CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE SOLOS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO EM ÁREAS CAFEEIRAS NO CAPARAÓ/ES

Autores: Thays Camilo Souza[1], Arnaldo Henrique de Oliveira Carvalho[2].

[1]Instituto Federal de Educação e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Ibatiba/ Núcleo de Estudos em Agroecologia e Educação Ambiental, Avenida 7 de Novembro, 40, Centro - 29395-000 - Ibatiba-ES, Brasil, cs_thays@outlook.com, acarvalho@ifes.edu.br.

Resumo

A qualidade física do solo está relacionada à sustentabilidade dos sistemas agrícolas e pode ser influenciada pelo uso e manejo das áreas. Este trabalho avaliou atributos físicos do solo em três áreas de monocultivo de café na microrregião do Caparaó, com diferentes manejos e períodos de implantação. Foram avaliadas a textura, umidade, densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total e estabilidade dos agregados. A Área 1 apresentou manejo orgânico desde 1998, a Área 2 manejo convencional desde 2016 e a Área 3 manejo orgânico desde 2021. Foram observadas diferenças nas umidades, enquanto densidade e porosidade não diferiram estatisticamente. A Área 1 apresentou maior estabilidade dos agregados, e as Áreas 1 e 3 apresentaram textura média, enquanto a Área 2 apresentou textura arenosa/média. Conclui-se que o manejo, o tempo de implantação e as características do solo estão relacionados às diferenças observadas, reforçando a importância do acompanhamento dos atributos físicos para a conservação do solo.

Palavras-chave: Qualidade do solo. Sistemas de manejo. Cafeicultura. Estabilidade de agregados.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias. Agronomia.

Introdução

A qualidade do solo é um dos principais indicadores da sustentabilidade de agroecossistemas, especialmente em regiões onde a produção agrícola exerce forte pressão sobre os recursos naturais (FERREIRA, 2005). Na microrregião do Caparaó, a cafeicultura representa uma atividade econômica de grande relevância, sendo conduzida sob diferentes sistemas de uso e manejo que influenciam diretamente os atributos físicos do solo (ABDALLAH, 2010).

Entre os atributos utilizados na avaliação da qualidade física do solo, destacam-se a textura, a densidade do solo, a densidade de partículas, a porosidade total, a umidade e a estabilidade dos agregados (RIBEIRO, 2025). A textura, determinada pela proporção de areia, silte e argila, exerce influência sobre a retenção e movimentação da água e sobre a organização dos poros (ASSUNÇÃO; *et al.,* 2024). Já a densidade, a porosidade e a umidade permitem caracterizar as condições físicas do solo, enquanto a estabilidade dos agregados está relacionada à manutenção de sua estrutura (XAVIER; *et al.,* 2006).

As práticas de manejo podem modificar as características físicas do solo, especialmente por meio da alteração da cobertura, do aporte de resíduos orgânicos e das condições estruturais (VALANI, 2016). Assim, a avaliação conjunta desses fatores permite uma compreensão mais adequada das condições físicas dos solos sob cultivo de café (FIORESE, 2019). Nesse contexto, a avaliação de áreas sob diferentes sistemas de manejo e tempos de implantação torna-se fundamental para a compreensão da dinâmica dos atributos físicos do solo (NOGUEIRA, *et al.,* 2025).

Assim, foram avaliadas três áreas de cultivo de café localizados na região sul do Espírito Santo, com características distintas, uma lavoura implantada em 1998 sob manejo orgânico, representando um sistema mais consolidado; uma área de 2016 conduzida sob manejo convencional; e uma lavoura mais recente, implantada em 2021, também sob manejo orgânico. A análise dessas áreas possibilita identificar padrões de alteração nos atributos físicos do solo em função do manejo e do tempo de adoção do sistema.

