

LEVANTAMENTO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREA AGRÍCOLA E NATIVA DO CERRADO TOCANTINENSE

Cibelle Christine Brito Ferreira¹, Maria Eduarda Coelho Amaral², Rosilene da Costa Porto de Carvalho³, Saulo de Oliveira Lima⁴, Clauber Rosanova⁵, Caio Felipe Cavalcante Dantas⁶

RESUMO:

O Cerrado tocantinense é um bioma de transição entre a Amazônia e o Cerrado central, marcado por grande biodiversidade e relevância ecológica. Abriga solos variados e recursos hídricos importantes, sustentando atividades agrícolas, pecuárias e a conservação ambiental da região. Este estudo teve como objetivo comparar os atributos físicos e químicos do solo Neossolo Quartzarênico Órtico típico em duas áreas do Cerrado tocantinense: em área agrícola e área nativa. Para isso, foram realizadas análises morfológicas, químicas, físicas e granulométricas do solo, em profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm. Os resultados mostraram que a área de uso agrícola apresentou maior resistência à penetração em camadas mais profundas, indicando possível compactação causada por preparo mecanizado. No entanto, os atributos químicos obtiveram maiores valores na área agrícola, com maiores teores de matéria orgânica, pH mais elevado, maior disponibilidade de fósforo, cálcio, magnésio e maior capacidade de troca de cátions (CTC), além de menor saturação por alumínio. A textura arenosa foi predominante em ambas as áreas. Conclui-se que o uso agrícola, embora afete negativamente a estrutura física do solo, promove melhorias na fertilidade do solo, nos atributos químicos, quando manejado adequadamente.

Palavras-chave: Bioma, Fertilidade do solo, Neossolo Quartzarênico Órtico típico, Resistência à penetração.

CARACTERÍSTICAS DO MERCADO DE PRODUTOS ORGÂNICOS E OPORTUNIDADES PARA O BRASIL

ABSTRACT:

The Tocantins Cerrado is a transitional biome between the Amazon and the central Cerrado, characterized by high biodiversity and significant ecological relevance. It features diverse soils and important water resources, supporting regional agriculture, livestock, and conservation efforts. This study aimed to compare the physical and chemical properties of a Typical Orthic Quartzipsamment (Neossolo Quartzarênico Órtico Típico) in two areas of the Tocantins Cerrado: an agricultural area and a native area. Morphological, chemical, physical, and granulometric analyses were performed at depths of 0–20 cm and 20–40 cm. The results showed that the agricultural area presented greater resistance to penetration in deeper layers, indicating possible compaction caused by mechanized tillage. However, the chemical attributes obtained higher values in the agricultural area, with higher organic matter contents, higher pH, greater availability of phosphorus, calcium, and magnesium, and greater cation exchange capacity (CEC), in addition to lower aluminum saturation. A sandy texture was predominant in both areas. It is concluded that agricultural use, although negatively affecting the physical structure of the soil, promotes improvements in soil fertility and chemical attributes, when managed properly.

Keywords: Biome, Soil fertility, Typical Orthic Quartzarenic Neosol, Penetration resistance.

¹Professora Doutora da Universidade Estadual do Tocantins. Palmas-TO, cibelle.cb@unitins.br; <https://orcid.org/0000-0002-2658-3983>. ²Acadêmica do curso de Agronomia, no Centro Universitário Católica do Tocantins. Palmas – TO, dudacoelho53@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3767-8977>. ³Doutoranda em Produção Vegetal, na Universidade Federal do Tocantins. Palmas -TO, rosilene.porto@mail.uft.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-9391-2145>. ⁴Professor Doutor da Universidade Federal do Tocantins. Palmas-TO, saulolima@uft.edu.br; <https://orcid.org/0000-0002-8824-3925>. ⁵Professor Doutor Instituto Federal do Tocantins. Palmas-TO, clauber@ifto.edu.br; <https://orcid.org/0000-0001-6772-1505>. ⁶Acadêmico do curso de Engenharia Agrônoma, na Universidade Estadual do Tocantins - UNITINS. Palmas – TO, caio.1948@hotmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3180-3052>.

INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica ocupa o primeiro lugar de predominância de bioma no Brasil, seguido do bioma Cerrado (Neto, 2018). No estado do Tocantins, o bioma predominante é o Cerrado, caracterizado pela presença de amplas áreas naturais e uma grande diversidade de espécies nativas (Silva *et al.*, 2025). Os solos do Cerrado tocantinense são caracterizados por serem, em geral, ácidos, com baixa disponibilidade de nutrientes e alta saturação por alumínio (Carvalho, 2023).

