

Meio Ambiente, Paisagem e Qualidade Ambiental

Atributos de solos arenosos sob diferentes usos e coberturas da terra no Cerrado Sul-mato-grossense

Attributes of sandy soils under different land uses and land cover in the Sul-mato-grossense Cerrado

Atributos en suelos arenosos bajo diferentes usos y coberturas de tierra en el Cerrado de Mato Grosso del Sur

Viviane Capoane ^I , Melina Fushimi ^{II} , Ademir Fontana ^{III} 

^I Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul , Dourados, MS, Brasil

^{II} Universidade Estadual Paulista , São Paulo SP, Brasil

^{III} Brazilian Agricultural Research Corporation , Brasília, DF, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das mudanças na cobertura e no uso da terra nos atributos físicos, químicos e nos teores de matéria orgânica do solo na bacia hidrográfica do rio Pardo, no Cerrado Sul-mato-grossense. As amostras de solo foram coletadas em sete pontos, sendo eles em área de mata nativa, pastagem e eucalipto. Em cada ponto foram coletadas amostras nas profundidades 0-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm. A textura foi determinada pelo método de Bouyoucos, pH (1:2,5); MOS ($K_2Cr_2O_7$); P, K, Fe, Mn, Zn e Cu (Mehlich I); Ca, Mg e Al ($KCl\ 1\ mol\ L^{-1}$) e; H+Al (acetato de Ca a pH 7). Todos os pontos de amostragem apresentaram textura franco-arenosa. As áreas sob vegetação nativa apresentaram maiores teores de H+Al e Al^{3+} e os menores teores de Ca, Mg e P. Os teores de Ca e Mg foram maiores nas áreas de pastagem plantada com braquiária na camada 0-10 cm. Nestes locais os valores de pH em água também foram maiores que nos demais pontos, consequentemente, os valores de Al^{3+} foram menores, indicando a aplicação de corretivos de acidez. Para a MOS, os maiores teores foram encontrados na mata nativa. Nas áreas antropizadas, os maiores teores foram observados em áreas de pastagem cultivada e os menores, no solo sob cultivo de eucalipto. Os resultados mostram que os solos arenosos, naturalmente, apresentam baixa fertilidade natural, e que a variação dos atributos químicos em áreas agrícolas está relacionada com os tipos de uso (lavoura, pastagem e silvicultura) e com o manejo da adubação.

Palavras-chave: Neossolo quartzarênico; Mudanças no uso da terra; Degradação

ABSTRACT

The objective of this study was to assess the effects of changes in land cover and land use on the physical, chemical, and organic matter content of the soil in the Pardo River watershed, in the Soul-Mato-Grossense Cerrado. Soil samples were collected at seven points, including native forest, pasture, and eucalyptus areas. At each point, samples were collected at depths of 0-10, 10-20, 20-40, and 40-60 cm. Texture was determined using the Bouyoucos method, pH (1:2.5); organic matter ($K_2Cr_2O_7$); P, K, Fe, Mn, Zn, and Cu (Mehlich I); Ca, Mg, and Al ($KCl\ 1\ mol\ L^{-1}$); and H+Al (Ca acetate at pH 7). All sampling points showed a sandy loam texture. Areas under native vegetation had higher H+Al and Al^{3+} content and lower Ca, Mg, and P content. Ca and Mg levels were higher in areas of pasture planted with *Brachiaria* in the 0-10 cm layer. In these locations, water pH values were also higher than in other points, consequently, Al^{3+} values were lower, indicating the application of acidity correctives. For organic matter, the highest levels were found in native forest. In anthropized areas, the highest levels were observed in cultivated pasture areas, and the lowest levels were found in soil under eucalyptus cultivation. The results show that sandy soils naturally have low fertility, and that the variation in chemical attributes in agricultural areas is related to land use types (cropland, pasture, and forestry) and fertilizer management.

Keywords: Quartzipsamments; Land use changes; Degradation

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de los cambios en la cobertura y el uso del suelo en los atributos físicos, químicos y en los contenidos de materia orgánica del suelo en la cuenca del río Pardo, en el Cerrado de Mato Grosso del Sur. Las muestras de suelo se recopilaban en siete puntos, que incluyeron áreas de bosque nativo, pastizales y plantaciones de eucaliptos. En cada punto, se tomaron muestras a profundidades de 0-10, 10-20, 20-40 y 40-60 cm. La textura se determinó mediante el método de Bouyoucos, el pH (1:2,5); MO ($K_2Cr_2O_7$); P, K, Fe, Mn, Zn y Cu (Mehlich I); Ca, Mg y Al ($KCl\ 1\ mol\ L^{-1}$); y H+Al (acetato de Ca a pH 7). Todos los puntos de muestreo presentaron textura franco arenosa. Las áreas con vegetación nativa mostraron mayores contenidos de H+Al y Al^{3+} y menores contenidos de Ca, Mg y P. Los contenidos de Ca y Mg fueron mayores en las áreas de pastizales sembrados con braquiaria en la capa de 0-10 cm. En estos lugares, los valores de pH en agua también fueron más altos que en los demás puntos, por lo tanto, los valores de Al^{3+} fueron menores, indicando la aplicación de correctivos de acidez. En cuanto a la MO, los mayores contenidos se encontraron en el bosque nativo. En las áreas antropizadas, los mayores contenidos se observaron en áreas de pastizales cultivados y los menores, en el suelo bajo el cultivo de eucalipto. Los resultados muestran que los suelos arenosos presentan naturalmente una baja fertilidad, y que la variación de los atributos químicos en las áreas agrícolas está relacionada con los tipos de uso (cultivo, pastizal y silvicultura) y con el manejo de la fertilización.

Palabras-clave: Neosuelo cuarzosarenoso; Cambios en el uso del suelo; Degradación

1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por *commodities* agrícolas globalmente tem levado à utilização de áreas marginais, e esse fenômeno é especialmente pronunciado no Brasil, sobretudo na região do bioma Cerrado, onde os Neossolos Quartzarênicos (RQ) são mais prevalentes (IBGE, 2021). Esses solos são caracterizados por apresentarem maior

restrição ambiental e menor potencial agrícola (Carneiro *et al.*, 2009). De acordo com Donagemma *et al.* (2016), a expansão da agropecuária brasileira geralmente ocorre em solos classificados como areia, areia franca e franco arenosa, denominados como “solos de textura leve”.

