

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO, SOB INFLUÊNCIA DO MANEJO CONVENCIONAL E ORGÂNICO

Elzelayne Araujo Santos, Heloísa da Silva Barbosa Gomes, Matheus Henrique da Silva, Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho

Instituto Federal do Espírito Santo, campus Ibatiba, Núcleo de Estudos em Agroecologia e Produção Orgânica, R. Sete de novembro, 40 – Centro, Ibatiba/ES – Brasil, 29395-000,
elzelayne18@gmail.com, heloisa2gomes@gmail.com, matheushenriquema023@gmail.com,
acarvalho@ifes.edu.br

Resumo

Este estudo comparou as características físicas do solo em três sistemas de cultivo de café na Microrregião do Caparaó/ES, incluindo um sistema convencional e dois orgânicos. Foram avaliados parâmetros como textura, densidade, umidade, porosidade e estabilidade dos agregados (DMP e DMG). Os resultados revelaram que, apesar de todos os solos serem classificados como textura média, o sistema orgânico A2 apresentou a menor densidade do solo (1,06 kg dm⁻³) e maior porosidade, influenciado pelo maior teor de argila. A área A3 destacou-se pela maior retenção hídrica, associada à maior proporção de argila e silte. A análise estatística mostrou ausência de diferenças significativas nos parâmetros de densidade, porosidade, DMP e DMG entre as áreas, sugerindo uma uniformidade causada pelas práticas de manejo. No entanto, ajustes específicos no manejo devem ser considerados para otimizar a sustentabilidade a longo prazo e a produtividade agrícola, considerando as particularidades granulométricas de cada área.

Palavras-chave: Estabilidade de agregados, manejo do solo, sustentabilidade agrícola.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma. Agronomia.

Introdução

Quando se discute a sustentabilidade da produção agrícola, destacam-se dois aspectos principais: o uso do solo na agricultura tradicional, com preparo contínuo, e a degradação das pastagens. Na agricultura, a prática do monocultivo e a adoção de técnicas culturais inadequadas, como o preparo tradicional do solo com ações repetitivas de grades, têm levado à redução da produtividade, à degradação do solo e ao comprometimento dos recursos naturais (Macedo, 2009). O cultivo altera as características físicas do solo. A diminuição do tamanho e volume dos macroporos, a taxa de infiltração de água no solo, a resistência à radiação e a densidade demonstram as principais mudanças. (Souza *et al*, 2004).

De acordo com Stefanosk *et al*. (2013), os atributos mais relevantes como indicadores de qualidade física do solo (QFS) são a profundidade efetiva de enraizamento, a porosidade total, a distribuição e o tamanho dos poros, a distribuição do tamanho das partículas, a densidade do solo, a resistência do solo à penetração das raízes, o índice de compressão e a estabilidade dos agregados.

A classificação textural está relacionada ao tamanho das partículas, onde algumas frações são mais propensas à erosão do que outras (Barros; Santos, 2023). Essa característica do solo é essencial para sua coesão, estabilidade dos agregados e permeabilidade. As partículas maiores criam mais espaços vazios e resistem melhor à remoção pela chuva devido ao seu peso, embora tenham pouca capacidade de formar agregados. Já as partículas menores são mais coesas devido à sua maior superfície específica. É sabido que a areia fina e o silte são mais vulneráveis à erosão, enquanto a argila, apesar de dificultar a infiltração, é mais resistente à remoção, especialmente quando formam agregados (Barbosa, 2022). No entanto, a combinação das diferentes frações granulométricas com outras características do solo, como a matéria orgânica, é que determinará sua susceptibilidade à erosão (Hernani, 2021).

A densidade do solo é a relação entre a massa e o volume total de uma unidade de solo seco, esse parâmetro afeta diretamente a porosidade do solo e o espaço disponível para infiltração de água e retenção de raízes, uma vez que a compactação excessiva do solo com alta densidade pode atrapalhar a circulação de ar e água e o crescimento das raízes (Lier, 2016).

Neste sentido, o objetivo principal é avaliar os parâmetros físicos do solo em diferentes sistemas de manejo agrícola na Microrregião do Caparaó/ES, sendo eles, textura, porosidade total, estabilidade dos agregados, densidade do solo, visando entender suas implicações na qualidade do solo e na sustentabilidade dos agroecossistemas familiares, compreender suas características e propriedades, identificando impactos no manejo que afetam recursos naturais, produtividade e renda agrícola. Busca-se conscientizar as comunidades rurais para adotar práticas de manejo que melhorem a qualidade de vida, produtividade e renda familiar a longo prazo.