Os principais solos do Cerrado tocantinense são Latossolos, Argissolos e Neossolos Quartzarênicos, com ocorrência também de Plintossolos (Alencar *et al.*, 2019). Esses solos são frequentemente profundos, bem drenados, com cores que variam de vermelho escuro a amarelo, esses solos apresentam características diversas, incluindo textura que varia de arenosa a argilosa e teores variados de matéria orgânica (Sena *et al.*, 2021).

O estado do Tocantins tem se destacado pela expansão do agronegócio, sendo que mais de 30% do território do bioma já sofreu transformações em decorrência do crescimento econômico. Essas atividades contribuem para impactos negativos sobre o Cerrado tocantinense, cujos solos, por natureza, já apresentam características como baixa fertilidade, baixos teores de matéria orgânica e baixa capacidade de retenção de água (Santiago *et al.*, 2019).

A qualidade do solo é fundamental para a sustentabilidade ambiental e para a produtividade agrícola. A degradação do solo, por sua vez, representa uma ameaça crescente à segurança alimentar e à sustentabilidade ambiental. Processos como a compactação, a erosão, a salinização, o esgotamento de nutrientes e a acidificação resultam da exploração intensiva e do manejo inadequado,

especialmente em regiões com solos naturalmente frágeis, como o Cerrado brasileiro. Tais alterações comprometem a fertilidade do solo, reduzem sua capacidade de armazenamento de água e afetam negativamente a microbiota edáfica, prejudicando o desenvolvimento das culturas e elevando a dependência de insumos externos, como corretivos e fertilizantes (Bocaleti *et al.*, 2021).

A presente pesquisa tem como objeto de estudo o solo Neossolo Quartzarênico Órtico típico. Esse tipo de solo é caracterizado por sua textura arenosa, baixos teores de fósforo, de micronutrientes (Cu, Fe, Zn e Mn) e de matéria orgânica, reduzida capacidade de retenção de água, vulnerabilidade à erosão e lixiviação de nitrato (EMBRAPA, 2021).

Comparar atributos biológicos, químicos, físicos entre solos de áreas conservadas e degradadas pode fornecer subsídios importantes para estratégias de recuperação e manejo sustentável (Silva *et al.*, 2024). Diante disso, objetivou-se comparar as condições químicas e físicas do Neossolo Quartzarênico Órtico típico, sob uma área nativa e uma área agrícola na região do Cerrado tocantinense.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido em uma propriedade rural, apresentada no mapa da Figura 1, localizada no município de Santa Tereza, estado do Tocantins, em duas áreas com diferentes sistemas de uso do solo: uma área agrícola, com cultivo intensivo e uma área nativa preservada (vegetação de Cerrado) com uma distância espacial entre as coletas de 5 km, ambas situadas sob a mesma unidade de solo (Figura 2). As culturas trabalhadas na área de uso agrícola foram soja e milho, cultivadas ao longo de um período de quatro anos.

