

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS

**MUDANÇAS NA QUALIDADE DO CARBONO ORGÂNICO DO
SOLO E DA SERAPILHEIRA EM CAATINGA ARBÓREA SUBMETIDA
A MANEJO FLORESTAL**

DANIELA LIMA DE OLIVEIRA MATOS

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JULHO - 2024

DANIELA LIMA DE OLIVEIRA MATOS

**MUDANÇAS NA QUALIDADE DO CARBONO ORGÂNICO DO
SOLO E DA SERAPILHEIRA EM CAATINGA ARBÓREA SUBMETIDA
A MANEJO FLORESTAL**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof^a Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JULHO – 2024**

DANIELA LIMA DE OLIVEIRA MATOS

**MUDANÇAS NA QUALIDADE DO CARBONO ORGÂNICO DO
SOLO E DA SERAPILHEIRA EM CAATINGA ARBÓREA SUBMETIDA
A MANEJO FLORESTAL**

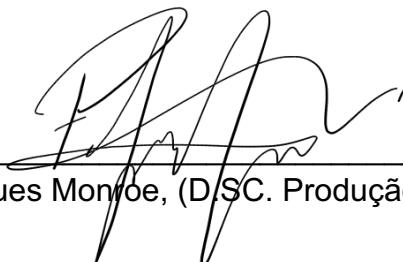
Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 25 de julho de 2024.

Comissão Examinadora:



Prof. Wanderson de Sousa Mendes, (D.SC. Solos e Nutrição de Plantas) – FAO



Dr. Paulo Henrique Marques Monroe, (D.SC. Produção Vegetal) – UESB



Profª Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia, (D.SC. Produção Vegetal) - UESB, orientadora

M381m Matos, Daniela Lima de Oliveira.
Mudanças na qualidade do carbono orgânico do solo e da serapilheira em caatinga arbórea submetida a manejo florestal. / Daniela Lima de Oliveira Matos, 2024.
52f.
Orientador (a): D.Sc. Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2024.
Inclui referências. 42 - 52.
1. Floresta tropical Seca. 2. COS. 3. Espectroscopia de infravermelho. 4. Compostos aromáticos . 5. Compostos alifáticos.
I. Barreto-Gracia, Patricia Anjos Bittencourt. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD: 634.92

AGRADECIMENTOS

"Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas: glória, pois, a ele eternamente. Amém!" (Romanos 11:36). Em primeiro lugar, agradeço ao meu Deus, por sua infinita bondade e misericórdia, e por me permitir chegar até aqui. Sem Ele, nada posso fazer.

Agradeço profundamente aos meus pais, Sirlene e Marcos, por não medirem esforços para que meus sonhos se realizassem. Muito obrigada pelo amor incondicional, compreensão e apoio em todos os momentos. Vocês são minha base e minha maior motivação.

Ao meu amigo, companheiro e namorado, Wallace, agradeço por tanto carinho, atenção e paciência. Obrigada por ouvir minhas lamentações, oferecer seu ombro nos momentos difíceis e me incentivar em cada etapa. Sem você, a caminhada seria muito mais difícil.

À minha família e aos amigos, por sempre me apoiarem, comemorarem comigo as conquistas e compreenderem minha ausência em muitos momentos. Em especial, deixo minha gratidão ao meu trio desde a época da graduação: Ana Luísa, Regiane e Karla. Obrigada pela parceria, troca de ideias e pelos momentos de descontração que tornaram esta jornada mais leve e prazerosa.

Agradeço à minha orientadora, Patrícia Barreto-Garcia pela orientação, paciência e apoio contínuo ao longo deste projeto. Suas valiosas sugestões e incentivos me motivaram a buscar sempre o melhor.

Agradeço aos membros do grupo de pesquisa *Forest Soil*, em especial a Paulo e Talita, pelo auxílio e suporte durante a fase final deste trabalho.

Um agradecimento especial a Wanderson, por toda a ajuda no processamento e interpretações dos dados, obrigada pela paciência e disponibilidade. Ao grupo de pesquisa GEOCIS, em nome do professor José Alexandre Demattê por ceder o equipamento para a análise no Infravermelho.

À UESB e a todo o corpo do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Em especial, agradeço à secretária do programa, Fabrícia, pelos cafés e pelas conversas animadas que tornaram o ambiente mais acolhedor e agradável.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela concessão da bolsa.

E a todos que contribuíram direta e indiretamente, muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. O Bioma Caatinga	11
2.2. Manejo florestal sustentável da Caatinga	12
2.3. Composição química da serapilheira	14
2.4. Composição química da matéria orgânica do solo	16
2.5. Método da espectroscopia no infravermelho por refletância difusa (DRIFTS)	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Área de estudo	20
3.2. Desenho experimental	22
3.3. Coleta e preparo das amostras de solo e serapilheira	23
3.4. Carbono orgânico total e carbono oxidável por permanganato	24
3.5. Composição química do carbono do solo e serapilheira	24
3.6. Análise estatística	26
4. RESULTADOS	27
4.1. Estoque de serapilheira	27
4.2. COS e CPOX	28
4.3. Caracterização química do carbono orgânico da serapilheira e do solo	29
4.4. Análise de componentes principais	32
5. DISCUSSÃO	36
5.1. Estoque de serapilheira	36
5.2. COS e CPOX	37
5.3. Caracterização química do carbono orgânico da serapilheira e do solo	37
5.4. Dissimilaridade entre os tratamentos	41
6. CONCLUSÃO	42
7. REFERÊNCIAS	43

RESUMO

MATOS, Daniela Lima de Oliveira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, julho de 2024. **Mudanças na qualidade do carbono orgânico do solo e da serapilheira em Caatinga arbórea submetida a manejo florestal.** Orientadora: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca, considerada uma das mais extensas e mais ricas em espécies do planeta, porém tem sido historicamente negligenciada e está entre os biomas menos estudados e mais ameaçados do mundo. A aplicação de práticas de manejo florestal sustentável (MFS) constitui uma importante alternativa para a exploração racional desse bioma. Apesar de existirem estudos relacionados aos impactos do MFS neste bioma, ainda não há na literatura nenhum registro de investigações relacionadas à qualidade química do carbono orgânico do solo. Diante disso, o presente trabalho objetivou responder às seguintes perguntas: a qualidade química do carbono orgânico do solo e da serapilheira é afetada pelo manejo florestal da Caatinga? Como essas mudanças diferem entre as diferentes práticas de manejo e entre a serapilheira e a camada superficial do solo? Para isso, foram avaliadas três práticas de manejo (corte raso - CR, corte seletivo por diâmetro - CSD e corte seletivo por espécie - CSE), tendo como referência uma área de Caatinga nativa não manejada (CN). Foram realizadas coletas de serapilheira (duas frações: serapilheira inteira e serapilheira em decomposição) e solo (duas profundidades: 0-5 cm e 5-10 cm). A composição química do carbono foi caracterizada com o auxílio da técnica de espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier. Dentre as práticas de manejo avaliadas, o CR influenciou negativamente a qualidade do carbono do solo e da serapilheira, resultando em uma menor quantidade de compostos alifáticos. O CSD e CSE mantem a qualidade química do carbono em níveis mais próximos da Caatinga não manejada.

Palavras-chave: floresta tropical seca; COS; espectroscopia de infravermelho; compostos aromáticos; compostos alifáticos.

ABSTRACT

MATOS, Daniela Lima de Oliveira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, julho de 2024. **Changes in soil organic carbon and litter quality in arboreal Caatinga under forest management.** Adviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

The Caatinga is a Seasonally Dry Tropical Forest, considered one of the most extensive and richest in species on the planet, but it has been historically neglected and is among the least studied and most threatened biomes in the world. The application of sustainable forest management practices (SFM) constitutes an important alternative for the rational exploitation of this biome. Although there are studies related to the impacts of SFM in this biome, there is still no record in the literature of investigations related to the chemical quality of soil organic carbon. Therefore, the present work aimed to answer the following questions: is the chemical quality of organic carbon in soil and litter affected by forest management in the Caatinga? How do these changes differ between different management practices and between litter and topsoil? For this, three management practices were evaluated (clear cutting - CR, selective cutting by diameter - CSD and selective cutting by species - CSE), taking as a reference an area of unmanaged native Caatinga (CN). Litter (two fractions: whole litter and decomposing litter) and soil (two depths: 0-5 cm and 5-10 cm) were collected. The chemical composition of carbon was characterized using the Fourier Transform Infrared spectroscopy technique. Among the management practices evaluated, CR negatively influenced the quality of soil and litter carbon, resulting in a lower amount of aliphatic compounds. The CSD and CSE maintain the chemical quality of the carbon at levels closer to those of the unmanaged Caatinga.

Keywords: tropical dry forest; COS; Infrared spectroscopy; Aromatic compounds; Aliphatic compounds

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTS), característica do semiárido do Brasil, que abrange cerca de 11% do território nacional e constitui uma das áreas de FTS mais extensas e mais ricas em espécies do planeta (BLACKIE et al., 2014). A principal resposta dessa floresta à aridez é a heterogeneidade da vegetação, a predominância de espécies caducifólias e espinhosas e a queda de folhas intensificada durante a estação seca, que se prolonga por até 10 meses (MAMEDE E ARAÚJO, 2008). Mesmo assim, Caatinga é conhecida por abrigar uma biodiversidade única, com altos níveis de endemismo, sendo considerada de extrema importância biológica (FERNANDES et al., 2020).

Apesar de sua importância, a Caatinga tem sido historicamente negligenciada e está entre os biomas menos estudados (MILLIKEN et al., 2018) e mais ameaçados do mundo (SILVA et al., 2018), com apenas 1,2% da sua área total incluída em áreas efetivamente protegidas (BRASIL, 2015). A vegetação do bioma vem sendo severamente impactada por interferências antrópicas, principalmente devido a exploração desordenada de madeira para lenha e carvão, que tem implicações negativas na conservação do bioma, qualidade de vida e atividades econômicas da população local (ARAÚJO FILHO, 2013; LUCENA et al., 2017).

Dentre as principais alternativas para a exploração racional dos recursos naturais da Caatinga está o Manejo Florestal Sustentável (MFS), que é considerado uma importante estratégia para redução do desmatamento e proteção das florestas nativas em nível mundial (GREGERSEN et al., 2017; FAO e UNEP, 2020). O MFS envolve a extração dinâmica e gradual da vegetação, pela qual somente uma parcela da área total é removida a cada ano, enquanto o restante permanece intocado ao longo do ciclo de corte (BARRETO-GARCIA et al., 2021), visando manter a capacidade produtiva e a diversidade biológica do bioma. As principais práticas de manejo utilizadas na Caatinga são o corte raso (redução de 100% da vegetação) e os cortes seletivos, realizados com base na seleção por espécie ou por diâmetro mínimo ($\geq 5\text{cm}$).

Embora vise minimizar os impactos negativos da extração de madeira da Caatinga, o MFS pode causar mudanças em diferentes componentes do ecossistema, acima e abaixo do solo. A magnitude dessas mudanças depende da prática de manejo florestal adotada, que determina o nível de interferência na vegetação. Isso influencia de diferentes formas a dinâmica de regeneração natural e estrutura da vegetação (BRITO et al., 2022) e, como consequência, a deposição e acúmulo de resíduos vegetais (MATOS et al., 2021). A entrada de serapilheira e sua posterior decomposição constitui a principal via de transferência de matéria orgânica para o solo (VIDAL et al., 2021), influenciando o armazenamento de carbono orgânico do solo (COS) em médio a longo prazo.

O COS influencia praticamente todos os processos edáficos, da agregação ao suprimento de nutrientes para as plantas (GEORGIU et al., 2022;), sendo de fundamental importância para a sustentabilidade dos ecossistemas, especialmente em regiões tropicais (CRASWELL e LEFROY, 2001; GONÇALVES et al., 2017). Apesar disso, os efeitos do MFS da Caatinga sobre estes atributos edáficos ainda não foram equacionados, uma lacuna que indica a necessidade de estudos. Pesquisas recentes evidenciam que o MFS da Caatinga em curto prazo não afeta o carbono orgânico total do solo (BATISTA et al., 2018; BARRETO-GARCIA et al., 2021; MEIRA, 2023), no entanto afeta a qualidade da serapilheira (MATOS et al., 2021; GAMA et al., 2024), frações mais lábeis do COS (BATISTA et al., 2018) e atributos biológicos do solo, como biomassa microbiana, fungos micorrízicos arbusculares e fauna (PEREIRA et al., 2018; MATOS et al., 2019; BARRETO-GARCIA et al., 2021). Isso sugere que o MFS pode ocasionar mudanças na qualidade do COS, que podem ser detectadas antes mesmo de ocorrerem alterações em seus teores totais.

A qualidade do COS é regulada pela composição e manejo da vegetação, que determina a estrutura molecular da serapilheira aportada e os produtos microbianos produzidos no processo de decomposição (QUIDEAU et al., 2000; WEI et al., 2020). Isso pode resultar em variações na composição química da matéria orgânica do solo (MOS), que é bastante complexa, apresentando desde compostos lábeis, que são prontamente acessíveis e rapidamente decompostos por microrganismos, até compostos aromáticos que, devido à sua estrutura relativamente estável (PEDERSEN et al., 2011; PISANI et al., 2013; SHEN et al., 2018), tendem a permanecer por mais

tempo no solo, influenciando o tempo de residência do carbono orgânico no solo (HEMINGWAY et al., 2019; SCHMIDT et al., 2011).

Mudanças na qualidade da serapilheira e do COS em áreas de floresta manejada podem expressar diferenças na dinâmica dos compartimentos da MOS e permitir uma compreensão mais detalhada dos efeitos do MFS na qualidade e estabilidade da matéria orgânica do solo. Esses efeitos devem ser levados em conta no planejamento de ações de manejo florestal, pois podem indicar como as práticas de MFS podem afetar o tempo de permanência do carbono no solo (VICENTE et al., 2023) e quais práticas são mais favoráveis à manutenção das características edáficas. Todavia, ainda não há na literatura nenhum registro de investigações relacionadas a qualidade química do COS em floresta de Caatinga submetida a manejo florestal.

