

Avaliação da qualidade física e química do solo em diferentes usos da terra, Frutal, MG



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.001-005>

Pedro Canassa Galati

Bacharelado em Engenharia Agrônoma; Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal

Jhansley Ferreira da Mata

Doutorado em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal

Vanesca Korasaki

Doutorado em Agronomia (Entomologia); Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal

José Neto Vieira Negrão

Bacharelado em Engenharia Agrônoma; Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal

Heytor Lemos Martins

Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal.

Gabriel Gomes Mendes

Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal); Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal.

Lelisberto Baldo Vieira

Mestrando em Ciências Ambientais; Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal

Pedro Luís da Costa Aguiar Alves

Doutorado em Biologia Vegetal; Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal.

RESUMO

Os solos em áreas sobre produção agrícola, na região do Cerrado, quando sob intenso cultivo pode apresentar alterações na constituição química e física. Este trabalho objetivou avaliar a qualidade física e química do solo, em diferentes profundidades em diferentes sistemas de uso da terra (SUT): sorgo, seringueira, pastagem e Cerrado nativo no município de Frutal-MG. Em cada área de SUT foram coletadas três amostras, em duas profundidades. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado 4x2, sendo quatro sistemas de cultivos e duas profundidades, em três áreas com os mesmos SUT. O sistema a mata nativa na profundidade 20-40 cm apresentou melhores valores para condutividade elétrica. Para umidade do solo a profundidade 0-20 cm foram maiores nos sistemas pasto, mata nativa e seringueira, e 20-40 cm foi mata nativa, entre as profundidades o sistema pasto foi maior em 0-20 cm. O SUTs pasto apresentou maior densidade do solo na profundidade 0-20 cm dentro e entre as profundidades. Na análise química do solo, independente da profundidade a mata nativa apresenta maior acidez. O teor de cobre na profundidade 20-40 cm, dentro do SUTs e profundidades, apresenta maior para pasto, mata nativa e seringueira. Na soma das bases dentro da profundidade 0-20 cm os SUTs com maior valor foram pasto, mata nativa e sorgo.

Palavras-chave: Macro e micronutrientes, Conservação do solo, Sustentabilidade agrícola.

1 INTRODUÇÃO

A produção de grãos no Brasil poderá bater recordes na safra 2022/2023, com produção de 312,2 milhões de toneladas, 40,8 milhões de tonelada a mais da obtida na safra 2021/22, representando aumento de 15% na produção, sendo o estado de Minas Gerais um dos maiores produtores de grãos do país com aumento esperado de 8,5% (CONAB, 2023). Já as áreas destinadas às pastagens diminuiram, mas a produtividade vem aumentando, chegando a 149,7 milhões de hectare (IBGE, 2018).



As florestas plantadas no Brasil se estendem por cerca de 7 milhões de hectares, sendo que, o estado de Minas Gerais lidera em área plantada, contando 1,49 milhão de hectares, sendo as principais espécies: pinus, eucalipto e seringueira (CNA, 2020). Essas áreas de produção estão em sua maioria inseridas em áreas que originalmente era de Cerrado.

Esses solos sob condição natural e acidez corrigida, revelam condições favoráveis para a agricultura e pecuária por meio de seus atributos físicos. No entanto, quando sob intenso cultivo sofrem alterações na sua constituição química (nutrientes, matéria orgânica, pH) e física (textura, estrutura, densidade, porosidade). Desse modo, solos submetidos a diferentes sistemas de manejo, tenderão a um novo estado estável, o qual poderá apresentar redução na qualidade do solo (SILVA, 2013; D'ANDRÉA, 2018).

Os efeitos sobre os atributos físicos e químicos do solo em cada sistema de manejo são dependentes do tipo de preparo do solo, da intensidade de revolvimento, do trânsito de máquinas, tipos de equipamentos utilizados, manejo dos resíduos vegetais e as condições de umidade do solo no momento do preparo (VIEIRA; MUZILLE, 1995).

De modo geral, a intensidade de cultivo com o revolvimento do solo tem sido observada por vários autores como a principal responsável pelo aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e da redução da porosidade (ALVARENGA; DAVIDE, 2009; D'ANDRÉA, 2018). A degradação da estrutura do solo leva a redução da qualidade do solo, conseqüentemente reduz o desenvolvimento vegetal e aumenta a predisposição à erosão hídrica acelerada, levando a perda de matéria orgânica.

Com a adoção do sistema de cultivo adequado, buscando a conservação do solo e a melhoria do sistema, são alteradas as técnicas de cultivo convencionais. Dentre estas, o não revolvimento do solo é sempre a primeira a ser adotada. Contudo, a ausência do revolvimento do solo após vários anos sob manejo convencional (aração e gradagem) leva a um maior rearranjo face a face das partículas minerais do solo resultando numa condição menos favorável ao cultivo que o sistema convencional anteriormente adotado, uma vez que não ocorrerá mais o aumento mecânico da porosidade do solo em função do revolvimento (SANTOS et al., 2018b).

Entretanto, dependendo das práticas de manejo sustentável adotadas e das condições climáticas do local, são observados resultados que indicam melhorias da qualidade do solo no sistema após 3 a 4 anos da implantação (MATA et al., 2021), como o aumento da porosidade e do estoque de carbono, além da redução da densidade do solo e da resistência à penetração.

Dessa forma, torna-se importante o monitoramento contínuo dessas alterações de maneira a produzir informações que subsidiem as intervenções nesses sistemas, visando à melhoria da qualidade do solo com conseqüente aumento na produtividade das culturas.



O objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade física e química do solo, em diferentes profundidades em diferentes sistemas de uso da terra (SUTs): sorgo, seringueira, pastagem e Cerrado nativo no município de Frutal-MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O estudo da variação dos atributos do solo ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo (SILVEIRA et al., 2011). Esses atributos são importantes para estabelecer se houve degradação ou melhoria da qualidade do solo em relação a um sistema de manejo determinado (REICHERT et al., 2009).

As propriedades físicas do solo são de suma importância pelo fato de elas estarem ligadas ao crescimento radicular; armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARSHAD; MARTINS, 2002). Com a mecanização da mão de obra no campo, a compactação do solo tornou-se muito mais intensa pelo fato de as máquinas possuírem grande massa concentrada em pequenos pontos (rodas) fazendo assim com que haja a necessidade do manejo do solo com implementos adequados para a descompactação do solo.

