

AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DE UM LATOSSOLO VERMELHO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE USO E MANEJO

**Bruno Nunes Ferreira¹; Elton Fialho dos Reis²; Evandro Ferreira Silva dos
Santos³; Pedro Anízio Moreira Borges⁴.**

¹ Estudante de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Goiás. Anápolis-GO. E-mail: brunonunes2123@aluno.ueg.br

² Professor de Engenharia Agrícola – Universidade Estadual de Goiás. Anápolis-GO. E-mail: fialhoreis@ueg.br

RESUMO

Este estudo avaliou a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo ao longo do ano, com o objetivo de caracterizar a compactação do solo e suas variações sazonais. As coletas foram realizadas na Estação Experimental da EMATER em Anápolis (GO), empregando delineamento em parcelas subdivididas com quatro sistemas de manejo (Sistema de Plantio Direto, Plantio Convencional, Fruticultura e Área Nativa) e seis profundidades (0–10; 10–20; 20–30; 30–40; 40–50; 50–60 cm). A resistência à penetração (RP) foi mensurada com penetrômetro de impacto em quatro períodos de coleta, registrando-se também o teor de água no momento das medições. Os dados foram analisados por ANOVA e comparados pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Observou-se variação significativa entre sistemas e profundidades: a Área Nativa apresentou consistentemente menores valores de resistência à penetração, enquanto o Plantio Convencional e a Fruticultura apresentaram maiores RP, principalmente nas camadas superficiais (0–20 cm); a umidade influenciou as variações temporais da RP. Conclui-se que o tipo de manejo é determinante na compactação do solo e que a resistência à penetração constitui um indicador eficaz para o monitoramento da qualidade física do solo, subsidiando práticas de manejo mais sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

A compactação do solo é um dos principais problemas físicos que afetam a agricultura, pois reduz a macroporosidade, dificulta a infiltração de água, restringe a aeração e limita o crescimento radicular das plantas (CAMARGO; ALLEONI, 1997; REICHERT; SUZUKI; REINERT, 2007). Esse processo ocorre, sobretudo, nas camadas superficiais, em razão do tráfego de máquinas, do pisoteio animal e de práticas de manejo intensivas. O grau de compactação pode variar ao longo do tempo, influenciado principalmente pela sazonalidade climática e pelas condições de umidade do solo, tornando fundamental seu monitoramento em diferentes épocas do ano.

A resistência mecânica à penetração é um dos indicadores mais utilizados para avaliar a qualidade física do solo, pois permite medir de forma prática e rápida a dificuldade imposta ao crescimento radicular (SANTOS; LANÇAS, 1999; ALVAREZ, 2023). Valores elevados de resistência à penetração estão associados à redução da produtividade agrícola, uma vez que comprometem a absorção de água e nutrientes pelas culturas (CRUZ, 2021).

Dessa forma, compreender como diferentes sistemas de uso e manejo influenciam a compactação é essencial para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência à penetração de um Latossolo Vermelho, em distintas profundidades e épocas do ano, sob quatro sistemas de manejo: plantio direto, plantio convencional, fruticultura e área nativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo será sobre um Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), localizada na estação experimental da EMATER em Anápolis, GO, cuja localização geográfica é definida pelas coordenadas 16° 19' S e 48° 18' W, com altitude média de 980 m. Predomina na região de Anápolis o clima tropical de altitude, megatérmico, do tipo Aw conforme classificação de Köppen, com chuvas concentradas no verão (outubro-abril) e estação seca no inverno (maio- setembro).

Será adotado o delineamento em esquema fatorial em parcelas subdivididas, 4x3, onde as parcelas serão os Sistema Plantio Direto (SPD), Sistema de Plantio Convencional (SPC), Área Nativa (AN) e Fruticultura (FR) e as subparcelas será 6 profundidades (0,0 a 0,10 m, 0,10 a 0,20 m, 0,20 a 0,30 m, 0,30 a 0,40 m, 0,40 a 0,50 m e 0,50 a 0,60 m) com 3 repetições, compondo 12 tratamentos, com 4 repetições por tratamento, totalizando 72 unidades experimentais.

