

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESPÍRITO
SANTO – CAMPUS ITAPINA**

CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

RAFAEL LOZER MARTINS

**TIPO DE USO E MANEJO INFLUENCIANDO OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA DO RIO DOCE**

Colatina

2023

RAFAEL LOZER MARTINS

**TIPO DE USO E MANEJO INFLUENCIANDO OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO
EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA DO RIO DOCE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenadoria do Curso de Agronomia do Instituto
Federal do Espírito Santo – Campus Itapina como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Dr. Gustavo Soares de Souza

Colatina

2023

(Biblioteca do Campus Itapina)

M386t Martins, Rafael Lozer.

Tipo de uso e manejo influenciando os atributos físicos do solo em áreas de preservação permanente na bacia do Rio Doce / Rafael Lozer Martins. -2023.
27 f. : il..

Orientador: Gustavo Soares de Souza

TCC (Graduação) Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Itapina, Agronomia, 2023.

1. Solos. 2. Solos - Manejo. 3. Café - Cultivo. I. Souza, Gustavo Soares de. II. Título III. Instituto Federal do Espírito Santo.

CDD: 631.51

Bibliotecário/a: Júlia Schettino Jacob dos Santos CRB-ES nº 999



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CAMPUS ITAPINA

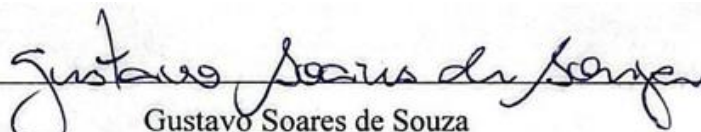
Rodovia BR-259, Km 70, Zona Rural, Colatina, CEP 29709-910 Tel (27) 3723-1221 Fax (27) 3723-1244

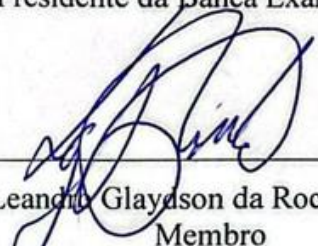
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

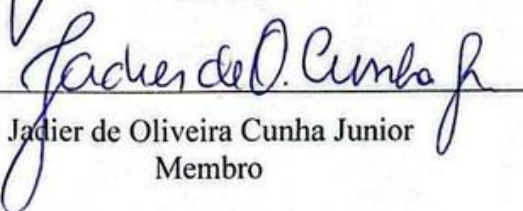
AUTOR: Rafael Lozer Martins

ORIENTADOR: Gustavo Soares de Souza

Aprovado pela Banca Examinadora como parte das exigências do componente curricular de Trabalho de Conclusão de Curso, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo pelo Instituto Federal do Espírito Santo, *Campus Itapina*.


Gustavo Soares de Souza
Presidente da Banca Examinadora


Leandro Glaydson da Rocha Pinho
Membro


Jadier de Oliveira Cunha Junior
Membro

Colatina (ES), 20 de Junho de 2023.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente a Deus, ele esteve sempre ao meu lado durante esta caminhada, ele me concedeu paciência, força e persistência para continuar por este caminho.

Agradeço a minha família, em especial minha mãe Kelly Cristina Barbosa Lozer e aos meus tios Kassius Eduardo Barbosa Lozer e Karina Barbosa Lozer Belo de Jesus, por todo apoio e toda oportunidade que me deram de poder estudar e chegar até este momento, sem vocês nada disso teria sido possível em nenhuma hipótese.

À minha querida namorada Ynara Cristo da Vitoria pelo seu amor incondicional e por compreender minha dedicação.

Agradeço a todos os meus amigos que sempre estiveram ao meu lado, me ajudando, me fortalecendo, em especial ao meu amigo Gildasio Sarnaglia e minha amiga Sara Botti Foncesa que em meu momento de maior fragilidade física e emocional estiveram comigo me fazendo levantar a cabeça e seguir em frente, sem vocês nada disso teria sido possível.

Agradeço em especial ao meu orientador Dr. Gustavo Soares de Souza pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, dedicação e por tudo que me ensinou no decorrer deste trabalho. Também pela paciência que o mesmo teve com a minha pessoa me direcionando aos melhores caminhos e escolhas.

Agradeço a todos docentes nos quais tive a oportunidade de conhecer, por todo o conhecimento por eles passados, todas as experiências e todas as dúvidas sanadas, assim como toda a dedicação que tiveram, e têm até hoje.

RESUMO

Diversas práticas agrícolas podem levar à degradação do solo, resultando em alterações nos seus atributos. Essa degradação ocorre especialmente quando áreas anteriormente ocupadas por mata são substituídas por atividades humanas sem considerar os impactos ambientais. As Áreas de Preservação Permanente são consideradas fundamentais para a proteção dos recursos. A região do vale do rio Doce, anteriormente coberta pela Mata Atlântica, abriga diversidade notável. No entanto, as atividades humanas têm levado à degradação das áreas naturais, substituindo-as por tipo de uso e manejo agropecuário, resultando em alterações nos atributos do solo. O objetivo do trabalho foi avaliar os atributos físicos do solo em diferentes tipos de uso e manejo. A pesquisa foi realizada no Ifes Campus Itapina, no município de Colatina-ES, localizado às margens do Rio Doce. Os tratamentos testados nesta pesquisa foram: T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais em rotação, T3- banana, T4- café, T5- pastagem e T6- mata nativa. Amostras de solo foram coletadas em cilindros volumétricos na camada de 0,00-0,10 m para determinação de atributos físicos: densidade do solo e porosidade total. As amostras deformadas de solo foram coletadas para determinar as frações granulométricas. Amostras de estrutura preservada foram coletadas para medição dos índices de agregação. Os dados foram submetidos a análise estatística considerando um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições. T1 apresentou maior densidade do solo ($1,60 \text{ Mg m}^{-3}$), não diferindo T4 ($1,35 \text{ Mg m}^{-3}$) e T5 ($1,34 \text{ Mg m}^{-3}$), ocorrendo o inverso para a porosidade total. T1 (4,91 mm) e T2 (4,86 mm) apresentaram os maiores valores de diâmetro médio ponderado. T1 e T2 apresentam maior quantidade de argila dispersa em água. As áreas que passaram por diversas intervenções antropogênicas com práticas de manejo agrícola inadequadas apresentaram uma redução na qualidade física do solo em comparação a mata nativa.

Palavras – chaves: rotação de culturas, preparo do solo, estrutura do solo, culturas perenes, cafeicultura.