Contudo, as máquinas agrícolas e implementos, dependendo da umidade do solo pode aumentar a compactação, isso também está ligado ao tipo de manejo e cultura a ser aplicada na área, logo é necessário estudar o ambiente de cultivo, indicadores e atributos do solo.

Os principais indicadores físicos que tem sido utilizados e recomendados são textura; espessura (horizonte A; solum); densidade do solo; resistência à penetração; porosidade; capacidade de retenção d'água; condutividade hidráulica; e estabilidade de agregados (ARAÚJO et al. 2012).

As áreas agrícolas que são utilizadas pela primeira vez, o solo possui condições favoráveis para o cultivo de espécies vegetais e apresentaram um ótimo resultado de produção. Com o passar do tempo e o uso frequente da área, além de alterações físicas, o solo também apresentará alterações químicas, fazendo com que a produtividade reduz, não sendo mais interessante para o produtor. Para não acontecer isso, o proprietário deve alternar os cultivos (rotação/sucessão de culturas) para que os nutrientes e propriedades do solo não se esgotem.

O conhecimento sobre a distribuição granulométrica de partículas sólidas do solo é essencial em várias situações, como na determinação da textura, em estudos sobre compactação e movimentação de água e, conseqüentemente, para compreensão dos processos erosivos que envolvem transporte e deposição de partículas, inclusive de nutrientes essenciais ao desenvolvimento e produtividade das plantas (SILVA; LIMA; ZUCOLOTO, 2011).

Os atributos do solo influenciam no desenvolvimento das plantas, tais como densidade do solo, textura, porosidade e estabilidade dos agregados do solo (MONTANARI *et al.*, 2015). As principais alterações são evidenciadas pela diminuição das trocas gasosas, taxa de infiltração de água no solo e



pelo aumento da resistência à penetração (DALCHIAVON *et al.*, 2014). Dessa forma, esses atributos podem ser considerados como indicadores de qualidade do solo.

Para melhorar a qualidade física, química e biológica do solo é essencial o conhecimento dos danos provocados pelos diferentes sistemas de manejo, Soares *et al.* (2016) relatam que o uso inadequado do solo como o revolvimento excessivo ou o uso de práticas pouco conservacionistas, podem provocar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade e porosidade total dentre outros danos. Diferentes atributos do solo têm sido empregados para caracterizar as modificações resultantes da adoção de diferentes manejos do solo. Os parâmetros utilizados comumente são a densidade e porosidade do solo (CARVALHO *et al.*, 2014), resistência do solo à penetração (TAVARES *et al.*, 2014), umidade do solo (LIMA *et al.*, 2015), acumulação de nutrientes e matéria orgânica (MARTINS *et al.*, 2015; GOMES *et al.*, 2015), densidade de partículas (BATISTA *et al.*, 2017).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

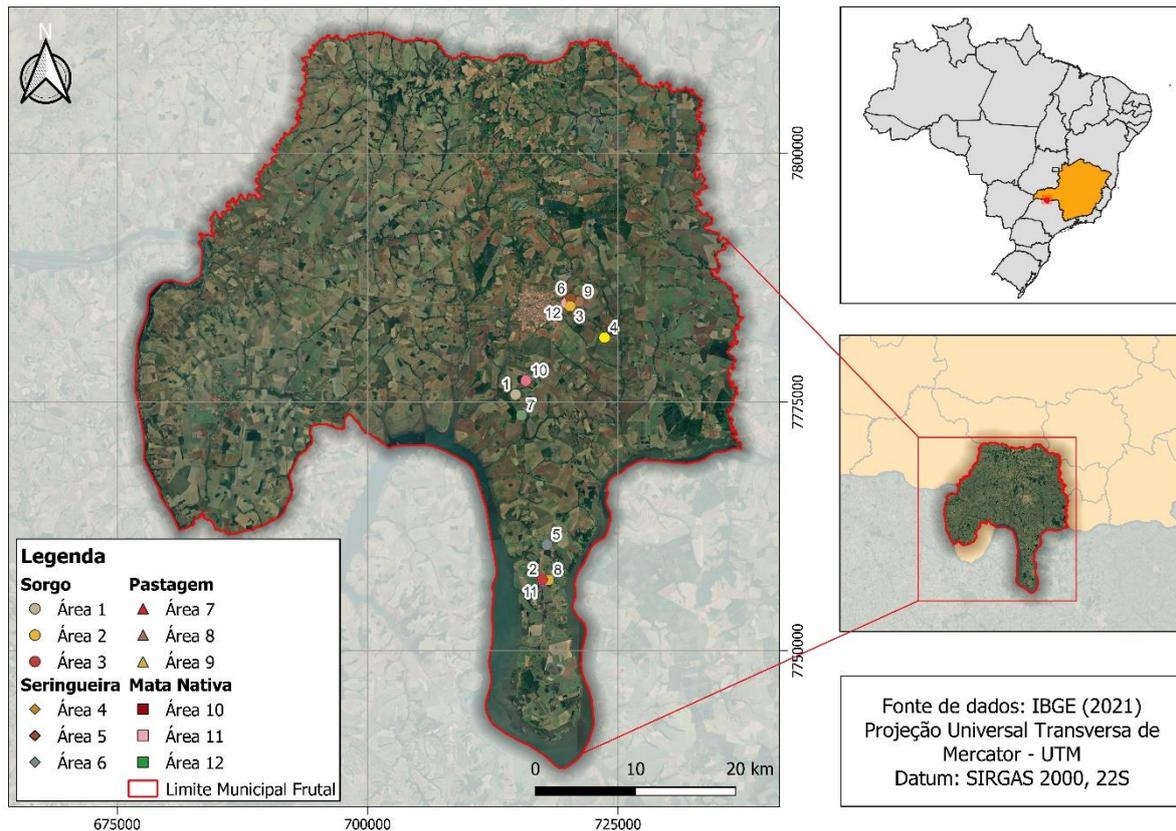
O trabalho foi realizado no município de Frutal, região do Triângulo Mineiro do Estado de Minas Gerais. O clima da região é definido como Aw, segundo a classificação Köppen-Geiger, tropical com a estação seca e fria ocorrendo no inverno, e o verão apresenta a estação com maiores índices pluviométricos (DUBREUIL *et al.*, 2018), apresentando temperatura e precipitação média anual de 23,8°C e 1626,9 mm, respectivamente, sendo a precipitação concentrada entre os meses de novembro a abril.