Perante o exposto, testamos três práticas de manejo florestal da Caatinga (corte raso - CR, corte seletivo por diâmetro - CSD e corte seletivo por espécie - CSE), usando como referência uma área de Caatinga não manejada (CN), e objetivamos responder às seguintes perguntas: a qualidade química do carbono orgânico do solo e da serapilheira é afetada pelo manejo florestal da Caatinga? Como essas mudanças diferem entre as diferentes práticas de manejo e entre a serapilheira e a camada superficial do solo? Assumimos as seguintes hipóteses: (1) o manejo florestal altera a composição química do carbono orgânico da serapilheira e da camada superficial do solo e a magnitude dessas mudanças varia de acordo com intensidade da prática de corte adotada, sendo que os cortes seletivos mantêm uma composição química do carbono mais semelhante a floresta nativa, enquanto o corte raso afeta negativamente o acúmulo de compostos de C alifáticos; (2) a serapilheira apresenta mais compostos de C alifático do que a camada superficial do solo; e (3) o solo a 0-5 cm de profundidade apresenta mais compostos de C aromático do que a serapilheira e mais compostos de C alifático do que o solo a 5-10 cm de profundidade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bioma Caatinga

A Caatinga é considerada um bioma de grande importância biológica para o Brasil, cobrindo uma área de 844.453 km². Ocupa aproximadamente 11% do território brasileiro, estando distribuída no Sertão do Nordeste (nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Alagoas, Bahia) e em parte do norte do estado de Minas Gerais (BRASIL, 2016).

O termo Caatinga significa “mata clara” que é derivado da língua indígena, Tupi. O seu significado faz referência ao aspecto aberto e acinzentado da vegetação durante a estação seca, onde a maioria das plantas perdem suas folhas, e muitas apresentam a madeira com uma casca clara que proporciona o aspecto esbranquiçado-prateado (SILVA et al., 2021).

Na maior parte da extensão da Caatinga, o clima é classificado como quente e semiárido, marcado por uma longa estação seca com forte sazonalidade, associada a altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. O bioma apresenta menos de 1.000 mm de chuva por ano, que são distribuídos em um período de três a seis meses. No entanto, essa pluviosidade varia muito a cada ano, chegando a atingir menos da metade da média em intervalos de 10 a 20 anos, o que determina o fenômeno conhecido como “seca” (VELLOSO et al., 2002; OLIVEIRA e BERNARD, 2017).

A vegetação da Caatinga é caracterizada pela presença de matas arbóreas ou arbustivas, composta de árvores baixas e arbustos, muitos com presença de espinhos, microfilia e com feições xerofíticas. Apresenta uma grande diversidade de espécies, muitas destas são endêmicas do bioma, com grande importância socioeconômica através da extração de produtos madeireiros e não madeireiros (ABREU e BORGES, 2021).

A grande variedade de fitofisionomias que é típica do bioma Caatinga está relacionada às altitudes mais elevadas, devido às condições originadas durante as flutuações climáticas marcantes ocorridas durante o Pleistoceno e Quaternário, pertencentes a era cenozoica. Essas condições criaram uma zona mais protegida,

isolando espécies não lenhosas em espaços mais altos e abertos, com solos rasos e incapazes de manter a cobertura arbórea. Como resultado, as encostas mais protegidas acabaram servindo como refúgio para espécies florestais. A presença de matas pantanosas na região da Caatinga é um testemunho disso (DIOGO et al., 2019).

Os solos do bioma apresentam uma distribuição espacial bastante complexa, porém predomina os Latossolos e Argissolos, que costumam variar de extremamente rasos e pedregosos a solos arenosos e profundos (VELLOSO et al., 2002).

2.2. Manejo florestal sustentável da Caatinga

A preservação da Caatinga é crucial, pois contribui para a manutenção das características climáticas locais e globais, além de possuir uma rica biodiversidade. Além disso, o bioma abriga diversas fontes de recursos naturais que abastecem o sertão nordestino (FERNANDES e QUEIROZ, 2018). Apesar da sua importância ecológica e econômica, o bioma vem sofrendo com a exploração de forma desordenada e não sustentável, devido ao uso inadequado do solo e da vegetação, sem aplicação de plano de manejo e sem auxílio de profissionais especializados. Isso vem causando grandes perdas na biodiversidade, erosão do solo, assoreamento dos reservatórios dos rios, e, conseqüentemente, um declínio da atividade econômica e da qualidade de vida da população (LUCENA et al., 2017; ARAÚJO FILHO, 2013).

Uma das alternativas que se apresentam para a exploração sustentável dos recursos naturais da Caatinga é o MFS, que já vem sendo bastante estudado e empregado no bioma (SILVA et al., 2021). O MFS pode ser definido como o processo de gerenciamento de áreas florestais para atingir um ou mais objetivos claramente especificados, visando sempre a produção de produtos e serviços florestais de forma sustentável (BRASIL, 2008). De acordo com Gama (2021), o MFS permite obter uma maior produtividade em unidade de área de recursos madeireiros, com um menor impacto possível ao ambiente, garantindo assim a continuação da produtividade futura.

O MFS está previsto no Código Florestal brasileiro, Lei n.º 12.651 de 2012, que menciona que a exploração de florestas nativas, seja de propriedades públicas ou privadas, é permitida desde que, salvo algumas exceções, seja obtida a devida licença e aprovação de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) (BRASIL, 2012).

De modo geral, o manejo florestal na Caatinga é motivado pela alta demanda energética para lenha e carvão vegetal dos setores comerciais e energéticos da região. Essa situação demonstra que o MFS constitui uma alternativa viável economicamente, promovendo empregos e geração de renda de forma sustentável (GARIGLIO, 2015; CARVALHO, 2020).

As práticas de MFS utilizadas na Caatinga são baseadas em três tipos de corte: corte raso, corte seletivo por espécie e corte seletivo por diâmetro mínimo. O corte raso é a prática de manejo mais adotada no bioma e visa extrair o máximo volume de madeira com o corte de toda a vegetação, sendo muito utilizado para produção de lenha e carvão. Essa prática apresenta como vantagem a facilidade de retirada dos produtos e o maior volume de madeira extraído por área, no entanto altera intensamente o ambiente físico (BRASIL, 2008).

O corte seletivo por espécie propicia a retirada somente de árvores de espécies selecionadas com base em parâmetros fitossociológicos, como densidade e dominância, ou em interesses econômicos. Para cada espécie, são aplicados tratamentos silviculturais que garantam a sustentabilidade da produção. Por sua vez, o corte seletivo por diâmetro promove a extração das árvores acima de um diâmetro mínimo pré-determinado em função dos produtos desejados, sendo muito utilizado na obtenção de estacas, mourões e toras (EMBRAPA, 2007).

De acordo com Barreto-Garcia et al. (2021), mesmo que as atividades de manejo florestal sejam realizadas em conformidade com os critérios técnicos, podem ainda causar efeitos adversos no ecossistema. Apesar disso, a maior parte dos estudos que avaliam os efeitos do manejo florestal da Caatinga se concentram em mudanças na vegetação, como composição florística, densidade arbórea e estrutura da floresta (SILVA et al., 2023; SANTOS et al., 2023; BRITO et al., 2022).

Estudos sobre os efeitos em atributos do solo e serapilheira ainda são escassos e, de modo geral, indicam que práticas de MFS mais invasivas afetam em curto prazo o acúmulo e a decomposição da serapilheira e vários atributos do solo, como a biomassa microbiana do solo, fungos micorrízicos arbusculares, fauna edáfica e frações mais lábeis do COS (BATISTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2018; MATOS et al., 2019; BARRETO-GARCIA et al., 2021; MATOS et al., 2021; SANTOS et al., 2021; MARTINS, 2023; MEIRA, 2023; GAMA et al., 2024).

2.3. Composição química da serapilheira

A serapilheira é um componente orgânico que conecta a vegetação ao solo, composta por folhas, galhos, órgãos reprodutivos e material em decomposição (material não identificável, que está em decomposição a uma extensão que não o torna claramente reconhecível como um componente vegetal). O aporte de serapilheira e a sua taxa de decomposição é um dos processos mais importantes na ciclagem de carbono e nutrientes em ecossistemas terrestres, podendo contribuir efetivamente para o estoque local de carbono e nutrientes do solo, para o armazenamento de C ao longo do tempo e para a dinâmica ecológica de restauração e regeneração (CAMPOS et al., 2017; TIAN et al., 2017).

Na Caatinga, a ciclagem de nutrientes é especialmente importante devido às limitações ambientais do bioma, como baixa precipitação pluviométrica e solos rasos, pedregosos e pouco permeáveis. Esse processo regula o acúmulo de matéria orgânica no solo, já que promove a incorporação de carbono no solo, além da dissipação na forma de CO₂, favorecendo assim a manutenção da fertilidade do solo e a sustentabilidade do ecossistema (FERNANDES e QUEIROZ, 2018; MATOS et al., 2021).

A ciclagem de nutrientes e incorporação de carbono no solo são regulados pela taxa de decomposição da serapilheira, que, por sua vez, é influenciada por diversos fatores, com destaque para as condições do ambiente (temperatura e pluviosidade), a composição química dos resíduos orgânicos e a atuação dos organismos decompositores (SILVA e BRANDÃO, 2020). À medida que acontece a decomposição, os organismos edáficos promovem o processo de transformação da serapilheira, alterando seu tamanho, massa e composição química. Inicialmente, essa transformação acontece mais rapidamente, resultando em uma diminuição significativa da massa da serapilheira. Eventualmente, com o passar do tempo, as perdas de massa com decomposição passam a ser mais gradativas até que a massa restante da serapilheira entra em estado de equilíbrio (CHAPIN et al., 2002; DIOCHON, et al., 2016).

A mudança na massa da serapilheira ao longo do tempo normalmente está associada à heterogeneidade da sua composição química, que possibilita a

degradação preferencial de substâncias mais lábeis no estágio inicial de humificação e a preservação seletiva de compostos mais complexos e recalcitrantes no estágio tardio de humificação (ONO et al., 2013).

Matos et al. (2021), estudando o efeito de práticas de manejo florestal na Caatinga no acúmulo e decomposição da serapilheira, observaram que os cortes mais invasivos (corte seletivo por diâmetro e corte raso) proporcionaram aumento da serapilheira estocada sobre o solo em curto prazo (um ano após a realização do MFS). Por outro lado, esses autores verificaram que o corte seletivo por espécie foi o manejo florestal que mais favoreceu o processo de decomposição e a mineralização de compostos químicos como celulose e polifenóis.

Cerca da metade da massa da serapilheira é formada por carbono (C), que está presente em diferentes formas químicas como: açúcares, aminoácidos, fenois, lipídeos insolúveis, celulose, proteínas e lignina. Estes compostos diferem em tamanho, complexidade estrutural e tipo de ligações químicas (COTRUFO et al., 2013). Embora a concentração total de C na serapilheira das plantas não varie significativamente, a distribuição relativa desse elemento entre os diferentes compostos na serapilheira pode mudar e influenciar as taxas de decomposição (HATTENSCHWILER e JORGENSEN, 2010).

De acordo com estudos realizados por Rahman et al., (2013), materiais ricos em lignina têm uma tendência a serem mais aromáticos. Por outro lado, materiais ricos em polissacarídeos tendem a ser alifáticos. Essas diferenças na estrutura química podem ter impacto na decomposição da serapilheira e na disponibilidade de nutrientes para os microrganismos decompositores, influenciando a dinâmica da matéria orgânica no ecossistema (AKHTAR et al., 2018; GARCIA-PALACIOS et al., 2016).

Lima et al., (2023), ao analisarem a composição química da serapilheira acumulada em sistemas agroflorestais de seringueira e cacau, observaram que as linhas de cacau apresentaram compostos mais aromáticos, enquanto as linhas de seringueira apresentaram mais compostos associados à presença de celulose. Os mesmos autores observaram que a serapilheira da floresta natural apresentou serapilheira com predominância de estruturas químicas menos complexas.

A velocidade de decomposição da serapilheira é influenciada pelo grau de recalcitrância inerente aos compostos presentes, a comunidade de organismos decompositores e as condições edafoclimáticas (KLEBER, 2010), podendo ser

afetada por perturbações locais, como intervenções na vegetação. Ou seja, a composição química da serapilheira exerce influência no acúmulo de carbono no solo e, por essa razão, o estudo da composição química da serapilheira pode fornecer informações importantes sobre diferenças nas funções ecológicas entre várias comunidades florestais (CORNWELL et al., 2008; ZHOU et al., 2007).

2.4. Composição química da matéria orgânica do solo

A MOS é formada a partir da decomposição parcial de restos vegetais por microrganismos e desempenha um papel essencial na avaliação da qualidade do solo, sendo o principal indicador e o maior reservatório de carbono orgânico da superfície terrestre. Estima-se que aproximadamente 58% da MOS é composta de carbono. Assim, alterações na quantidade de C da matéria orgânica afetam diretamente as concentrações de CO₂ atmosférico, podendo gerar efeitos positivos ou negativos (PAUL, 2007; MACHADO, 2005).

A persistência da MOS desempenha um papel crucial na retenção de C, sendo influenciada por três fatores: (1) a diversidade molecular dos resíduos orgânicos presentes no solo, (2) a variabilidade temporal de fatores abióticos e (3) a heterogeneidade espacial do substrato dentro dos agregados do solo (LEHMANN et al., 2020). De acordo com Kleber (2010), o grau de recalcitrância inerente a composição química dos compostos presentes na MOS é um dos fatores mais preponderantes na sua manutenção no solo.

A MOS é composta por uma mistura complexa e variada de compostos orgânicos ricos em C, que podem ser classificados em diferentes componentes com base em suas propriedades químicas (WANG et al., 2016). A composição química da MOS é um fator importante na regulação da dinâmica do C do solo, especialmente durante a fase inicial do processo de decomposição e nas camadas superficiais do solo (DHILLON et al., 2017).

Sua composição química varia de acordo com a qualidade do material vegetal depositado e decomposto no solo, incluindo resíduos com diferentes relações carbono/nitrogênio (C/N), como lignina, açúcares e proteínas. Esses compostos, juntamente com as propriedades do solo, fatores bióticos e abióticos, e condições

climáticas, influenciam o tempo de residência do carbono no solo, contribuindo para o sequestro de carbono por meio da estabilização da MOS (SCHMIDT et al., 2011).