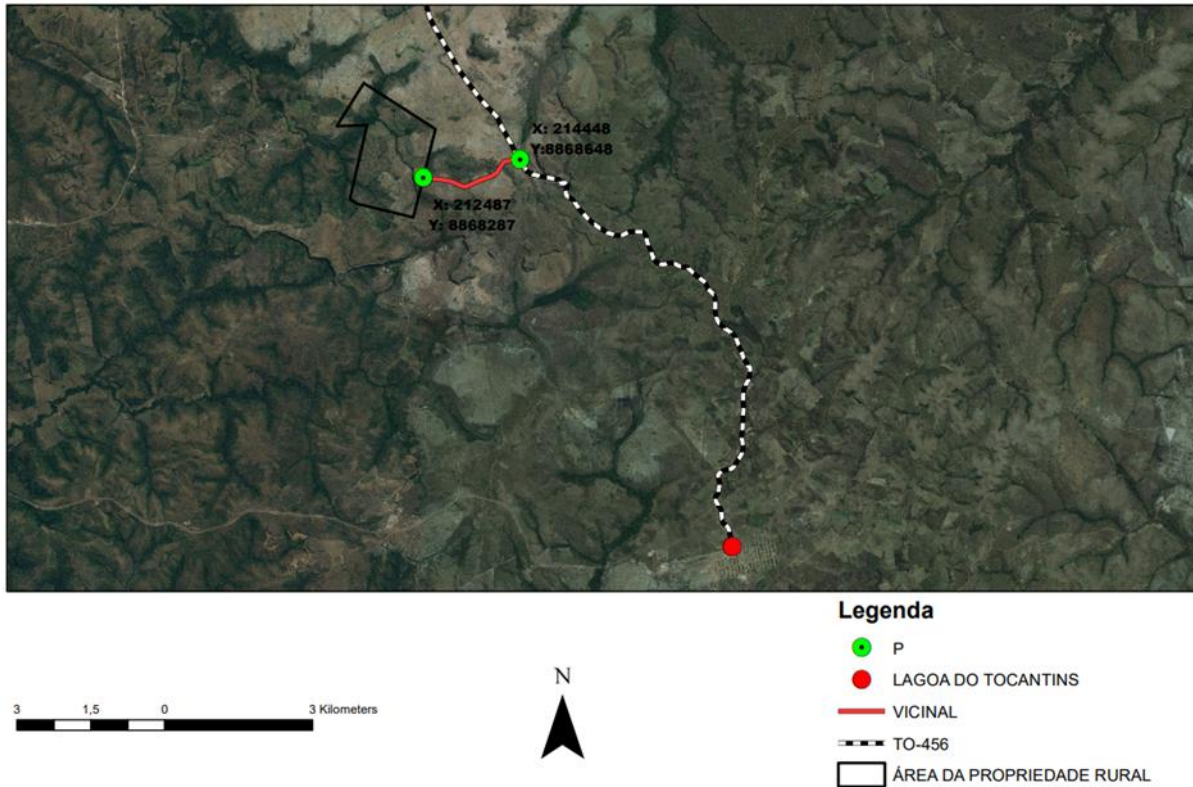


Figura 1. Mapa da localização da propriedade rural em Santa Tereza do Tocantins.

Para o manejo químico do solo, foram utilizados fertilizantes na fórmula 02/30/10, sendo respectivamente Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K), aplicados na quantidade de 400 kg por hectare (De Assis *et al.*, 2025). Para a adubação de cobertura, utilizou-se 200 kg de cloreto de potássio (KCl) por hectare. O solo passou por gradagem com discos de 36 polegadas, cuja profundidade variou entre 15 a 30 centímetros, dependendo da época e das condições do terreno. Realizou-se também a correção do solo com aplicação de 6 toneladas de calcário por hectare. A gradagem foi realizada duas vezes: uma antes da aplicação do calcário e outra para a sua incorporação (Oliveira e Caldas, 2004; Vilela *et al.*, 2004).

A caracterização morfológica do solo foi realizada com base na descrição de perfis representativos em trincheiras abertas, com 1,5 metros de profundidade, tanto na área nativa quanto na área agrícola. Foram registradas ainda informações referentes a estrutura, consistência, cor (utilizando a Carta de Munsell Soil Color Charts, 2009) e demais características morfológicas, conforme os critérios da classificação brasileira de solos (Santos *et al.*, 2018). Foi identificado um horizonte A pouco espesso, de 0

-20 cm, seguido diretamente por material subsuperficial arenoso, sem o desenvolvimento de horizonte B diagnóstico. Até a profundidade analisada não foi possível delimitar claramente o horizonte C, observando-se a continuidade do material arenoso. Com isso, o solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Figura 2.A), tanto para a área nativa (Figura 2.B) quanto para área agrícola.

A escolha das áreas considerou a proximidade espacial e a uniformidade da unidade de solo, minimizando variações edáficas e climáticas. O clima da região é tropical, com estação seca bem definida no inverno, e o relevo predominante é plano a suavemente ondulado, seguindo a classificação climática de Köppen-Geiger (Almeida, 2016). Para a caracterização física do solo, foi avaliada a resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), utilizando-se um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar – Stolf (1991), em 20 pontos amostrais georreferenciados em cada área (agrícola e nativa), nas profundidades de 0 - 20 cm e 0 - 40 cm. As amostragens foram realizadas durante o período seco, visando minimizar a interferência da umidade na resistência à penetração.

