	0,18	0,00	1,30	0,52	0,52	1,82	28,60	0,00	0,63	40,10	11,10	0,19	0,06	0,40	49,80	0,73

Tabela 3 cont. Dados das análises químicas do solo na camada de 20-40 cm

Ponto	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
29	5,41	0,30	9,00	0,40	0,08	0,00	1,00	0,50	0,50	1,50	33,30	0,00	0,50	39,90	11,90	0,18	0,07	0,50	41,00	0,22
30	5,13	0,40	8,00	0,22	0,11	0,19	1,30	0,35	0,54	1,65	21,20	35,20	0,88	41,90	13,40	0,22	0,08	0,40	56,10	0,55
31	5,02	0,50	10,00	0,39	0,32	0,00	1,60	0,74	0,74	2,34	31,60	0,00	1,00	42,30	17,50	0,25	0,07	0,50	55,70	0,77
32	4,83	0,50	5,00	0,45	0,10	0,19	2,10	0,56	0,75	2,66	21,10	25,30	0,75	35,40	22,20	0,06	0,02	0,40	68,40	0,98
33	5,94	1,00	7,00	0,85	0,40	0,00	0,80	1,27	1,27	2,07	61,40	0,00	0,88	41,40	13,10	0,18	0,10	1,10	71,60	0,66
34	5,92	0,30	7,00	0,84	0,39	0,00	0,50	1,25	1,25	1,75	71,40	0,00	0,88	41,00	13,10	0,18	0,09	0,60	51,80	0,78
35	5,15	0,40	40,00	0,41	0,15	0,00	1,00	0,66	0,66	1,66	39,80	0,00	0,63	42,80	18,40	0,18	0,06	0,50	40,90	0,67
36	4,71	0,20	5,00	0,01	0,01	0,19	1,10	0,03	0,22	1,13	2,70	86,40	0,50	39,60	13,10	0,19	0,07	0,20	36,50	0,29
37	4,89	0,40	6,00	0,11	0,04	0,10	1,10	0,17	0,27	1,27	13,40	37,00	0,63	38,80	11,30	0,04	0,08	0,40	42,30	0,52
38	5,67	0,40	7,00	0,62	0,25	0,00	1,00	0,89	0,89	1,89	47,10	0,00	0,75	41,90	9,60	0,04	0,10	0,50	36,20	0,40
39	5,12	0,60	6,00	0,43	0,08	0,00	1,30	0,53	0,53	1,83	29,00	0,00	0,63	44,50	11,30	0,03	0,11	0,50	32,30	1,00
40	5,25	0,40	16,00	0,46	0,29	0,00	1,30	0,79	0,79	2,09	37,80	0,00	0,88	41,00	16,90	0,04	0,08	0,40	42,60	0,33
41	5,38	0,30	5,00	0,66	0,17	0,00	1,00	0,84	0,84	1,84	45,70	0,00	0,88	41,90	12,50	0,03	0,17	0,60	39,80	1,01
42	4,99	0,20	13,00	0,31	0,20	0,00	1,30	0,54	0,54	1,84	29,30	0,00	0,75	41,90	17,50	0,08	0,14	0,30	59,40	0,93
43	5,00	0,20	6,00	0,34	0,17	0,00	1,00	0,53	0,53	1,53	34,60	0,00	0,75	40,50	19,00	0,06	0,10	0,60	36,80	0,61
44	4,92	0,10	6,00	0,14	0,02	0,19	1,30	0,18	0,37	1,48	12,20	51,40	0,88	37,90	12,20	0,06	0,13	0,20	34,90	0,35
45	5,78	0,30	5,00	0,76	0,23	0,00	0,80	1,00	1,00	1,80	55,60	0,00	0,63	43,10	7,80	0,05	0,17	0,70	47,40	1,11
46	5,38	0,50	7,00	0,37	0,13	0,00	1,10	0,52	0,52	1,62	32,10	0,00	0,88	37,20	10,80	0,04	0,12	0,50	63,40	0,80
47	4,92	0,40	8,00	0,19	0,09	0,19	1,30	0,30	0,49	1,60	18,70	38,80	0,75	41,70	14,30	0,07	0,10	0,50	50,70	1,19
48	5,00	0,20	8,00	0,09	0,06	0,10	1,40	0,17	0,27	1,57	10,80	37,00	0,75	40,60	11,90	0,09	0,10	0,60	41,30	0,27
49	4,69	0,30	7,00	0,14	0,05	0,19	1,60	0,21	0,40	1,81	11,60	47,50	0,88	37,40	14,60	0,09	0,11	0,50	53,30	1,56
50	4,44	0,90	7,00	0,13	0,04	0,29	1,60	0,19	0,48	1,79	10,60	60,40	0,75	38,20	13,10	0,06	0,12	0,40	47,80	0,47
51	5,97	1,30	9,00	0,90	0,40	0,00	1,10	1,32	1,32	2,42	54,50	0,00	0,88	45,30	6,70	0,05	0,04	1,00	45,70	0,66
52	5,38	0,50	6,00	0,32	0,18	0,00	0,80	0,52	0,52	1,32	39,40	0,00	0,75	43,90	10,50	0,04	0,17	0,30	26,10	1,08
53	5,15	0,80	8,00	0,29	0,15	0,00	1,10	0,46	0,46	1,56	29,50	0,00	0,63	47,10	9,60	0,05	0,19	0,40	43,10	1,04
54	4,60	0,50	6,00	0,01	0,01	0,29	1,40	0,04	0,33	1,44	2,80	87,90	0,88	38,90	16,90	0,06	0,15	0,40	34,60	0,77
55	4,96	0,60	7,00	0,35	0,10	0,00	1,10	0,47	0,47	1,57	29,90	0,00	0,75	38,30	17,50	0,06	0,16	0,40	38,70	1,21
56	5,35	0,50	8,00	0,85	0,44	0,00	1,10	1,31	1,31	2,41	54,40	0,00	0,88	38,00	23,70	0,07	0,21	0,40	42,70	2,56