ABSTRACT

Several agricultural practices can lead to soil degradation, resulting in changes in its attributes. This degradation occurs especially when areas previously occupied by forests are replaced by human activities without considering the environmental impacts. Permanent Preservation Areas are considered essential for the protection of resources. The Rio Doce valley region, previously covered by the Atlantic Forest, harbors remarkable diversity. However, human activities have led to the degradation of natural areas, replacing them with agricultural and livestock management, resulting in changes in soil attributes. The objective of this study was to evaluate the physical attributes of the soil under different types of land use and management. The research was conducted at Ifes Campus Itapina, in the municipality of Colatina-ES, located on the banks of the Doce River. The treatments tested in this research were: T1- forage corn, T2- annual crop rotation, T3- banana, T4- coffee, T5- pasture, and T6- native forest. Soil samples were collected in volumetric cylinders at a depth of 0.00-0.10 m to determine physical attributes: soil density and total porosity. Deformed soil samples were collected to determine the particle size fractions. Preserved structure samples were collected to measure aggregation indices. The data were subjected to statistical analysis considering a completely randomized design, with six treatments and four replications. T1 showed higher soil density (1.60 Mg m⁻³), not differing from T4 (1.35 Mg m⁻³) and T5 (1.34 Mg m⁻³), with the opposite occurring for total porosity. T1 (4.91 mm) and T2 (4.86 mm) had the highest values of weighted mean diameter. T1 and T2 had a higher amount of clay dispersed in water. Areas that underwent various anthropogenic interventions with inadequate agricultural management practices showed a reduction in soil physical quality compared to native forest.

Keywords: crop rotation, soil preparation, soil structure, perennial crops, coffee farming.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVO	7
2.1. OBJETIVO GERAL.....	7
2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS	7
3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	8
3.1. IMPORTÂNCIA DA AGRICULTURA	8
3.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	9
3.3. DEGRADAÇÃO DO SOLO	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6. CONCLUSÕES.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

Os diferentes tipos de usos e manejo agrícola podem ocasionar a degradação do solo, com alterações nos seus atributos. Essa degradação ocorre principalmente quando este uso atual substitui uma área em que antes era ocupada por mata nativa (IORI et al., 2012).

A degradação do solo vem representando um problema ambiental grave no Brasil, devido as atividades antrópicas realizadas sem a mínima preocupação com as questões ambientais (SARAIVA et al., 2020), gerando impactos de diferentes magnitudes.

A Mata Atlântica é uma das maiores florestas tropicais pluviais do continente americano, que historicamente se estendia ao longo da costa brasileira, adentrando ao leste do Paraguai e nordeste da Argentina em sua parte sul, formando uma extensa área contínua. No passado, cobria uma extensão superior a 1,5 milhão de km², sendo que 92% dessa área estava localizada no Brasil (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2019).

A substituição de áreas preservadas (mata nativa) em áreas com processos antrópicos torna-se ainda mais preocupante, quando a área utilizada se encontra em locais de preservação, como áreas de mata ciliar localizadas as margens dos cursos d'água (IORI et al., 2012). Essas áreas mais vulneráveis vêm sendo utilizadas de forma intensiva, principalmente para fins agrícolas, causando alteração da estrutura do solo e resultando na sua compactação (IORI et al., 2012).

Essas áreas mais vulneráveis foram definidas, com prioridade de preservação de acordo com a Lei nº 12.651/2012. Esta Lei estabelece que, uma Área de Preservação Permanente (APP) é uma área que deve ser protegida, independentemente de possuir vegetação nativa ou não. Essa área possui uma função ambiental crucial, visando preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade. Além disso, as APP têm o objetivo de facilitar o fluxo genético da fauna e da flora, proteger o solo e garantir o bem-estar das comunidades humanas (EMBRAPA, 2012).

O vale do rio Doce é um local familiar para os brasileiros. Em tempos passados, exploradores navegavam em suas águas em busca de ouro, registrando suas maravilhas naturais e reconhecendo seu potencial econômico (SILVEIRA, 2019). A região da bacia hidrográfica do rio Doce, que anteriormente era predominantemente coberta pela exuberante Mata Atlântica, abriga uma notável diversidade biológica. Essa riqueza não se deve apenas à variedade das comunidades locais, mas também à existência de marcantes gradientes ambientais, que contribuíram para o surgimento de uma fauna e flora regionalmente abundantes (IGAM, 2010).

As áreas naturais foram exploradas e degradadas ao longo do tempo, gradualmente substituídas por atividades como pecuária, agricultura, reflorestamento, expansão urbana e outras formas de intervenção humana. A remoção da cobertura vegetal, combinada com as características do solo e do relevo, resultaram em uma condição ambiental altamente frágil, especialmente em relação à intensificação dos processos erosivos, o que afeta diretamente os recursos hídricos (ANA, 2016; IGAM, 2010).

A bacia do rio Doce abriga uma ampla gama de atividades econômicas, com destaque para a agropecuária, a silvicultura, a mineração, a indústria (como celulose, siderurgia e laticínios), o setor comercial e os serviços de suporte aos complexos industriais, além da geração de energia elétrica. Essa diversificação contribui para a dinâmica econômica da região (SPOSITO, 2021).

Por isso, avaliar o efeito das atividades agropecuárias sobre o solo em área de preservação permanente é uma necessidade visando selecionar agroecossistemas menos degradantes, contribuindo para um desenvolvimento regional mais sustentável.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos nos atributos físicos do solo submetidos a diferentes tipos de uso e manejo em área de preservação permanente na margem do Rio Doce.

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Determinar os atributos físicos do solo em diferentes tipos de uso e manejo em área de preservação permanente nas margens do Rio Doce;
- Comparar os tipos de uso e manejo de solo em estudo e seus efeitos sobre os atributos físicos do solo; e
- Identificar os atributos físicos mais sensível para caracterizar as alterações no solo nos diferentes tipos de uso e manejo.

3. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

3.1. IMPORTÂNCIA DA AGRICULTURA

Nas últimas décadas, a ciência, a tecnologia e a inovação, junto a disponibilidade de recursos naturais, importantes políticas públicas, e a grande competência dos agricultores e as organizações das cadeias produtivas, tornaram o Brasil o grande protagonista na produção e exportação de produtos agrícolas. Esse desempenho do meio rural contribui significativamente para o desenvolvimento econômico, social e ambiental do Brasil (EMBRAPA, 2018).

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio no Brasil cresceu 8,36% em 2021, a apesar dos efeitos adversos do clima sobre as áreas agrícolas (CEPEA, 2022). Segundo o órgão, o setor alcançou participação de 27,4% no PIB brasileiro, a maior desde 2004 quando a marca foi de 27,53%.

O forte crescimento da agricultura sucedeu especialmente do alto patamar real dos preços agrícolas, em vista que as expressivas quedas de produtividade para importantes culturas em resposta às condições de clima desfavoráveis. O avanço da renda nesse segmento não foi maior em virtude do também expressivo aumento dos custos de produção (CEPEA, 2022).