Aos solos arenosos podem ser atribuídas, como principais limitações ao cultivo, a elevada acidez e a presença de alumínio tóxico (Lopes, 1984), que, quando combinada com baixos níveis de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), limita o aprofundamento radicular, prejudicando a expressão do potencial produtivo das culturas (Wilda *et al.*, 2012). Somam-se a essas limitações os baixos teores de nutrientes como fósforo (P), Ca, Mg, zinco (Zn), enxofre (S), nitrogênio (N), potássio (K), cobre (Cu) e boro (B) (Spera *et al.*, 1999); os baixos teores de matéria orgânica (MO) (Zinn *et al.*, 2005a,b; Carneiro *et al.*, 2009); a fraca estabilidade dos agregados e a baixa capacidade de retenção de água (Medeiros; Robaina; Cabral, 1995; Sales *et al.*, 2010).

Assim como em outras regiões do país, a pecuária no Cerrado foi implantada após o corte e a queima da vegetação nativa (Resende *et al.*, 2015). Inicialmente, os solos foram manejados com preparo convencional, envolvendo o uso intensivo de grade e arado. Esse sistema é altamente degradativo, pois pulveriza e expõe o solo, aumentando a erosão hídrica e promovendo a oxidação microbiana da matéria orgânica (MO) (Silva *et al.*, 1994; Frazão *et al.*, 2008). Uma vez que, a capacidade de troca de cátions (CTC) em solos arenosos depende exclusivamente da contribuição da MO (Silva; Lemanski; Resck, 1994), a CTC é notadamente baixa ao longo do perfil de solo (Spera; Correia; Reatto, 2006; Fontana *et al.*, 2021).

Em razão das limitações químicas e físicas naturais, associadas a fatores climáticos, os solos arenosos do Cerrado demandam manejos específicos voltados à minimização desses efeitos (Spera; Correia; Reatto, 2006). Para isso, torna-se essencial a adoção dos preceitos da agricultura conservacionista, que inclui práticas como: sistema plantio direto (não revolvimento do solo, rotação/diversificação de culturas e cobertura permanente do solo), terraços, curvas de nível e eliminação do uso do fogo como instrumento de manejo.

Apesar dessas recomendações, o uso inadequado dos solos arenosos em diversas áreas do Cerrado Sul-mato-grossense, especialmente pela pecuária extensiva e pelo cultivo de *commodities*, tem contribuído para a degradação de seus atributos físicos e químicos, intensificando a perda de matéria orgânica e a vulnerabilidade à erosão (Carneiro *et al.*, 2008; 2009). Nesse cenário, torna-se fundamental investigar como os diferentes usos e formas de cobertura da terra influenciam a qualidade dos solos nesses ambientes.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar os atributos físicos, químicos e os teores de matéria orgânica do solo em diferentes usos da terra no Cerrado Sul-mato-grossense, utilizando áreas sob vegetação nativa como referência comparativa. O recorte espacial selecionado para a análise foi o alto curso da bacia hidrográfica do rio Pardo, onde foram selecionadas áreas representativas de vegetação nativa, pastagem e eucalipto, de forma a refletir os diferentes estágios e formas de uso e cobertura da terra na região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

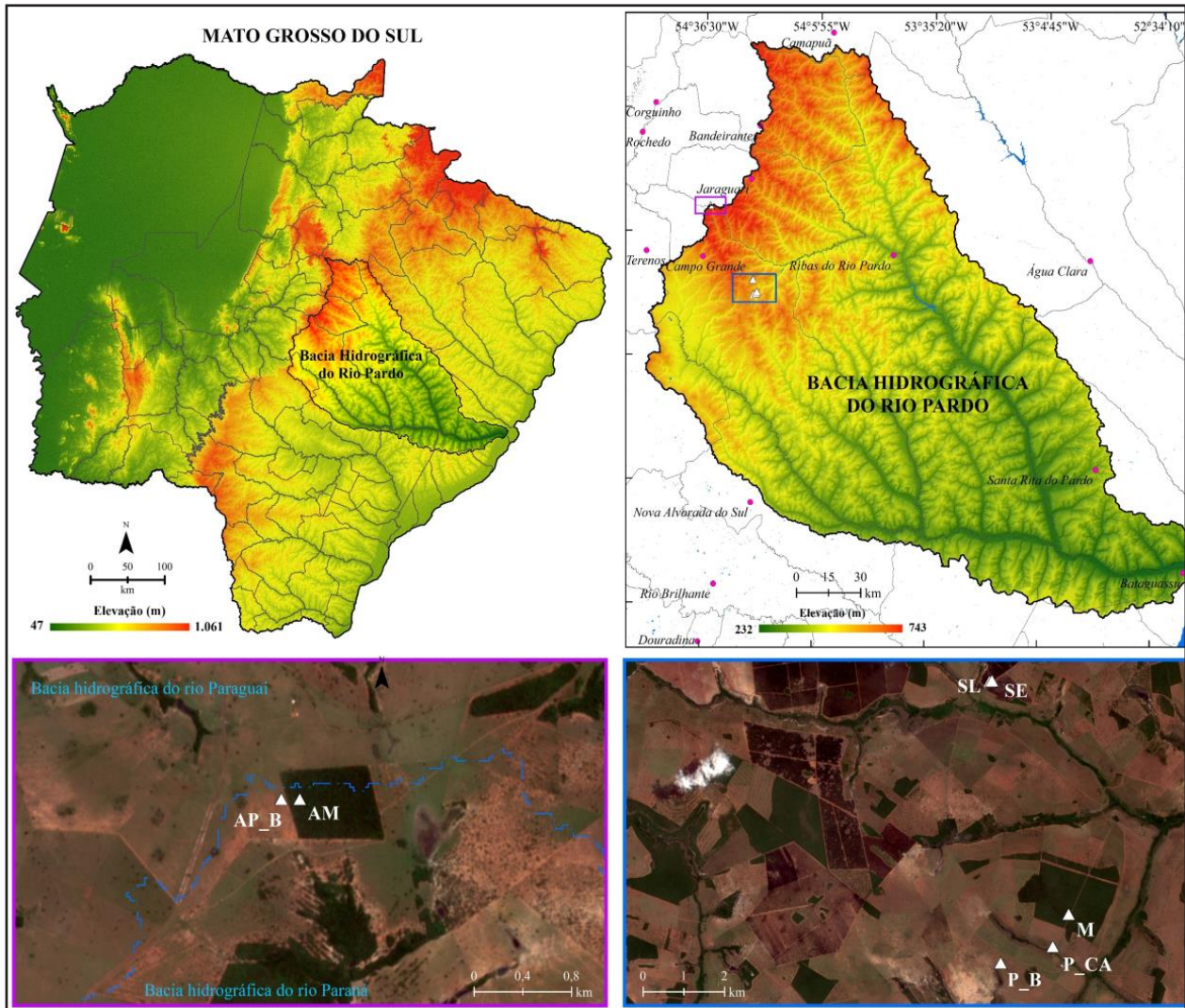
2.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardo (BHRP) está localizada na porção leste do estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), abrangendo total ou parcialmente 14 municípios. Dentre eles, destacam-se Ribas do Rio Pardo, que representa 37,0% da área da bacia, seguido por Campo Grande (22,3%) e Santa Rita do Pardo (12,9%).