As coletas foram realizadas em quatro sistemas de uso da terra (SUT) sendo: pastagem, seringueira, sorgo e cerrado nativo totalizando 12 áreas (Figura 1). Cada sistema teve três replicadas com áreas distantes em no mínimo 1,0 km. Em cada replica do sistema foi traçado um transecto de 300 m com três pontos equidistantes em 100 m, sendo mantida uma distância de 50 m das bordas da área.

Nas áreas realizou-se análise da paisagem que se ocupam no ecossistema, onde verificou que se encontra em bioma de Cerrado, convexa, baixa declividade e área de produção sem arbóreas e arbustivas, com exceção as áreas de reserva legal.



Figura 1. Mapa de localização das áreas experimentais, município de Frutal-MG.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DE USO DOS SOLOS

A caracterização e classificação dos solos dos sistemas de uso da terra, seguiu o proposto por Santos et al. (2018a). Os dados espaciais da localidade foram registrados com GPS e processados no software QGIS 3.22.7 (QGIS Development Team, 2020). A classificação da cobertura do uso da terra foi realizada por meio do banco de dados do Projeto Anual de Uso e Mapeamento do Solo Brasileiro MapBiomias - Coleção 7, com coleção em escala 1:250.000 e a legenda RGB padronizada (MapBiomias, 2021). A plataforma utiliza como base satélites Landsat (5-TM, 7-ETM + e 8-OLI), com resolução espacial de 30 m.

3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) 4x2, sendo quatro sistemas de cultivos e duas profundidades, em três áreas com os mesmos SUTs, com três repetições em cada área. As amostras de solo foram coletadas durante o cultivo dos sistemas, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Para as coletas em cada SUT, foram abertas nove mini trincheiras (consideradas como repetições) nas entrelinhas de cada sistema de manejo selecionado em pontos aleatórios.

Após as coletas os solos foram encaminhados para o Laboratório de física dos solos, da Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Frutal na qual passou por processo de peneira para



obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA) onde posteriormente foram utilizadas para as análises de físicas e químicas do solo. As amostras foram destorroadas manualmente e espalhadas sobre bandejas de papel kraft 180 g m⁻² e colocadas em local seco e arejado, expostas ao sol, até completa dessecação ao ar.

3.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO SOLO

Para a determinação da densidade do solo (D_s) (g cm⁻³), pelo método do anel volumétrico, foram coletadas amostras indeformadas com amostrador de *Uhland* em cilindros com volume médio de 79 cm³ e para densidade de partícula (D_p) (g cm⁻³) as amostras deformadas foram realizadas com o trado holandês. A porosidade total (PT) do solo foi calculada pela relação densidade de solo/densidade de partícula utilizando a fórmula adaptada pelos autores: $PT = (D_s - D_p) / D_s \times 100$ (TEIXEIRA et al., 2017).

Seguindo a metodologia do autor anterior, textura do solo foi analisada pelo triângulo textural, após a separação das frações: areia, silte e argila, por meio de peneiras granulométricas e sifonamento.

A condutividade elétrica (CE) e umidade (U) foram medidas in loco utilizando o aparelho *Moisture Probe Meter* (MPM-160-B 12 bits) desenvolvido pela *ICT International Pty Ltd*.

Para determinação da cor do solo das respectivas amostras, foi utilizado o método clássico pela Carta de Cores de Munsell®, na qual é expresso em três componentes: matiz, valor e croma (MUNSELL, 1994).

3.5 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO

A análises de pH e carbono orgânico foram realizadas no laboratório de solos da UEMG, onde foram realizadas conforme Teixeira et al. (2017). O estoque de carbono (EstC) foi calculado pela expressão proposta por Costa et al. (2009): $EstC = (CO_{total} * D_s * e) / 10$; onde: EstC: estoque de carbono orgânico na camada estudada (Mg ha⁻¹); CO_{total} : carbono orgânico total na camada estudada (g kg⁻¹); D_s : densidade do solo da camada estudada (kg dm⁻³); e: espessura da camada estudada (cm). O balanço de carbono foi determinado pela fórmula: $BC = (EstCCN - EstC) / TC$, onde BC: balanço de carbono (Mg ha⁻¹ ano⁻¹); EstCCN: estoque de carbono de cada sistema estudado (Mg ha⁻¹); TC: tempo de cultivo (anos).

Para as análises químicas do solo foram realizada a leitura do potássio (K) no fotômetro de chama micronal B 262, fósforo (P) no Ultravioleta Analytik Jena e o cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (AL), hidrogênio (H), zinco (Zn), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) no Espectrômetro de Absorção Atômica (Perkin-Elmer Corp) e matéria orgânica (MO) seguindo a metodologia de Teixeira et al. (2017).



3.6 ANÁLISE DOS DADOS

O efeito da profundidade, do sistema de uso da terra e da interação sistema x profundidade foi analisado por meio de análise de variância, os dados qualitativos foram avaliados por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2009).

4 RESULTADOS

Os solos das áreas de estudo foram classificados como Latossolo Vermelho distrófico típico, com colorações Bruno-avermelhado-escuro (Tabela 1).

Sobre o Latossolo Vermelho foram estudados sistemas de cultivo sob diferentes sistemas de uso da terra, encontrados na região, sempre comparado com sistema referência, que neste estudo foi considerado o Cerrado nativo característico na região.

Tabela 1. Coloração dos pontos de coleta de solo pela carta de cores de Munsell.

Área	Profundidade	Cor (Munsell)	Cor Manual tec. IBGE	Cor (referência)
Sorgo				
1	0-20 cm	2,5YR 3/3	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/3	Bruno-avermelhado-escuro	
2	0-20 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 2,5/3	Bruno-avermelhado-escuro	
3	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
Seringueira				
4	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
5	0-20 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
6	0-20 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
Pasto				
7	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
8	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 2,5/4	Bruno-avermelhado-escuro	
9	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
Mata Nativa				
10	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
11	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
12	0-20 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	



	20-40 cm	2,5YR 3/4	Bruno-avermelhado-escuro	
--	----------	-----------	--------------------------	--

Legenda: Cor (Munsell) = Cor determinada segundo a carta de Munsell; Cor Manual Tec. IBGE = Cor descrita segundo IBGE (2015); Cor (referência) = cores obtidas pelo RGB.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

A textura do solo, nas áreas de sorgo, seringueira e pasto, foram predominantemente franco-argilo-arenoso, enquanto na mata nativa a textura franca (Tabela 2). Essas variações na textura do solo em diferentes áreas podem estar relacionadas a variações naturais, topográficas ou até mesmo a processos erosivos ocorridos ao longo dos anos (FROZZI et al., 2018). Como destacado por Alifa et al. (2020), essa variação indica uma homogeneidade nos processos pedogenéticos do solo e sua aproximação com os materiais de origem.