As entradas de matéria orgânica no solo através da deposição da serapilheira são impactadas por alterações na vegetação, principalmente relacionadas à dinâmica florestal (SANTOS et al., 2023). A remoção da vegetação, por exemplo, pode resultar na redução da cobertura do solo e na diminuição do acúmulo de carbono orgânico, afetando o processo de formação dos agregados do solo. Nesse sentido, a intensidade do manejo florestal pode ter um impacto na MOS devido a redução das entradas de serapilheira. Isso afeta a vegetação e sua composição química e, como consequência, a qualidade e quantidade da serapilheira depositada, influenciando o estabelecimento e atuação das comunidades microbianas, que condicionam a taxa de decomposição da MOS (BAUMANN et al., 2009).

Estudos realizados em Caatinga submetida a manejo florestal não detectaram mudanças nos teores totais de carbono orgânico do solo até sete anos após o manejo (BATISTA et al., 2018; PEREIRA et al., 2018; BARRETO-GARCIA et al., 2021; MATOS et al., 2021; MEIRA, 2023), mas observaram redução das frações mais lábeis do COS nos dois manejos mais invasivos (corte raso e corte seletivo por diâmetro) (BATISTA et al., 2018), o que é indicativo de que o manejo afeta a persistência do carbono no solo.

Os solos da Caatinga apresentam tipicamente baixa quantidade de carbono orgânico, atribuída às condições características desse ambiente, como baixa pluviosidade anual, altas temperaturas e solos pouco intemperizados. Esses fatores ambientais promovem condições desfavoráveis para a produção primária e aceleram a decomposição da matéria orgânica do solo, resultando em limitação na persistência e armazenamento de carbono no solo. Essa limitação afeta negativamente a disponibilidade de nutrientes e o ciclo de nutrientes no ecossistema da Caatinga (MAIA et al., 2008).

A composição da MOS pode ser afetada também por sistemas de uso da terra, uma vez que a composição e estrutura da vegetação influencia a estrutura molecular da serapilheira e os produtos resultantes da decomposição microbiana que são produzidos no processo de decomposição (HELFRICH et al., 2006). Conforme mencionado por Vicente et al., (2022), a identificação da natureza química do carbono sequestrado no solo é importante para avaliar a eficiência dos sistemas em produzir

carbono estável, o que ajuda a reduzir as emissões de CO₂ na atmosfera. Portanto, a caracterização química do carbono orgânico é essencial para compreender a dinâmica da matéria orgânica no solo.

2.5. Método da espectroscopia no infravermelho por refletância difusa (DRIFTS)

Em 1800, o cientista Frederick William Herschel fez uma descoberta importante ao decompor a luz branca através de um prisma. Seu objetivo inicial era medir a temperatura das diferentes cores resultantes da decomposição da luz branca, usando termômetros de bulbo. No entanto, ao analisar a radiação além do espectro visível da luz, Herschel percebeu que a temperatura continuava aumentando. Isso levou à identificação de uma região do espectro eletromagnético além da luz visível, que ficou conhecida como infravermelho (BARBOSA, 2013).

Conforme definido pela norma ISO 20473:2007 (*International Organization for Standardization*), a radiação infravermelha abrange um amplo espectro de comprimentos de onda, variando de 780 a 10⁶ nm. Cada faixa do espectro infravermelho é designada de acordo com o comprimento de onda da radiação.

De acordo com Baumann et al., (2016), a técnica de espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) é amplamente utilizada na ciência do solo devido à sua velocidade e baixo custo na caracterização da composição da matéria orgânica do solo.

A espectroscopia de refletância difusa é uma técnica não destrutiva, que se baseia nas interações entre radiação eletromagnética e grupos funcionais de compostos orgânicos e minerais no solo, através do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio. Essas interações podem causar transições eletrônicas em átomos e vibrações de ligações em moléculas (VISCARRA ROSSEL et al., 2016).

A análise da composição química do carbono por meio da técnica DRIFTS pode fornecer *insights* sobre as formas persistentes de carbono encontradas na MOS sob diferentes sistemas de manejo. Isso ocorre porque as substâncias orgânicas presentes variam em termos de grupos funcionais, estrutura e complexidade, fatores que podem contribuir para a estabilização do carbono por meio de mecanismos de proteção química (HELFRICH et al., 2006).

Segundo Baumann et al., (2016) e Lima et al., (2023), as bandas de absorção características para os grupos funcionais, presentes tanto na matéria orgânica do solo quanto na serapilheira, estão localizados na região do infravermelho médio situada entre 4000-400 cm^{-1} .

Vicente et al. (2023), utilizando a técnica DRIFTS para avaliação da composição química do carbono orgânico em diferentes sistemas de uso da terra, observaram que os sistemas podem alterar os grupos funcionais e a estabilidade das frações da MOS. Outro aspecto observado por esses autores foi que a composição química da MOS refletiu a perturbação do solo, demonstrando que a avaliação dos sistemas de uso da terra não deve se limitar apenas à análise dos estoques totais de carbono. Sendo assim, é igualmente importante considerar as alterações na composição química, estabilidade e função do carbono.

Apesar da importância de avaliações que utilizam o DRIFTS para determinar a qualidade química do C do solo, ainda são raros os estudos relacionados ao tema, sendo inexistentes aqueles realizados em floresta de Caatinga submetida a manejo florestal. Essa técnica pode fornecer informações importantes sobre mudanças na dinâmica do carbono no solo, uma vez que permite prever a presença de grupos funcionais representativos de compostos químicos como orgânicos aromáticos e alifáticos de cadeia aberta ou fechada. Nesse contexto, estudos relacionados a esse tema em serapilheira e solo em Caatinga submetida a manejo florestal podem fornecer informações importantes sobre mudanças na qualidade do carbono orgânico e, como consequência, na sua dinâmica de armazenamento e estabilização no solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA), localizada no município de Contendas do Sincorá, Bahia, nordeste do Brasil (Figura 1). A FLONA é uma unidade de conservação (UC) de uso sustentável, conforme Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2006), equivalente a categoria VI de áreas protegidas da classificação da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), que a caracteriza como um espaço destinado ao manejo responsável dos recursos naturais (DAY et al., 2012). Abrange uma área de 11.034 hectares e sua vegetação prevalente é classificada como Savana-Estépica Florestada (Floresta seca de Caatinga Arbórea) (IBGE, 2012) e apresenta predominância das seguintes espécies: *Aspidosperma pyriformium* Mart., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) JB Gillett, *Croton* sp., *Jatropha molissima* (Pohl) Baill., *Manihot glaziovii* Müll. Arg, *Patagonula bahiensis* Moric. e *Pseudobombax simplicifolium* A. Robyns.

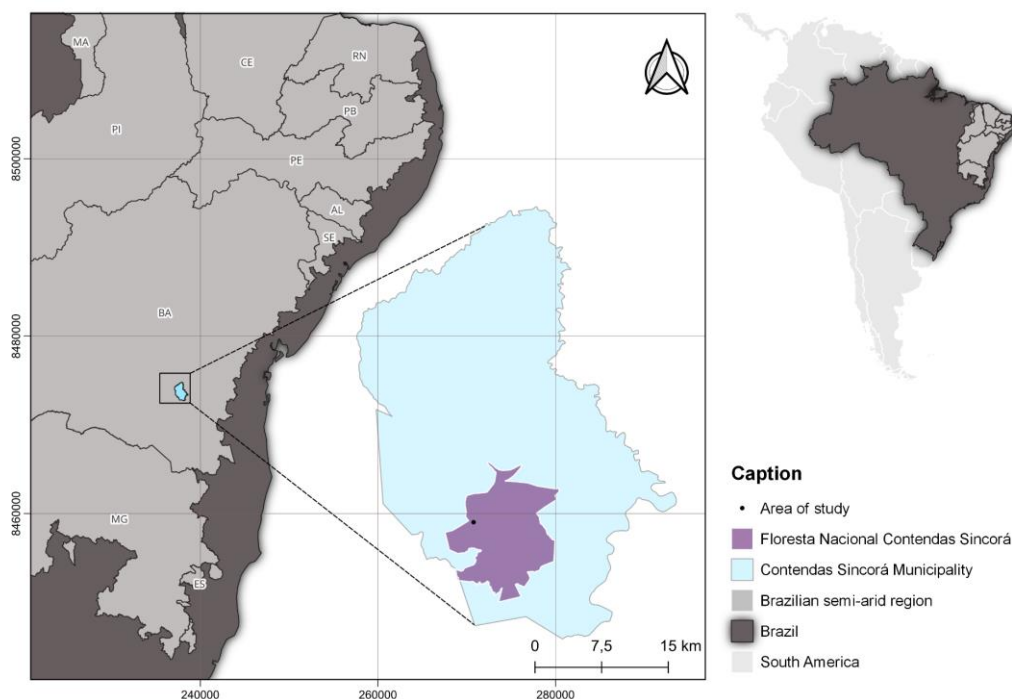


Figura 1 – Mapa temático de localização da Floresta Nacional Contendas do Sincorá, no município de Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

O clima da região é semiárido, do tipo BSh, de acordo com a classificação climática de Köppen, caracterizado como quente, com temperatura média anual de 23 °C e pluviosidade média anual de 600 mm, com chuvas escassas e irregulares, com maiores incidências entre os meses de novembro a abril (MARINHO et al., 2020). O solo da área de estudo apresenta textura franca, classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação do Solo (Santos et al., 2017), e Ultisol de acordo com o *USDA – Natural Resources Conservation Service* (SOIL SURVEY STAFF, 2014), apresentando caracterização química e granulométrica conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do solo (profundidades 0-5 e 5-10 cm) em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

Tratamento	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H + Al	Argila	Areia	Silte
	H ₂ O	mg dm ⁻³	cmol _c dm ⁻³				g kg ⁻¹		
0-5 cm									
CR	6,60	2,00	0,23	7,05	1,50	1,70	230	325	445
CSD	6,45	2,50	0,29	7,00	1,90	1,85	170	360	470
CSE	6,80	3,00	0,32	7,30	2,15	1,55	200	345	455
CN	6,65	3,00	0,38	6,90	2,00	1,70	200	335	465
5-10 cm									
CR	6,45	1,00	0,16	5,80	1,45	1,80	250	315	435
CSD	6,15	1,50	0,19	4,95	1,40	2,45	220	335	445
CSE	6,45	1,00	0,24	5,05	1,50	1,85	220	340	440
CN	6,30	1,50	0,24	4,70	1,50	1,95	200	365	435

Em que: P – fósforo; K⁺ - potássio; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; H + Al – acidez potencial. Análises realizadas conforme metodologias descritas por Teixeira et al. (2017): granulometria pelo método da pipeta; pH em água; P e K extraíveis por Mehlich-1; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ trocáveis por KCl 1 mol L⁻¹.

Este estudo faz parte de um projeto de pesquisa que se concentra na influência do manejo florestal da Caatinga sobre a serapilheira e o solo, sendo este o primeiro

estudo a focar especificamente em efeitos de médio prazo (oito anos após a introdução do manejo florestal) na qualidade química do carbono orgânico do solo. Nós consideramos este tempo como médio prazo tendo em vista que o ciclo de corte (intervalo entre uma exploração e outra) tipicamente adotado no manejo florestal da Caatinga é de 10 a 15 anos. A instalação do campo experimental do projeto na FLONA seguiu as diretrizes do Plano de Manejo da UC, que tem como objetivo primordial a promoção do uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, prevendo a realização de manejo e pesquisas científicas, com ênfase no desenvolvimento de métodos para a exploração sustentável de florestas nativas (MMA, 2006).

3.2. Desenho experimental

O campo experimental instalado na FLONA é constituído de quatro tratamentos, que correspondem a uma condição de floresta não manejada e a adoção de três práticas de manejo: 1. Caatinga não manejada (CN) - controle, utilizada como referência; 2. Corte seletivo por espécie (CSE) – corte seletivo de três espécies: *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett, *Pseudobombax simplicifolium* A. e *Jatropha mollissima* (Pohl.) Baills (15% de redução de área basal); 3. Corte seletivo por diâmetro mínimo (CSD) – derrubada seletiva de todas as árvores com diâmetro à altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm (60% de redução de área basal); e 4. Corte raso (CR) – remoção de todos os arbustos e árvores, independentemente do tamanho ou da espécie (100% de redução de área basal) (Figura 2). A distribuição dos tratamentos na área experimental seguiu um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas, cada uma com dimensão de 20 x 20 m (400 m²), com espaçamento de pelo menos 1 metro. A vegetação foi submetida ao manejo florestal em maio de 2015, por meio de um corte semimecanizado (com motosserra), com a retirada de todo o material lenhoso de interesse comercial e manutenção dos resíduos de colheita (galhos finos, folhas e cascas) nas áreas manejadas. Antes do manejo, a vegetação do campo experimental encontrava-se em estágio avançado de regeneração, conforme critérios de classificação da Resolução CONAMA nº 01/1994, uma vez que não sofria nenhuma intervenção a mais de 20 anos (MMA, 2006).

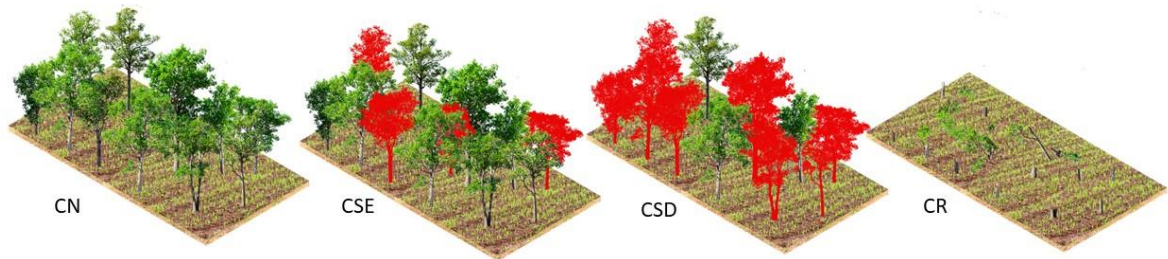


Figura 2 – Esquema do arranjo espacial da Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

3.3. Coleta e preparo das amostras de solo e serapilheira

As amostragens foram realizadas em maio de 2023, oito anos após a execução do manejo florestal. O solo foi coletado em duas profundidades (0-5 e 5-10 cm) por meio da abertura aleatória de três trincheiras (25 × 25 × 25 cm) por parcela. As três amostras de cada profundidade foram reunidas formando uma amostra composta de cada parcela, totalizando quatro repetições de cada profundidade por tratamento. As amostras compostas foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, obtendo-se assim a terra fina seca ao ar (TFSA).