A litologia da BHRP é composta pelos basaltos da Formação Serra Geral (13,9%), que estão sobrepostos aos arenitos eólicos da Formação Botucatu e sotopostos pelas rochas siliciclásticas neocretáceas do Grupo Caiuá indiviso (78,3%), Formação Santo Anastácio (1,5%), Coberturas Detrito-Lateríticas Neogênicas (1,8%), Terraços Pleistocênicos (1,4%), Terraços Holocênicos (2,6%), Depósitos Aluvionares Holocênicos (0,3%), Depósitos Coluviais Holocênicos (0,02%) e Aluviões Fluviolacustres Holocênicos (0,22%) (IBGE, 2021). As classes de solo mais representativas em áreas são Latossolos

(57,6%) e Neossolos Quartzarênicos (37,6%). Os solos estão diretamente associados ao material parental e ao relevo.

Figura 1 – Contexto geográfico da área de estudo e pontos de amostragem de solo



Fontes: USGS (2020); IBGE (2022), ESA (2024), Sentinel-2, 05/10/2023

Conforme classificação climática de Alvares *et al.* (2014), o tipo climático predominante é o tropical monçônico (80%), em que as precipitações variam de 1.600 a 1.900 mm ano⁻¹. A precipitação acumulada em Campo Grande para o ano de 2023 foi de 1.503,4 mm e para Ribas do Rio Pardo 1.328,8 mm (CEMTEC, 2024). No contexto hidrográfico, a BHRP é tributária do Rio Paraná.

No contexto geomorfológico, a BHRP encontra-se na macroforma de relevo dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná (Ross *et al.*, 2019), sendo as

unidades geomorfológicas predominantes os Planaltos Sul-mato-grossenses (42,7%), Planalto de Campo Grande (35,1%) e as Rampas Arenosas dos Planaltos Interiores (15,2%). As elevações variam de 232 a 743 m com amplitude de 511 m e declives que variam de 0 a 56,7%, com média de 4,2% (MDS SRTM 1 arco segundo).

2.2 Coleta das amostras de solo e análises laboratoriais

As amostras de solo foram coletadas no alto curso da BHRP, em sete pontos de amostragem. Esses pontos foram selecionados considerando os diferentes usos e coberturas, incluindo áreas de mata nativa (*background*), pastagem e povoamentos de eucalipto. As coletas foram realizadas nos dias 02 e 03 de outubro de 2023. Em cada ponto, foram abertas trincheiras até 40 cm de profundidade para coleta nas camadas 0–10, 10–20 e 20–40 cm, e utilizado trado holandês para a camada de 40–60 cm, seguindo as diretrizes do Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2015). Cada ponto de coleta foi composto por três subamostras, posteriormente homogenizadas para a obtenção da amostra composta por profundidade.

As áreas amostradas incluíram dois pontos na região de interflúvio das bacias hidrográficas dos rios Paraná e Paraguai (Figura 1), próximo à nascente do ribeirão das Botas: uma área de mata nativa (AM) e uma pastagem cultivada com braquiária (AP_B). Na bacia hidrográfica do córrego Guariroba, foram amostradas áreas de mata nativa (M), pastagem com braquiária (P_B), pastagem com capim-açu (P_CA), além de povoamentos de eucalipto em segunda rotação, com coletas realizadas na linha de plantio (SL) e na entrelinha (SE) (Figura 1), a fim de capturar possíveis variações espaciais entre os microambientes do sistema silvicultural.

Adicionalmente, para subsidiar a análise e a discussão dos resultados obtidos, foram utilizados dados (físicos, químicos e teores de carbono orgânico) de sete perfis de Neossolo Quartzarênico, provenientes do *Levantamento de Reconhecimento de Baixa Intensidade dos Solos do Município de Campo Grande, MS* (Motta *et al.*, 2013). Esses perfis, por apresentarem maior detalhamento descritivo e se localizarem em condições edáficas semelhantes às das áreas estudadas, foram utilizados na discussão dos resultados.

As amostras coletadas foram secas em casa de vegetação na Embrapa Gado de Corte em Campo Grande/MS e peneiradas na fração terra fina seca ao ar (< 2 mm). Para as determinações de rotina, as amostras foram encaminhadas ao Solos - Laboratório de análise consultoria e informática LTDA, em Campo Grande/MS. A textura foi determinada pelo método de Bouyoucos, pH (1:2,5); matéria orgânica do solo ($K_2Cr_2O_7$); P, K, Fe, Mn, Zn e Cu (Mehlich I); Ca, Mg e Al (KCl 1 mol L⁻¹) e; H+Al (acetato de Ca a pH 7). Os dados foram submetidos à análise estatística multivariada por componentes principais (ACP), com uso do *software* PAST v. 2.17c, sendo os resultados apresentados sob forma gráfica.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de componentes principais possibilitou a distinção de três agrupamentos principais entre os pontos amostrados, distribuídos ao longo das componentes CP1 e CP2 (Figura 2). Essa separação reflete a influência do uso e cobertura da terra sobre os atributos químicos do solo nas diferentes profundidades analisadas.

O primeiro agrupamento está associado aos pontos sob silvicultura com eucalipto, especialmente nas profundidades superficiais (0–10 e 10–20 cm), localizados no quadrante inferior esquerdo do gráfico. A proximidade desses pontos com o vetor P indica que as maiores concentrações desse nutriente ocorreram nessas camadas, possivelmente em função da aplicação de fertilizantes fosfatados no manejo florestal. Essa tendência sugere que, mesmo em solos de baixa capacidade de adsorção, a adição externa de P deixa marcas detectáveis nos primeiros horizontes.