Tabela 2. Descrição da textura do solo conforme fracionamento, em diferentes profundidades e áreas sobre o cultivo de sorgo, seringueira, pasto e mata nativa, município de Frutal-MG.

Área	Profundidade	Média Areia	Média Argila	Média Silte	Textura
Sorgo					
.....cm.....	%.....			
1	0-20	70,4	15,4	14,2	Franco-arenoso
	20-40	76,1	20,2	3,7	Franco-argilo-arenoso
2	0-20	63,7	26,8	9,4	Franco-argilo-arenoso
	20-40	63,0	24,2	12,8	Franco-argilo-arenoso
3	0-20	42,7	15,9	41,5	Franca
	20-40	47,8	16,5	35,7	Franca
Seringueira					
4	0-20	75,9	20,4	3,7	Franco-argilo-arenoso
	20-40	65,1	12,8	22,1	Franco-arenoso
5	0-20	44,9	18,8	36,3	Franca
	20-40	50,4	19,2	30,3	Franco-argilo-arenoso
6	0-20	63,2	24,5	12,4	Franco-argilo-arenoso
	20-40	48,2	19,2	32,5	Franca
Pasto					
7	0-20	75,5	20,7	3,8	Franco-argilo-arenoso
	20-40	42,5	9,3	48,3	Franca
8	0-20	68,2	23,4	8,4	Franco-argilo-arenoso
	20-40	67,1	25,2	7,7	Franco-argilo-arenoso
9	0-20	45,0	31,2	23,7	Franco-argilo-arenoso
	20-40	47,2	29,6	23,2	Franco-argilo-arenoso
Mata Nativa					
10	0-20	64,6	21,7	13,7	Franco-argilo-arenoso
	20-40	67,6	16,2	16,2	Franco-arenoso
11	0-20	64,3	16,1	19,7	Franco-arenoso
	20-40	49,5	17,2	33,3	Franca
12	0-20	48,7	19,6	31,7	Franca
	20-40	50,4	17,8	31,8	Franca

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Na figura 2, observa-se o mapa de uso e ocupação do solo, as áreas 1, 2 e 3, a ocupação é cultura da soja (eudicotiledônea), no entanto os três SUTs encontrava com a cultura do sorgo, sendo



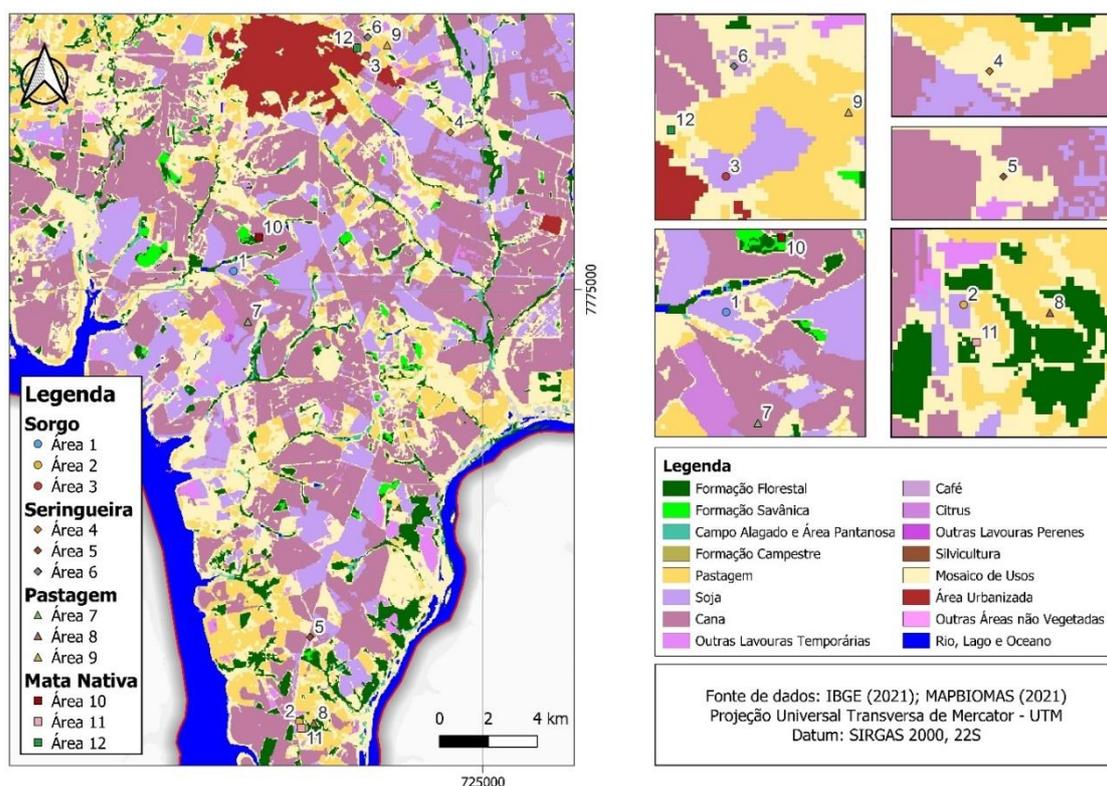
também uma cultura anual, no entanto uma monocotiledônea. Nas áreas 4, 5 e 6 com ocupação mosaico de usos (vegetação cultivada), sendo SUTs de seringueira, considerada uma vegetação cultivada.

Para a área 7 com cana, 8 e 9 com pastagem, sendo as três, tendo um SUTs de pastagem, por mais que cana e pastagens são monocotiledônes o seu porte e sistema de manejo e cultivo são bem distintos. E as áreas 10 formação savânica (bioma Cerrado), 11 e 12 mosaico de uso (bioma Cerrado), estas com SUTs Mata nativa (bioma Cerrado).