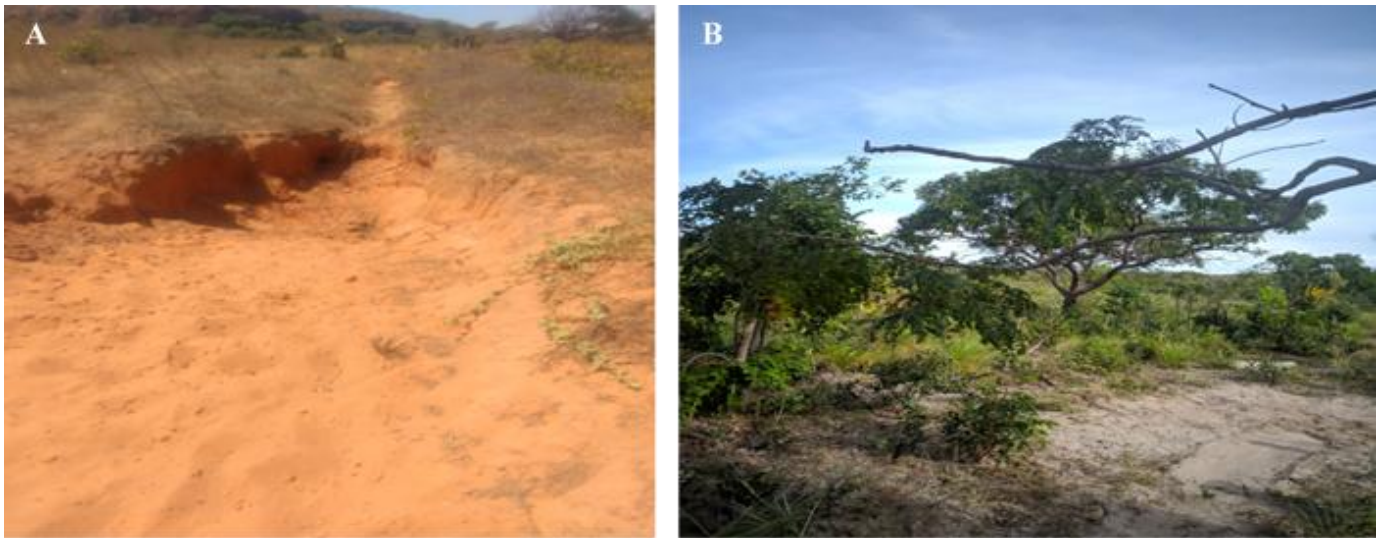


Figura 2. Neossolo Quartzarênico Órtico típico (A), área nativa (B) localizada no município de Santa Tereza, estado do Tocantins.

As análises química e granulométrica (textura) foram realizadas com 60 pontos formando uma amostra composta para cada área analisada, nas mesmas profundidades mencionadas, segundo os procedimentos descritos por Instituto Agronômico de Campinas, 2021. As amostras das análises químicas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Análises Agrícolas do Tocantins - Sellar Análises Agrícolas em Gurupi – TO, as mesmas incluíram pH em água, alumínio trocável (Al^{3+}), acidez potencial, cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P) disponível e matéria orgânica (MO), os extratores utilizados foram: P, K: Mehlich 1; Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) extraído do Ácido Dietilenotriaminopentaacético (DTPA); Ca (Cálcio), Mg (Magnésio) e Al (Alumínio); 1 mol de KCl dissolvido em 1 litro de solução; S (Enxofre): Fosfato monobásico de Cálcio; B: Água quente. A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, com a separação das frações de areia, silte e argila.

Os dados obtidos foram organizados em planilhas eletrônicas (Excel) e analisados de acordo com a natureza de cada variável. Para a análise

descritiva dos dados de resistência do solo à penetração, foram calculadas medidas de tendência central (média, mediana e moda) e de dispersão (valores mínimo, máximo, desvio-padrão e coeficiente de variação (CV%). Esses parâmetros permitiram caracterizar a distribuição dos dados, identificar a variabilidade e comparar a homogeneidade entre as áreas (nativa e cultivada). O cálculo da moda auxiliou na identificação do valor mais recorrente entre as observações, a mediana representou o ponto central da distribuição e a média forneceu o valor médio das repetições. O desvio-padrão e o CV% foram utilizados para expressar o grau de dispersão em relação à média.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na profundidade de 34 cm, que a área agrícola foi onde o Neossolo Quartzarênico Órtico típico apresentou a maior resistência à penetração, atingindo 2831 kPa (Figura 3.A). Já na área nativa, em uma profundidade menor, de 29 cm, a resistência foi de 1585 kPa (Figura 3.B).