A serapilheira estocada sobre o solo foi coletada com auxílio de um gabarito quadrado de 0,25 m² (0,50 × 0,50m), que foi lançado aleatoriamente três vezes sobre o piso florestal de cada parcela, totalizando quatro amostras compostas por tratamento. Todo o material orgânico presente no interior do gabarito foi coletado e conduzido ao laboratório, onde as amostras foram triadas e separadas em duas frações: (1) serapilheira inteira - constituída pelos componentes da serapilheira visualmente inteiros e ainda não fragmentados (folhas, galhos, cascas e material reprodutivo), e (2) serapilheira em decomposição – composta por materiais

fragmentados, que visualmente passaram por algum processo de transformação (fragmentação) a uma extensão que não o tornava claramente reconhecível.

Após a separação, as frações foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada (a 65 °C por 72 horas) e pesadas. Os resultados de massa seca (g) obtidos foram convertidos para kg ha⁻¹.

As amostras secas de solo e de serapilheira foram moídas em almofariz até o tamanho de partícula de 0,250 mm (para análise de carbono) e de 0,149 mm (para análise espectroscópica de infravermelho).

3.4. Carbono orgânico total e carbono oxidável por permanganato

As amostras de solo foram analisadas quimicamente para determinação dos teores de carbono orgânico por oxidação úmida com K₂Cr₂O₇ 0,167 mol L⁻¹, em meio ácido (YEOMANS e BREMNER, 1988), e de carbono oxidável por permanganato (CPOX) segundo o método de Blair et al. (1995), adaptado por Shang e Tiessen (1997), pelo qual utiliza-se uma solução de permanganato de potássio (KMnO₄) 0,033 mol L⁻¹ como oxidante.

3.5. Composição química do carbono do solo e serapilheira

Aproximadamente cinco gramas das amostras secas e moídas de solo e serapilheira foram colocadas em um porta-amostra para medição e analisadas usando um espectrômetro *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) Alpha (Bruker Optics Corporation, Billerica, MA 01821, EUA), equipado com um acessório para reflectância difusa. O sensor utiliza o Laser HeNe como fonte de iluminação posicionada e como padrão de calibração, apresentando também um divisor de feixe KBr que permite capturar grandes amplitudes de radiação incidente na amostra. Para cada espectro, foram feitas 32 varreduras por minuto, com resolução espectral de 4 cm⁻¹ em intervalo espectral de 4000 cm⁻¹ a 600 cm⁻¹. O equipamento foi calibrado a cada 20 leituras, utilizando uma placa de ouro para remover a radiação de fundo do espectro.

As bandas de refletância foram então obtidas pelo *software* de espectroscopia vibracional OPUS®. A refletância espectral MIR foi então reamostrada para o tamanho

da janela de 2 cm⁻¹, cortada para a parte de baixo sinal-ruído de 4000 - 600 cm⁻¹ e convertida em absorbância (absorbância = log₁₀(1/refletância)) para estabelecer uma relação mais linear. Adotou-se a transformação matemática da refletância espectral pela teoria de Kubelka-Munk (K-M) (BARRON E TORRENT, 1986) (Equação 1). Essa teoria é considerada a mais útil para este tipo de transformação e foi utilizada para ampliar as informações fornecidas pela avaliação qualitativa da refletância espectral MIR dos minerais do solo, que normalmente mostra informações limitadas das características ópticas da maioria desses minerais.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R_{\infty})^2}{2R_{\infty}} = \theta \quad (1)$$

Em que: K e S são respectivamente os coeficientes de absorção e espalhamento, e θ é a função de remissão ou K-M e é a reflectância limite.

A equação diferencial K-M permite uma solução hiperbólica, que resulta em bandas superpostas fortes e amplas em diferentes comprimentos de onda, semelhantes aos espectros brutos. Além disso, para melhorar a resolução de características nitidamente definidas, foi calculada a derivada da função K-M, utilizando o algoritmo de Savitzky-Golay (SAVITZKY e GOLAY, 1964) com uma janela de tamanho 35 e um polinômio de segunda ordem, aplicando a primeira derivada para destacar os picos e vales. O pré-processamento foi realizado utilizando o pacote "prospectr" do R (STEVENS E RAMIREZ-LOPEZ, 2020). Os espectros foram então tratados e plotados usando o programa de *software* OriginPro® versão 10.10.170 (OriginLab Corp., Northampton, EUA), considerando o valor médio em cada pico de absorção, com os dados da 2ª derivada Kubelka-Munk como eixo Y e número de onda como eixo X. A atribuição das bandas foi realizada com base na literatura.

Para avaliar de forma direta a absorção de cada banda, foi calculada a intensidade relativa (IR%) das bandas mais representativas para a maioria dos tratamentos. A %IR foi calculada dividindo-se a absorbância das bandas (3660, 2920, 2844, 1700, 1680, 1500, 1410, 1050, 1070 cm⁻¹) pela soma total da absorbância de

todas as bandas e multiplicando-se por 100 (GERZABEK et al., 2006; JINDALUANG et al., 2013; DHILLON et al., 2017).

3.6. Análise estatística

Os dados quantitativos de massa de serapilheira e teores de COS e CL foram avaliados quanto a homogeneidade das variâncias dos erros e normalidade dos resíduos pelos testes de Bartlett e Lilliefors, respectivamente. Após constatar que as premissas de normalidade e homogeneidade foram atendidas, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando o teste F ($p < 5\%$) mostrou resultado significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Fisher a 5% de significância. As análises foram realizadas usando o programa StatSoft Statistica® version 10.0 (STATSOFT Inc. 1984-2011).

De forma complementar, a técnica multivariada foi aplicada por meio da análise de componentes principais (ACP) com o objetivo de sintetizar a variação multidimensional dos tratamentos (práticas de manejo florestal e Caatinga não manejada) em um biplot e, em seguida, ordená-los nos componentes de acordo com suas similaridades em torno das variáveis analisadas (TER BRAAK, 1986). As variáveis consideradas para essa análise foram os teores de COS e CPOX e os valores de IR% das bandas selecionadas, conforme mencionado anteriormente, empregando-se o programa XLSTAT® versão 19.2.2 (ADDINSOFT, 2019).

4. RESULTADOS

4.1. Estoque de serapilheira

Os estoques de serapilheira total foram menores no CR (12,6 Mg ha⁻¹) do que na floresta não manejada e nas demais práticas de manejo, que não variaram entre si (em média, 16,4 Mg ha⁻¹) (Figura 3). Esse mesmo padrão de variação foi observado para a fração inteira, que representou maior proporção da serapilheira total em todos os tratamentos, variando entre 54% (CR) e 65,5% (CN) (Figura 3). A fração em decomposição não variou entre tratamentos e sua participação relativa aumentou com o aumento do nível de intervenção na área basal: CN (34,5%) < CSE (39,2%) < CSD (40,6%) < CR (46,5%).

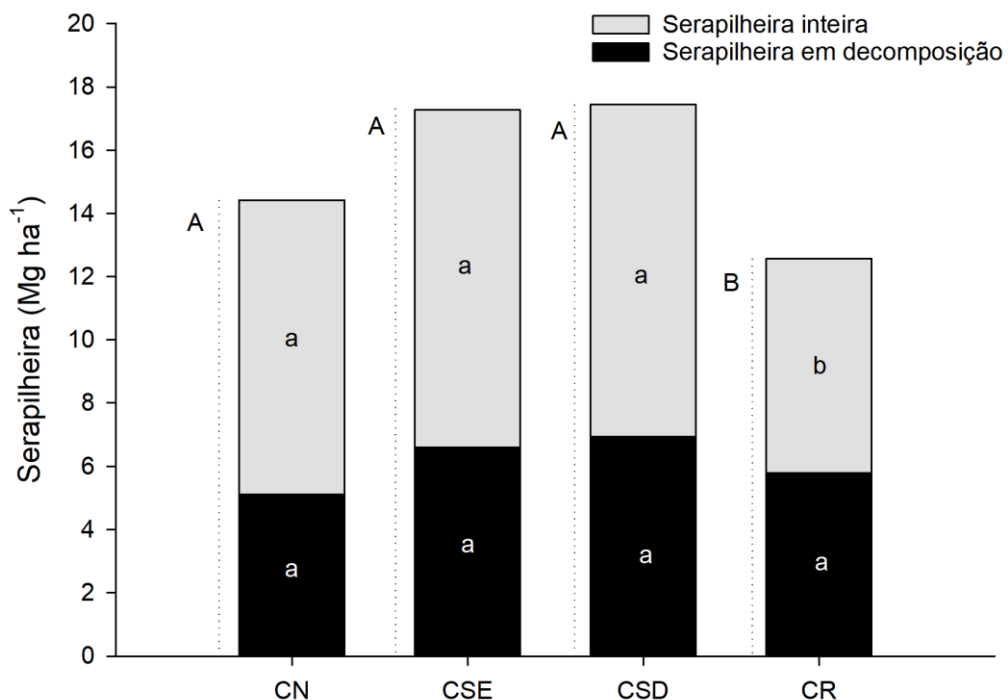


Figura 3 – Estoque de serapilheira em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso), em Contendas do Sincorá, Bahia. Letras iguais não diferem estatisticamente entre os tratamentos pelo teste Fisher a 5% de significância. Letras maiúsculas comparam as médias da serapilheira total entre os

tratamentos, enquanto as letras minúsculas comparam as cada fração da serapilheira entre os tratamentos.

4.2. COS e CPOX

O manejo florestal não causou mudanças nos teores de COS 0-5 cm e 5-10 cm, apresentando valores médios de 26,1 g kg⁻¹ e 18,9 g kg⁻¹, respectivamente (Figura 4). Os teores de CPOX também não mostraram variação entre tratamentos na camada 0-5 cm, mas na camada 5-10 cm tiveram redução de 26,5% no CR e 22,9% no CSD, quando comparados a Caatinga não manejada (Figura 4).

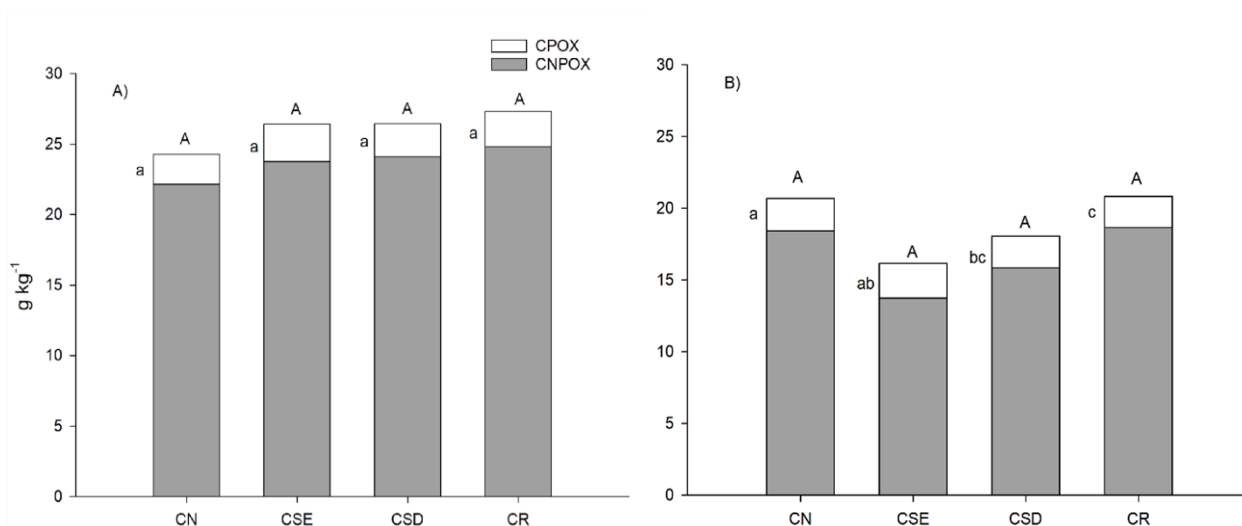


Figura 4 - Carbono orgânico total (COS) e carbono oxidável por permanganato (CPOX) nas profundidades de 0-5 (A) e 5-10 (B) em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso), em Contendas do Sincorá, Bahia. Letras iguais não diferem estatisticamente entre os tratamentos pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam o CPOX e letras maiúsculas comparam os teores de COS, sendo $COS = CPOX + CNPOX$.

4.3. Caracterização química do carbono orgânico da serapilheira e do solo

De modo geral, os espectros da serapilheira e do solo exibiram padrões semelhantes entre tratamentos, com picos ocorrendo nas mesmas bandas. No entanto, foi possível notar diferenças entre tratamentos quanto a intensidade de alguns picos. Também observamos diferenças entre serapilheira e solo tanto em relação à ocorrência quanto a intensidade de alguns picos (Figura 5).