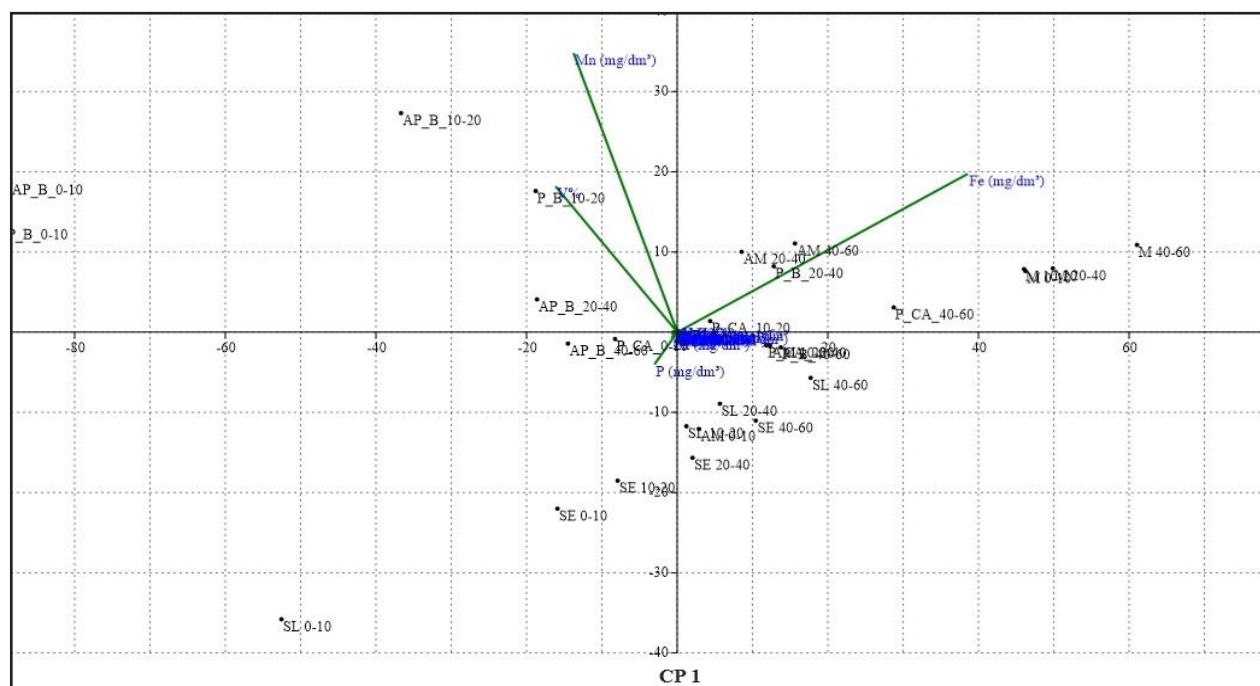
O segundo agrupamento reúne os pontos sob pastagem cultivada com braquiária, tanto na região de interflúvio quanto na bacia do córrego Guariroba, com distribuição no quadrante superior esquerdo. A dispersão desses pontos mostra correlação com os vetores Mn e saturação por bases (V%), indicando que esses atributos tiveram peso relevante na diferenciação desse uso.

O terceiro agrupamento compreende os pontos localizados em áreas de mata nativa (AM e M) e sob pastagem com capim-açu (P_CA), principalmente nas

profundidades de 20–40 e 40–60 cm, os quais se concentram no quadrante direito do gráfico. Esses pontos apresentaram associação com o vetor Fe, indicando maiores concentrações desse elemento nas camadas subsuperficiais. Tal padrão pode estar relacionado à presença de coberturas lateríticas ferruginosas desenvolvidas sobre os arenitos do grupo Caiuá indiviso, que ocorrem em manchas na região estudada. A presença de vegetação nativa e o uso menos intensivo dessas áreas também contribuem para a preservação dos atributos químicos originais do solo, favorecendo a permanência dos óxidos de ferro e reduzindo a perda de material coloidal por erosão ou manejo.

Esses agrupamentos evidenciam que o uso e a cobertura da terra influenciam diretamente os atributos químicos dos solos arenosos do Cerrado, especialmente nas camadas superficiais. A distinção entre os grupos amostrais serve como base interpretativa para a análise detalhada dos atributos físicos, químicos e da matéria orgânica, permitindo compreender como diferentes formas de cobertura e uso, como a vegetação nativa, a silvicultura e as pastagens, afetam o funcionamento edáfico ao longo do perfil do solo. A seguir, esses aspectos são discutidos individualmente, considerando os padrões observados na análise multivariada e os resultados laboratoriais obtidos para cada tipo de uso da terra.

Figura 2 – Análise de componentes principais



Fonte: Primeira autora (2024)

Na área sob eucalipto, as concentrações de P, Ca, Mg e V% foram maiores na linha do que na entrelinha, em todas as camadas analisadas (Tabela 1). Os valores de pH, Al^{3+} , Ca, Mg e S foram semelhantes à pastagem com capim-açu. Para o micronutriente Mn, as concentrações foram menores que a da mata nativa e pastagem (Tabela 1). Segundo Bellote *et al.* (1980), o Mn é o micronutriente mais extraído e exportado pelo *Eucalyptus grandis*. A maior concentração de P nos povoamentos de eucalipto em comparação às pastagens (AP_B e P_CA) pode ser efeito residual da fertilização quando do plantio (Tabela 1).

Nas pastagens com braquiária, a calagem influenciou principalmente a camada 0–10 cm, resultando em aumento da saturação por bases (V%) e redução de Al^{3+} , além do incremento de Ca^{2+} e Mg^{2+} (Tabela 1). As diferenças nos teores de micronutrientes como Fe, Mn e Zn entre braquiária e capim-açu relacionam-se ao metabolismo, taxa de crescimento e exigências nutricionais específicas das espécies. Os valores de pH (0–10 cm) foram superiores nas áreas com braquiária em comparação ao capim-açu. O plantio de capim-açu, feito em 2021, foi precedido por correção da fertilidade, sendo esta uma planta de rápido crescimento e alta demanda nutricional, especialmente por N, P e K. Isso explica as menores concentrações de P nas áreas com capim-açu (P_CA) (Tabela 1 e Figura 3).

As áreas de vegetação nativa apresentaram os maiores teores de H^+Al e Al^{3+} , além dos menores valores de Ca, Mg e P (Tabela 1). A baixa concentração de cátions trocáveis nessas áreas pode ser explicada pela menor CTC e pela perda de nutrientes pouco retidos nos sítios de troca. A CTC foi mais elevada na mata nativa, especialmente na camada de 0–10 cm, em razão dos maiores teores de MOS. Segundo Spera, Correia e Reatto (2006), nos solos do Cerrado, a CTC a pH 7,0 está fortemente associada às cargas negativas fornecidas pela matéria orgânica.

O maior teor de MOS foi registrado na vegetação nativa, com redução progressiva em profundidade (Tabela 1 e Figura 3). Esse padrão está relacionado à maior concentração de raízes e ao acúmulo de resíduos vegetais na superfície, além da intensa atividade microbiana, que favorece a rápida transformação da matéria orgânica (Leite; Galvão, 2008; Cunha; Mendes; Giongo, 2015; Moreira; Siqueira, 2006).