A resistência à penetração (RP) foi determinada com um penetrógrafo eletrônico Falker PLG 1020, com velocidade de penetração da haste mantida próxima a 30 mm s⁻¹, de acordo com a instrumentação do aparelho, seguindo-se as normas da ASAE S 313.2 (ASABE, 2006).

Os dados dos atributos físicos do solo serão submetidos à análise de variância, pelo teste de F, e quando significativas, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Como premissas, serão verificadas a homogeneidade das variâncias e a normalidade dos resíduos. As análises estatísticas serão realizadas com o programa computacional SISVAR 5.6 ® (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A compactação pode ser definida como sendo a alteração na estrutura física do solo de modo a reduzir os espaços internos que normalmente são ocupados por água e ar. Em decorrência disso, a disponibilidade desses elementos no solo torna-se reduzida, dificultando, assim, o bom desenvolvimento das culturas. A compactação, além de proporcionar restrição ao crescimento radicular, afeta a infiltração e a condutividade hidráulica, além de promover alterações nos processos químicos e biológicos no solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997).

Os resultados das análises estatísticas realizadas para avaliar a resistência à penetração (RP) do solo sob diferentes sistemas de manejo e em diversas profundidades. Os dados foram coletados em quatro momentos distintos (Coleta 1, Coleta 2, Coleta 3 e Coleta 4), e as análises de variância foram feitas através do Sisvar 5.6 (Ferreira, 2019), foram conduzidas para determinar os efeitos dos fatores Sistemas de Manejo: Sistema de Plantio Direto

- SPD, Sistema de Plantio Convencional - SPC, Fruticultura - FR e Área Nativa - AN e Camadas que se refere a profundidades do solo: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm e 40-60 cm, bem como a interação entre eles. Quando os efeitos foram significativos, o teste de Tukey foi aplicado para comparação de médias.

Conforme a Análise de Variância, os fatores ÁREA, REPETIÇÃO, CAMADA e a interação REPETIÇÃO*ÁREA apresentaram variação significativa ($Pr > F_c < 0.05$). Isso indica que tanto os sistemas de manejo quanto as profundidades, e a interação entre repetição e área, influenciam significativamente a resistência à penetração do solo nesta coleta.

Tabela 1. Análise estatística para diferentes sistemas de manejo.

SISTEMA DE MANEJO							
CAMADA	SPD		SPC		FR		NA
0-10	2558	A	2839	AB	2238	AB	728 C
10-20	2516	AB	2533	AB	2294	AB	1417 CB
20-30	2284	AB	2581	A	2680	A	1514 AB
30-40	1600	ABC	2092	ABC	2065	ABC	1376 AB
40-50	1344	BC	1838	BC	1891	BC	1215 AB
50-60	1179	C	1450	C	1557	C	1068 A

Fonte: Autor.

A Tabela 1 detalha os valores médios de resistência à penetração (RP) do solo, expressos em MPa, para diferentes sistemas de manejo e camadas de profundidade. Os sistemas de manejo avaliados incluem Sistema de Plantio Direto (SPD), Sistema de Plantio Convencional (SPC), Fruticultura (FR) e Área Nativa (AN). As camadas de profundidade analisadas são 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm e 50-60 cm.

Os resultados apresentados na Tabela 1 são acompanhados por letras que indicam a significância estatística, conforme o teste de Tukey. Letras diferentes dentro da mesma linha ou coluna (dependendo da comparação) indicam diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

De forma geral, a Tabela 1 revela que a Área Nativa (AN) consistentemente apresenta os menores valores de resistência à penetração em todas as profundidades, o que sugere uma menor compactação do solo neste sistema. Em contraste, os sistemas de Plantio Convencional (SPC) e Fruticultura (FR) tendem a apresentar valores mais elevados de RP, especialmente nas camadas mais superficiais, refletindo o impacto das práticas de manejo intensivas na estrutura do solo. A variação da resistência à penetração com a profundidade também é evidente, com as camadas mais superficiais geralmente exibindo maior RP, que tende a diminuir em profundidades maiores, especialmente na Área Nativa. A compactação do solo é uma alteração estrutural que promove a reorganização das partículas e de seus agregados, podendo limitar a adsorção e a movimentação de água e nutrientes.

Tabela 2. Análise estatística de resistência a penetração para diferentes áreas.