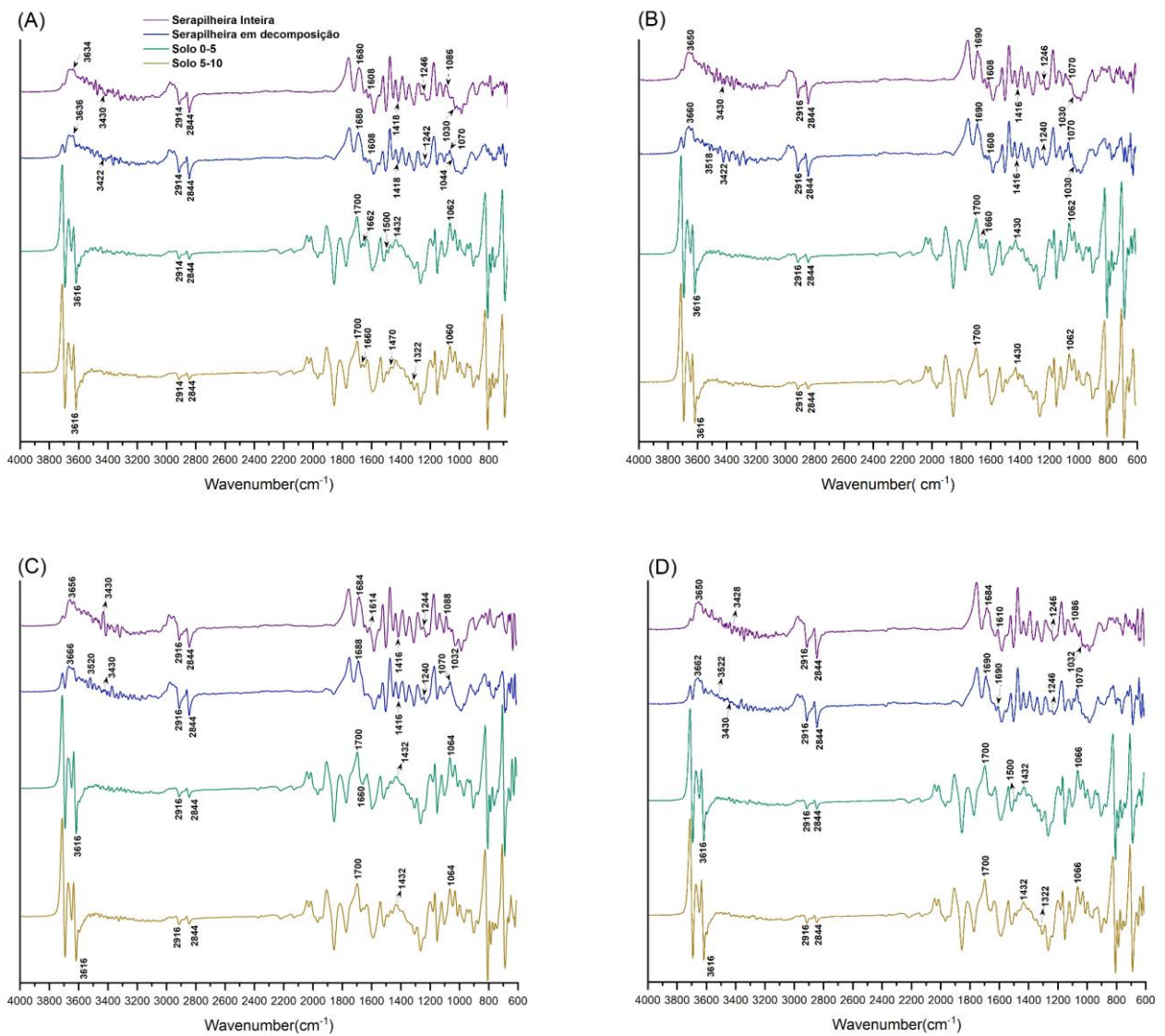


Figura 5 - Espectros no infravermelho médio da serapilheira inteira, serapilheira em decomposição e do solo nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm em Caatinga não manejada (A) e submetida a três práticas de manejo florestal (B - corte seletivo por espécie; C - corte seletivo por diâmetro mínimo; e D - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

As bandas 3700-3290cm⁻¹ apresentaram picos mais intensos no solo do que na serapilheira, exibindo um gradiente de variação do solo até a serapilheira inteira: solo 5-10 cm > solo 0-5 cm > serapilheira em decomposição > serapilheira inteira (Figura 5). Os espectros das duas frações da serapilheira exibiram um vale em torno de 3400 cm⁻¹, que foi mais profundo na serapilheira inteira (Tabela 2). Além disso, a serapilheira inteira da Caatinga manejada, com destaque para o tratamento CSD, apresentou um pico de maior intensidade nessa banda, quando comparada à Caatinga não manejada (Tabela 2 e Figura 5).

Tabela 2- Intensidade relativa média (%) das principais bandas da serapilheira em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

Tratamento	3660	3522	3430	2920	2844	1680	1608	1246	1070	1050
	Serapilheira Inteira									
CN	7,42	10,56	11,04	9,19	8,33	10,28	10,62	10,41	11,14	11,00
CSE	7,48	10,63	11,14	9,38	8,36	10,40	10,65	10,25	10,90	10,81
CSD	7,43	10,55	11,31	9,18	8,30	10,21	10,59	10,43	11,05	10,95
CR	7,40	10,46	11,13	9,54	8,41	10,37	10,57	10,45	10,90	10,77
	Serapilheira em decomposição									
CN	7,71	10,49	10,93	9,42	8,33	10,61	10,82	10,21	10,70	10,80
CSE	7,73	10,45	11,01	9,38	8,28	10,59	10,85	10,24	10,71	10,77
CSD	7,78	10,40	10,93	9,19	8,30	10,67	10,90	10,28	10,67	10,88
CR	7,80	10,30	10,89	9,43	8,36	10,72	10,92	10,25	10,59	10,72

Os vales duplos em torno de 2920 e 2850 cm^{-1} foram mais profundos nas amostras de serapilheira e reduziu gradativamente até a camada 5-10 cm do solo. Na serapilheira em decomposição, esses vales apresentaram menor intensidade nos cortes seletivos (CSD e CSE) em relação a CN (Figura 5 e Tabela 2). Os picos em torno de 1450 e 1370 cm^{-1} também apresentaram esse mesmo padrão de variação, com redução de intensidade da serapilheira para o solo (Figura 5). No entanto, no caso do solo na profundidade 5-10 cm, essas bandas apresentaram picos somente nos tratamentos CSE e CN (Figura 5).

Um pico em torno de 1660 cm^{-1} foi encontrado apenas no solo do tratamento CSE, na profundidade 0-5 cm, e do CN, nas profundidades 0-5 e 5-10 cm (Figura 5 e Tabela 3). Picos em torno de 1246 cm^{-1} ocorreram na serapilheira de todos os tratamentos com exceção do corte raso, observando-se uma diminuição de intensidade relativa da serapilheira inteira para a serapilheira em decomposição (Tabela 3).

Tabela 3 - Intensidade relativa média (%) das principais bandas do solo (profundidades 0-5 e 5-10 cm) em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE – Corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

Tratamento	3712	3616	2916	2846	1700	1660	1500	1432	1400	1322	1062
	0-5 cm										
CN	8,23	9,52	7,14	6,68	9,25	10,11	9,68	10,15	10,47	10,16	8,59
CSE	8,17	9,59	7,18	6,69	9,20	10,06	9,65	10,09	10,41	10,15	8,84
CSD	8,13	9,46	7,20	6,74	9,20	10,06	9,67	10,13	10,47	10,19	8,75
CR	8,12	9,39	7,14	6,68	9,20	10,08	9,69	10,20	10,54	10,30	8,66
	5-10 cm										
CN	8,38	9,61	7,12	6,67	9,13	10,10	9,64	10,11	10,42	10,16	8,67
CSE	8,44	9,73	7,07	6,63	9,07	9,96	9,60	10,03	10,38	10,19	8,87
CSD	8,44	9,72	7,10	6,65	9,24	9,97	9,56	10,00	10,35	10,18	8,79
CR	8,32	9,72	7,14	6,68	9,10	9,96	9,61	10,08	10,41	10,21	8,78

Os picos em torno das bandas 1070 - 1050 cm^{-1} da serapilheira apresentaram atenuação nos manejos CR e CSD em relação a Caatinga não manejada (Tabela 2). Os picos em bandas abaixo de 900 cm^{-1} foram desconsiderados das interpretações deste estudo, tendo em vista que bandas nessa faixa podem ser mascaradas por CO_2 , ruído ou água e minerais do solo (HABERHAUER et al., 2000).

4.4. Análise de componentes principais

A análise conjunta dos teores de COS e CPOX e da IR% das bandas mais representativas da serapilheira e do solo por meio da análise de componentes principais (ACP) explicou 78,97% da dissimilaridade entre os tratamentos por meio de dois componentes. As variáveis mais associadas ao componente principal 1 (CP1), que explicou 42,25% da dissimilaridade entre tratamentos, foram: COS da profundidade 5-10 cm, IR% da serapilheira inteira nas bandas 3660, 3522, 1608 e 1246; da serapilheira em decomposição nas bandas 3522, 3430, 2844, 1680 e 1070; do solo (profundidade 0-5 cm) nas bandas 3616, 1500, 1432, 1400 e 1322; e do solo (profundidade 5-10 cm) nas bandas 3712, 2916 e 2846. O componente principal 2 (CP2) explicou 36,72% da variação e teve como atributos mais associados o COS da profundidade 0-5 cm, CPOX das profundidades 0-5 e 5-10 cm e IR% da serapilheira inteira nas bandas 3430 e 1070; da serapilheira em decomposição nas bandas 3660, 1608 e 1246; do solo (profundidade 0-5 cm) nas bandas 3712, 2916, 1700, 1660 e 1062; e do solo (profundidade 5-10 cm) nas bandas 3616, 1660, 1500, 1432, 1400, 1322 e 1062 (Figura 6 e Tabela 4). Algumas bandas foram mais associadas ao componente principal 3 (CP3), apresentando uma pequena contribuição para explicar a dissimilaridade dos tratamentos, e, dessa forma, não foram consideradas na interpretação da análise.

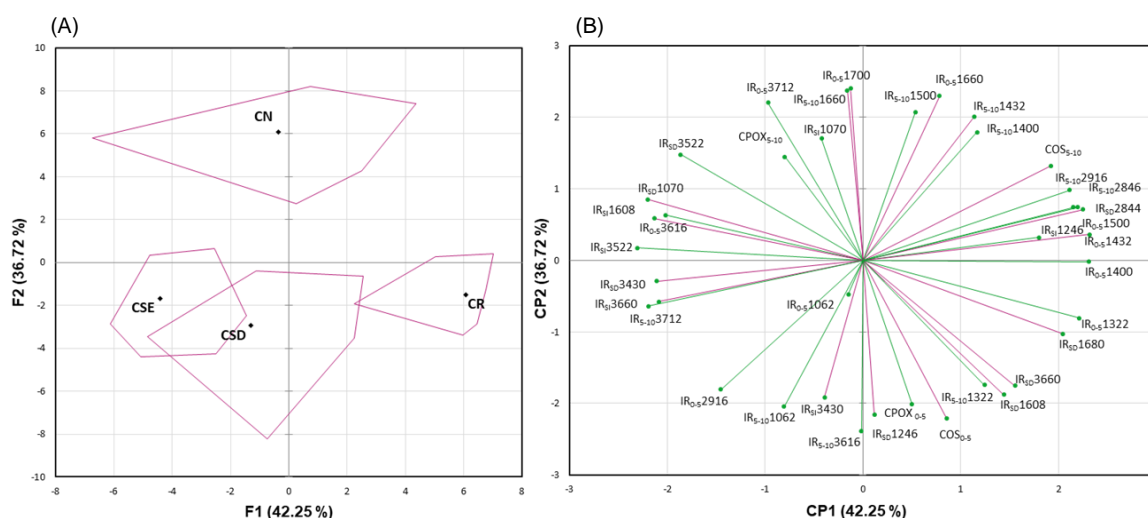


Figura 6 – Diagramas de ordenação dos tratamentos (A) e das variáveis (B) produzidos pela análise de componentes principais de atributos da serapilheira e do solo em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE – Corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil. Em que: CPOX – carbono oxidável por permanganato; COS - carbono orgânico do solo; IR_{SI} – Intensidade relativa da serapilheira inteira; IR_{SD} – Intensidade relativa da serapilheira em decomposição; IR₀₋₅ – Intensidade relativa do solo na profundidade 0-5 cm e IR₅₋₁₀ – intensidade relativa do solo na profundidade 5-10 cm.

A dispersão gráfica dada pela ACP indicou dissimilaridade entre tratamentos, que ficaram distribuídos em três quadrantes (Figura 6). CN ficou isolado no quadrante superior esquerdo e mais associado ao CP2, enquanto os outros três tratamentos localizaram-se na parte inferior do gráfico: CSD e CSE mais próximos entre si e no quadrante esquerdo (o primeiro mais associado ao CP2 e o segundo ao CP1) e o CR isolado no quadrante direito e mais associado ao CP2.

Tabela 4 - Cargas fatoriais e variabilidade explicada pelos eixos na análise de componentes principais (ACP) dos atributos da serapilheira e do solo em Caatinga não manejada (CN) e submetida a três práticas de manejo florestal (CSE – Corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro mínimo; e CR - corte raso) em Contendas do Sincorá, Bahia, Brasil.