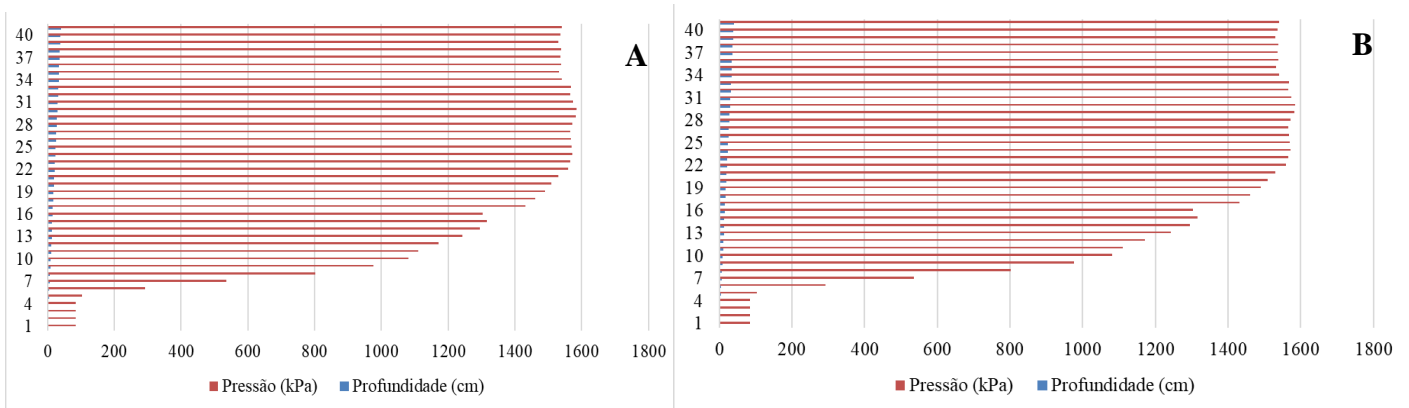


Figura 3. Relação entre profundidade do solo e pressão de penetração (kPa) no Neossolo Quartzarênico Órtico típico em área de uso agrícola (A) e área nativa (B), sendo 0 a profundidade mínima e 40 cm a máxima.

De forma geral, de acordo com a análise descritiva, os resultados indicaram que a área agrícola apresentou um aumento linear na resistência à penetração do solo entre 0 e 34 cm de profundidade, estabilizando-se a partir desse ponto. Em contraste, na área nativa, essa estabilização ocorreu a partir dos 20 cm. Observou-se que, em profundidades superiores a 30 cm, os menores valores de resistência à penetração estão associados a área nativa. No entanto, em profundidades menores que 20 cm, a área agrícola apresentou menor resistência, o que pode ser atribuído aos efeitos do preparo mecanizado do solo nessas regiões.

As análises descritivas (Tabela 1) evidenciaram que, em ambas as áreas, a mediana foi

de 1600 kPa, indicando valores concentrados próximos ao limite máximo registrado. A média variou de 1230 a 1252,5 kPa, enquanto os valores mínimos foram de 100 kPa na área agrícola e 50 kPa na área nativa. O desvio-padrão foi semelhante entre os sistemas (528,03 e 529,27), refletindo coeficientes de variação próximos (42,93% e 42,26%), caracterizando elevada dispersão em relação à média. Esses resultados indicam grande variabilidade dos valores de resistência à penetração, o que pode estar associado tanto as diferenças intrínsecas da estrutura do solo arenoso quanto à influência do manejo agrícola.

Tabela 1. Medidas estatísticas descritivas da resistência do solo à penetração (kPa) em áreas de uso agrícola e nativa do Cerrado tocantinense.

Estatística	Área agrícola	Área nativa
Média (kPa)	1230,0	1252,5
Mediana (kPa)	1600,0	1600,0
Moda (kPa)	1600,0	1600,0
Mínimo (kPa)	100,0	50,0
Máximo (kPa)	1600,0	1600,0
Desvio-padrão (kPa)	528,03	529,27
CV (%)	42,93	42,26

Na pesquisa realizada por Freitas *et al.* (2012), obtiveram resultados semelhantes, onde as áreas de uso agrícola apresentaram maior valor de resistência à penetração em camada mais profunda em relação às áreas nativas. Isso ocorreu, pois, o solo cultivado, submetido ao preparo mecânico constante e ao tráfego de máquinas, tende a apresentar maior

compactação, principalmente em camadas subsuperficiais. Resistência aumenta até cerca de 40 cm em uso agrícola, estabilizando em profundidade similar. O estudo também mostrou que, nas áreas nativas, os menores valores de resistência estão associados a estrutura mais preservada do solo

e maior teor de umidade, o que favorece sua porosidade e reduz a compactação.

O Horizonte A (superficial) da área nativa apresentou cor (Munsell) 5YR 5/6 (vermelho amarelado intenso, seco), com textura arenosa, estrutura granular fraca, baixa coesão e consistência solta a friável quando seco. A transição para o horizonte subsuperficial foi gradual, e a presença de matéria orgânica estava pouco visível, com baixa agregação e sinais de perda de solo por erosão laminar.

Não foi observado horizonte B estruturado ou latossólico; o solo subsuperficial apresentou textura franco-arenosa a arenosa, estrutura subangular fraca a maciça, baixa coesão, friável, com indícios de concentração de ferro (cor viva) e sem sinais de argilização. O solo é bem drenado, altamente suscetível à erosão, apresentando sulcos e ravinas formadas por escoamento superficial.

Com base nessas características diagnósticas, Horizonte A moderadamente espesso, textura arenosa, ausência de acúmulo orgânico marcante, coloração viva devido a presença de óxidos de ferro, baixa coesão e sinais de erosão, a classificação provável é Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Santos et al., 2018).

Na área agrícola, o solo apresentou textura arenosa em toda a profundidade observada, com grãos soltos e baixa agregação. A cor seca foi 10YR 7/3 (bege claro). A estrutura do solo estava ausente ou muito fraca, indicando que os agregados são mínimos ou inexistentes; o solo se apresentava ora

maciço, ora solto, com consistência muito friável a solta. Observou-se presença de espécies lenhosas e gramíneas típicas do Cerrado.