MÉDIAS DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO PARA DIFERETES ÁREAS								
	COLETA 1		COLETA 2		COLETA 3		COLETA 4	
A 1	2046	C	2473	C	2367	C	1149	C
A 2	1942	B	2273	B	2364	B	1260	B
A 3	2447	A	2978	A	2551	A	1529	A
A 4	1217	D	1165	D	1203	D	939	D

Fonte: Autor.

A Tabela 2 apresenta as médias de resistência à penetração (RP) para diferentes áreas (identificadas como A 1, A 2, A 3 e A 4) em quatro momentos distintos de coleta (Coleta 1, Coleta 2, Coleta 3 e Coleta 4). Assim como na Tabela 1, as letras (A, B, C, D) indicam a significância estatística das diferenças entre as médias dentro de cada coleta, utilizando o teste de Tukey.

Conforme a Tabela 2 o teste de Tukey foi aplicado para ÁREA mostrou que a Área Nativa – AN apresentou a menor resistência à penetração. Para a primeira coleta o fator CAMADA apresentou a menor média de resistência à penetração, diferindo estatisticamente dos demais. As camadas de 0-10cm e 10-20cm apresentaram as maiores médias, enquanto as camadas de 40-50cm e 50-60cm apresentaram as menores médias. Na segunda coleta, a camada de 0-10cm teve a maior média, enquanto a camada 50-60cm. Na terceira coleta, a camada de 20-30 apresentou a maior média, enquanto a camada de 50-60cm teve a menor. Por tanto, na quarta coleta o fator CAMADA, apresentou valores para a camada de 0-10cm a menor média, enquanto a camada 20-30cm apresentou o maior valor médio.

Observa-se na Tabela 2 que a Área A3 consistentemente apresenta os maiores valores de resistência à penetração em todas as coletas, indicando que esta área é a mais compactada. Por outro lado, a Área A4 demonstra os menores valores de RP em todas as coletas, sugerindo que esta área possui a menor compactação. As Áreas A1 e A2 apresentam valores intermediários, com variações entre as coletas.

É importante notar que a análise de variância revelou que os fatores ÁREA, REPETIÇÃO, CAMADA e a interação REPETIÇÃO*ÁREA apresentaram variação significativa ($Pr > F_c < 0.05$). Isso reforça a ideia de que tanto os sistemas de manejo (representados pelas áreas) quanto as profundidades (camadas) e a interação entre repetição e área influenciam significativamente a resistência à penetração do solo.

A Tabela 2, complementa a Tabela 1, que detalha a RP por sistema de manejo e camada, fornecendo uma visão mais abrangente da dinâmica da compactação do solo ao longo do tempo e em diferentes locais. A resistência mecânica do solo à penetração pode limitar o crescimento do sistema radicular e a produtividade das plantas.

MÉDIA DE RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

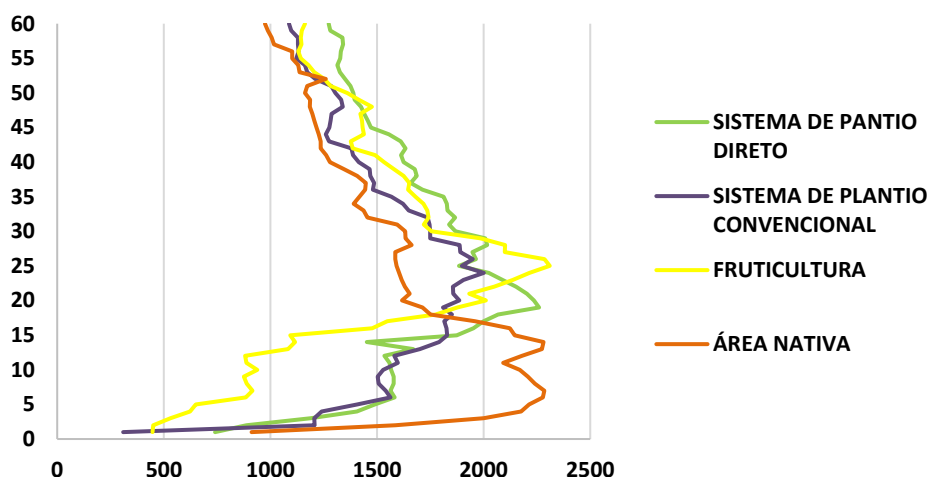


Figura 1: Média de Resistência a penetração para diferentes tipos de manejo.
Fonte: Autor.