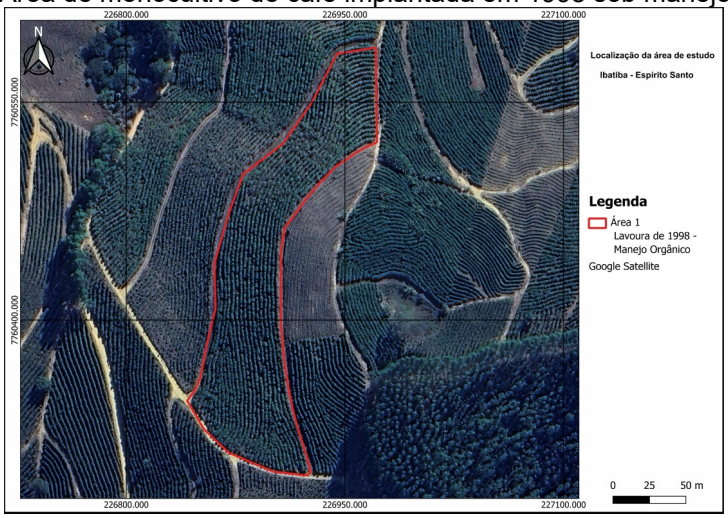
Diante disso, o presente estudo tem como objetivo avaliar os atributos físicos do solo em áreas de monocultivo de café sob diferentes sistemas de uso e manejo, considerando parâmetros como densidade, porosidade, umidade, classificação textural e estabilidade de agregados, visando compreender os efeitos do manejo na conservação estrutural do solo e na sustentabilidade dos agroecossistemas.

Metodologia

O estudo foi conduzido na microrregião do Caparaó, as 3 áreas coletadas estão localizada no município de Ibatiba 20º14’04”S; 41º30’37”O (INCAPER, 2023), em áreas de monocultivo de café submetidas a diferentes sistemas de manejo.

A Área 1 localizada nas coordenadas geográficas 20°14'06.4"S 41°36'52.2"W, corresponde a uma lavoura de café implantada em 1998 (Figura 1), conduzida sob manejo orgânico. Nesse sistema, prioriza-se o uso de práticas sustentáveis, com menor utilização de produtos químicos e maior adição de matéria orgânica ao solo.

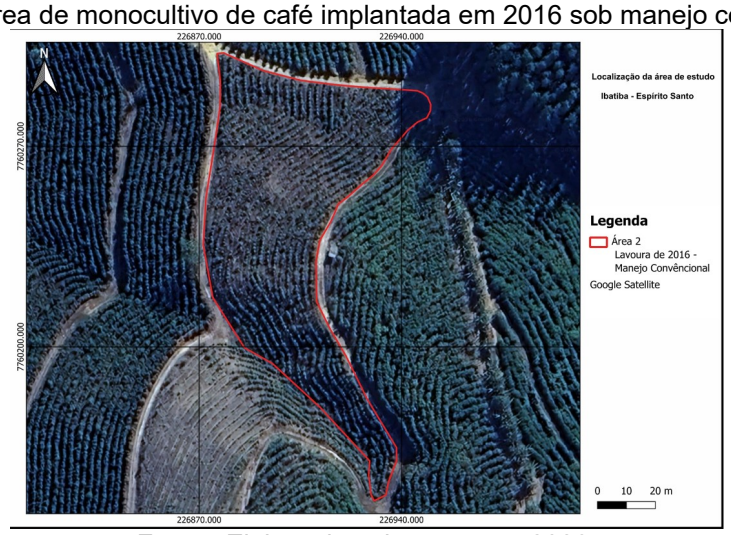
Figura 1: Área de monocultivo de café implantada em 1998 sob manejo orgânico.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Na figura 2 a Área 2 corresponde a uma lavoura de café implantada em 2016, conduzida sob manejo convencional, localizada 20°14'08.0"S 41°36'50.4"W. Nesse sistema, são utilizados fertilizantes químicos, defensivos agrícolas e operações mecanizadas para manutenção da cultura.

Figura 2: Área de monocultivo de café implantada em 2016 sob manejo convencional.