Metodologia

Foram estudadas amostras de solo de 3 sistemas de cultivo de café, sendo 1 sistema que faz o manejo convencional e 2 sistemas orgânicos, localizados na região sul do estado do Espírito Santo, as características de cada sistema estão descritas no quadro 1 a seguir.

Quadro 1. Características dos sistemas de uso e manejo do solo

| Sistema | Símbolo | Histórico de uso e manejo |
|-----------------------|---------|--|
| Café 1 - convencional | A1 | Lavoura de café Arábica Catuai Vermelho, espaçamento 2 x 1,5 m. O manejo é feito de forma convencional, com aplicação de produtos químicos e capina mecânica. Localizada no Córrego Carangola em Ibatiba/ES. |
| Café 2 - orgânico | A2 | Lavoura de Café Arábica das variedades Catuai Vermelho e Mundo Novo consorciado com banana, espaçamento 4 x 1 m. Há 3 anos não faz aplicação de produtos químicos, recebendo apenas a matéria orgânica proveniente das bananeiras. Localizada no Córrego das Perobas em Ibatiba/ES. Observa-se a presença de muitas plantas de Trapoeraba e Braquiária. |
| Café 3 - orgânico | A3 | Lavoura de Café Arábica da variedade Catuai 144, espaçamento 3 x 1 m. Não faz aplicação de produtos químicos há 7 anos, o manejo é realizado com roçagem e aplicação de dessecante orgânico, fertilizante organomineral e palha de café. Localizada no Córrego Burro Frouxo em Irupi/ES. Observa-se a presença de muitas plantas de Trapoeraba e Braquiária. |

Tabela 1: Descrição e caracterização das áreas estudadas.
Fonte: Autores, 2024.

Os procedimentos de amostragem e análise seguiu a metodologia da EMBRAPA (2017). Utilizaram-se amostras deformadas, em cada área foram coletadas três repetições de amostras deformadas em diferentes profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm. Isso totalizou um conjunto de 27 amostras, escolhidas de forma aleatória. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados até a chegada no laboratório. Após a chegada, as amostras foram mantidas à sombra até a terra atingir o ponto de friabilidade, deixando secar ao ar.

As análises foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba. A partir do bloco coletado no campo, foram fragmentados manualmente após atingir a friabilidade, observando-se os pontos de fraqueza, para que toda a amostra fosse fracionada e transpasse nas peneira com malha 2,00mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), posteriormente as amostras foram acondicionadas em recipientes de plásticos para a realização da análise de umidade.

Para a determinação da umidade atual do solo, foi colocada a amostra de TFSA em lata de alumínio numerada e de peso conhecido, pesou-se a amostra e transferiu para estufa a 105 °C, deixando nesta condição durante 24 horas, retirou-se da estufa colocando em dessecador até esfriar e pesou-se para a realização dos cálculos.

Foi calculada a umidade (h) do solo pela razão entre a massa da água (Ma) contida num certo volume de solo e a massa da parte sólida (Ms) existente nesse mesmo volume, conforme a equação 1 (Caputo; Caputo, 2017).

$$h(\%) = \frac{(MS - Ma)}{Ms} \cdot 100 \quad (1)$$

Para análise da estabilidade dos agregados, determinação por via seca. Os cálculos para diâmetro médio ponderado seguiram a EMBRAPA (2017) equação 2, e o diâmetro médio geométrico (DMG) mostra o tamanho mais frequente dos agregados, foi calculado segundo Castro Filho (2002), de acordo com a equação 3:

$$DMP = \sum_{i=1}^n (xi \cdot wi) \quad (2)$$

$$DMG = EXP \sum_{i=1}^N Wp \cdot \log xi / \sum_{i=1}^N Wi$$

Em que:

wi = proporção de cada classe de agregados em relação ao total (%);

xi = diâmetro médio de cada classe de agregados (mm).

Wp = peso dos agregados de cada classe (g);

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método da proveta, corrigida pelo fator “f” de correção de umidade com a equação 4.

$$D_s = \frac{m \cdot f}{V} \quad (4)$$

A densidade de partículas (Dp) foi determinada pelo método do balão volumétrico, para posterior determinação da porosidade total do solo pelo método indireto, onde relaciona a densidade do solo com a densidade de partículas segundo a equação 5.

$$D_p = \frac{m_a}{V_T - V_u} \quad (5)$$

A porosidade total (PT) foi calculada a partir da relação entre a densidade do solo (Ds) e a densidade de partículas (Dp), através da equação 6:

$$P_T = \frac{1 - D_s}{D_p} \quad (6)$$

Para caracterização textural do solo, utilizou-se triângulo textural, por meio da porcentagem da distribuição das frações minerais obtidas com a análise granulométrica.