O gráfico, apresenta a resistência à penetração (RP) média para cada um dos sistemas de manejo avaliados: Sistema de Plantio Direto (SPD), Sistema de Plantio Convencional (SPC), Fruticultura (FR) e Área Nativa (AN). O eixo X representa os valores de resistência à penetração, enquanto o eixo Y parece indicar a profundidade ou alguma outra métrica relacionada à coleta. Este gráfico visualiza de forma clara as diferenças na compactação do solo entre os sistemas de manejo, reforçando as observações feitas na Tabela 1. É possível inferir que a Área Nativa mantém os menores níveis de compactação, enquanto os sistemas de manejo mais intensivos, como o Plantio Convencional e a Fruticultura, apresentam maiores valores de RP

VALORES MÉDIO DA UMIDADE DO SOLO

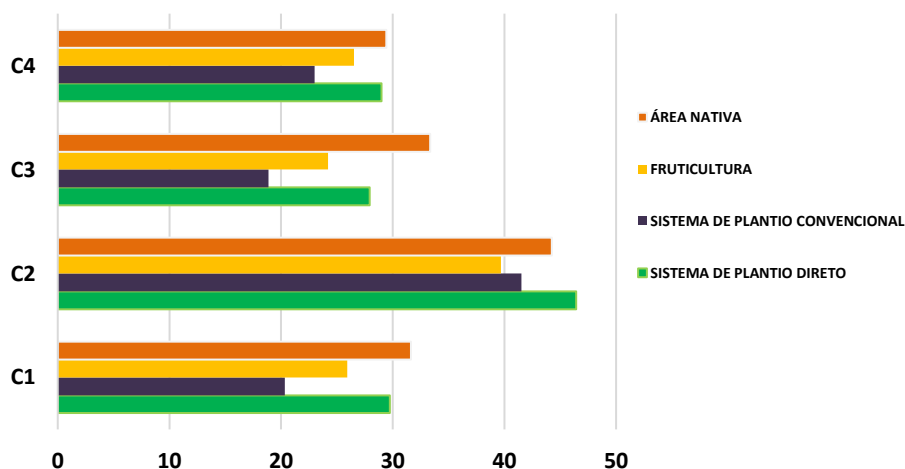


Figura 2: Valores médio da umidade do solo para diferentes áreas coletadas.
Fonte: Autor.

O gráfico, ilustra a umidade média do solo para cada sistema de plantio Área Nativa, Fruticultura, Sistema de Plantio Convencional e Sistema de Plantio Direto em relação às quatro coletas C1, C2, C3 e C4. Este gráfico é fundamental para entender como a umidade do solo pode influenciar a resistência à penetração, uma vez que solos

mais úmidos tendem a apresentar menor resistência.

Observa-se em todos os solos a dependência da RP com o teor de água do solo, ou seja, à medida que se aumenta o teor de água, diminui-se a RP, e vice-versa. Resultados semelhantes foram observados por CUNHA et al. (2002) e SANTOS & LANÇAS (1999).

Os resultados obtidos neste estudo buscam correlacionar as variações na resistência à penetração do solo com os diferentes sistemas de manejo e profundidades. A compactação do solo é um fator crítico que afeta diretamente o desenvolvimento radicular das culturas e a produtividade agrícola, sendo influenciada pelas práticas de manejo adotadas.

A análise de variância revelou que o fator CAMADA foi consistentemente significativo em todas as quatro coletas, indicando que a resistência à penetração do solo varia significativamente com a profundidade. Este achado corrobora a literatura que aponta a influência da profundidade na compactação do solo, com diferentes camadas apresentando distintos níveis de resistência.

Especificamente, as camadas mais superficiais (0-10 cm e 10-20 cm) frequentemente apresentaram as maiores médias de resistência à penetração em algumas coletas, enquanto as camadas mais profundas (40-60 cm) tenderam a ter menores valores ou a não diferir significativamente entre os sistemas de manejo, como observado na análise estatística. Isso sugere que as camadas mais superficiais são mais suscetíveis à compactação devido ao tráfego de máquinas e ao manejo do solo, enquanto as camadas mais profundas podem refletir condições mais estáveis e menos alteradas ao longo do tempo.