Não foram observados horizontes subsuperficiais estruturados (Horizonte B ou C claramente definido), caracterizando um perfil homogêneo. Com base nessas características, a classificação permanece Neossolo Quartzarênico Órtico típico (Santos et al., 2018).

A coloração mais escura observada no solo cultivado, em comparação ao solo nativo, pode ser atribuída ao acúmulo de matéria orgânica e a exposição de horizontes subsuperficiais ricos em óxidos de ferro. Em solos arenosos típicos do Cerrado, a vegetação nativa de baixa biomassa e rápida ciclagem impede o acúmulo de matéria orgânica na superfície. Já em áreas cultivadas, há evidências de aumento no estoque de carbono orgânico nos primeiros centímetros do perfil com o tempo, resultando em solos visualmente mais escuros (Cunha et al., 2001).

Ademais, o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) classifica os solos em classes de acordo com a textura, utilizando a composição granulométrica para determinar a proporção de areia, silte e argila. Solos tipo 1 são classificados como solos de textura arenosa, com teor mínimo de 10% de argila e menos de 15%, de acordo com a análise de solo realizada, tanto a área nativa quanto a área agrícola, apresentando textura arenosa e classificação dos solos do tipo 1 (Figura 4).

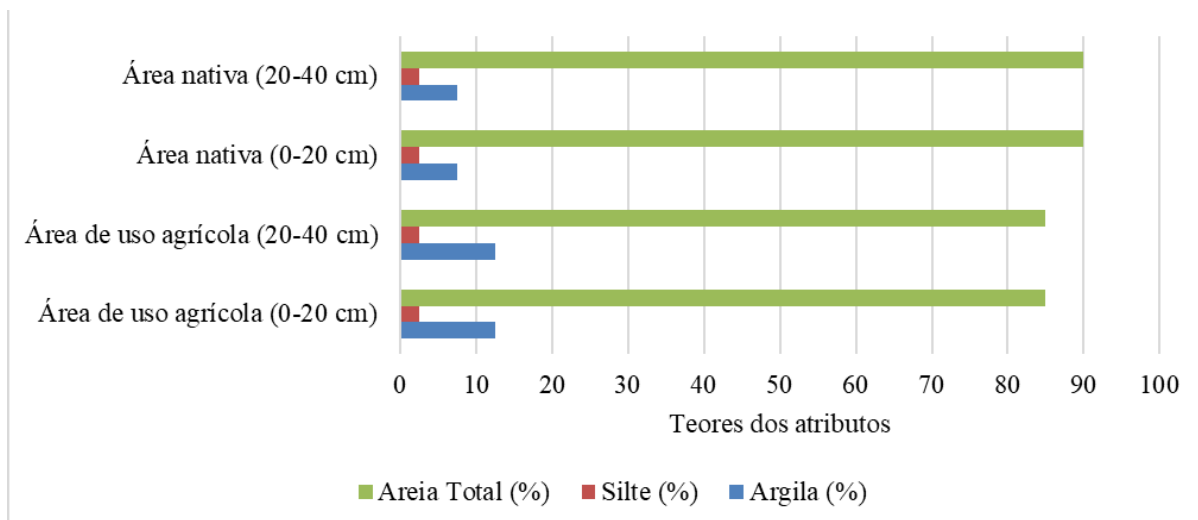


Figura 4. Análise granulométrica no Neossolo Quartzarênico Órtico típico em área de uso agrícola e área nativa, nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, com textura arenosa.

A caracterização dos teores dos atributos químicos do solo entre as áreas de uso agrícola e nativa são apresentadas na Tabela 2.

A diferença observada entre as áreas é relevante porque reflete como o manejo agrícola altera de forma distinta os atributos físicos e químicos do solo. A maior resistência à penetração indica compactação, que pode restringir o crescimento

radicular, reduzir a infiltração de água e afetar a atividade microbiana, um efeito negativo para a sustentabilidade do ecossistema. Por outro lado, as melhores características químicas de fertilidade na área agrícola evidenciaram o efeito positivo de práticas como calagem e adubação, que elevam pH, teores de nutrientes e a capacidade de suprimento para as plantas (Silva, 2021).

Tabela 2. Caracterização dos teores dos atributos químicos no Neossolo Quartzarênico Órtico típico entre área de uso agrícola (Agrícola) e área nativa (Nativa) na profundidade de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm.