O agronegócio capixaba toma 33% da população economicamente ativa no Espírito Santo, é responsável por 30% do PIB Estadual, sendo a atividade econômica de maior importância em 80% dos municípios capixabas. O setor abrange desde a produção agropecuária e extrativa não mineral até as atividades de transporte, comércio e serviços ligados à distribuição dos bens produzidos no campo (ESBRASIL, 2020).

Os capixabas detêm o título de maior produtor de café conilon, participando diretamente de 75% da produção brasileira. No geral, é o ES é o segundo maior produtor de cafés do País e também se destaca nacionalmente e internacionalmente na produção de cafés especiais tipo arábica, que é cultivado nas montanhas capixabas e valorizado nas principais torrefadoras do mundo (ESBRASIL, 2020). Outras atividades de destaque são a pecuária, a fruticultura e a produção de hortaliças

e condimentos, contribuindo para a geração de riqueza e distribuição de renda no meio rural.

3.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Os problemas com a poluição do ar, água e solo, alterações climáticas e extinção de espécies são conhecidos e conduzem um pensamento comum pela conservação ambiental. Neste aspecto, as leis ambientais têm a função de regular e fiscalizar as ações humanas impactantes, não apenas nas áreas rurais, mas também nas zonas urbanas, onde a concentração populacional consiste em uma quantidade populacional mais impactante. Neste cenário de adequação às normas ambientais, confirma-se que muitos produtores rurais não estão regulares em relação à legislação atual, muitas vezes em função da falta de uma perfeita interpretação da lei (CAMPAGNOLO et al., 2017).

Área de preservação permanente (APP) é uma área que deve ser protegida, independentemente de possuir vegetação nativa ou não. Essa área possui uma função ambiental crucial, visando preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade (EMBRAPA, 2012).

Uma das modalidades das APP são as áreas de beira de rio e seus afluentes. Essas faixas adjacentes de qualquer curso d'água natural, seja ele perene ou intermitente, excetuando os cursos d'água temporários, a partir da borda da calha do leito regular, com uma largura mínima variável conforme a largura do curso d'água (Tabela 1), de acordo o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012).

As margens dos rios são áreas de preservação permanente (APP) que devem ser mantidas intocadas e, caso estejam degradadas, deve-se prover a imediata recuperação. Estas áreas quando preservadas, diminuem a erosão e conseqüentemente o assoreamento de rios e lagos, que se constitui em um dos principais problemas da degradação de cursos d'água (IORI et al., 2012). Essas áreas contribuem também com importantes funções ambientais, mas com maior ênfase no equilíbrio dos recursos hídricos, estabilidade dos solos, regularização do regime hídrico, favorecendo a manutenção da fauna, permitindo também a propagação vegetal (DA COSTA SARAIVA et al., 2020).

Tabela 1 – Largura dos cursos d'água e faixas da área de preservação permanente (APP).

Largura do curso d'água (m)	Faixa da APP (m)
Até 10	30
Entre 10 e 50	50
Entre 50 e 200	100
Entre 200 e 600	200
Superior a 600	500

Fonte: Embrapa (2012).

O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) determina que a largura da APP de um curso d'água deve ser marcada a partir da borda da calha do leito regular (LR), tendo sua extensão definida pelo tamanho da propriedade, sendo assim, propriedades menores podem demarcar uma faixa menor de proteção ao longo do curso d'água. O LR equivale a calha pela qual correm regularmente as águas de um curso d'água durante o ano, sendo este o nível de sua normalidade (CAMPAGNOLO et al., 2017).

As APP de curso d'água tem como objetivo a proteção as nascentes e suas matas ciliares dos processos de degradação, através da restrição de uso do solo, com a criação de uma área paralela aos corpos hídricos, que é destinada a preservação da vegetação ciliar (LEANDRO, 2003). Segundo Debortoli (2003) quando conservadas pelo ser humano, as matas conhecidas como "ciliares" desempenham essencialmente cinco funções: oferecem refúgio para diversas espécies, fornecem alimento para a fauna, protegem os cursos de água, previnem a erosão do solo e preservam a biodiversidade. Isso se deve ao fato de que não há floresta sem água, assim como não há água sem floresta. Essas áreas de proteção são determinadas de acordo com o nível mais alto do rio, variando de no mínimo trinta metros, para os rios com menos de dez metros de largura, e no máximo quinhentos metros de faixa marginal de proteção, para cursos de água com mais de seiscentos metros de largura (SOARES, 2010).

3.3. DEGRADAÇÃO DO SOLO

Os solos sob mata nativa apresentam em geral elevada concentração de matéria orgânica no solo e atividade de microrganismos que contribuem para uma estrutura física, disponibilidade hídrica e fertilidade adequadas para as espécies adaptadas para aquele ecossistema. Entretanto, sua alteração para a exploração agrícola, de forma intensiva e com práticas inadequadas, como o preparo periódico do solo, ocasiona alterações nas suas propriedades originais, levando a sua degradação (IORI et al., 2012). Dados mostram que o desmatamento é um problema a nível mundial, pois diminui drasticamente a biodiversidade e acaba contribuindo para a modificação climática pela emissão de carbono para atmosfera, aumenta a vazão média e pode resultar na degradação do solo, além de favorecer o assoreamento dos rios (KRAMER et al., 2008).

A devastação das matas ciliares tem contribuído para o assoreamento, o aumento da turvação das águas, o desequilíbrio do regime das cheias, a erosão das margens de grande número de cursos d'água, compromete fauna e flora silvestre, no ponto de vista ecológico (CAPOANE et al., 2013). Desta forma, esta pesquisa baseia-se na hipótese de que o uso intensivo do solo altera a qualidade química e física do solo, contribuindo para sua degradação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em áreas agrícolas instaladas no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina (latitude 29° 19' 58" S e longitude 40° 45' 56" O e altitude de 71 m), município de Colatina-ES, localizado às margens do rio Doce. O clima da região é classificado como Aw de acordo com a Köppen e Geiger, com precipitação anual de 1.175 mm e temperatura média de 24,2°C com período chuvoso entre outubro e março. O solo predominante na área é o Latossolo Vermelho-Amarelo, com relevo plano.

Os tratamentos avaliados foram: T1- milho forrageiro para silagem, T2- culturas anuais em rotação, T3- cultivo com banana, T4- cultivo com café conilon, T5- pastagem com manejo rotacionado do animais, T6- mata nativa (Figura 1). A área T1 é cultivada com milho forrageiro (*Zea mays* L.) a mais de 15 anos, de forma sucessiva, sendo duas safras por ano. O preparo do solo é realizado antes de cada plantio, com uma aração e duas gradagens. Antes de cada plantio é feita a fertilização do solo com adubação química. A lavoura é irrigada por aspersão com um pivô linear (lateral móvel). Defensivos são utilizados quando necessários.