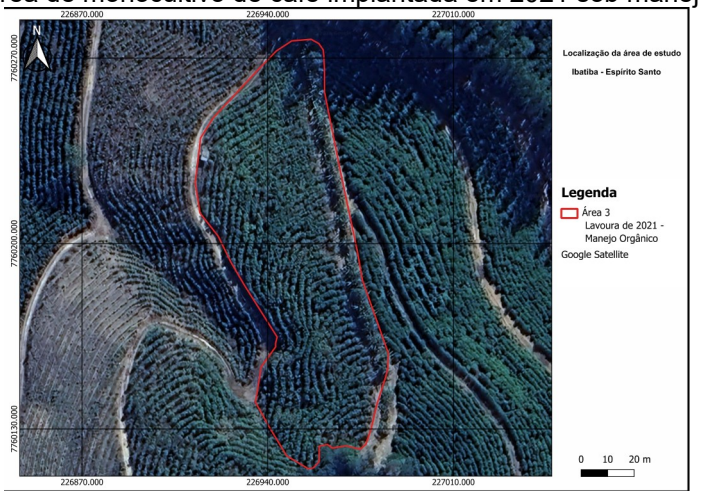


Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

A Área 3 corresponde a uma lavoura de café implantada em 2021, conduzida sob manejo orgânico. Por ser uma área de implantação recente localizada nas coordenadas geográficas 20°14'13.3"S 41°36'49.1"W, e apresenta menor tempo de interferência agrícola sobre o solo. O manejo orgânico

adotado busca preservar as características físicas e biológicas do solo, favorecendo a manutenção da sua qualidade e estrutura.

Figura 3: Área de monocultivo de café implantada em 2021 sob manejo orgânico.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

As coleta e as análises das amostras foram realizadas conforme os procedimentos descritos pela EMBRAPA (2017). Foram obtidas 27 amostras deformadas, distribuídas em três repetições por área, nas profundidades de 0–10 cm, 10–20 cm e 20–30 cm, definidas de forma aleatória dentro das áreas. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e mantidas, em ambiente sombreado até atingirem o ponto de friabilidade, sendo posteriormente secas ao ar.

As análises laboratoriais foram conduzidas no Laboratório de Ciências Ambientais do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba. Após o período de secagem, os blocos de solo foram destorroados manualmente, respeitando os pontos naturais de fraqueza, até obtenção de uma subamostra homogênea e representativa.

A estabilidade de agregados foi determinada por via seca, utilizando peneiramento para separação das classes de agregados. O Diâmetro Médio Ponderado (DMP) foi calculado conforme a metodologia proposta pela EMBRAPA (2017), enquanto o Diâmetro Médio Geométrico (DMG), utilizado para representar a classe de agregados de maior ocorrência, foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Castro Filho *et al.* (2002).

$$DMP = \sum_{i=1}^{n} (xi \,.\, wi)$$

(1)

$$DMG = \exp \sum_{i=1}^{n} \wp \,.\, \log \; xi \,/\, \sum_{i=1}^{n} Wi$$

(2)

Sendo,
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 umidade do solo foi calculada a partir da relação entre a massa de água presente na amostra e a massa de sólidos do solo, conforme metodologia descrita por Caputo e Caputo (2017), expressa na Equação 3.

$$h(\%) = \frac{(MS \; - \; Ma)}{Ms} \; . \; 100$$

(3)

Para determinação da umidade gravimétrica do solo, utilizou-se amostra de terra fina seca ao ar (TFSA), acondicionada em recipientes de alumínio previamente identificados e com massa conhecida. Inicialmente, as amostras foram pesadas e, em seguida, submetidas à secagem em estufa a 105 ºC por um período de 24 horas. Após a secagem, os recipientes foram transferidos para dessecador até atingirem temperatura ambiente, sendo posteriormente pesados para obtenção da massa seca.

A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método da proveta, utilizando-se a relação entre a massa de solo seco e o volume ocupado pela amostra. Para correção da umidade residual presente nas amostras, aplicou-se o fator de correção “f”, obtido por meio da equação 4.

$$Ds = \frac{m \cdot f}{v} \quad (4)$$

A determinação da densidade de partículas foi realizada por meio do método do balão volumétrico, baseado no deslocamento de volume da amostra de solo. A partir dos valores obtidos de densidade de partículas e densidade do solo, calculou-se a porosidade total, conforme descrito na Equação 5.

$$Dp = \frac{ma}{VT - Vu} \quad (5)$$

A porosidade total do solo foi estimada a partir da relação entre os valores de densidade do solo e densidade de partículas, permitindo quantificar o volume de poros presentes no solo, conforme apresentado na Equação 6.

$$PT = \frac{1 - Ds}{Dp} \quad (6)$$

A classificação textural do solo foi determinada com base nas proporções de areia, silte e argila obtidas na análise granulométrica, utilizando-se o triângulo textural para o enquadramento das classes texturais.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011).