Em todas as coletas, o fator ÁREA também se mostrou estatisticamente significativo, para as quatro coletas de valores de resistência a penetração. O teste de Tukey indicou que a Área Nativa (AN) apresentou a menor resistência à penetração em comparação com os outros sistemas de manejo.

Por outro lado, o Sistema de Plantio Convencional (SPC) e a Fruticultura (FR) apresentaram, em geral, maiores valores de resistência à penetração, especialmente em camadas específicas. O preparo convencional do solo, com aração e gradagem, degrada a estrutura do solo, reduz a matéria orgânica e pode formar uma camada compactada comumente chamada de “pé-de-grade” abaixo da zona de preparo (15-30 cm). Embora meus dados não mostrem diretamente um pé-de-grade em uma camada específica em todas as coletas, a tendência de maior RP em sistemas mais intensivos é evidente. A fruticultura, com o uso contínuo de maquinário, também contribui para a compactação do solo, especialmente nas camadas superficiais.

As camadas mais profundas (40-60 cm), que não foram revolvidas ao longo dos anos, podem servir como parâmetros para monitorar o aumento da resistência ao longo do perfil do solo. A estabilidade desses valores em profundidade, independentemente do manejo superficial, indica que a compactação é um fenômeno que se manifesta predominantemente nas camadas diretamente influenciadas pelas práticas agrícolas.

4. CONCLUSÃO

A resistência à penetração do solo varia significativamente com a profundidade em todas as coletas, com as camadas mais superficiais (0-10 cm e 10-20 cm) apresentando, em geral, maiores valores de RP.

O sistema de manejo influenciou significativamente a resistência à penetração em todas as coletas, com a Área Nativa (AN) apresentando consistentemente os menores valores de RP, indicando menor compactação.

Os sistemas de Plantio Convencional (SPC) e Fruticultura (FR) tendem a apresentar maiores valores de resistência à penetração, especialmente nas camadas mais superficiais, devido às práticas de manejo que promovem a compactação.

As camadas mais profundas (40-60 cm) podem ser utilizadas como referência para monitorar a compactação do solo, uma vez que são menos afetadas pelas práticas de manejo superficial.

5. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, B. M. *O uso da resistência à penetração como indicador de qualidade física de solo*. 2023. Repositório IFRS. Disponível em: <https://repositorio.ifrs.edu.br/handle/123456789/1300>.

ASABE – American Society of Agricultural and Biological Engineers. *Soil cone penetrometer*. ASAE Standard S313.2. St. Joseph, 2006. p. 903-904.

CAMARGO, O. A. de.; ALLEONI, L. R. F. *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1997. 132 p.

CRUZ, J. N. *Avaliação da compactação do solo e resistência à penetração em diferentes usos dos solos na região Oeste da Bahia*. 2021. Saber Aberto UNEB. Disponível em: <https://saberaberto.uneb.br/handle/20.500.11896/2156>.

CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; MARTINS, D. *Classificação climática para o município de Botucatu - SP, segundo Köppen*. SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. Anais... Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 487-491.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: Solos, 2006. 306p.

FERREIRA, D. F. *Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs*. Revista Brasileira de Biometria, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L.; REINERT, D. J. *Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, n. 3, p. 429-442, 2007. Disponível em: https://www.academia.edu/download/46310103/2007_Reichert_et_al._2007_-_Compactacao_do_solo_em_sistemas_agropecuarios_e_florestais.pdf.

SANTOS, C. A. dos; LANÇAS, K. P. *Projeto e construção de um penetrômetro hidráulico-eletrônico*. Energia na Agricultura, Botucatu, v. 14, n. 4, p. 55-61, 1999.

2º ENPEAG 38º CONEEAGRI

2º Encontro Nacional dos Profissionais
de Engenharia Agrícola & 38º Congresso
Brasileiro de Estudantes de Engenharia
Agrícola, Engenharia Agrícola e Ambiental
e Engenharia de Biosistemas