Na área T2 é utilizada com culturas anuais em rotação a 6 anos, sendo duas safras por ano, intercalada com períodos com pousio. Os últimos plantios instalados foram: sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench (S. vulgare Pers.)], milho (*Zea mays* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), girassol (*Helianthus annuus* L.) e pousio (vegetação espontânea). A irrigação é realizada por aspersão com canhões. Antes de cada safra, o solo é preparado com uma aração e duas gradagens, com incorporação dos restos culturais e a fertilização mineral. O uso de defensivos ocorre quando necessário.

A área T3 apresenta um plantio de banana / plátano (*Musa* spp.) de diversos genótipos, com 5 anos de cultivo, no sistema de mãe, filha e neta. As plantas são conduzidas com adubação química e irrigação localizada. Defensivos não foram utilizados. A área T4 apresenta clones híbridos de café Conilon x Robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex A.Froehner), sendo dez registrados pela Embrapa Rondônia e dois pelo Incaper. A lavoura foi implantada em 2020, no espaçamento de 3,0 x 0,9 m. Metade da lavoura é conduzida com irrigação localizada e a outra metade com

aspersão. Na lavoura é utilizada adubação química e orgânica e aplicação de defensivos, quando necessário.

Figura 1 – Localização das áreas de estudo na margem do Rio Doce. T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais, T3- plantio de banana, T4- lavoura de café, T5- pastagem e T6- mata nativa.



Fonte: adaptado de Google Eath (2022).

A área T5 é ocupada com pastagem de *Urochloa brizantha*, dividida em 11 piquetes para pastejo rotacionado de ovinos de corte. A área foi instalada a 10 anos. Neste período não foi realizado nenhum preparo do solo e fertilização do solo. A pressão de pastagem é de 10 unidades animal por hectare. Os piquetes têm um tempo de retorno de 11 dias. A área T6 é ocupada com mata nativa em estágio secundário de regeneração natural (Bioma Mata Atlântica) a mais de 20 anos.

Amostras de solo de estrutura preservada foram coletadas em cilindros volumétricos na camada de 0,00-0,10 m para determinação de atributos físicos do solo. A densidade do solo e porosidade total foram medidos pela relação entre a massa de solo seco e o volume de cilindros de aço inox de 5 x 5 cm, enquanto a porosidade total

foi medida pela relação entre o volume de água da amostra saturada e o volume dos cilindros (TEIXEIRA et al., 2017).

A estabilidade de agregados foi medida por agitação mecânica via seca. Para isso, utilizou-se peneiras de 4,75; 2,00; 1,00; 0,50; 0,25; 0,105 e 0,053 mm mais o fundo das peneiras, e cada amostra foi submetida a um agitador mecânico vibratório (SP Labor), durante 1 minuto (TEIXEIRA et al., 2017). O A partir dos dados foram calculados o diâmetro médio ponderado e geométrico e o percentual de agregados maiores que 2 mm e que 1 mm (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990).

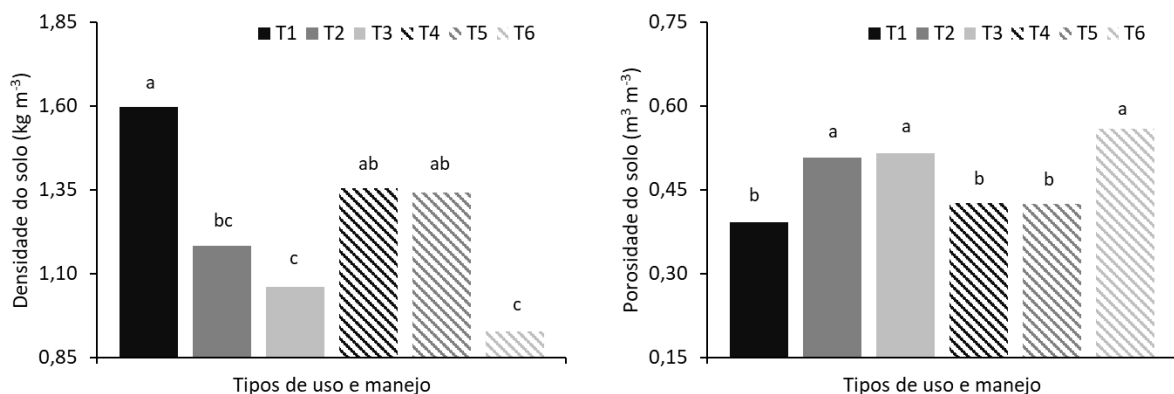
Amostras deformadas de solo foram coletadas para determinar as frações granulométricas (areia, silte e argila) e o grau de flocculação do solo (TEIXEIRA et al., 2017). As amostras de solo foram passadas em peneira de 2 mm e seca ao ar. Em seguida, as amostras de solo foram submetidas ao processo de tamisamento e sedimentação para determinar os teores de areia, silte e argila, com e sem dispersante químico, sendo o dispersante químico utilizando a solução de hidróxido de sódio 1 mol L⁻¹. O grau de flocculação foi obtido pela relação percentual entre o teor de argila dispersa em água e o teor de argila total de cada amostra de solo.

Os dados foram submetidos a análise estatística considerando um delineamento inteiramente casualizado (*pseudoreplication*), com seis tratamentos e quatro repetições, num total de 24 unidades experimentais. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p>0,05$) e comparação de médias pelo teste de Tukey ($p>0,05$).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O manejo do solo com milho forrageiro para silagem (T1) apresentou maior densidade do solo ($1,60 \text{ Mg m}^{-3}$), não diferindo estatisticamente do cultivo com café (T4, $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$) e pastagem (T5, $1,34 \text{ Mg m}^{-3}$) (Figura 2). O solo sob banana (T3, $1,06 \text{ Mg m}^{-3}$) e sob mata nativa (T6, $0,93 \text{ Mg m}^{-3}$) apresentaram os menores valores de densidade do solo, não diferindo estatisticamente da área com culturas anuais (T2). Para a porosidade total, culturas anuais (T2, $0,51 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), banana (T3, $0,52 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e mata nativa (T6, $0,56 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) apresentaram os maiores valores, enquanto milho forrageiro (T1, $0,39 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), café (T4, $0,43 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e pastagem (T5, $0,42 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$), apresentaram os menores valores.