Atributos químicos	Agrícola	Nativa	Agrícola	Nativa
	0 - 20 cm		20 - 40 cm	
pH CaCl ₂	5,1	4,5	5,0	4,2
p meh 1 (mg dm ⁻³)	13,8	2,2	6,6	5,2
S-SO ₄ ⁻² (mg dm ⁻³)	7,0	6,0	6,0	5,0
K (cmol _c dm ⁻³)	0,18	0,07	0,12	0,04
Ca (cmol _c dm ⁻³)	1,1	0,3	0,7	0,2
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,7	0,1	0,5	0,1
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,2	0,5	0,5	0,3
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	2,2	2,2	2,2	2,2
M.O. (dag kg ⁻¹)	1,6	1,1	1,2	1,0
B (mg dm ⁻³)	0,17	0,14	0,12	0,12
Cu (mg dm ⁻³)	0,6	0,2	0,5	0,1
Fe (mg dm ⁻³)	24,0	30,0	17,0	26,0
Mn (mg dm ⁻³)	0,2	0,2	0,2	0,2
Zn (mg dm ⁻³)	0,4	0,2	0,3	0,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	1,98	0,47	1,32	0,34
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	4,18	2,67	3,52	2,54
V (%)	47,0	18,0	38,0	13,0
m (%)	9,0	52,0	28,0	47,0
Ca/T (%)	26,0	11,0	20,0	8,0
Mg/T (%)	17,0	4,0	14,0	4,0
K/T (%)	4,0	3,0	3,0	2,0
Ca/Mg	26,0	3,0	20,0	2,0
Ca/K	6,1	4,3	5,8	5,0
Mg/K	3,9	1,4	4,2	2,5

pH CaCl₂: Potencial Hidrogeniônico, determinado em solução de Cloreto de Cálcio; P meh 1 Fósforo disponível, determinado pelo extrator Mehlich-1; S-SO₄⁻²: Enxofre na forma de sulfato; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; Al: Alumínio; M.O.: Matéria Orgânica; B: Boro; Cu: Cobre; Fe: Ferro; Mn: Manganês; Zn: Zinco; SB: Soma de Bases; CTC_t: Capacidade de Troca Catiônica efetiva; V: Saturação por Bases; m: Saturação por Alumínio.

Os teores de K, Ca e Mg são numericamente maiores na área agrícola, refletindo uma fertilidade química mais elevada, possivelmente resultado de intervenções como calagem ou adubações anteriores. Por outro lado, nessa área, os teores de Al são mais altos, o que pode representar um fator limitante, especialmente em condições de acidez. Apesar disso sua saturação por bases (V%) é significativamente maior, enquanto a saturação por alumínio (m%) é

menor, indicando menor toxicidade por Al e melhor condição de fertilidade do solo para o desenvolvimento das plantas nessas áreas.

Esses dados indicam que, apesar das áreas de uso agrícola apresentarem maiores valores de resistência à penetração máxima, as mesmas apresentaram melhores características químicas de fertilidade do solo do que as áreas nativas,

possivelmente em decorrência de práticas agrícolas anteriores, como correção do solo e adubações.

No estudo de Silva *et al.* (2015), realizado no Agreste da Paraíba, observou-se que os solos sob uso agrícola apresentaram atributos químicos superiores aos das áreas de vegetação nativa, com destaque para o aumento do pH, dos teores de matéria orgânica, P disponível, Ca, Mg e da saturação por bases (V%). Esse comportamento é bastante semelhante ao constatado nesse estudo, onde a área agrícola apresentou pH em água variando de 5,0 a 5,1, superior ao valor observado na área nativa, além de maior teor de matéria orgânica e P na área agrícola, em comparação a área nativa. Os teores de Ca e Mg também foram mais elevados nas áreas agrícolas. A saturação por bases (V%) seguiu a mesma tendência.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que a área agrícola, embora apresentou maior resistência à penetração em camadas mais profundas do solo, os atributos químicos foram melhores em comparação a área nativa. O manejo agrícola parece ter promovido melhorias na fertilidade do solo, refletidas em maiores valores de pH, MO, nutrientes como P, K, Ca e Mg, além de maior CTC e menor saturação por bases. Uma vez que o manejo convencional melhorou as características químicas do solo, devido as adubações e correções da acidez. Aliando isso as práticas de conservação do solo e da água, provavelmente pode haver uma melhoria da qualidade do solo em relação a área nativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alencar, N. M., *et al.* (2019). Variabilidade das perdas de solo em Neossolo Quartzarênico sob diferentes coberturas no ecótono Cerrado-Amazônia. **Agrarian**, 12(43), 71–78. <https://doi.org/10.30612/agrarian.v12i43.1984-2538>

Almeida, H. A. de. (2016). **Climatologia aplicada à geografia** [E-book]. Universidade Estadual da Paraíba. Disponível em: <http://editora.ifpb.edu.br/index.php/uepb/catalog/book/128>.

Bocaleti, L. H. R., Gasparotto, F., Pariz, S., Schmidt Filho, E., & Paccola, E. A. S. (2021). Sustentabilidade agrícola e saúde do solo. **Revista**

Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 12(5), 1–13. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.005.0001>.