Variáveis /Tratamentos	Componente da Variância	
	CP1	CP2
	Cargas Fatoriais	
COS ₀₋₅	0,364	-0,906
COS ₅₋₁₀	0,818	0,543
CPOX ₀₋₅	0,213	-0,826
CPOX ₅₋₁₀	-0,521	0,838
IR _{SI} 3660	-0,888	-0,237
IR _{SI} 3522	-0,980	0,072
IR _{SI} 3430	-0,167	-0,786
IR _{SI} 1608	-0,858	0,261
IR _{SI} 1246	0,763	0,132
IR _{SI} 1070	-0,179	0,700
IR _{SD} 3660	0,660	-0,719
IR _{SD} 3522	-0,793	0,607
IR _{SD} 3430	-0,896	-0,119
IR _{SD} 2844	0,956	0,293
IR _{SD} 1680	0,868	-0,421
IR _{SD} 1608	0,612	-0,769
IR _{SD} 1246	0,049	-0,885
IR _{SD} 1070	-0,936	0,351
IR _{SD} 1050	-0,413	0,905
IR ₀₋₅ 3616	-0,905	0,241
IR ₀₋₅ 2916	-0,644	-0,656
IR ₀₋₅ 1700	-0,053	0,988
IR ₀₋₅ 1660	0,333	0,943
IR ₀₋₅ 1500	0,914	0,306
IR ₀₋₅ 1432	0,984	0,149
IR ₀₋₅ 1400	0,982	-0,007
IR ₀₋₅ 1322	0,941	-0,330
IR ₀₋₅ 1062	-0,618	-0,739
IR ₅₋₁₀ 3712	-0,932	-0,263
IR ₅₋₁₀ 3616	-0,007	-0,979
IR ₅₋₁₀ 2916	0,933	0,304
IR ₅₋₁₀ 2846	0,899	0,404
IR ₅₋₁₀ 1660	-0,069	0,975
IR ₅₋₁₀ 1500	0,227	0,849
IR ₅₋₁₀ 1432	0,483	0,823
IR ₅₋₁₀ 1400	0,497	0,735
IR ₅₋₁₀ 1322	0,527	-0,714
IR ₅₋₁₀ 1062	-0,342	-0,838
		%
Variabilidade	42,246	36,719
Cumulativo	42,246	78,965

Em que: CPOX – carbono oxidável por permanganato de potássio; COS - carbono orgânico do solo; IR_{SI} – Intensidade relativa da serapilheira inteira; IR_{SD} – intensidade relativa da serapilheira em decomposição; IR₀₋₅ – intensidade relativa do solo (0-5 cm de profundidade) e IR₅₋₁₀ – intensidade relativa do solo (5-10 de profundidade)

5. DISCUSSÃO

5.1. Estoque de serapilheira

As quantidades de serapilheira sugerem que os cortes seletivos propiciaram uma recuperação da dinâmica de acúmulo de serapilheira em médio prazo. Por outro lado, o menor estoque no CR demonstrou que a remoção completa da vegetação com esse manejo interfere no aporte contínuo de resíduos, reduzindo a quantidade de material vegetal formador da serapilheira. Isso está em consonância com o menor estoque de serapilheira inteira observado no CR, uma vez que essa fração é composta por componentes da serapilheira que ainda não foram decompostos, estando mais diretamente relacionada às entradas de resíduos. Adicionalmente, essa hipótese de recuperação da dinâmica da serapilheira é corroborada por estudos anteriores realizados na mesma área experimental, que constataram que em curto prazo (um ano após o corte) o manejo florestal aumentou dos estoques de serapilheira, independente da prática de manejo adotada (BARRETO-GARCIA et al., 2021; MATOS et al., 2021).

O aumento da participação relativa da serapilheira em decomposição seguindo o gradiente de interferência na vegetação (CR > CSD > CSE > CN) sugere que práticas de manejo mais invasivas interferem na dinâmica de decomposição. Práticas de manejo florestal afetam a estrutura e dinâmica da vegetação e, como consequência, a densidade do dossel e as condições microclimáticas. Como resultado dessas mudanças, estudos realizados nas mesmas áreas experimentais do presente estudo demonstraram que o manejo florestal da Caatinga impacta a biomassa e atividade microbiana do solo, gerando um aumento do quociente metabólico, especialmente no corte raso (BARRETO-GARCIA et al., 2021; MEIRA, 2023), o que indica um aumento da taxa de decomposição, em razão de maiores variações de temperatura e umidade ou de mudanças na qualidade da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES et al., 2008). Em consonância com essa explicação, Jamroz e Jerzykiewicz (2022) observaram que o manejo de corte raso aumentou a taxa de

decomposição da matéria orgânica do solo, reduzindo a quantidade de compostos lábeis disponíveis.

5.2. COS e CPOX

A ausência de variação nos teores de carbono orgânico sugere que o manejo florestal em médio prazo não promove mudanças no conteúdo total de matéria orgânica do solo. Isso confirma resultados de estudos anteriores na mesma área experimental, que não observaram mudanças no COS em curto prazo, um a três anos após o manejo florestal (BARRETO-GARCIA et al., 2021; SANTOS et al., 2021). O carbono orgânico total do solo é composto majoritariamente por compostos recalcitrantes com baixa taxa de decomposição e longo tempo de residência no solo (JONES et al., 2005; ZACHÁRY et al., 2020) e, por isso, normalmente não é afetado rapidamente por mudanças ocasionadas pelo manejo (STROSSER, 2010; XIAOQIAN et al., 2021).

Por outro lado, a resposta do CPOX ao manejo deve estar relacionada ao fato dessa fração ser constituída por substâncias que são mais facilmente decompostas, o que torna esse carbono mais sensível a mudanças ocasionadas pelo manejo (LAVALLEE et al., 2020; LUCAS e WEIL, 2021). É provável que a redução nos teores de CPOX na camada 5-10 cm apenas no CR e CSD tenha relação com o maior nível de perturbação desses manejos, que proporcionaram a retirada parcial ou total da vegetação e, como consequência, reduziram o aporte e diversidade de resíduos vegetais. Como discutido anteriormente, isso afeta indiretamente o microambiente, em termos de umidade, temperatura, atividade microbiana e ciclagem da matéria orgânica, o que pode implicar em redução dos níveis de carbono do solo (TAO et al., 2018; TURMEL et al., 2015).

5.3. Caracterização química do carbono orgânico da serapilheira e do solo

A similaridade entre os espectros do solo e da serapilheira sugere que os compostos de carbono orgânico presentes são semelhantes, mas apresentam

concentrações diferentes. Isso demonstra que, embora a composição química dos compostos orgânicos permaneça a mesma ao longo do processo de decomposição da serapilheira para a formação da matéria orgânica do solo (BAHADORI, et al., 2021), pode haver variação da quantidade desses compostos. Isso ocorre porque à medida que a MOS se decompõe, os componentes lábeis são prontamente acessíveis e rapidamente decompostos pelos microrganismos do solo. Em contraste, os compostos aromáticos, devido à sua estrutura relativamente estável tendem a aumentar (PEDERSEN et al., 2011; PISANI et al., 2013; SHEN et al., 2018).

As bandas em torno de $3700-3290\text{ cm}^{-1}$ são atribuídas a grupos funcionais recalcitrantes devido às ligações OH em cadeias fechadas de álcoois ou fenóis (CORNELL e SCHWERTMANN 1996; MADEJOVA et al., 2002; BARBOSA, 2007; MARGENOT et al., 2020). A maior intensidade dessas bandas nas amostras do solo sugere uma concentração mais alta de compostos recalcitrantes com grupos OH, em comparação com a serapilheira. Entretanto, o pico mais pronunciado em torno de 3400 cm^{-1} é típico de resíduos vegetais (HABERHAUER E GERZABEK, 2000), o que explica sua maior intensidade na serapilheira inteira quando comparada com a serapilheira em decomposição. A maior intensidade dessa banda na serapilheira da Caatinga manejada, especialmente no CSD, pode estar relacionada a um efeito tardio da entrada de resíduos de colheita ou ainda a influência da composição de espécies da vegetação remanescente na deposição de serapilheira, que estaria propiciando a entrada de resíduos vegetais com maior conteúdo de compostos como álcoois e fenóis.

As bandas em torno de $2920-2850\text{ cm}^{-1}$ e $1450-1420\text{ cm}^{-1}$ representam, compostos alifáticos, associados a ligações C-H dos grupos metila e metileno e deformações angulares desses mesmos grupos (BARBOSA, 2007; CALDERÓN et al., 2011; PETRE et al., 2014; MARGENOT et al., 2020; MENDES et al., 2022). Moléculas alifáticas estão normalmente presentes nas cutículas das folhas das plantas e na suberina das raízes e podem compreender até 40% do carbono orgânico em solos florestais (KOLATTUKUDY, 1989, LORENZ et al., 2007), sendo consideradas menos estáveis que as ligações C = C aromáticas (DEYMAN et al., 2012). Isso explica a maior intensidade dessas bandas nas amostras de serapilheira inteira com redução gradativa até a camada 5-10 cm do solo, indicando que os compostos alifáticos são mais abundantes na superfície e diminuem com a profundidade. Isso tem relação com

a influência da deposição de resíduos vegetais em superfície e com o avanço do processo de decomposição no solo, onde os compostos alifáticos tendem a ser rapidamente decompostos pelos microrganismos, o que reduz o seu acúmulo no solo (PEDERSEN et al., 2011; HELLER et al., 2015; CLABEL H et al., 2020).

A menor concentração de compostos alifáticos da serapilheira em decomposição do CSD e CSE indica que esses manejos afetaram negativamente a quantidade desses compostos, possivelmente devido a remoção seletiva de árvores o que afetou a diversidade de espécies e a entrada dos resíduos formadores de serapilheira. Essa alteração na diversidade influencia a uniformidade do componente químico do carbono, uma vez que diferentes composições de espécies arbóreas promovem a entrada de diversos níveis funcionais (WANG et al., 2023). Isso também explica o aparecimento de picos nas bandas 1450 e 1370 cm^{-1} do solo (profundidade 5-10 cm) dos tratamentos CSE e CN, demonstrando que o corte seletivo por espécie propicia uma condição mais semelhante a Caatinga não manejada no que diz respeito ao acúmulo de compostos alifáticos nessa camada do solo.

Os picos em torno de 1700 cm^{-1} e 1610 cm^{-1} são atribuídos a presença de ésteres de ácidos carboxílicos C = O de carbonil C e C = C, respectivamente (BAES e BLOM, 1989; CALDERÓN et al., 2011), considerados grupos funcionais aromáticos mais recalcitrantes devido à presença de ligações duplas conjugadas (FREIXO et al., 2002). Ou seja, um material de alta resistência e, portanto, mais difícil de ser decomposto. O pico nessa banda encontrado apenas no CSE, assim como no CN, sugere que esse tipo de manejo favorece o acúmulo de compostos aromáticos estáveis na camada superficial do solo, se aproximando da condição de Caatinga não manejada. Adicionalmente, o fato desse pico ter sido detectado também na camada mais profunda da Caatinga não manejada demonstra que a ausência de interferência na vegetação contribui para uma maior estabilidade e permanência da matéria orgânica no solo. A variação espectral entre a camada superficial e a camada mais profunda provavelmente se deve a diferenças entre esses dois ambientes com relação a disponibilidade de C e nutrientes para microrganismos do solo, entradas de matéria orgânica e influência do ar e temperatura (KRAMER e GLEIXNER, 2008; SCHMIDT et al., 2011).

A banda em torno de 1246 cm^{-1} pode indicar a presença de polissacarídeos (CALDERÓN et al., 2013; MARGENOT et al., 2020). Esses compostos são

possivelmente materiais mais decomponíveis e representam uma importante fonte de carbono para os microrganismos (JINDALUANG et al., 2013), o que justifica a menor intensidade relativa observada na serapilheira em decomposição. A intensidade das bandas de absorção é diretamente proporcional à quantidade de grupos funcionais absorvedores presentes; portanto, uma alta intensidade de absorção sugere uma alta concentração do grupo funcional específico, enquanto uma baixa intensidade indica uma menor concentração (ELLERBROCK et al., 1999).

A ausência de pico em 1246 cm^{-1} somente no CR sugere que esse corte reduziu a entrada contínua de polissacarídeos no solo, essencial para a manutenção da qualidade da matéria orgânica. Essa explicação está em consonância com o menor estoque de serapilheira observado nesse manejo, como resultado da remoção da vegetação, que proporcionou mudanças na dinâmica de deposição dos resíduos, conforme discutido anteriormente (Figura 3). Por outro lado, a ocorrência desse pico no CSD e CSE, assim como no CN, sugere que os cortes seletivos promovem a entrada de material mais acessível pela microbiota de forma semelhante à floresta não manejada.

A atenuação dos picos nas bandas $1070 - 1050\text{ cm}^{-1}$ no CR e CSD pode indicar uma diminuição no teor de celulose (CALDERÓN et al., 2013) nos manejos mais invasivos, caracterizando um material mais propenso à decomposição (LIMA et al., 2023).

Os nossos resultados indicam que, embora o manejo florestal não afete os teores de carbono orgânico do solo, pode afetar a sua qualidade química. A presença de vegetação nativa preservada, proporciona grande diversidade e quantidade de resíduos vegetais (SANTOS et al., 2023; GAMA et al., 2024) e um microclima mais equilibrado e favorável à atuação dos organismos decompositores, em decorrência da estrutura da vegetação (BELDINI et al., 2010), resultou em uma melhor distribuição dos compostos orgânicos presentes no solo. Em contraste, práticas de manejo mais intensivas, como o corte raso, reduziram o acúmulo de compostos de C alifáticos nas frações de serapilheira devido à interrupção da entrada de matéria orgânica fresca. A presença de compostos de C aromáticos, que geralmente persistem por mais tempo no solo, também foi afetada pelo corte raso devido às mudanças no meio físico, que afeta a cobertura do solo, a decomposição da matéria orgânica e a estabilidade do C a média-longo prazo. Isso reforça a importância do uso de práticas de manejo florestal

que mantenham as entradas orgânicas e a diversidade vegetal, contribuindo para uma maior estabilidade e permanência da matéria orgânica.

5.4. Dissimilaridade entre os tratamentos

A ACP da composição química do C da serapilheira e do solo juntamente com os teores de COS e CPOX demonstrou diferenças no efeito das práticas de manejo florestal. A proximidade do CSD e CSE à esquerda do gráfico (no mesmo quadrante) e mais próximos do CN do que o CR, sugere que as práticas de corte seletivo asseguram uma composição química do C semelhante entre si e mais próxima da Caatinga não manejada, provavelmente devido ao fato desses manejos promoverem maior quantidade e diversidade de resíduos vegetais pela manutenção da estrutura da vegetação e diversidade da regeneração natural (SANTOS et al., 2023). Essa condição tende a criar um microclima próprio, o que influencia positivamente o processo de decomposição, assim como na floresta nativa não perturbada (OZANNE et al., 2003; VILLA et al., 2016; GRUGIKI et al., 2017; LIMA et al., 2023; VICENTE et al., 2023).