Quadro 1 – Atributos físicos e químicos e teores de matéria orgânica do solo

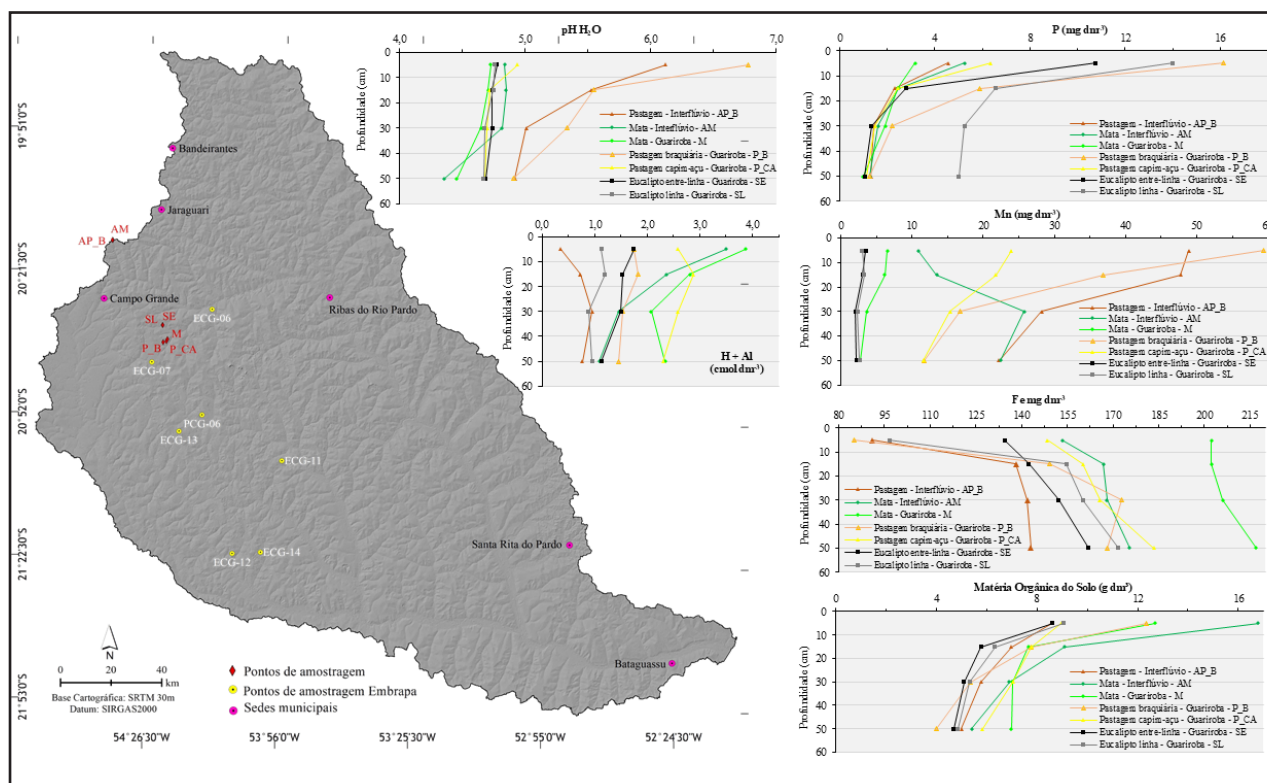
Ponto	Prof. cm	MOS	Fe	Mn	Zn	Cu	B	pH		P	K	Ca	Mg	Ca+Mg	Al ³⁺	Al+H	CTC	S	V%	Areia	Silte	Argila
		g/dm	mg/dm³					CaCl₂	H₂O	mg/dm³	cmol/dm³					%						
Pastagem alto curso R. Botas AP_B	0-10	8,6	91,1	48,9	1,1	0,6	0,1	5,5	6,1	4,6	0,0	0,7	0,4	1,1	0,0	0,4	1,5	1,1	76,0	79	6	15
	10-20	7,0	138,1	47,7	0,3	0,4	0,1	4,9	5,5	2,3	0,0	0,4	0,2	0,7	0,0	0,7	1,4	0,7	47,9	79	6	15
	20-40	5,8	141,8	28,2	0,1	0,4	0,1	4,4	5,0	1,4	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	1,0	1,3	0,3	24,6	76	6	18
	40-60	5,0	143,0	22,2	0,1	0,3	0,0	4,3	4,9	1,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,8	1,0	0,2	21,4	76	6	18
Pastagem Guariroba P_B	0-10	12,4	85,0	59,4	3,7	3,2	0,4	6,2	6,8	16,2	0,3	1,0	0,6	1,6	0,0	1,8	3,6	1,9	51,5	79	6	15
	10-20	7,8	149,1	36,9	0,8	0,9	0,1	4,9	5,6	5,9	0,1	0,5	0,4	0,9	0,0	1,8	2,8	0,9	33,8	79	6	15
	20-40	5,4	173,0	16,8	0,2	0,5	0,0	4,7	5,3	2,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	1,5	2,0	0,5	22,7	76	6	18
	40-60	4,0	168,1	11,7	0,2	0,3	0,0	4,3	4,9	1,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	1,5	1,7	0,2	13,1	76	6	18
Pastagem Capim-Açu Guariroba P_CA	0-10	9,0	148,5	24,0	0,5	1,1	0,1	4,3	4,9	6,4	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	2,6	3,0	0,4	14,5	79	6	15
	10-20	7,8	160,2	21,8	0,5	1,0	0,1	4,1	4,7	2,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,4	2,9	3,2	0,3	10,6	79	6	15
	20-40	7,0	165,7	15,3	0,2	0,9	0,1	4,1	4,7	1,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,6	2,6	2,9	0,3	9,4	76	6	18
	40-60	5,8	183,4	11,6	0,1	0,8	0,0	4,1	4,7	1,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,5	2,3	2,5	0,2	8,7	76	6	18
Silvicultura entre linha Guariroba SE	0-10	8,6	134,5	3,5	1,6	0,5	0,2	4,2	4,8	10,8	0,1	0,2	0,1	0,4	0,3	1,8	2,2	0,4	18,6	79	6	15
	10-20	5,8	142,4	3,0	0,6	0,4	0,2	4,1	4,7	2,8	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	1,5	1,9	0,3	17,7	79	6	15
	20-40	5,1	152,2	2,1	0,2	0,4	0,1	4,1	4,7	1,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,4	1,5	1,8	0,3	15,3	76	6	18
	40-60	4,7	162,0	2,2	0,2	0,4	0,1	4,1	4,7	1,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	1,1	1,3	0,2	15,7	76	6	18
Silvicultura linha Guariroba SL	0-10	9,0	96,6	3,0	3,1	0,5	0,4	4,1	4,8	14,0	0,0	0,3	0,1	0,4	0,2	1,1	1,6	0,4	28,0	79	6	15
	10-20	6,3	154,7	3,3	0,6	0,5	0,2	4,1	4,8	6,6	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	1,2	1,5	0,3	21,1	79	6	15
	20-40	5,3	160,2	2,3	0,5	0,4	0,2	4,1	4,7	5,3	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	0,9	1,2	0,3	23,5	76	6	18
	40-60	4,9	171,8	2,6	0,2	0,1	0,2	4,0	4,7	5,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	1,0	1,2	0,2	18,1	76,0	6	18
Mata Guariroba M	0-10	12,7	202,3	6,5	0,2	0,4	0,2	4,1	4,7	3,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	3,9	4,3	0,4	9,4	79	6	15
	10-20	7,7	202,3	6,2	0,1	0,2	0,2	4,1	4,7	2,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,4	2,8	3,1	0,3	10,5	79	6	15
	20-40	7,0	206,0	3,6	0,1	0,2	0,1	4,0	4,7	1,9	0,0	0,2	0,1	0,3	0,5	2,1	2,4	0,3	11,5	76	6	18
	40-60	7,0	217,0	2,7	0,0	0,1	0,1	3,8	4,5	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,6	2,3	2,6	0,2	8,2	76	6	18
Mata alto curso R. Botas AM	0-10	16,8	153,4	10,8	0,3	0,3	0,3	4,2	4,8	5,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	3,5	3,8	0,3	6,9	79	6	15
	10-20	9,1	166,9	13,5	0,2	0,2	0,1	4,2	4,9	2,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	2,4	2,7	0,3	11,9	79	6	15
	20-40	6,9	168,1	25,8	0,1	0,2	0,1	4,2	4,8	1,6	0,0	0,2	0,1	0,3	0,3	1,5	1,7	0,3	15,1	76	6	18
	40-60	5,4	175,4	22,4	0,1	0,1	0,1	3,7	4,4	1,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,4	1,1	1,3	0,2	16,2	76	6	18