Resultados

Os resultados dos parâmetros físicos demonstraram variações entre as áreas avaliadas, principalmente para os atributos relacionados à umidade do solo. A CGA e a CVA apresentaram maiores valores nas Áreas 1 e 2, enquanto a Área 3 apresentou os menores valores. Em relação à densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre as áreas, indicando comportamento semelhante desses atributos nos ambientes estudados.

Tabela 1. Cálculo dos parâmetros físicos nas três áreas estudadas.

Área	CGA (kg/kg)	Ds (kg / dm³)	CVA (m³/m³)	Dp (kg / dm³)	Pt (m³/m³)
1	0,21 a	1,05 a	0,21 a	2,58 a	0,59 a
2	0,22 a	1,08 a	0,24 a	2,53 a	0,57 a
3	0,13 b	1,12 a	0,15 b	2,54 a	0,56 a
CV (%)	22,22	6,67	19,75	2,78	5,06

*Densidade do solo (Ds); Umidade volumétrica (CVA) e gravimétrica (CGA); Porosidade total (PT); densidade de partículas (Dp).*Letras minúsculas iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto à estabilidade dos agregados, foram observadas diferenças entre as áreas para o DMP e o DMG, com maiores valores na Área 1 e menores na Área 3, enquanto a Área 2 apresentou

comportamento intermediário. A caracterização granulométrica mostrou predominância de areia nas três áreas, com a Área 1 apresentando maior proporção dessa fração. As Áreas 1 e 3 foram classificadas como de textura média, enquanto a Área 2 foi enquadrada como arenosa/média. Esses resultados caracterizam diferenças entre os ambientes quanto à composição granulométrica e à estabilidade dos agregados.

Tabela 2. Estabilidade de agregados e textura do solo nas três áreas estudadas.

Área	DMG	DMP	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe Textural (EMBRAPA)
A1	4,17 a	4,28 a	17,80	8,30	73,9	Média
A2	3,96 ab	4,16 ab	28,30	18,70	53,0	Arenosa/Média
A3	3,91 b	4,06 b	23,10	19,40	57,5	Média
CV (%)	5,09	2,78				

*Diâmetro médio ponderado (DMP); diâmetro médio geométrico (DMG). *Médias seguidas de pelo menos uma letra maiúscula iguais nas colunas, e letras minúsculas na linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Discussão

Os atributos físicos do solo apresentaram diferenças entre as áreas avaliadas, que devem ser interpretadas considerando o histórico de uso, o tempo de implantação das lavouras, o sistema de manejo e as características granulométricas de cada ambiente. A textura apresentou predominância da fração areia, sendo as Áreas 1 e 3 classificadas como de textura média e a Área 2 como arenosa/média. Essas características devem ser consideradas na interpretação dos demais atributos, especialmente aqueles relacionados à dinâmica da água e à estrutura do solo.

A densidade do solo, a densidade de partículas e a porosidade total não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as áreas, indicando comportamento semelhante desses atributos. Por outro lado, a umidade apresentou diferenças, com menores valores na Área 3. Esse comportamento pode estar relacionado à interação entre textura, estrutura, cobertura do solo e condições específicas de cada ambiente, não sendo possível atribuí-lo exclusivamente ao sistema de manejo.

A estabilidade dos agregados apresentou diferenças mais evidentes, com a Área 1 apresentando os maiores valores de DMP e DMG, enquanto a Área 3 apresentou os menores e a Área 2 comportamento intermediário. A maior estabilidade observada na Área 1 pode estar associada ao maior tempo de implantação da lavoura e à adoção do manejo orgânico, que pode favorecer a manutenção da estrutura do solo por meio do aporte de matéria orgânica e resíduos vegetais. Entretanto, como esses componentes não foram avaliados diretamente, essa relação deve ser considerada apenas como uma possível explicação.