Figura 2 – Densidade do solo e porosidade total dos tipos de uso e manejo do solo: T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais, T3- cultivo com banana, T4- cultivo com café, T5- pastagem, T6- mata nativa.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: autor (2023).

Tais resultados demonstram o efeito de diferentes usos e manejo do solo nas áreas em estudo. Edney et al. (2012), em seus estudos relatou que a utilização de métodos inapropriados de manejo das culturas resultou na compactação do solo, ocasionando alterações nos seus atributos físicos, o que prejudica o desenvolvimento das raízes e diminui a produtividade. Modificações na densidade e na porosidade do solo podem

variar consideravelmente, dependendo da textura, dos teores de matéria orgânica do solo e da frequência de cultivo (HAJABBASI et al., 1997).

O manejo do solo com milho forrageiro apresentou maior densidade do solo e menor porosidade devido ao preparo periódico do solo, que ocorre periodicamente antes do plantio da cultura. O preparo excessivo do solo resulta na mineralização da matéria orgânica do solo e altera a estrutura do solo, resultando na compactação do solo (DEPERON JÚNIOR et al., 2016, CUNHA et al., 2015). Além disso, o manejo adotado no cultivo de milho forrageiro resulta na retirada da biomassa da planta, diminuindo significativamente a quantidade de resíduos deixados na área (AQUINO et al., 2016), que reduzem a compactação do solo promovida pelo tráfego de máquinas e contribui para recondicionar a estrutura do solo.

Os manejos do solo com café (T4) e pastagem (T5), resultaram em valores de densidade do solo e porosidade total similares a área de milho forrageiro, (T1). Isso porque, na área de café (T4) existe um histórico de uso intensivo de preparo de solo associado ao cultivo de hortaliças e nos últimos 5 anos a ausência de revolvimento do solo. Já na área de pastagem ocorre ausência de preparo do solo associado ao pisoteio animal periódico, inclusive em períodos chuvosos e de elevada umidade do solo. Segundo Silveira Junior (2012), as operações mecanizadas realizadas em condições de umidade inadequada resultam em compactação superficial do solo, comprometendo o desenvolvimento das plantas. Esses resultados divergiram da área com banana (T3), que também não apresentou preparo periódico do solo, mas que apresentou plantas com um sistema radicular mais desenvolvido que na área com café (T4) e na pastagem (T5), além de uma maior capacidade de produção de resíduos vegetais, o que concorda com Luciano et al. (2010).

A área de culturas anuais (T2), apresenta a vários anos cultivo de espécies de ciclo curto em rotação, as vezes introduzidas após revolvimento de solo, mas com uso frequente de pousio entre os cultivos e incorporação dos resíduos vegetais. Isso explica os valores de densidade do solo ($1,18 \text{ Mg m}^{-3}$) e porosidade total ($0,51 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) similares a área de mata nativa. Resultados semelhantes foram obtidos por Araújo (2004). A menor densidade do solo nesta área também pode ser explicada pela incorporação de resíduos vegetais, que melhoram a qualidade físico do solo (LUCIANO et al., 2010).

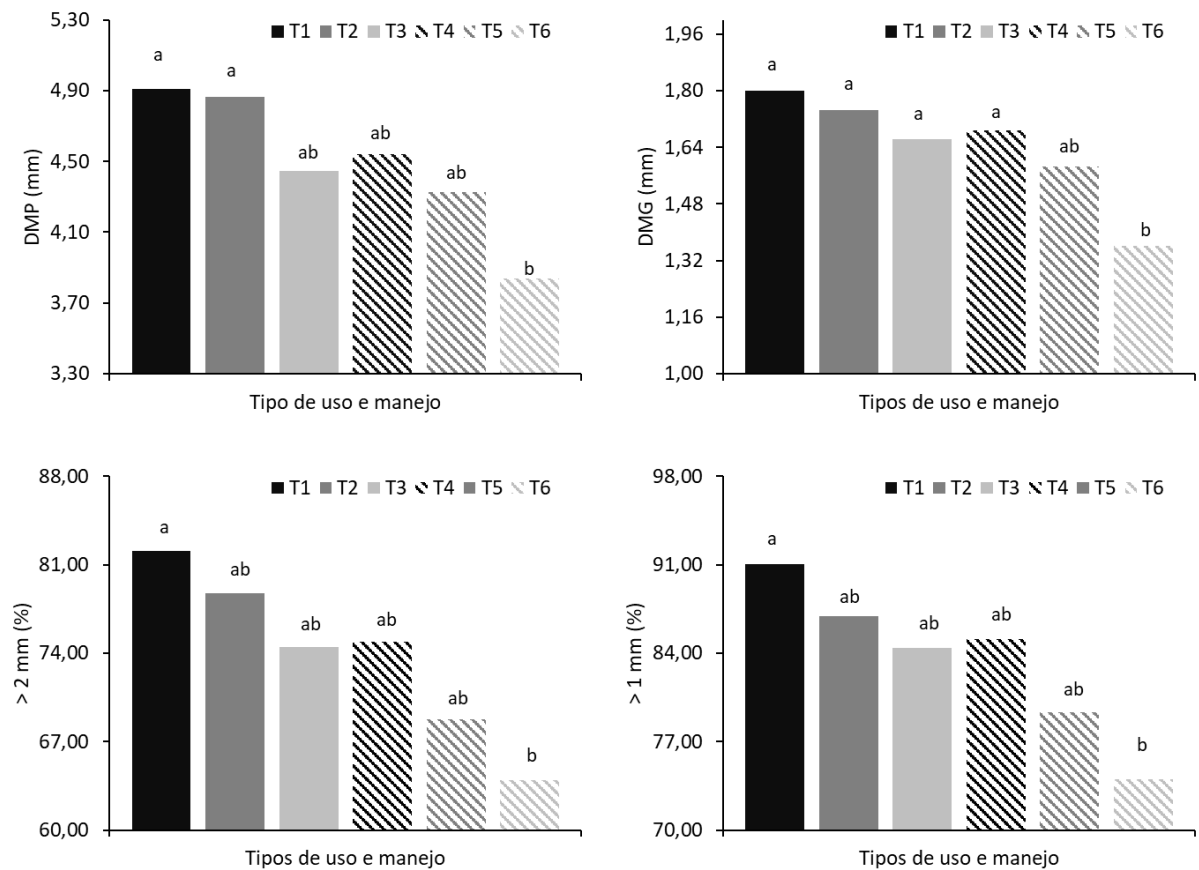
Os menores valores de densidade do solo e maiores de porosidade total na área de mata nativa podem ser atribuídos a riquezas de espécies vegetais do Bioma Mata Atlântica com vigoroso desenvolvimento radicular no solo, criando bioporos interconectados e uma estrutura mais estável e desenvolvida. Os atributos do solo na mata nativa foram resultados ainda do enriquecimento de matéria orgânica proveniente dos resíduos vegetais e da atividade microbiana, reduzindo a densidade do solo e melhorando a porosidade e a estrutura do solo (ASSIS et al, 2005, LIMA, et al. 2014). A redução da porosidade nos solos cultivados decorre do aumento da compactação do solo, que é evidenciada pelo aumento da densidade do solo. Resultados semelhantes foram observados por de Borges et al. (1999) e Kay e Angers (1999).