O isolamento do CR à direita do gráfico e mais associado a compostos mais recalcitrantes, principalmente nas frações de serapilheira (IR% 1680,3660 e 1608), indica que esse manejo propicia uma composição química do C mais distante da floresta não manejada, o que se refletiu em uma menor participação de compostos de C mais lábeis e menor teor de CPOX, como constatado na profundidade 5-10 cm. Isso pode ter relação com a interrupção ou redução do aporte contínuo de folhas, uma vez que estudos anteriores, realizados nas mesmas áreas experimentais deste trabalho verificaram que o manejo CR resultou em redução do acúmulo de serapilheira foliar e aumento do acúmulo de serapilheira lenhosa (BARRETO-GARCIA et al., 2021; GAMA et al., 2024), que é mais resistente à decomposição em comparação com folhas e galhos não lignificados (SWIFT et al., 1979; BERG et al., 2000

6. CONCLUSÃO

As diferentes práticas de manejo florestal impactam a qualidade química do C do solo e da serapilheira. O corte raso influencia negativamente a qualidade do carbono da serapilheira e do solo, resultando em uma menor quantidade de compostos alifáticos. Essa prática de manejo também afeta negativamente o acúmulo de serapilheira e o teor de CPOX na camada 5-10 cm em relação a floresta nativa não manejada. Os cortes seletivos por diâmetro e por espécie mantêm a qualidade química do carbono (da serapilheira e do solo) em níveis mais próximos da Caatinga não manejada, promovendo uma melhor distribuição entre compostos orgânicos alifáticos e aromáticos

Dessa forma, práticas de manejo florestal mais conservacionistas como os cortes seletivos, que minimizem a perturbação do solo e preservem a diversidade vegetal com menor interferência na estrutura da vegetação deve ser incentivadas como estratégias para a manutenção da qualidade do carbono do solo e, portanto, para um manejo mais sustentável da Caatinga.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, F. B., & BORGES, E. F. (2021). Análise espacial do uso e cobertura das terras no município de São Gabriel-Bahia, 2007 e 2018. **Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, 12(7), 535-548, 2021.
- AKHTAR, J; GALLOWAY, A.F; NIKOLOPOULOS, G; FIELD, K.J; KNOX, P. A quantitative method for the high throughput screening for the soil adhesion properties of plant and microbial polysaccharides and exudates. **Plant and soil**. 428: 57-65, 2018.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de; **Manejo Pastoril Sustentável da Caatinga**. Projeto Dom Helder Câmara, 2013, 200 p.
- BAES, A.U.; BLOOM, P.R.; Diffuse reflectance and transmission Fourier transform infrared (DRIFT) spectroscopy of humic and fulvic acids. **Soil Chemistry**, v. 53, p. 695–700, 1989.
- BAHADORI, M; CHEN, C; LEWIS, S; BOYD, S; RASHTI, M.R; ESFANDBOD, M; GARCIA, A.G; ZWIETEN, L.V; KUZYAKOV, Y. Soil organic matter formation is controlled by the chemistry and bioavailability of organic carbon inputs across different land uses. **Science of the Total Environment**, v. 770, 2021.
- BARBOSA, L. C. A. **Espectroscopia no infravermelho na caracterização de compostos orgânicos** (1. ed) Editora UFV, Viçosa, 2007, 184 p.
- BARRETO-GARCIA, P. A. B; BATISTA, S. G. M; GAMA-RODRIGUES, E. F.; PAULA, A.; BATISTA, W. C. A. Short-term effects of forest management on soil microbial biomass and activity in Caatinga dry forest, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 48, 2021.
- BARRON, V.; TORRENT, J. Use of the Kubelka-Munk theory to study the influence of iron oxides on soil colour. **Journal of Soil Science**, v.37, p. 499-510, 1986.
- BATISTA, S. G. M.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; PAULA, A.; MIGUEL, D. L.; W. C. A. BATISTA. Oxidizable fractions of soil organic carbon in Caatinga forest submitted to different forest managements. **Ciência Rural**, v. 48, n. 10, e20170708, 2018.
- BAUMANN, K.; MARSCHNER, P.; SMERNIK, R. J.; BALDOCK, J. A. Residue chemistry and microbial community structure during decomposition of eucalypt, wheat and vetch residues. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 41, p. 1966-1975, 2009.
- BAUMANN, K.; SCHONING, I.; SCHRUMPF, M.; ELLERBROCK, R. H.; LEINWEBER, P. Rapid assessment of soil organic matter: Soil color analysis and Fourier transform infrared spectroscopy. **Geoderma**, v. 278, p. 49–57, 2016.

BERG, B.; JOHANSSON, M.B.; MEENTEMEYER, V.; Litter decomposition in a transect of Norway spruce forests: substrate quality and climate control. **Canadian Journal of Forest Research**. v.30, p. 1136–1147, 2000.

BLACKIE, R.; BALDAUF, C.; GAUTIER, D.; GUMBO, D.; KASSA, H.; PARTHASARATHY, N.; PAUMGARTEN, F.; SOLA, P.; PULLA, S.; WAEBER, P.; SUNDERLAND, T. **Tropical dry forests The state of global knowledge and recommendations for future research**. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR), 2014. 30 p.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and development of a carbon management index for agricultural systems. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 46, p.1459 – 1466, 1995.

BRAAK, C.J.F. Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology** v.67, p.1167–1179, 1986.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. **Manejo sustentável dos recursos florestais da Caatinga** / MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste. Natal: 28p.: il. MMA, 2008.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Quinto Relatório Nacional à Convenção sobre Diversidade Biológica: Brasil** Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2015.

BRASIL. **Lei Federal Nº 11.284**, DE 2 DE MARÇO DE 2006. Gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério de Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro – SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal – FNDF.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: Acesso em: 25 de abril de 2023. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 maio 2012.

BRITO, A. C.; PAULA, A.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SOUZA, D. R. LIMA, R. B. Prediction of diametric and dynamic structures in a semiarid forest (Caatinga) area submitted to Forest Management, Brazil. **Revista Ceres**, v. 69, n.1, p. 92-101, 2022. CALDERÓN, F.; HADDIX, M.; CONANT, R.; MAGRINI-BAIR, K.; PAUL, E.; Diffuse-reflectance Fourier-transform mid-infrared spectroscopy as a method of characterizing changes in soil organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v.77, p. 1591-1600, 2013.

CALDERÓN, F.J.; REEVES, J.B.; COLLINS, H.P.; PAUL, E.A; Chemical differences in soil organic matter fractions determined by diffuse-reflectance mid-infrared spectroscopy. **Soil Science Society of America Journal**, v. 75, p. 568-579, 2011.

CAMPOS A; CRUZ L; ROCHA S. Mass, nutrient pool, and mineralization of litter and fine roots in a tropical mountain cloud forest. **Science of the Total Environment** 575 (2017) 876–886, 2017.

CARVALHO, A. C.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; SANTOS, C. P. S.; COSTA, S. E. L.; CARVALHO, A. J. E.; PAREYN, F. G. C; VIDAURRE, G. B.; DIAS JUNIOR, A. F.; ALMEIDA, M. N. F. Produção de energia da madeira de espécies da Caatinga aliada ao manejo florestal sustentável. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 126, e3086, 2020.
CHAPIN, F.S; MATSON, P.A; MOONEY, H.A. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. **Springer-Verlag**, 2022.

CLABEL, H.J.L.; NICOLODELLI, G.; SENESI, G.S.; MONTES, C.R.; PERRUCCI, F.N.A.; BEZZON, V.D.N.; BALOGH, D.T.; MILORI, D.M.B.P.; Organo-mineral associations in a Spodosol from northern Brazil. **Geoderma Regional**, v.22, 2020.
CONAMA nº. 1, de 31 de janeiro de 1994. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF. pp.167-169. In: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=142>>.

CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U.; The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrence and uses. **VCH Verlag, Weinheim**, p.573, 1996.

CORNWELL, W.K; CORNELISSEN, J.H.C; AMATANGELO, K; DORREPAAL, E; EVINER, V.T; GODOY, O; HOBBIE, S; HOORENS, B; KUROKAWA, H; NATALIA PÉREZ-HARGUINDEGUY, N; QUESTED, M.H; SANTIAGO,S.L; WARDLE, A.D; WRIGHT, J.I; AERTS, R; ALLISON,D.S; BODEGOM, P.V; BROVKIN.V; CHATAIN,A; CALLAGHAN,V.T; DÍAZ,S; GARNIER, E. Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. **Ecol. Lett.** 11, 1065–1071,2008.

COTRUFO, M. F; WALLENSTEIN, M.D; BOOT, C.M; DENEFF, K; PAUL. The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter? **Global Change Biology** 19, 988–995, 2013.

CRASWELL, E.T.; LEFROY, R.D.B. The role and function of organic matter in tropical soils. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 61, p. 7–18, 2001.

DAY, J.; DUDLEY, N.; HOCKINGS. M.; HOLMES, G.; LAFFOLEY, D.; STOLTON, S.; WELLS, S. **Guidelines for applying the IUCN Protected Area Management Categories to Marine Protected Areas**. IUCN, Gland, Switzerland, p 36p 2012.

DEMYAN, M.S; RASCHE, F.; SCHULZ, E. BREULMANN, M.; MULLER, T.; CADISCHA, G. Use of specific peaks obtained by diffuse reflectance Fourier transform mid-infrared spectroscopy to study the composition of organic matter in a Haplic Chernozem. **European Journal of Soil Science**, v.63, p.189–199, 2012.

DHILLON, G.S; GILLESPIE, A; PEAK, D.; VAN, R.E.E; KCJ Spectroscopic investigation of soil organic matter composition for shelterbelt agroforestry systems. **Geoderma** 298:1–13. 2017.

DIOCHON, A.; GILLESPIE, A.W.; ELLERT, B.H.; JANZEN, H.H; GREGORICH, E.G. Recovery and dynamics of decomposing plant residue in soil: an evaluation of three fractionation methods. **European Journal of Soil Science**. 67(2):196- 205, 2016.

DIOGO, I. J. S.; MARTINS, F. R.; COSTA, I. R. **Aspectos ambientais de florestas serranas úmidas no Nordeste do Brasil** [recurso eletrônico] Editora UnieduSul, Maringá-PR, 2019, 46 p.

ELLERBROCK, R.H.; HÖHN, A.; GERKE, H.H.; Characterization of soil organic matter from a sandy soil in relation to management practice using FT-IR spectroscopy. **Plant and Soil**, v. 213, p. 55–61, 1999.

FAO; UNEP. **The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people**. Rome, 2020.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Caatinga artigos**, v. 70 n. 4, p. 51-56, 2018.

FERNANDES, M.F.; CARDOSO, D.; QUEIROZ, L.P. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemismo. **Journal of Arid Environments**, v.174, 2020.

FREIXO, A.A.; CANELLAS, L.P.; MACHADO, P.D.A.; Propriedades espectrais da matéria orgânica leve-livre e leve intra-agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.445-453, 2002.

GAMA, D. C. Manejo florestal sustentado da Caatinga: aspecto legal e técnico-científico. **Advances in Forestry Science**, v. 8, n.1, p. 1363-1376, 2021.

GAMA, D. C.; ALEIXO, S.; BARRETO-GARCIA, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; ALMEIDA, C.M.S.; GAMA-RODRIGUES, E.F. Does the Caatinga dry-forest management change the litter composition and nutrient stocks? **FLORAM**, v.31, 2024. GARCIA-PALACIOS, P; SHAW, A.E; WALL, D.H; HATTENSCHWILER, S. Temporal dynamics of biotic and abiotic drivers of litter decomposition, **Ecology Letters**, 19: 554–563, 2016.

GARIGLIO, M. A. Manejo florestal sustentável em assentamentos rurais na Caatinga. **Estatística Florestal da Caatinga**, Recife, v. 2, n. 2, p. 6-17, 2015.

GEORGIU, K.; JACKSON, R.B.; VINDUSKOVA, O.; ABRAMOFF, R.Z.; AHLSTROM, A.; FENG, W.; HARDEN, J.W.; PELLEGRINI, A.F.A.; POLLEY, H.W.; SOONG, J.L; RILEY, W.L.; TORN, M.S. Globais stocks and capacity of mineral-associated soil organic carbon. **Nature communications**, v.13, 2022.

GERZABEK, M.H; ANTIL, R.S; KOGEL-KNABNER, I; KNICKER, H; KIRCHMANN, H. How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: a spectroscopic approach. **European journal of soil science**, 57, 485–494, 2006.

GONÇALVES, D.R.P.; SÁ, J.C.M.; MISHRA, U.; CERRI, C.D.P.; FERREIRA, L.A.F.; FURLAN, F.J.F. Soil type and texture impacts on soil organic carbon storage in a sub-tropical agro-ecosystem. **Geoderma**, v. 286, p.88-97, 2017.

GREGERSEN, H.; LAKANY, H.E.L.; BLASER, J. Forests for sustainable development: a process approach to forest sector contributions to the UN 2030 Agenda for Sustainable Development. **International Forestry Review**, v.19, p. 10-23, 2017.

GRUGIKI, M.A.; ANDRADE, F.V.; PASSOS, R.R., FERREIRA, A.C.F.; Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v.24, 2017.

HABERHAUER, G.; FEIGL, B.; GERZABEK, M.H.; CERRI, C.; FT-IR Spectroscopy of Organic Matter in Tropical Soils: Changes Induced through Deforestation. **Applied Spectroscopy**, v. 54, p. 221–224, 2000.

HATTENSCHWILER, S; JORGENSEN, H.B. Carbon quality rather than stoichiometry controls litter decomposition in a tropical rain forest. 2010. **Journal Ecology** 98(4):754–76, 2010.

HELER, C.; HELLERBROCK, R.; ROBKOPF, N.; KLINGENFUBA, C.; ZEITZ, J.; Soil organic matter characterization of temperate peatland soil with FTIR-spectroscopy: effects of mire type and drainage intensity. **European Journal of Soil Science**, v. 66, p. 847-858, 2015.

HELFRICH, M.; LUDWIG, B.; BUURMAN, P.; FLESSA, H. Effect of land use on the composition of soil organic matter in density and aggregate fractions as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. **Geoderma**, v. 136, p. 331–341, 2006.

HEMINGWAY, D.J.; ROTHMAN, H.D.; GRANT, K.E.; ROSENGARD, S.Z.; EGLINTON, T.I; DERRY, L.A.; GALY, V.V. Mineral protection regulates long-term global preservation of natural organic carbon. **Nature**, v.570, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2. Ed. Rio de Janeiro, 271 p. 2012.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. (2007). **Optics and photonics – spectral bands**. ISO Standard N° 20473:2007 (E), 2007.

JAMROZ, E.; JERZYKIEWICZ, M.; Humic fractions as indicators of soil organic matter responses to clear-cutting in mountain and lowland conditions of southwestern Poland. **Land Degrad Dev**, v. 33:368–378, 2022.