Os dados obtidos após as análises em laboratório foram submetidos à análise de variância e ao teste de comparação de médias, pelo teste de Tukey (p< 0,05), utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados

A classe textural das áreas foi classificada como textura média, no entanto, a A2 apresentou a maior proporção de argila entre as áreas. As áreas 2 e 3 foram classificadas, com maiores proporções de areia.

A análise de variância indicou que não houve interação significativa entre os fatores de profundidade e área para os parâmetros DMG e DMP ao nível de 5% de significância (Tabela 1).

Isso sugere que as variações nos diâmetros médios geométrico e ponderado do solo são consistentes entre as áreas, sendo a A1 sob manejo convencional com menor DMP e DMG independentemente da profundidade, o que pode refletir a homogeneidade das práticas de manejo do solo aplicadas nas diferentes áreas estudadas.

Tabela 1 – Dados dos parâmetros físicos diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado das três áreas; granulometria do solo representado pelos teores de argila, silte e areia (%) e; a classe textural (EMBRAPA) dos solos nos três agroecossistemas.

| Área | DMG | DMP | Argila (%) | Silte (%) | Areia (%) | Classe Textural (EMBRAPA) |
|--------|--------|--------|------------|-----------|-----------|---------------------------|
| A1 | 4,21 a | 4,28 a | 33,1 | 5,1 | 61,8 | Textura média |
| A2 | 4,23 a | 4,29 a | 38,4 | 6,0 | 55,36 | Textura média |
| A3 | 4,25 a | 4,32 a | 33,2 | 2,86 | 63,7 | Textura média |
| CV (%) | 2.71 | 1.70 | | | | |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não se diferenciam entre si;
Fonte: Autor, 2024.

A análise estatística revelou que não houve interações significativas entre fatores de variação área e profundidade. Não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros de densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total (Tabela 2).

Tabela 2: Cálculo dos parâmetros físicos densidade do solo, umidade volumétrica, umidade gravimétrica, densidade de partícula e porosidade total, das três áreas estudadas.

| Área | Ds (Kg dm ⁻³) | CVA (m ³ m ⁻³) | CGA (Kg Kg ⁻¹) | Dp (Kg dm ⁻³) | PT (m ³ m ⁻³) |
|-----------|---------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Café - A1 | 1.20 a | 0.20 a | 0.17 a | 2.65 a | 0.55 a |
| Café - A2 | 1.06 a | 0.21 a | 0.20 a | 2.51 a | 0.63 a |
| Café - A3 | 1.16 a | 0.26 a | 0.22 a | 2.52 a | 0.56 a |
| CV (%) | 10.48 | 25.55 | 18.95 | 8.11 | 14.24 |

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si.
Fonte: Autor, 2024.

Discussão

O menor valor de densidade do solo foi encontrado para A2, com densidade de 1,06 kg dm⁻³. Este resultado pode ser explicado porque esta área possui uma textura média, com uma maior proporção de argila e menor proporção de areia, diferindo das demais, a argila possui uma relação negativa com a densidade do solo, à medida que o teor de argila aumenta existe uma diminuição na densidade do solo, que tende a ser menos compactado e, portanto, mais porosos (Marcolin; Klein, 2011).

Comparando o valor crítico de 1,55 Kg dm⁻³ para solo com textura média todas três áreas estão abaixo do valor crítico, uma vez que ultrapasse esse valor há uma probabilidade da compactação do solo inibir o crescimento radicular das plantas, segundo Reichert *et al.* (2007).

A umidade volumétrica (CVA) e gravimétrica (CGA) também mostraram variação entre as áreas, com A3 apresentando os maiores valores de umidade. Esse resultado pode ser explicado pela maior capacidade de retenção de água associada à maior proporção de argila e silte nesta área, corroborando os achados de estudos anteriores que relacionam a granulometria fina do solo com uma maior capacidade de retenção hídrica. A umidade volumétrica está relacionada ao volume de água retido no solo e é um indicador crucial da disponibilidade de água para as plantas (Kopp, 2023).

Solos com maior teor de argila tendem a reter mais água devido à maior quantidade de microporos, que são responsáveis pela retenção de água contra a gravidade.

A Pt na A2 é maior deve-se à presença de raízes nos agroecossistemas, por ser uma camada preparada as raízes tendem a concentrar-se mais nela (Reichert *et al.*, 2009).