S: soma de bases; V%: saturação de bases. Fonte: Primeira autora (2024)

A MOS apresentou padrões distintos entre áreas de vegetação nativa e áreas antropizadas. Nas formações naturais do Cerrado, os maiores teores de MOS foram registrados na camada superficial, com decréscimo em profundidade (Quadro 1 e Figura 3). Essa distribuição está associada à maior concentração de raízes e à deposição constante de resíduos vegetais, além da intensa atividade microbiana na superfície, fatores que favorecem a rápida ciclagem e incorporação da matéria orgânica (Moreira; Siqueira, 2006; Leite; Galvão, 2008; Cunha; Mendes; Giongo, 2015).

Nas áreas antropizadas, observou-se que os teores de MOS foram mais elevados nas pastagens cultivadas do que nos plantios de eucalipto. Nos sistemas silviculturais, os teores foram maiores na linha de plantio em comparação à entrelinha, indicando uma distribuição espacial desigual da matéria orgânica (Quadro 1 e Figura 3). De modo geral, o decréscimo da MOS foi mais acentuado sob o cultivo de eucalipto, evidenciando a maior vulnerabilidade desse uso à perda de carbono do solo.

Figura 3 – Pontos de amostragem de solo e resultados de pH, H+Al, P, Mn, Fe e MOS



Fonte: Primeira autora (2024)

A dinâmica da serapilheira, tanto em áreas nativas quanto nos povoamentos de eucalipto, revela um padrão sazonal marcado. Sob vegetação natural, há maior deposição de material vegetal durante a estação seca, em razão da presença de espécies decíduas e de estratégias adaptativas à redução da transpiração nesse período (Ribeiro; Walter, 2008; Souza *et al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2018). Em povoamentos de eucalipto, observa-se comportamento semelhante: acúmulo de serapilheira na estação seca e maior perda de massa durante as chuvas (Ribeiro *et al.*, 2018).

Entretanto, os menores teores de MOS observados sob eucalipto podem ser explicados por fatores adicionais, como a ação de formigas cortadeiras, que intensificam a fragmentação e decomposição da serapilheira (Oliveira *et al.*, 2017). Essa condição frequentemente leva à aplicação de pesticidas (Zanetti *et al.*, 2014), o que representa um risco adicional em solos arenosos, dado seu baixo teor de CTC e alta permeabilidade, características que favorecem a lixiviação e a contaminação de águas superficiais e subterrâneas.

Resultados da Embrapa corroboram essa tendência. Motta *et al.* (2013) identificaram, em plantios de eucalipto, valores de carbono orgânico total variando entre 8,3 g kg⁻¹ (ponto ECG-12) e 4,7 g kg⁻¹ (ECG-07) na camada de 0–20 cm. Em profundidades maiores, os teores foram ainda menores, chegando a 1,2 g kg⁻¹ no horizonte C2 (135–200 cm) no ponto PCG-06, refletindo a limitação desses solos em acumular carbono em profundidade.

A ocorrência de MOS em níveis médios a baixos (< 30 g/kg) nos solos do Cerrado, como relatado por Pereira, Burle e Resck (1992), ressalta sua importância como a principal fração responsável pelas propriedades físicas e, especialmente, químicas desses solos, sendo responsável por mais de 80% da CTC. Além disso, a MOS atua como um reservatório importante de fósforo disponível (Ferreira *et al.*, 2007). Assim, em áreas agrícolas, o aporte de carbono, associado à correção da acidez e à adubação mineral, torna-se essencial para aumentar a resiliência das culturas frente à sazonalidade climática característica do Cerrado.

A predominância de carbono nas camadas superficiais indica uma decomposição mais acelerada, impulsionada tanto pelo clima quanto pelas características dos solos arenosos, amplamente distribuídos na região. Esses solos, formados por areias quartzosas, apresentam alta permeabilidade e drenagem, o que favorece ambientes aeróbios e estimula a atividade microbiana, intensificando a decomposição da matéria orgânica. Como consequência, há perdas expressivas de nutrientes por lixiviação. A baixa coesão entre as partículas do solo também aumenta a suscetibilidade à erosão, favorecendo a remoção da camada superficial, justamente a mais rica em matéria orgânica.

Diante dessas limitações, torna-se essencial considerar o papel das características físicas do solo, especialmente a textura, na dinâmica dos atributos químicos. A composição granulométrica influencia diretamente a retenção de matéria orgânica, nutrientes e água, afetando a fertilidade e o funcionamento dos solos estudados. A textura franco-arenosa (Quadro 1), exerce papel decisivo na retenção de água e na formação de complexos organominerais. Solos mais argilosos, por possuírem maior superfície específica, tendem a reter maiores quantidades de

matéria orgânica e apresentar maior capacidade de estabilização (Oades, 1993; Zinn; Lal; Resck *et al.*, 2005a). Por outro lado, os solos arenosos, amplamente representados na área de estudo, mostram-se menos favoráveis à retenção de MOS, resultando em maior decomposição e perdas por lixiviação, como demonstrado neste trabalho, em concordância com os achados de Zinn *et al.* (2005a, b), Carneiro *et al.* (2009; 2013), Caetano *et al.* (2013) e Serpa *et al.* (2020).