Por mais que as imagens foram realizadas no mesmo ano do estudo, verificam-se leituras divergentes entre o mapa de uso e ocupação do solo com a coleta In loco dos SUTs, onde isto se deve pela rotação de cultura/sucessão e renovação de áreas, pois a coleta do solo da pesquisa pode ter ocorrido em meses diferentes da imagem coletada.

Contudo, verifica-se que os solos das áreas de cultivo em uso e ocupadas possuem aptidão para o crescimento e desenvolvimento das culturas.

Figura 2. Mapa de localização das áreas experimentais, município de Frutal-MG.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

As propriedades físicas do solo são de suma importância pelo fato de elas estarem ligadas ao crescimento radicular, armazenagem e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e atividade biológica (ARSHAD; MARTINS, 2002).



Não houve diferença significativa para as variáveis densidade de partícula e porosidade do solo, entre os SUTs e profundidades (Tabela 3). No entanto, observa-se diferença para condutividade elétrica (CE), umidade (U) e densidade do solo (DS) (Tabela 3).

Para a variável CE na profundidade de 20-40 cm, a mata nativa apresentou o maior valor. A decomposição dos compostos orgânicos presentes no solo resulta na liberação de sais orgânicos no solo, o que pode explicar esse resultado. A condutividade elétrica (CE) é usada para aferir, por meio de corrente elétrica, a quantidade de sais presente na solução do solo, sendo que quanto maior a quantidade de sais presente na solução, maior será o valor de CE obtido (BRANDÃO; LIMA, 2002).

Independentemente dos íons presentes, o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das plantas pode prejudicar a germinação, desenvolvimento e produtividade das plantas. Esse acúmulo faz com que a planta gaste mais energia para conseguir absorver água (devido ao efeito osmótico), prejudicando seus processos metabólicos essenciais (MAIA, 2017). É importante notar que cada espécie vegetal possui um nível máximo de tolerância ao excesso de sais.

Analisando a umidade do solo na profundidade 0-20 cm, os SUTs com maiores valores foram mata nativa, pasto e seringueira, e nas profundidades 20-40 cm foi a mata nativa. Ao verificar a umidade nas diferentes profundidades em cada SUT, verificou-se que o pasto apresenta a maior umidade na camada de 0-20 cm. Dentre os sistemas a umidade apresentou valores superiores na mata nativa, isso pode ser justificado pela existência da serapilheira cobrindo a camada superficial do solo, o que ajuda a manter a umidade, além disso, auxilia no acréscimo das taxas de matéria orgânica ao longo do tempo, retraindo assim maior umidade (GONÇALO FILHO et al., 2018).

Para DS maiores valores observam-se para o pasto, seringueira e o sorgo na profundidade de 0-20 cm. Ao comparar entre as profundidades no sistema pasto, maior incremento foi na camada 0-20 cm. Por meio da análise estatística foi possível demonstrar que as áreas de mata nativa expressaram menor DS, apontando que a existência de vegetação e cobertura do solo auxiliou na ampliação da umidade ocasionando a diminuição da densidade, certamente pelo maior aporte de matéria orgânica.

É importante destacar que valores superiores de DS demonstram que a área está compactada e, de acordo com Miotto et al. (2020), o processo de compactação é uma das fundamentais razões da degradação do solo. Resultados similares foram encontrados por Custódio et al. (2015) e Bezerra et al. (2019) em áreas de pastagens, onde ocorreu o aumento da DS quando comparado a mata nativa e outros sistemas. A compactação em pastagem encontra-se associada com a camada mais superficial do solo, no entanto sequer é considerada um fator limitante para o desenvolvimento das plantas (BONETTI et al., 2015).

Segundo Kiehl (1979), quanto maior for a DS, menor será a sua estrutura física e em geral menos permeável, na qual poderá apresentar limitações para o crescimento e desenvolvimento de plantas.



Tabela 3. Valores médios dos atributos físicos em sistemas pasto, mata nativa, seringueira e sorgo no município de Frutal-MG.

Sistemas de cultivo	CE ¹		U ¹		DP ¹		DS ¹		PO ¹	
mv.....	%g cm ⁻³%.....			
Profundidade (cm)									
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Pasto	175,67aA	153,00bA	3,07aA	1,86bB	2,95	2,62	3,17abA	2,40aB	39,56	47,66
Mata Nativa	216,56aA	235,78aA	4,81aA	4,97aA	2,66	2,56	2,52bA	2,70aA	36,02	36,84
Seringueira	192,75aA	188,80bA	3,16aA	3,21bA	2,59	2,76	2,74abA	2,60aA	39,15	37,94
Sorgo	191,22aA	192,44bA	2,98bA	2,89bA	2,80	2,81	2,85abA	2,75aA	35,87	31,07
CV (%)	17,32		37,26		19,90		18,73		14,94	
Causas da variação	Fc									
SUTs.	10,36**		0,79 ^{ns}		0,51 ^{ns}		0,61 ^{ns}		1,35 ^{ns}	
Prof.	0,05 ^{ns}		12,55**		0,20 ^{ns}		3,02 ^{ns}		0,04 ^{ns}	
SUTs. X Prof.	1,20 ^{ns}		1,15 ^{ns}		0,66 ^{ns}		2,76*		0,59 ^{ns}	
Prof. X SUTs.	1,20 ^{ns}		1,15 ^{ns}		0,66 ^{ns}		2,76**		0,59 ^{ns}	

¹Médias comparadas nas colunas (letras minúsculas) e na linha (letras maiúsculas) com mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo. CV – Coeficiente de variação. Prof. – Profundidade; SUTs - Sistema.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

Nas variáveis da Tabela 4, verifica-se diferença significativa para pH, SB e Cu. Para pH, as culturas não se diferem entre si, porém todas se diferem da Mata Nativa (MN), pois em culturas de interesse econômico, há a alcalinização do solo por meio da aplicação mecânica de cal e gesso; analisando as profundidades, não há uma diferença significativa entre elas. No entanto, há diferença entre cada profundidade quando comparados os SUTs na profundidade 0-20 cm, os maiores valores foram encontrados para seringueira, apresentando pH de 5,98. Já na profundidade 20-40 cm, o pasto, a seringueira e o sorgo, apresentaram pH de 5,63; 5,56 e 5,11, respectivamente.