A substituição das florestas por sistemas agrícolas resulta em perturbação do ecossistema, ocasionando alterações nos atributos físicos do solo. A intensidade dessas mudanças é influenciada pelas condições climáticas, práticas de uso e manejo adotadas, bem como pelas características naturais do solo. A sustentabilidade do solo é fortemente influenciada pela sua qualidade física, que está em constante evolução (LAL, 2000; REYNOLDS et al., 2002). Isso ocorre porque os atributos físicos e os processos do solo desempenham um papel fundamental no suporte ao crescimento das plantas, no armazenamento e fornecimento de água e nutrientes, nas trocas de gases e na atividade biológica (DE ARAÚJO et al., 2012).

Com relação ao diâmetro médio ponderado, DMP, os manejos do solo com milho forrageiro (4,91 mm) e culturas anais (4,86 mm) apresentaram os maiores valores de DMP, não diferindo estatisticamente do cultivo de banana (4,45 mm), café (4,54 mm) e pastagem (4,33 mm) (Figura 3). A mata nativa apresentou o menor valor, diferindo-se estatisticamente dos manejos do solo com milho forrageiro e culturas anais, mas não diferindo das demais áreas. Para o diâmetro médio geométrico (DMG), as áreas de milho forrageiro (1,80 mm), culturas anuais (1,74 mm), banana (1,66 mm) e café (1,69) apresentaram os maiores valores, enquanto a mata nativa (1,36 mm) apresentou o menor valor, não se diferenciando estatisticamente da área de pastagem (1,59 mm). Para agregados >2 mm e >1 mm, o manejo do solo com milho forrageiro apresentou os maiores valores respectivamente (82,11 e 91,07 mm), não diferindo estatisticamente dos demais tipos de uso e ocupação do solo, com exceção da mata

nativa (63,97 mm e 74,01 mm), que apresentou os menores valores (Figura 3). Segundo Bavel (1949), os índices apresentados são sensíveis ao estado de agregação do solo, permitindo uma avaliação quantitativa da estrutura do solo. Em média, os tratamentos das diferentes áreas tiveram predomínio de agregados > 1mm, o que concordou com estudos de Amadori et al. (2013).

Figura 3 – Diâmetro médio ponderado (DMP) e geométrico (DMG) e agregados do solo maiores que 2 e 1 mm nos tipos de uso e manejo do solo. T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais, T3- cultivo com banana, T4- cultivo com café, T5- pastagem, T6- mata nativa.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: autor (2023).

Existe no solo uma diferença entre agregados e torrões. Os agregados são formados por processos pedogenéticos relacionados com agentes cimentantes com óxidos e

matéria orgânica, enquanto os torrões são massa densas de solo causadas por processos antropogênicos, na maioria das vezes relacionado com a compactação do solo (SILVA, 2015). Dessa forma, os maiores valores de DMP, DMG e quantidade de agregados maior que 2 e 1 mm nos tipos de uso e manejo em relação a mata nativa estão relacionados ao aumento da quantidade de torrões no solo (pseudoagregados).

O efeito dos tipos de uso e manejo do solo pode estar atrelado as práticas agrícolas intensivas, juntamente com a frequente perturbação e revolvimento do solo, resultando na diminuição do teor de matéria orgânica do solo, a qual desempenha um papel crucial na formação e estabilização dos agregados (OLIVEIRA, et al., 2004, VEZZANI et al, 2011). De acordo com Wendling et al. (2005), estratégias de conservação do solo, como a rotação de culturas, o menor revolvimento do solo e maior incorporação de resíduos orgânicos, têm demonstrado consistentemente sua eficácia em promover o aumento da estabilidade dos agregados.

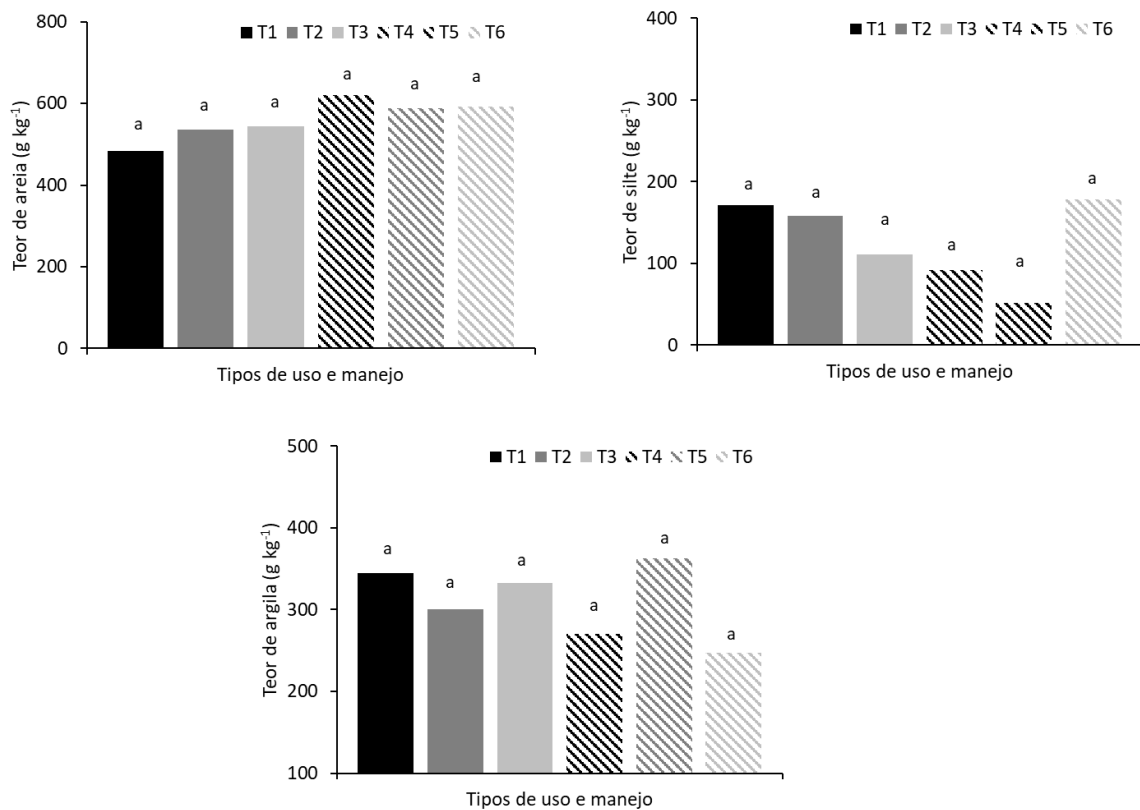
As análises de agregados não demonstraram que o manejo do solo com rotação de cultura e a incorporação de resíduos vegetais alternado com momentos de pousio melhoraram a qualidade física do solo em relação ao manejo com milho forrageiro (monocultivo) com intenso preparo do solo, discordando de Schimiguel (2014). Sistemas com rotação de culturas promovem uma maior estabilidade dos agregados em comparação com o sistema convencional de preparo do solo, devido à proteção proporcionada pelos resíduos vegetais na superfície do solo e a contribuição destes para a matéria orgânica do solo (MORAIS; COGO, 2001).