A análise da estabilidade dos agregados também é usada para examinar o impacto do sistema radicular da planta na estrutura do solo. De acordo com, Brandão e Silva (2012) uma das etapas de formação de agregados do solo é a presença de raízes que favorecem a formação e a estabilização dos agregados do solo quando comparada com locais onde não há presença de raízes, e que o teor de água adequado do solo contribuiu para maiores valores agregados, o que explica os valores de DMP e DMG serem maiores na A3, uma vez que a lavoura esta localizada próxima a uma nascente, bambuzal e bananeiras, há presença de muitas plantas de Trapoeraba e Braquiária.

Em solos que contêm cobertura vegetal, os macroagregados geralmente são estabilizados pelas raízes e hifas no qual estão associados (Moreira, 2006). O papel desempenhado pelas raízes na formação e estabilidade dos agregados do solo é enfatizado por Salton *et al.* (2008), que descreve também a região rizosférica como local de intensa aglomeração juntamente com atividade de hifas fúngicas microscópicas que aumentam a estabilidade dos agregados. Devido ao resultado do sistema radicular denso das gramíneas favorecendo a proximidade dos componentes do solo, os grãos contribuem diretamente para a formação dos agregados (Truber, 2013).

Conclusão

Os resultados indicam que, embora as três áreas compartilhem uma classificação textural semelhante, há diferenças importantes nas propriedades físicas e na granulometria do solo que podem impactar negativamente o manejo agrícola. A ausência de diferenças significativas nos parâmetros de densidade do solo e porosidade entre as áreas sugere que as práticas de manejo atuais podem estar contribuindo para a uniformidade dessas propriedades, mas o manejo específico deve ser adaptado às características granulométricas de cada área para otimizar a produtividade agrícola e a sustentabilidade do uso do solo.

Referências

BARBOSA, K. N. A. **Especialização de granulometria de solo em lato solo vermelho em Ceres (GO)**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Bacharelado em Agronomia) Instituto Federal Goiano – Campus Ceres, 2022.

BARROS, G. S.; SANTOS, L. E. **Análise sedimentológica das nascentes Minador e Pau Ferro do município de Olho d'Água do Casado, Alagoas**. Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Bacharelado em Geografia) Instituto de Geografia Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Alagoas, 2023.

BRANDÃO, E. D.; SILVA, I. F. Formação e estabilização de agregados pelo sistema radicular de braquiária em um Nitossolo Vermelho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1193-1199, jul, 2012.

CASTRO FILHO, C. Atributos do solo avaliados pelos seus agregados. In: MORAES, M. H.; MÜLLER, M. M. L.; FOLONI, J. S. S. **Qualidade física do solo: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: Funep, 2002. p.21-46.

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 2017. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 573p. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 20 de mai. 2024.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2017. 573p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085209/manual-de-metodos-de-analise-de-solo>. Acesso em: 01 de junho de 2024.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. Ciência e agrotecnologia, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cagro/a/yjKLJXN9KysfmX6rvL93TSh/abstract/format=html&lang=pt&stop=previ> ous. Acesso em: 26 mai. 2024.

HERNANI, L. C. Agregação do solo. Portal Embrapa Solos, 2021.

KOPP, J. Intervalo hídrico ótimo do solo em área sob sistema de plantio direto consolidado. 2023.

LIER, Q. J. V. Física do solo. Viçosa - Minas Gerais: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 298 p

Macedo, M. C. M. Integração lavoura pecuária: O estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MARCOLIN, C. D.; KLEIN, V. A. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum**. Agronomy, Maringá, v. 33, n. 2, p. 349-354, jun. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asagr/a/FYDpW7pWXWTP6tccWNCP3Mz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 jun. 2024.

MOREIRA, F. M. S.; MOREIRA, O. Microbiologia e bioquímica do solo. 2006

REICHERT, J.M.; SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; HORN, R.; HAKANSSON, I. (2009). "Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils." **Soil and Tillage Research**, 102(2): 242-254.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 5, p. 49-134, 2007.

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C., FABRÍCIO, A. C.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 11-21, 2008

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v. 17, p. 1301-1309, 2013.

SOUZA, Z.M de; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 937-944, 2004.

TRUBER, P. V.. Agregação do solo e ocorrência de fungos micorrízicos arbusculares em sistemas de rotação de culturas. 2013.

Agradecimentos

Ao IFES e à FAPES pelas bolsas de iniciação científica dos estudantes e também pelo apoio ao orientador no Programa Pesquisador de Produtividade - PPP, Edital PRPPG n.º 15/2022.