De modo geral, na camada mais superficial (0-20 cm) as áreas de cultivo agrícola, obtiveram valores superiores de pH, tal fato pode ser justificado conforme destacado por Oliveira et al. (2001) devido ao solo ser submetido a aração profunda ocorrendo maior revolvimento, trazendo, deste modo, maior concentração de bases para a superfície.

Para a variável Cobre (Cu), verifica-se diferença dentro da profundidade 20-40 cm nos SUT, sendo maiores valores para pasto, mata nativa e seringueira, já entre as profundidades observa-se maiores valores na profundidade de 20-40 cm em mata nativa. O que fica evidente que os SUT conseguem modificar a quantidade deste elemento no solo. Tal comportamento difere do estudo realizado Silva et al. (2016), onde a concentração de Cu foi superior em solos cultivados do que em áreas com vegetação natural, no entanto o autor corrobora quando verificou que o Cu teve aumento em maiores profundidades do solo.



Quanto à soma das bases (SB), foi verificada diferença significativa na profundidade 0-20 cm entre os SUTs, com maiores valores para os sistemas pasto, mata nativa e sorgo. Justifica-se que nessa profundidade estes SUTs apresentaram menores quantidades de Ca, Mg e K no solo. Carvalho et al. (2002) e Bernadi, Rassani e Ferreira (2012) destacam que os valores das SB na maior parte dos Latossolos geralmente são baixos nas camadas mais profundas, quando comparando as camadas superficiais. A afirmação dos autores é constatada nesse estudo, visto que na profundidade 20-40 cm, os valores da SB foram inferiores aos encontrados na profundidade de 0-20 cm.

Para melhorar a qualidade físico-química do solo é essencial o conhecimento dos danos provocados pelos diferentes sistemas de manejo, Soares et al. (2016) relatam que o uso inadequado do solo como o revolvimento excessivo ou o uso de práticas pouco conservacionistas, podem provocar aumento da densidade, diminuição da macroporosidade, porosidade total, alteração da quantidade de minerais no solo, dentre outros danos.

O estudo da variação dos atributos físicos e químicos do solo ao longo do tempo permite quantificar a magnitude e duração das alterações provocadas por diferentes sistemas de manejo (SILVEIRA et al., 2011). Esses atributos são importantes para estabelecer se houve degradação ou melhoria da qualidade do solo em relação a um sistema de manejo determinado (REICHERT et al., 2019).

Tabela 4. Valores médios dos atributos químicos dos solos sistemas pasto, mata nativa, seringueira e sorgo em diferentes profundidades, no município de Frutal-MG.

ATRIBUTO S ¹	CV (%)	SISTEMAS DE USO DA TERRA – SUTs								FV		
		Pasto		Mata Nativa		Seringueira		Sorgo		Fc		
		Profundidade (cm).....										
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	Prof	SUTs	Prof X SUTs
pH (H ₂ O)	11,13	5,53bA	5,63aA	4,43bA	4,78bA	5,98aA	5,56aA	5,55bA	5,11abA	0,54 ⁿ _s	13,34 [*]	1,98 ⁿ _s
MO (g dm ⁻³)	17,54	4,52aA	13,98aA	5,58aA	16,74aA	13,19aA	10,67aA	8,92aA	7,32aA	1,38 ⁿ _s	0,25 ^{ns}	1,04 ⁿ _s
P (mg dm ⁻³)	303,52	8,16aA	26,43aA	3,91aA	19,43aA	6,79aA	4,09aA	9,32aA	3,55aA	0,70 ⁿ _s	0,17 ^{ns}	0,74 ⁿ _s
K (mmol _c dm ⁻³)	128,39	2,15aA	2,60aA	1,31aA	1,94aA	1,19aA	1,07aA	1,67aA	1,58aA	0,14 ⁿ _s	1,02 ^{ns}	0,15 ⁿ _s
Ca (mmol _c dm ⁻³)	93,61	22,33aA	11,95aA	10,37aA	9,61aA	8,14aA	10,56aA	12,54aA	11,41aA	0,96 ⁿ _s	1,70 ^{ns}	1,02 ⁿ _s
Mg (mmol _c dm ⁻³)	76,00	4,33aA	2,99aA	3,18aA	2,87aA	2,51aA	4,66aA	2,91aA	2,54aA	0,01 ⁿ _s	0,67 ^{ns}	1,59 ⁿ _s
Al (mmol _c dm ⁻³)	105,00	0,83aA	3,06aA	3,72aA	3,33aA	3,75aA	4,50aA	3,00aA	3,89aA	1,28 ⁿ _s	1,35 ^{ns}	0,39 ⁿ _s
H ⁺ Al (mmol _c dm ⁻³)	41,77	13,44aA	13,56aA	20,56aA	19,33aA	17,38aA	18,90aA	17,22aA	15,89aA	0,01 ⁿ _s	2,67 ^{ns}	0,16 ⁿ _s
COrg (g dm ⁻³)	17,66	4,43aA	6,40aA	5,56aA	5,51aA	3,45aA	6,75aA	3,08aA	5,28aA	2,54 ⁿ _s	0,28 ^{ns}	0,36 ⁿ _s
SB (cmol _c dm ⁻³)	76,70	28,80aA	17,54aA	14,86abA	14,42aA	11,84bA	16,29aA	17,11abA	15,53aA	0,59 ⁿ _s	1,79 [*]	1,10 ⁿ _s
T (cmol _c dm ⁻³)	55,22	29,64aA	20,59aA	18,58aA	17,75aA	15,59aA	20,79aA	20,11aA	19,42aA	0,31 ⁿ _s	1,48 ^{ns}	1,98 ⁿ _s
T (mmol _c dm ⁻³)	39,50	42,25aA	31,09aA	35,42aA	33,75aA	29,24aA	35,19aA	34,34aA	31,42aA	0,64 ⁿ _s	0,36 ^{ns}	1,19 ⁿ _s
V (%)	53,08	64,00aA	55,59aA	34,14aA	39,39aA	40,76aA	42,28aA	45,10aA	43,48aA	0,02 ⁿ _s	2,98 [*]	0,27 ⁿ _s