Apesar de também apresentar manejo orgânico, a Área 3 apresentou menores valores de estabilidade dos agregados, demonstrando que o sistema de manejo, isoladamente, não explica as diferenças encontradas. O menor tempo de implantação dessa lavoura pode ter contribuído para esse comportamento. Assim, os resultados indicam que a qualidade física do solo é influenciada pela interação entre manejo, tempo de uso, textura e demais características de cada ambiente.

De modo geral, a Área 1 apresentou os resultados mais favoráveis quanto à estabilidade dos agregados, enquanto a Área 3 apresentou os menores valores. As diferenças observadas reforçam a importância da avaliação conjunta da textura, umidade, densidade, porosidade e estabilidade dos agregados para compreender as condições físicas dos solos sob cultivo de café e subsidiar práticas voltadas à sua conservação e sustentabilidade.

Conclusão

Os resultados indicaram que os diferentes sistemas de manejo e o tempo de implantação influenciaram o comportamento dos atributos físicos do solo, principalmente a estabilidade dos agregados. A Área 1, sob manejo orgânico desde 1998, apresentou os melhores resultados, enquanto a Área 3, também orgânica, mas mais recente, apresentou os menores valores. Assim, o manejo orgânico associado ao

maior tempo de adoção mostrou-se mais favorável à conservação da estrutura do solo, embora outros fatores, como a textura e as características de cada área, também devam ser considerados. Portanto, o acompanhamento dos atributos físicos é importante para orientar práticas de manejo que contribuam para a conservação e sustentabilidade dos solos cafeeiros.

Referências Bibliográficas

ABDALLAH, Fabrizio Raggi. **Modelagem para avaliação técnica e econômica de arranjos produtivos de café na microrregião do Caparaó: ES**. 2010. Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2010. Acesso em: 18 junho 2026.

ASSUNÇÃO, Sara Julliane Ribeiro; *et al.* Manejo do solo e adubos verdes como tecnologias sustentáveis para a produção agrícola. *In*: **Avanços da Pesquisa e Inovação em Sistemas Agrícolas: Conjunturas da Ciências Agrárias**. 2024. DOI: 10.37885/240616941. Acesso em: 20 jun. 2026.

CAPUTO, H. P.; CAPUTO, A. N. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

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.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF. 2017. Acesso em: 18 de abril de 2026.

FERREIRA, D. F. Sisvar: **um sistema computacional de análise estatística**. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011. Acesso em: 18 de junho de 2026.

FERREIRA, José Mário Lobo. **Indicadores de qualidade do solo e de sustentabilidade em cafeeiros arborizados**. 2005. UFSC, Florianópolis, 2005. Acesso em: 26 junho de 2026.

FIORESE, Caio Henrique Ungarato. **Análise de propriedades físicas de solo com monocultivo de café no município de Castelo (ES)**. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 5, n. 6, p. 6850–6859, jun. 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n6-176.Acesso em: 26 junho de 2026.

INCAPER – INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Programa de assistência técnica e extensão rural**. 2023. Acesso em: 26 de junho de 2026.

NOGUEIRA, Jordana Cristhina Ribeiro Gomes *et al.* **Atributos físicos e químicos do solo em diferentes formas de uso do solo**. Acesso em: 26 junho de 2026.

RIBEIRO, Heitor Marcel da Silva. **Mudanças no uso da terra e seus impactos sobre a função estrutural e a qualidade dos solos antropogênicos da Amazônia Central**. 2025, (UNESP), Jaboticabal, 2025. Acesso em: 26 junho de 2026.

VALANI, G. P.; *et al.* **Atributos físicos do solo em áreas de cafeeiro conilon e seringueira em monocultivo contrastado ao sistema agroflorestal**. *UFES*, 2016, Alegre. Acesso em: 20 de junho de 2026.

XAVIER, Francisco A da S. *et al.* **Biomassa microbiana e matéria orgânica leve em solos sob sistemas agrícolas orgânico e convencional na Chapada da Ibiapaba – CE**. Viçosa, 2006. Acesso em: 20 de junho de 2026.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, campus Ibatiba, pelo apoio recebido e a FAPES pela bolsa de iniciação científica através do Edital PIBICES 2025. Ao Programa PPP do Ifes por meio do Edital - 14/2025.