Considerando essas restrições texturais, aliadas à baixa aptidão agrícola e à elevada suscetibilidade à erosão desses solos (Vieira, 1987; Spera *et al.*, 1999), o cultivo de lavouras anuais, como a soja, representa um risco significativo de degradação acelerada (Silva *et al.*, 1994). Nesses ambientes, a baixa produção de fitomassa durante a safra e a entressafra, aliada à rápida decomposição dos resíduos vegetais, reforça a necessidade do uso de espécies vegetais condicionadoras de solo – materiais que promovem melhorias nas propriedades físicas e químicas, favorecendo o desenvolvimento das culturas (Curi *et al.*, 1993). A escolha por espécies de decomposição mais lenta é estratégica para aumentar a eficiência da cobertura do solo, conservar a umidade, armazenar água das chuvas e reduzir perdas por evaporação e lixiviação.

A associação de gramíneas com leguminosas, por exemplo, pode elevar a razão C/N e contribuir para a maior permanência dos resíduos vegetais, favorecendo o estabelecimento de uma cobertura eficaz na superfície do solo. Dentre as espécies indicadas, o milheto destaca-se por sua elevada produção de matéria seca da parte aérea, sistema radicular volumoso e profundo, alta relação C/N na palhada (30:1) (Cazetta; Fornasieri; Girotto, 2005), além de sua tolerância à seca e adaptação a solos arenosos.

Nas pastagens, com base nas principais formas de degradação descritas por Dias-Filho (2011), torna-se imprescindível adotar práticas de manejo conservacionista adaptadas às condições dos solos arenosos, especialmente no Cerrado sul-matogrossense, onde a baixa fertilidade natural, a elevada permeabilidade e a limitada capacidade de retenção de água tornam esses solos particularmente frágeis. Entre as estratégias recomendadas, destaca-se a capacidade de suporte da área, de forma a evitar o superpastejo e o pisoteio excessivo, que favorecem a compactação do solo

e a perda de cobertura vegetal. A diversificação com espécies forrageiras adaptadas, incluindo gramíneas e leguminosas, contribui para a maior produção de biomassa, melhora a estrutura do solo e amplia a ciclagem de nutrientes, além de elevar a razão C/N dos resíduos vegetais, o que favorece a cobertura e a proteção do solo. A reposição periódica da fertilidade, com base em análise de solo, é essencial para suprir os nutrientes extraídos pela pastagem e manter a produtividade. O uso do pastejo rotacionado permite o descanso adequado das áreas forrageiras, promovendo a recuperação do pasto e a regeneração do sistema radicular das plantas, o que aumenta a resiliência frente a períodos de estresse hídrico. Essas práticas, quando integradas, contribuem significativamente para a conservação dos solos, mitigando os processos de degradação e favorecendo a sustentabilidade da pecuária extensiva em ambientes de elevada fragilidade ambiental.

No caso do cultivo de eucalipto, o controle rigoroso do balanço de nutrientes é igualmente essencial, especialmente na segunda rotação, em que a demanda por absorção de nutrientes é ainda maior (Miranda, 1998). A deficiência de qualquer micronutriente pode comprometer o desenvolvimento das plantas e reduzir significativamente a produtividade (Abreu; Lopes; Santos, 2007).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solos arenosos do Cerrado apresentam, naturalmente, baixa fertilidade e elevada vulnerabilidade à degradação, especialmente quando submetidos a usos agrícolas intensivos. A análise dos atributos químicos e da matéria orgânica nas diferentes formas de uso e cobertura da terra revelou variações expressivas, influenciadas tanto pelas exigências nutricionais das espécies cultivadas quanto pelo manejo da fertilidade e pela intensidade do uso.

A conversão de áreas naturais para sistemas agrícolas levou à redução dos teores de matéria orgânica do solo, especialmente nas camadas superficiais, indicando que práticas de manejo conservacionistas não têm sido adequadamente adotadas.

Isso evidencia um processo de esgotamento do solo, com implicações diretas na sua produtividade e sustentabilidade a longo prazo.

Nas áreas de pastagem e silvicultura, os resultados apontam para a necessidade de reposição de nutrientes, uma vez que esses sistemas promovem a exportação significativa de elementos como fósforo, cálcio e magnésio, especialmente no caso do eucalipto. Como se trata de uma espécie de rápido crescimento e alta demanda nutricional, torna-se essencial o monitoramento contínuo da fertilidade do solo, visando à manutenção da produtividade e à minimização de impactos ambientais, como a contaminação por pesticidas e a perda de matéria orgânica. Os resultados obtidos reforçam a necessidade urgente de práticas agrícolas mais sustentáveis e adaptadas à fragilidade dos solos arenosos da região.

Importante destacar que, neste estudo, as áreas sob vegetação nativa utilizadas como referência correspondem a matas, com dossel mais fechado. No entanto, o Cerrado é um bioma composto por um mosaico de fitofisionomias, que inclui não apenas matas, mas também formações campestres e savânicas, como campos limpos, campos sujos e veredas. Essas formações apresentam diferentes padrões de biomassa, aporte de serapilheira e dinâmica de nutrientes, que podem influenciar de forma distinta os atributos físico-químicos do solo. Portanto, estudos futuros devem contemplar essa diversidade estrutural do bioma, ampliando a compreensão sobre a influência das diferentes fitofisionomias naturais nos parâmetros edáficos, especialmente em áreas ainda não antropizadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro, Processo n. 404996/2021-3 e n. 405231/2023-7.

REFERÊNCIAS

ABREU, C. A.; LOPES, A.S.; SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (EDs). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

BELLOTE, A. F. J. *et al.* **Extração e exportação de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis*, em função da idade**. II - Micronutrientes. IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, Piracicaba, v. 20, n. 6, p. 27-45, 1980.

CAETANO, J. O. *et al.* Dinâmica da matéria orgânica de um Neossolo Quartzarênico de Cerrado convertido para cultivo em sucessão de soja e milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1245-1255, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500014>

CARNEIRO, M. A. C.; *et al.* Attributes quality indicators in cerrado soils surrounding the Parque Nacional das Emas, state of Goiás, Brazil. **Bioscience Journal** (UFU. Impresso), v. 29, p. 1857-1868, 2013.

CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 147-157, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100016>

CARNEIRO, M. A. C. *et al.* Atributos bioquímicos em dois solos de cerrado sob diferentes sistemas de manejo e uso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 4, p. 276-283, 2008.