M (%)	109,6 1	4,68aA	23,46aA	35,70aA	26,28aA	29,99aA	28,40aA	23,12aA	33,41aA	0,51 ⁿ _s	1,38 ^{ns}	0,88 ⁿ _s
Zn (mg dm ⁻³)	85,33	0,27aA	0,30aA	0,25aA	0,16aA	0,31aA	0,21aA	0,24aA	0,28aA	0,42 ⁿ _s	0,46 ^{ns}	0,64 ⁿ _s
Cu (mg dm ⁻³)	84,82	0,18aA	0,17abA	0,19aB	0,36aA	0,14aA	0,17abA	0,16aA	0,15bA	1,39 ⁿ _s	2,19 [*]	1,38 [*]
Fe (mg dm ⁻³)	35,87	105,06a A	112,71a A	127,96a A	105,24a A	127,33a A	103,36a A	113,52a A	122,32a A	0,17 ⁿ _s	0,60 ^{ns}	0,89 ⁿ _s
Mn (mg dm ⁻³)	54,31	2,03aA	1,83aA	2,14aA	1,80aA	1,17aA	1,76aA	1,98aA	1,59aA	0,15 ⁿ _s	0,90 ^{ns}	0,94 ⁿ _s
EstC (Mg ha ⁻¹)	13,74	15,15aA	17,35aA	13,48aA	13,48aA	9,04aA	17,92aA	9,60aA	16,01aA	1,63 ⁿ _s	0,20 ^{ns}	0,34 ⁿ _s

¹Médias comparadas com letras minúsculas na linha nas mesmas profundidades entre os SUTs, letra maiúscula na mesma linha entre as profundidades em cada SUTs, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. * e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente. ns – não significativo. Fc – F calculado. CV – Coeficiente de variação. Prof. – Profundidade.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2023.

5 CONCLUSÃO

A classe do solo foi Latossolo Vermelho distrófico típico com coloração Brumo-avermelhado-escuro, e textura predominante nas áreas de sorgo, seringueira e pasto foi franco-argilo-arenoso, e textura franca para mata nativa.

O sistema mata nativa na profundidade 20-40 cm apresentou melhores valores para condutividade elétrica. Para umidade do solo a profundidade 0-20 cm foram maiores nos sistemas pasto, mata nativa e seringueira e 20-40 cm foi mata nativa, entre as profundidades o sistema pasto foi maior em 0-20 cm. O SUTs pasto apresentou maior densidade do solo na profundidade 0-20 cm dentro e entre as profundidades.

Na análise química do solo, independente da profundidade a mata nativa apresenta maior acidez. O teor de cobre na profundidade 20-40 cm, dentro do SUTs e profundidades, apresenta maior para pasto, mata nativa e seringueira. Na soma das bases dentro da profundidade 0-20 cm os SUTs com maior valor foram pasto, mata nativa e sorgo.



REFERÊNCIAS

- ALIFA, M.; CLAUTILDE, M.; CHRISTOPHE, H. L.; KESEL, R.; OUMAR, O. M. Restoration of soil physical parameters by an ecological Revitalization Technology (ReviTec) in Maroua, Far North Region, Cameroon. *International Journal Advanced Research in Biobiological Sciences*, v.7, n.3, p.139-151, 2020.
- ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho – Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 933 – 942. 2009.
- ARAÚJO, E. A. KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias*, Guarapuava-PR, ano 12, v. 5, n. 1, ed. 1, p. 187-206, 2012.
- ARSHAD, M.A.; MARTIN, S. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.88, n.2, p.153-160, 2002.
- BATISTA, P. H. D.; ALMEIDA, G. L. P.; TAVARES, U. E.; NASCIMENTO, V. N.; SARMENTO, R. M. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo sob colheita mecanizada de capim-buffel no agreste Pernambucano. *Engenharia na Agricultura*, v. 25, n. 4, p. 307-317, 2017.
- BEZERRA, C. B.; SOUZA JUNIOR, A. J.; CORRÊA, M. M.; LIMA, J. R. S.; SANTORO, K. R.; SOUZA, E. S.; OLIVEIRA, C. L. Latossolo húmico sob pastagem com diferentes intensidades de usos: atributos químicos e físico-hídricos. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, Recife, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2019.
- BERNARDI, A. C. C.; RASSINI, J. B.; FERREIRA, R. P. Teores de potássio no solo, estado nutricional e produção de matéria seca de alfafa em função de doses e frequência da adubação potássica após dois anos de cultivo. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2012. 25 p. (Embrapa Pecuária Sudeste. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 33). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/72342/1/PROCI-2012.00195.pdf>. Acesso em: 13 fev. 2023.
- BONETTI, J. D. A.; PAULINO, H. B.; SOUZA, E. D. D.; CARNEIRO, M. A. C.; SILVA, G. N. D. Influência do sistema integrado de produção agropecuária no solo e na produtividade de soja e braquiária. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 45, n. 1, p. 104-112, 2015.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e cerrado na Chapada, em Uberlândia (MG). *Caminhos de Geografia*, v. 3, n. 6, p. 46-56, 2002.
- CARVALHO, L. A.; NOVAES, L. P.; MARTINS, C. E.; ZOCCAL, R.; MOREIRA, P.; RIBEIRO, A. C. C.; LIMA, V. M. Sistema de produção de leite (cerrado). 2002. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/introducao.ht> ml. Acesso em: 13 fev. 2023.
- CARVALHO, M. A.; RUIZ, H. A.; COSTA, L. M.; PASSOS, R. R.; ARAUJO, C. A. S. Composição granulométrica, densidade e porosidade de agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas do solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.18, n.10, p.1010-1016, 2014.
- Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA). O Brasil é um dos maiores produtores de Florestas Plantadas do mundo. Brasília: CNA Brasil. 2020. Disponível em:



<https://www.cnabrazil.org.br/noticias/o-brasil-e-um-dos-maiores-produtores-de-florestas-plantadas-do-mundo>. Acesso em: 21 out. 2021.

Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Levantamento da Safra de Grãos 2022/2023. Brasília: Conab. v.1, n.1. 2023.

CUSTÓDIO, G. D.; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; HERMÓGENES, V. T. L.; BARROS, L. R. Densidade do solo e densidade relativa-indicadores da qualidade física de um latossolo amarelo sob diferentes manejos de pastagens e mata nativa. *Campo Digital*, v. 10, n. 1, p. 50-62, 2015.

D'ANDRÉA, A. F. Atributos indicadores da qualidade do solo em sistema de manejo no Sul de Goiás. 2018. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M.; BEM, E. A. D. Inter-relações da produtividade de cana soca com a resistência à penetração, umidade e matéria orgânica do solo. *Revista Ceres*. v.2, p.255-264. 2014.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de köppen de 1961 a 2015. *Confins*, [S. l.], n. 37, p. 1-20, 2018.