Para os teores de areia, silte e argila total, as áreas não apresentaram diferença estatística entre si (Figura 4). Os valores de areia, silte e argila variaram de 484 a 620, de 52 a 178 e de 247 a 362 g kg⁻¹, respectivamente. Apesar da variabilidade espacial, a análise estatística demonstra a similaridade entre os solos em estudo.

A composição granulométrica do solo está associada às proporções dessas partículas areia, silte e argila, distribuídas em diferentes tamanhos específicos (KLEIN, 2014). A textura do solo, um dos principais indicadores de sua qualidade e produtividade (WANG et al., 2005), influencia a adesão e coesão entre as partículas, assim como o manejo do solo, que por sua vez afeta a resistência do solo à tração e a dinâmica da água no solo (ARAÚJO FILHO et al, 2017). Os níveis reduzidos de silte sugerem que

os solos estão altamente intemperizados, uma vez que a baixa relação entre silte e argila é um indicador do grau de intemperismo do solo (EMBRAPA, 2013).

Figura 4 – Granulometria do solo nos tipos de uso e manejo do solo. T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais, T3- cultivo com banana, T4- cultivo com café, T5- pastagem, T6- mata nativa.



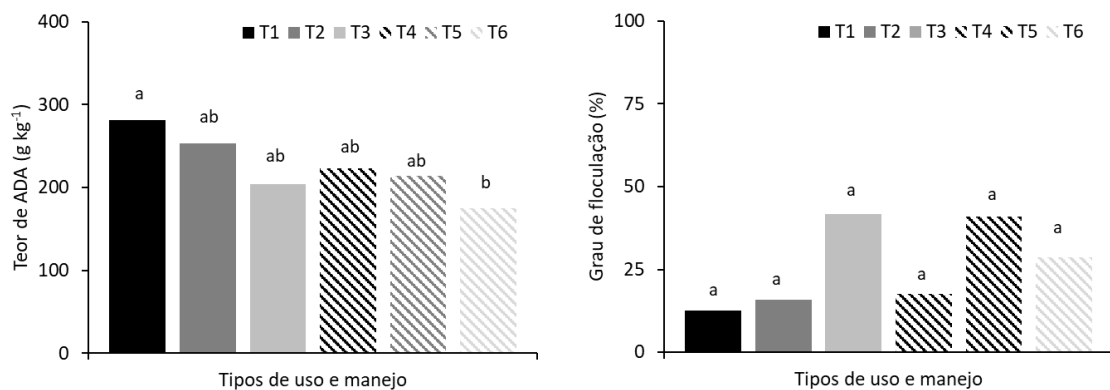
*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: autor (2023).

Para argila dispersa em água (Figura 5), a área de milho forrageiro apresentou o maior valor (T1, 281,85 g kg⁻¹) (Figura 5), mas não diferindo estatisticamente dos demais manejos (T2 a T5), mas diferenciando-se estatisticamente apenas da área de mata nativa (T6, 175,37 g kg⁻¹). A possível explicação para essa situação pode ser atribuída à causa mecânica, resultante do preparo do solo, que pode levar ao aumento da dispersão da argila e reduzir na mesma proporção o grau de floculação, resultado semelhante que também foi encontrado por Ferreira et al. (2010). Observa-se um

aumento nos níveis de argila dispersa em água nos solos cultivados em comparação com os solos sob mata nativa. Os solos sujeitos à irrigação que apresentaram os maiores valores de argila dispersa em água em todas as áreas estudadas, o que pode estar relacionado à sua maior saturação por sódio. Segundo Silva et al. (2006), a presença do íon sódio na solução do solo causa um aumento na espessura da dupla camada difusa, reduzindo a atração entre as partículas e resultando em uma maior dispersão. Ucha e Ribeiro (1995) também constataram valores mais altos de argila dispersa em solos irrigados em comparação com solos em áreas não irrigadas e sob mata nativa, devido à composição da água de irrigação, que apresentava teores de sódio semelhantes aos encontrados neste estudo.

Figura 5 – Argila dispersa em água (ADA) e grau de flocculação do solo nos tipos de uso e manejo do solo. T1- milho forrageiro, T2- culturas anuais, T3- cultivo com banana, T4- cultivo com café, T5- pastagem, T6- mata nativa.



*Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem estatisticamente (teste de Tukey, $p < 0,05$).

Fonte: autor (2023).

Para o atributo grau de flocculação (Figura 5), as áreas de milho forrageiro, culturas anuais, cultivo com banana, cultivo com café, pastagem, mata nativa não apresentaram diferenças estatísticas entre si.

As áreas de milho forrageiro e culturas anuais tem resultados que se dão pelo intenso manejo agrícola sucessivo nas áreas descritas, essa prática favorece a

desestruturação do solo e cria condições favoráveis para o desenvolvimento radicular. Entretanto, pode aumentar a suscetibilidade do solo a erosão (DEDECEK, 1986).

As áreas de plantio banana, pastagem e mata nativa são importantes de se destacar, pois, no solo onde a cultura da bananeira é cultivada quanto no solo da mata nativa, ocorre a deposição de material orgânico, incluindo resíduos provenientes da cultura da bananeira e da vegetação espontânea, o que concorre para o aumento do grau flocculação (MOTA et al, 2015). Para pastagem o resultado é decorrente do efeito do desenvolvimento radicular fasciculados das gramíneas, contribuindo para o processo de agregação do solo.

6. CONCLUSÕES

As áreas que passaram por diversas intervenções antropogênicas com práticas de manejo agrícola inadequadas apresentaram uma redução na qualidade física do solo em comparação a mata nativa.

A área com cultivo de milho forrageiro apresentou maior densidade do solo e menor porosidade total, evidenciando processo de compactação do solo, que pode gerar impactos negativos no desenvolvimento agrícola.