Tabela 3 cont. Dados das análises químicas do solo na camada de 20-40 cm

Ponto	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-Rem	S	B	Cu	Mn	Fe	Zn
	H ₂ O	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³	%	dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³
57	4,60	0,40	6,00	0,24	0,11	0,39	1,60	0,37	0,76	1,97	18,80	51,30	0,88	37,40	22,50	0,11	0,20	0,30	41,90	0,68
58	5,14	0,10	5,00	0,35	0,08	0,00	1,10	0,44	0,44	1,54	28,60	0,00	0,50	40,70	9,90	0,04	0,20	0,30	39,50	0,63
59	4,94	0,70	6,00	0,40	0,11	0,00	1,40	0,53	0,53	1,93	27,50	0,00	0,88	45,50	11,10	0,06	0,27	0,60	34,00	1,11
60	4,75	0,20	5,00	0,22	0,08	0,10	1,40	0,31	0,41	1,71	18,10	24,40	0,63	41,10	10,20	0,07	0,20	0,50	32,60	2,16
61	5,88	0,50	9,00	0,54	0,34	0,00	1,10	0,90	0,90	2,00	45,00	0,00	0,50	40,30	13,40	0,05	0,02	0,40	56,70	1,04
62	6,06	0,20	5,00	0,67	0,25	0,00	1,10	0,93	0,93	2,03	45,80	0,00	0,38	40,70	9,30	0,07	0,03	0,40	46,50	0,87
63	5,47	0,60	7,00	0,55	0,19	0,00	1,40	0,76	0,76	2,16	35,20	0,00	0,50	41,60	10,50	0,04	0,00	0,70	85,30	1,53
64	5,58	0,40	7,00	0,59	0,12	0,00	1,40	0,73	0,73	2,13	34,30	0,00	0,50	41,60	10,20	0,03	0,02	0,40	47,20	1,02
65	5,62	0,30	7,00	0,54	0,10	0,00	1,30	0,66	0,66	1,96	33,70	0,00	0,38	40,20	11,90	0,03	0,01	0,40	40,30	1,01
Média	5,28	0,75	7,97	0,56	0,22	0,06	1,25	0,80	0,86	2,05	36,25	12,09	0,73	40,47	14,46	0,08	0,12	0,50	47,24	0,94
Des- vPad	0,47	1,95	8,67	0,41	0,18	0,11	0,36	0,58	0,55	0,57	18,64	23,02	0,22	2,96	6,21	0,06	0,08	0,37	11,73	0,65

OBS: Mesmos métodos analíticos da camada de 0-20 cm (Tabela 2)

Embrapa

Milho e Sorgo

Parceria



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