FERREIRA, D. F. SISVAR Sistema para análise de variância. Lavras: Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciências Exatas DEX), (CD-ROM). 2009.

FROZZI, J. C.; BERGAMIN, A. C.; CUNHA, J. M.; CAMPOS, M. C. C.; LIMA, A. F. L.; BRITO, W. B. M.; LOURENÇO, I. H.; SILVA, W. L. M. Atributos do solo e dimensão fractal em ambientes naturais e transformados na região amazônica. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v. 9, n.2, p. 231-243, 2018.

GOMES, R. L. R.; SILVA, M. C.; COSTA, F. R.; JUNIOR, A. F.L.; OLIVEIRA, I. P.; SILVA, D. B. Propriedades físicas e teor de matéria orgânica do solo sob diferentes coberturas vegetais. *Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos*, v. 9, n. 1, 2015.

GONÇALO FILHO, F.; FERREIRA NETO, M.; FERNANDES, C. S.; DIAS, N. S.; CUNHA, R. R.; MESQUITA, F. O. Efeitos do manejo sustentável da Caatinga sob os atributos físicos do solo. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 38, p. 1-5, 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário: resultados preliminares 2017. Rio de Janeiro: IBGE. v.7. 2018.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: Relações solo-planta. São Paulo-SP, Ceres, 1979. 262p.

LIMA, R.P.; SILVA, A.R.; OLIVEIRA, D.M.S. Análise de trilha de atributos físicos na resistência à penetração de um latossolo amarelo. *Revista de Agricultura Neotropical*, Cassilândia, MS, v.1, n.1, p.65-74, 2015.

MAIA, P. M. E. Cultivo de hortaliças em substrato de fibra de coco sob estresse salino e aplicação foliar de ácido ascórbico. 2017. 96 p.

MARTINS, E. C. A.; PELUZIO, J. M.; DE OLIVEIRA JUNIOR, W. P.; TSAI, S. M., NAVARRETE, A. A.; MORAIS, P. B. Alterações dos atributos físico-químicos da camada superficial do solo em resposta à agricultura com soja na várzea do Tocantins. *Biota Amazônia*, v. 5, n. 4, p. 56-62, 2015.



MATA, J. F.; MAGALHÃES, J. C. S.; SIEBENEICHLER, S. C.; SILVA, R. R.; PEREIRA, M. A. B.; MARTINS, H. L. *Urochloa brizantha* E *Andropogon gayanus* em monocultivo e consórcio sob diferentes níveis de adubação. *Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, Palmas*, v. 8, n. 3), p. 22–29, 2021.

MIOTO, L. S.; ARAÚJO, M. A.; SERON, C. C.; LAVANHOLI, R.; BATISTA, M. A.; USHIWATA, S. Y. Resistência mecânica do solo à penetração avaliada em área de segundo ano de implantação da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ). *Revista Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 4601-4620, 2020.

MONTANARI, R.; CARVALHO M. P.; ANDREOTTI M.; DALCHIAVON, F. C.; LOVERA L. H.; HONORATO; M. A. O. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e de atributos do solo na região do ecótono Cerrado - Pantanal, MS. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 39, p. 385-396. 2015.

MUNSELL, A. H. *Munsell soil color charts*. New Windsor, 1994. Revised edition.

Projeto MapBiomias – Coleção 7 da Série Annual de Mapas da Cobertura e Uso do Solo do Brasil. Disponível em: https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2021.tif. Acesso em: 9 jan. 2023.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2020. <http://qgis.osgeo.org>.

OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J.; SANTOS, R. S. M.; FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D.; FARIA, C. D. Concentrações residuais de cobre, ferro, manganês e zinco em latossolo roxo eutrófico sob diferentes tipos de manejo. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 31, n. 2, p. 97-103, 2001.

REICHERT, J. M.; KAISER, D. R.; REINERT, D. J.; RIQUELME, U. F. B. Variação temporal de propriedades físicas do solo e crescimento radicular de feijoeiro em quatro sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.3, p.310-309, 2009.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa. 5. ed. 2018a. 356 p.

SANTOS, R. A.; SILVA, S. M. C.; CARNEIRO, V. A.; OLIVEIRA, A. L. R.; MILHOMEM, A. V. Sistema de Plantio direto: conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos do Cerrado Goiano. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais, Iporá*, v. 7, n. 2, p. 230 – 255, jan./jul. 2018b.

SILVA, L. S.; GALINDO, I. C. L.; NASCIMENTO, C. W. A.; GOMES, R. P.; CAMPOS, M. C. C.; FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A. Heavy metal contents in Latosols cultivated with vegetable crops. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 46, n. 4, p. 391-400, 2016.

SILVA, R. R. Qualidade do solo avaliada através dos atributos físicos em sistemas de manejo na região Campos das Vertentes, Bacia do Alto do Rio Grande – MG. Lavras, UFLA, 2013. Cap. 2, p. 39. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).



SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; ZUCOLOTO, M. Distribuição espacial das frações granulométricas em um Latossolo Vermelho amarelo utilizando krigagem indicativa. *Engenharia na Agricultura, Viçosa*, v. 19, n. 3, p. 195-202, 2011.

SILVEIRA, P. M.; SILVA, J. H.; LOBO JUNIOR, M.; CUNHA, P. C. R. Atributos do solo e produtividade do milho e do feijoeiro irrigado sob sistema integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1170-1175, 2011.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C.; OLIVEIRA, I. A.; CUNHA, J. M.; SANTOS, L. A. C.; FONSECA, J. S.; SOUZA, Z. M. Atributos físicos do solo em áreas sob diferentes sistemas de usos na região de Manicoré, AM. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 59, n. 1, p.9-15, 2016.

TAVARES, U. E.; MONTENEGRO, A. A. A.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. S. S.; VICENTE, T. F. S.; ANDRADE, C. W. L. Variabilidade espacial da resistência à penetração e da umidade do solo em Neossolo Flúvico. *Water Resources and Irrigation Management, Cruz das Almas, BA*, v.3, n.2, p.79-89, 2014.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VIEIRA, M. J.; MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho – Escuro sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 19, n.7, p. 873 – 882, jul. 1995.