Os manejos do solo com milho forrageiro e culturas anais apresentaram maiores valores de agregação do solo em relação a mata nativa, que está relacionado ao aumento da quantidade de torrões no solo (pseudoagregados) e a menor sensibilidade deste atributo na avaliação da qualidade física do solo.

O grau de floculação não se mostrou sensível em quantificar as alterações nos diferentes tipos de uso e manejo, contudo essas diferenças foram demonstradas pelos maiores valores de argila dispersa em água nos manejos mais intensamente mecanizáveis.

REFERÊNCIAS

- AMADORI, C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes plantas de coberturas de inverno e sistemas de preparo do solo. In: Proceedings of the XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Brazilian Congress of Soil Science). 2013.
- ARAÚJO, M. A.; TORMENA, C. A.; SILVA, AP da. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, p. 337-345, 2004.
- ASSIS, Renato Lara de; LANÇAS, Kléber Pereira. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférrico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 515-522, 2005.
- BORGES, A.L.; KIEHL, J.C. & SOUZA, L.S. Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um latossolo amarelo álico após o cultivo com fruteiras perenes e mandioca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.1019-1025, 1999.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v.124, n.1, p.3-22, 2005.
- CAMPAGNOLO, K. et al. Área de preservação permanente de um rio e análise da legislação de proteção da vegetação nativa. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 831-842, 2017.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Avaliação dos atributos do solo sob diferentes usos na região de Humaitá, Amazonas. Revista de Ciências Agrárias **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58, n. 2, p. 122-130, 2015.
- CAPOANE, Viviane; DOS SANTOS, Danilo Rheinheimer. Usos antrópicos em áreas de preservação permanente: estudo de caso em um assentamento de reforma agrária. **Extensão Rural**, v. 20, n. 1, p. 7-23, 2013.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.
- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB DO AGRONEGÓCIO CRESCEU ABAIXO DAS PROJEÇÕES**. 2022. Disponível em: https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_PIB_JAn_Dez_2021_Março2022.pdf. Acesso em: 31 maio 2022.
- CUNHA, T. J. F.; MENDES, Alessandra Monteiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. Matéria orgânica do solo. 2015.
- DA COSTA SARAIVA, Verônica et al. Avaliação da fertilidade do solo e a supressão da mata ciliar de uma área do rio Parnaíba: impactos ambientais em uma perspectiva educacional. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 41061-41077, 2020.

DA SILVA, Apolino JN et al. Alterações físicas e químicas de um Argissolo amarelo sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 76-83, 2006.

DA SILVEIRA, Patrícia Gomes. O espaço escolar e o desastre ambiental no Vale do Rio Doce: projeto interdisciplinar e a importância da Geografia. **Giramundo: Revista de Geografia do Colégio Pedro II**, v. 4, n. 7, p. 79-87, 2019.

DE AQUINO, Gisele Silva et al. QUANTIDADES DE PALHADA RETIRADA DO SOLO E IMPACTOS NO SISTEMA RADICULAR E PRODUTIVIDADE DE CANA-DE-AÇÚCAR. **STAB**, p. 301.

DE ARAÚJO, Edson Alves et al. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Applied Research & Agrotechnology*, v. 5, n. 1, p. 187-206, 2012.

DEDECEK, R. A. Erosão e práticas conservacionistas nos cerrados. 1986.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília, DF: Embrapa, 2012. 212 p.: il. color.; 18,5 cm x 25,5 cm.

ESBRASIL (Espírito Santo). **Agronegócio**: setor obteve um bom desempenho em 2020. setor obteve um bom desempenho em 2020. 2020. Disponível em: <https://esbrasil.com.br/agro-bom-desempenho/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

FERREIRA, Rogério Resende Martins et al. Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em Cambissolo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 531-537, 2010.

FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G. A cultura do café robusta. 2002.

IORI, Piero; DIAS JUNIOR, Moacir de Souza; DA SILVA, Reginaldo Barboza. **Resistência do solo à penetração e ao cisalhamento em diversos usos do solo em áreas de preservação permanente**. *Bioscience Journal*, p. 185-195, 2012.

KRAMER, Gisieli; TRENTIN, Aline Biasoli; PEREIRA FILHO, W. Conflitos ambientais em áreas de preservação permanente da rede hidrográfica do rio Jacuí Mirim. **RS. Rev. Geografia Ensino & Pesquisa, Santa Maria**, v. 12, p. 1079-1094, 2008.

LAL, R. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. **Soil Science**, v.165, n.3, p.191-207, 2000.

LIMA, José R. de S. et al. Atributos físico-hídricos de um Latossolo Amarelo cultivado e sob mata nativa no Brejo Paraibano. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 599-605, 2014.

LUCIANO, Rodrigo Vieira et al. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2010.

MORAIS, L.F.B.; COGO, N.P. Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um argissolo vermelho da Depressão Central (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.1041-1051, 2001

MOTA, Jaedson Cláudio Anunciato; ALENCAR, Thiago Leite de; ASSIS JÚNIOR, Raimundo Nonato de. Alterações físicas de um Cambissolo cultivado com bananeira irrigada na Chapada do Apodi, Ceará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1015-1024, 2015.

OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 327-336, 2004.

OLSZEWSKI, N. et al. Morfologia de agregados do solo avaliada por meio de análise de imagens. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 901-909, 2004.

REYNOLDS, W.D. et al. Indicators of good soil physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v.110, n.1-2, p.131-146, 2002

INPE. **SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do bioma**. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 20 abr. 2023.

SILVA, F.T. dos S. Relação de atributos do solo com a estabilidade de agregados. 2015.

SILVEIRA JUNIOR, S. D. da et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob plantio direto submetido à descompactação mecânica e biológica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1854-1867, 2012.

SOARES, Ilton Araújo. **Análise da degradação ambiental das áreas de preservação permanente localizadas no estuário do Rio Ceará-Mirim/RN**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SPOSITO, E. C. **Uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Doce (MG/ES): inter-relações para a governança**. 2021.

SZYMCZAK, Denise Andréia et al. Qualidade química do solo com diferentes níveis de degradação em área de preservação permanente. **Revista Monografias Ambientais**, v. 10, n. 10, p. 2158-2169, 2012.

TABARELLI, Marcelo et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 573p.

VEZZANI, Fabiane Machado; MIELNICZUK, João. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 213-223, 2011.

VITÓRIA, E. L. et al. Correlação linear e espacial entre produtividade de *Brachiaria brizantha*, densidade do solo e porosidade total em função do sistema de manejo do solo. **Engenharia Agrícola**, v. 32, p. 909-919, 2012.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 487-494, 2005.