Carvalho, G. M. D. (2023). **Correção de Neossolo Quartzarênico com níveis de calcário no cerrado tocantinense**.

Cunha, T. J. F., Macedo, J. R., Ribeiro, L. P., Palmieri, F., Freitas, P. L. de., & Aguiar, A. de C.. (2001). Impacto Do Manejo Convencional Sobre Propriedades Físicas E Substâncias Húmicas De Solos Sob Cerrado. **Ciência Rural**, 31(1), 27–36. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000100005>

De Assis, V. C. S. S., *et al.* (2025). Doses de nitrogênio, fósforo e potássio e sua interferência na qualidade e na produtividade do milho doce (*Zea mays* subsp.). **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, 23(1), e8547. <https://doi.org/10.51896/oel.1696-8352>

Embrapa. (2021). **Neossolos Quartzarênicos**. Agência de Informação Tecnológica. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolo-quartzarenicos>.

Freitas, I. C. de., Santos, F. C. V. dos., Custódio Filho, R. de O., Silva, N. R. da A., & Correchel, V.. (2012). Resistência à penetração em Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes formas de manejo. **Revista Brasileira De Engenharia Agrícola E Ambiental**, 16(12), 1275–1281. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012001200003>.

Instituto Agrônomo de Campinas. (2021). **Boletim técnico: Análise granulométrica do solo (Método da pipeta)**. (v.12). Laboratório de Solo – IAC. Disponível em: https://lab.iac.sp.gov.br/Publicacao/boletim_tecnico_analise_granulometrica_v12Mai2021.pdf

Munsell Color. (2009). **Munsell soil color charts**. Grand Rapids, MI: Munsell Color.

Neto, C. (2018). **O bioma como condicionante da urbanização na Amazônia**. [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas].

- Oliveira, A. M. G., & Caldas, R. C. (2004). Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 26, 160–163. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452004000100045>
- Santiago, W. T. V., Fonseca, C., Zanzini, A. C. da S., Machado, F. S., Moura, A. S. de, & Fontes, M. A. L. (2019). Species composition and frequency of habitat use by medium and large-sized mammals in the Brazilian Cerrado Biome, State of Tocantins. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 41(1), e45684. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v41i1.45684>.
- Santos, H. G. dos, Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C. dos, Oliveira, V. A. de, Lumbrreras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A. de, Araújo Filho, J. C. de, Oliveira, J. B. de, & Cunha, T. J. F. (2018). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. Recuperado de <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>.
- Sena, C. C. R., da Silva, G. C., Evangelista, Z. R., Nunes, M. E., & Pego, A. W. E. (2021). Atributos físico-hídricos de solos do cerrado. **Revista Agrotecnologia-Agrotec**, 12(1), 80-91.
- Silva, A. O., Pereira, A. V. S., Rodrigues Junior, J. C., & Almeida Jr., E. B. de. (2025). ASPECTOS VEGETACIONAIS DO ESTADO DO TOCANTINS: UM ENFOQUE NA MICRORREGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, TO, BRASIL. UÁQUIRI - **Revista Do Programa De Pós Graduação Em Geografia Da Universidade Federal Do Acre**, 6(1). <https://doi.org/10.29327/2463817.6.1-1>.
- Silva, C. de O. F., Rodrigues, C. A. G., Grego, C. R., & Quartaroli, C. F. (2024). Influência de atributos físicos, químicos e hídricos de solos e área foliar nos níveis de degradação de pastagens cultivadas. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental Da Alta Paulista**, 20(2). <https://doi.org/10.17271/1980082720220244108>.
- Silva, G. F. D., Santos, D., Silva, A. P. D., & Souza, J. M. D.. (2015). Indicadores De Qualidade Do Solo Sob Diferentes Sistemas De Uso Na Mesorregião Do Agreste Paraibano. **Revista Caatinga**, 28(3), 25–35. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n303rc>.
- Silva, P. (2021). Compactação e seus efeitos sobre o funcionamento do solo e a absorção de nutrientes pelas plantas: Uma revisão bibliográfica. **ResearchGate**. 3. 24-33. 10.5281/zenodo.5118287.
- Stolf, R. (1991). Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15, 229–235.
- Unitins. (2022). **Pesquisadora da Unitins realiza estudo sobre qualidade dos solos do Tocantins**. Universidade Estadual do Tocantins. Disponível em: <https://www.unitins.br/nPortal/portal/noticias/detalhes/4426-2022-11-3-pesquisadora-da-unitins-realiza-estudo-sobre-qualidade-dos-solos-do-tocantins>.
- Vilela, L., Sousa, D. D., & Silva, J. D. (2004). Adubação potássica. In **Cerrado: correção do solo e adubação** (Vol. 2, pp. 169–183).