CAZETTA, D. A.; FORNASIERI FILHO, D.; GIROTTO, F. Composição, produção de matéria seca e cobertura do solo em cultivo exclusivo e consorciado de milho e crotalária. **Acta Scientiarum Biological Sciences, Maringá**, v. 27, n. 4, p. 575-580, 2005. DOI:10.4025/actasciagron.v27i4.1298

CEMTEC. Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul. **Banco de dados 2023**. Disponível em: <https://www.cemtec.ms.gov.br/bancodedados/2023-2/>. Acesso: 14 de março de 2024.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria Orgânica do Solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (ORG.). **Recurso solo - propriedades e usos**. São Carlos: Editora Cubo, 2015. p. 271-290.

CURI, N. *et al.* **Vocabulário de ciência do solo de ciência do solo**. Campinas: SBCS, 1993.

DONAGEMMA, G. K. *et al.* Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1003- 1020, 2016.

FERREIRA, E. A. B. *et al.* Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1625-1635, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832007000600038>

FONTANA, A. *et al.* Capacidade de adsorção de fósforo em solos de textura arenosa com fertilidade construída. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 13, n. 3, p. 606-614, set. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v13n320211639>

FRAZÃO, L. A. *et al.* Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 641-648, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000500012>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapeamento de recursos naturais do Brasil**: Escala 1:250.000 – Documentação técnica. Rio de Janeiro, IBGE – Diretoria de Geociências, 2021. _____. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S. Matéria Orgânica do Solo: Funções, Interações e Manejo. In: ARAÚJO, A.S.F.; LEITE, L. F. C.; NUNES, L. A. L. P; CARNEIRO, R. F. V. (Org.). **Matéria Orgânica e Organismos do Solo**. Teresina: EDUFPI, 2008. p. 13-48.

LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado**: Solos sob Cerrado características, propriedades e manejo. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1984.

MEDEIROS, E. R.; ROBAINA, L. E. S.; CABRAL, I. L. L. Degradação ambiental na região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, UFSM - Santa Maria, v. 11, p. 53-64, 1995.

MIRANDA, G. A. Produtividade de povoamentos de eucalipto em regime de talhadia, em função da adubação parcelada, no Vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Árvore**, Viçosa – Minas Gerais, v. 22, n. 1, p. 51-59, 1998.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora da UFLA, 2006.

MOTTA, P. E. F. da *et al.* **Levantamento de reconhecimento de baixa intensidade dos solos do Município de Campo Grande, MS**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013.

OADES, J. M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. **Geoderma**, v. 56, p. 377-400. 1993. DOI: [doi:10.1016/0016-7061\(93\)90123-3](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90123-3)

OLIVEIRA, B. *et al.* Unraveling the ecosystem functions in the Amazonia-Cerrado transition: evidence of hyperdynamic nutrient cycling. **Plant Ecology**, v. 218, n. 2, p. 225-239, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-016-0681-y>

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, 1992, Goiânia. **Anais ...** Campinas: Fundação Cargill, 1992. p. 140-54.

RESENDE, T. M. *et al.* Atributos físicos e carbono orgânico em solo sob Cerrado convertido para pastagem e sistema misto. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 3, p. 501-5014, set. dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320150310>

RIBEIRO, F. P. *et al.* Litter dynamics in eucalyptus and native forest in the Brazilian Cerrado. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 11, p. 29-43, 2018. DOI: [DOI:10.5539/jas.v10n11p29](https://doi.org/10.5539/jas.v10n11p29)

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. In.: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (EDs). **Cerrado: ecologia e flora**. Embrapa Cerrados. – Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 152-198.

ROSS, J. L. S. *et al.* Macroformas do relevo da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 58-69, 2019.

SALES, L. E. O. *et al.* Qualidade física de Neossolo Quartzarênico submetido a diferentes sistemas de uso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 667-674, maio/jun., 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000300020>

SERPA, K. M. *et al.* Atributos físicos e teor de matéria orgânica em área de Cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, e131932399, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.23991>

SILVA, J. E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de Cerrados do Oeste Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 3, p. 541-547, 1994.

SOUZA, J. V., *et al.* Stock and litter decomposition in different vegetation types and eucalypt plantations in the Cerrado region, Brazil. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 10(18), 74-81, 2016.

SPERA, S. T.; CORREIA, J. R.; REATTO, A. **Solos do Bioma Cerrado**: propriedades químicas e físico-hídricas sob uso e manejo de adubos verdes. In.: CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. (EDs.). Cerrado: adubação verde. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2006. p. 41-70.

SPERA, S. T. *et al.* **Solos areno-quartzosos no cerrado**: características, problemas e limitações ao uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999.

WILDA, L. R. M. *et al.* Condições de acidez subsuperficial de solos cultivados para a produção de grãos no Cerrado do Brasil Central. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, FERTBIO, 2012, Maceió-AL. **Anais ... SBCS/UFA**, 2012. p. 1-4.

VIEIRA, M. J. **Solos de baixa aptidão agrícola**: solos de baixa aptidão agrícola, opções de uso e técnicas de manejo e conservação. Londrina: IAPAR, 1987. 68 p. (IAPAR. Circular, 51)

ZANETTI, R. *et al.* An overview of integrated management of leaf-cutting ants (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian forest plantations. **Forests**, v. 5, n. 3, p. 439-454, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3390/f5030439>

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Changes in soil organic carbon stocks under agriculture in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 84, n. 1, p. 28-40, 2005a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.08.007>

ZINN, Y. L.; LAL, R.; RESCK, D. V. S. Texture and organic carbon relations described by pedotransfer function for Brazilian Cerrado. **Geoderma**, v. 127, n. 1, p. 168-173, 2005b. DOI: [10.1016/j.geoderma.2005.02.010](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2005.02.010)

Contribuições de autoria

1 – Viviane Capoane

Mestre em Ciência do Solo pela UFSM e Doutora em Geografia pela UFPR.

<https://orcid.org/0000-0002-6672-1279> – capoane@gmail.com

Contribuição: Obtenção de financiamento | Administração do projeto | Conceituação | Metodologia | Curadoria de dados | Análise Formal | Visualização [de dados (mapas, tabela, gráficos)] | Escrita – primeira redação | Escrita – revisão e edição

2 – Melina Fushimi

Mestra e Doutora em Geografia pela Universidade Estadual Paulista.

<https://orcid.org/0000-0002-3682-4701> – fushimi.melina@gmail.com

Contribuição: Obtenção de financiamento | Escrita – revisão e edição

3 – Ademir Fontana

Mestre e Doutor em Agronomia-Ciência do Solo pela UFRJ.

<https://orcid.org/0000-0001-7624-8676> – ademir.fontana@embrapa.br

Contribuição: Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

CAPOANE, V.; FUSHIMI, M.; FONTANA, A. Atributos de solos arenosos sob diferentes usos e coberturas da terra no Cerrado sul-mato-grossense. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 29, e87666, 2025. Disponível em: 10.5902/2236499487666. Acesso em: dia mes abreviado e ano