JINDALUANG, W; KHEORUENROMNE, I; SUDDHIPRAKARN, A; SINGH, B.P; SINGH, B. Influence of soil texture and mineralogy on organic matter content and composition in physically separated fractions soils of Thailand. **Geoderma** 195–196:207–219, 2013.

JONES, C; MCCONELL, C; COLEMAN, K; COX, P; FALLOON, P; JENKINSON, D; POWLSON, D. Global climate change and soil carbon stocks; predictions from two contrasting models for the turnover of organic carbon in soil. **Global Change Biology**, v. 11, n. 1, p. 154–166, 2005.

KLEBER M. What is recalcitrant soil organic matter? **Environmental Chemistry**, 7, 320–332, 2010.

KOLATTUKUDY, P.E.; ESPELIE, K.E.; **Chemistry, biochemistry, and function of suberin and associated waxes**. In: Rowe, J.W. (Ed.), *Natural Products of Woody Plants I*. Springer, p. 304–367, 1986.

KRAMER, C.; GLEIXNER, G.; soil organic matter in soil depth profiles: Distinct carbon preferences of microbial groups during carbon transformation. **soil Biology & Biochemistry**, v. 40, p. 425–433, 2008.

LAVALLEE, J. M.; SOONG, J. L.; COTRUFO, M. F. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. **Global Change Biology**, v. 26, n. 1, p. 261–273, 2020.

LEHMANN, J; HANSEL, C.M; KAISER, C; KLEBER, M; MAHER, K; MANZONI, S; NUNAN, N; REICHSTEIN, M; SCHIMEL, J.P; TORN, M.S; WIEDER, W.R; KÖGEL KNABNER, I. Persistence of soil organic carbon caused by functional complexity. **Nature Geoscience**. 13(8): 529-534. 2020).

LIMA, M.; VICENTE, L. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; LISBÔA, F. M.; ALEIXO, S. Carbon functional groups of leaf litter in cacao and rubber agroforestry systems in southern Bahia, Brazil. **Agroforest Syst**, p. 1-12, 2023.

LORENZ, K.; LAL, R.; PRESTON, C.M.; NIEROP, K.G.; Strengthening the soil organic carbon pool by increasing contributions from recalcitrant aliphatic bio (macro) molecules. **Geoderma**, v. 142, p.1–10, 2007.

LUCAS, S.; WEIL, R. Can permanganate oxidizable carbon predict soil function responses to soil organic matter management? **Soil Science Society of America Journal**, n. January, p. 1768–1784, 2021.

LUCENA, M. S. D; ALVES, A. R; BAKKE, I. A. Regeneração natural da vegetação arbóreo-arbustiva de Caatinga em face de duas diferentes formas de uso. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 3, p. 212-222, 2017.

LUTZOW, M.V.; KNABNER, I.K.G.; EKSCHMITT, K.; MATZNER, E.; GUGGENBERGER, G.; MARSCHNER, B.; FLESSA, H. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions - a review. **European Journal of Soil Science**, v. 57, p. 426-445, 2006.

MACHADO, P. L. O. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, 28: 329-334, 2005.

MADEJOVÁ, J.; JANEK, M.; KOMADEL, P.; HERBERT, H. J.; MOOG, H. C.; FTIR analyses of water in MX-80 bentonite compacted from high salinary salt solution systems. **Applied clay science**, v. 20, n. 6, p. 255-271, 2002.

MAIA, S. M. F.; Xavier, F. A. S.; Oliveira, T. S.; Mendonça, E. S.; e Araújo Filho, J. A. Nitrogen fractions in a Luvisol under agroforestry and conventional systems in the semi-arid zone of Ceará, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(1), 381-392 2008.

MAMEDE, M.A.; ARAUJO, F.S. Effects of slash and burn practices on a soil seed bank of caatinga vegetation in Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 458–470,2008.

MARGENOT, A.; O'NEILL, T.; SOMMER, R.; AKELLA, V.; Predicting soil permanganate oxidizable carbon (POXC) by coupling DRIFT spectroscopy and artificiais neurais networks (ANN). **Computers and Electronics in Agriculture**, v.168, 2020.

MARINHO, L.C.; COSTA, G.M.; CORRÊA, M.M.; FREIRE, A.C; MARTINS, F.R.S.; PEIXOTO, M.R.; SILVA, S.R.; SOARES FILHO, A.O.; VITÓRIO, C.; ZAPPI, D.C.; AONA, L.Y.S. **Lista de espécies de plantas vasculares da Floresta Nacional Contendas do Sincorá. In: Catálogo de Plantas das Unidades de Conservação do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: [<https://catalogo-ucs-brasil.jbrj.gov.br>]. Acesso em 19/03/2024.

MARTINS, B.S.M. **Manejo florestal na Caatinga: uma avaliação de indicadores de qualidade do solo e serapilheira.** Vitória da Conquista-Ba: UESB, 2023, 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; PAULA, A.; OLIVEIRA, A. M. Short-term effects of forest management on litter decomposition in Caatinga dry forest. **Energy, Ecology and Environment**, v.7, p. 130-141, 2021.

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N. Effect of diferent forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 741 -750, 2019.

MEIRA, A. C. S. **Alterações na biomassa e atividade microbiana do solo em caatinga arbórea submetida a manejo florestal.** Vitória da Conquista-BA: UESB, 2023, 42 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

MENDES, W.S.; DEMATTÊ, J.A.M.; ROSIN, N.A.; Fabricio da Silva TERRA, F.S.; POPPIEL, R.R.; URBINA-SALAZAR, D.F.; Cacio Luiz BOECHAT, C.L.; SILVA, E.B.; CURIS, N.; SILVA, S.H.G.; SANTOS, U.J.; VALLADARES, G.S.;The Brazilian soil Mid-infrared Spectral Library: The Power of the Fundamental Range. **Geoderma**, v.415, 2022.

MILLIKEN, W.; GASSON, P.; PAREYN, F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; LEE, M.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E.L.; CUTLER, D. Impact of management regime and frequency on the survival and productivity of four native tree species used for fuelwood and charcoal in the Caatinga of northeast Brazil. **Biomass Bioenergy**, v.116, p. 18–25, 2018.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Manejo da Floresta Nacional Contendas do Sincorá**, 2006. In: http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs/unidadescoservacao/contendas_do_sincora1.pdf.

NIU, X; LIU, C; JIA, X; ZHU, J. Changing soil organic carbon with land use and management practices in a thousand-year cultivation region. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 322, 2021.

OLIVEIRA, A. P. C.; BERNARD, E. The financial needs vs. the realities of in situ conservation: an analysis of federal funding for protected areas in Brazil's Caatinga. **Biotropica**, n. 49, p. 745-752, 2017.

ONO, K; HIRADATE, S; MORITA, S; HIRA, K. Fate of organic carbon during decomposition of different litter types in Japan. **Biogeochemistry** 112, 7–21 2013.

OZANNE, C.M.P.; ANHUF, D.; BOULTER, S.L.; KELLER, M.; KITCHING, R.L.; KÖRNER, C.; MEINZER, F.C.; MITCHELL, A.W.; NAKASHIZUKA, T.; SILVA DIAS, P.L.; STORK, N.E.; WRIGHT, S.J.; YOSHIMURA, M.; Biodiversity meets the atmosphere a global view of forest canopies. **Science**, v.301, p.183-186, 2003.

PAUL, E.A. **Soil Microbiology, Ecology and Biogeochemistry**. Academic Press, San Diego, CA, USA, 2007.

PEDERSEN, J.A.; SIMPSON, M.A.; BOCKHEIM, J.G; KUMAR, K. Characterization of soil organic carbon in drained thaw-lake basins of Arctic Alaska using NMR and FTIR photoacoustic spectroscopy. **Organic Geochemistry**, v. 42, p.947-954, 2011.

PELTRE, C.; BRUUN, S.; DU, C.; THOMSEN, I.K.; JENSEN, S.L.; Assessing soil constituents and labile soil organic carbon by midinfrared photoacoustic spectroscopy. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 77, p. 41- 50, 2014.

PEREIRA, J. E. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; SCORIZA, R. N.; SAGGIN JÚNIOR, O. J.; GOMES, V. S. Arbuscular mycorrhizal fungi in soils of arboreal Caatinga submitted to forest management. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 1, e5497, 2018.

PISANI, O.; HILLS, K.M.; COURTIER-MURIAS, D.; SIMPSON, A.J.; MELLOR, N.J.; PAUL, E.A.; MORRIS, S.J.; SIMPSON, M.J. Molecular level analysis of long term vegetative shifts and relationships to soil organic matter composition. **Organic Geochemistry**, v.62, p. 7-16, 2013.

QUIDEAU, S.; ANDERSON, M.; GRAHAM, R.; CHADWICK, O.; TRUMBORE, S. Soil organic matter processes: characterization by ¹³C NMR and ¹⁴C measurements. **Forest Ecology and Management**, v. 138, p.19-27, 2000.

R Core Team _R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.<<https://www.R-project.org/>>. 2023.

RAHMAN, M.M; TSUKAMOTO, J; RAHMAN, M.M; YONEYAMA, A; MOSTAFA, K.M. Lignin and its effects on litter decomposition in forest ecosystems. **Chemistry and Ecology**. 29(6): 540-553 2013.

SANTOS, A. F. C.; PAULA, A.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; CORRÊA, M. M.; BOMBONATTI, J. R. Natural regeneration dynamics in caatinga tree submitted to forest management. **FLORESTA**, v. 53, n. 2, p. 232-241, 2023.

SANTOS, M. O.; BARRETO-GARCIA, P. A.; MONROE, P. H. M.; PAULA, A. Efeito do manejo florestal da Caatinga no estoque de carbono orgânico em agregados do solo. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 129, p. 1-12, 2021.

SANTOS, M.O.D.; BARRETO-GARCIA, P.A.B.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; Soil Microbial Biomass as an Edge Effect Indicator in Semi-Deciduous Seasonal Forest Fragments. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019.

SANTOS, W. DE. S; SOUZA, M. P. DE; SANTOS, W. S; MEDEIROS, F. S. DE; ALVES, A. R. Estudo fitossociológico em fragmento de caatinga em dois estágios de conservação, Patos, Paraíba. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 13, n. 4, p. 305-321, 2017.

SAVITZKY, A.; GOLAY, M.J.E.; Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Anal. Chem**, v. 36, p. 1627-1639, 1964.

SCHMIDT, M. W. I.; TORN, M. S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I. A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D. A. C; Nannipieri, P.; Rasse, D. P.; Weiner, S.; Trumbore, S. E. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. **Nature**, [s. l], v. 478, p. 49-56, 2011.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, v.162, p. 795-807, 1997.

SHEN, D.; YE, C.; HU, Z.; CHEN, X.; GUO, H.; LI, J.; DU, G.; ADL, S.; LIU, M. Increased chemical stability but decreased physical protection of soil organic carbon in response to nutrient amendment in a Tibetan alpine meadow. **Soil Biology and Biochemistry**, v.126, p.11-21, 2018.

SILVA, A. G.; VILAR L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; ACIOLI, N. R. S.; RAMOS, R. B. G. A.; MOREIRA, J. G.; DIARES, T. R.; SILVA. D. F.; CRUZ, M. S.; MOURA,

R. G. O manejo florestal sustentável da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v.7, n.5, p. 872-884, 2021.

SILVA, C.R; BRANDÃO, C.B. Análise da decomposição da serapilheira na floresta da tijuca-rj através do uso de litter bags. **Revista Humboldt**, v. 1, n. 1, e 45945, 2020.

SILVA, T. T.; LIMA, R. B.; SOUZA, R. L. F.; MOONLIGHT, P. W.; CARDOSO, D.; SANTOS, H. K. V.; OLIVEIRA, C. P.; VEENENDAAL, E.; QUEIROZ, L. P.; RODRIGUES, P. M. S.; SANTOS, R. M.; SARKINEN, T.; PAULA, A.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; PENNINGTON, T.; PHILLIPS, O. L. Mapping wood volume in seasonally dry vegetation of Caatinga in Bahia State, Brazil. **ScientiA. Agricola**, v. 80, p. 2-12, 2023.

SILVA, U.B.T.; DELGRADO-JARAMILLO, M. AGUIAR, L.M.S.; BERNARD, E. Species richness, geographic distribution, pressures, and threats to bats in the Caatinga drylands of Brazil. **Biological Conservation**, v. 221, p. 312–322, 2018.

SOIL SURVEY STAFF., **Keys to Soil Taxonomy**. USDA-Natural Resources Conservation Service, 12th ed., Washington, DC, 2014.

STEVENS, A.; RAMIREZ-LOPEZ, L.; HANS, G. prospectr: Miscellaneous functions for processing and sample selection of spectroscopic data. **R Package Version**, n. 2, p. 1, 2020.

STROSSER, E; Methods for determination of labile soil organic matter: An overview. **Journal of Agrobiology**, v. 27, n. 2, p. 49–60, 2010.

SWIFT, M.J.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Blackwell, Oxford, p. 372. 1979.

TAO, H.H; SNADDON, J.L; SLADE, E.M; HENNERON, L; CALIMAN, J.P; WILLIS, K.J. Application of oil palm empty fruit bunch effects on soil biota and functions: A case study in Sumatra, Indonesia. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 256, p. 105-113, 2018.

TIAN L; ZHAO L; WU X; FANG H; ZHAO Y; YUE G; LIU G; CHEN H. Vertical patterns and controls of soil nutrients in alpine grassland: implications for nutrient uptake. **Science of the Total Environment** 607–608 (2017) 855–86, 2017.

TURMEL, M.S; SPERATTI, A; BAUDRON, F; VERHULST, N; GOVAERTS, B; Crop residue management and soil health: A systems analysis. **Agricultural Systems**, v. 134, p. 6-16, 2015.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. Ecorregiões: Propostas para o bioma Caatinga. Recife: **Associação de Plantas do Nordeste. Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil**, 80 p. 2002.

VICENTE, L.C; GAMA-RODRIGUES, E.F; ALEIXO, S; GAMA-RODRIGUES, A.C; ANDRADE, G.R.P. Chemical Composition of Organic Carbon in Aggregate Density

Fractions Under Cacao Agroforestry Systems in South Bahia, Brazil. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition** 2023.

VIDAL, A.; KLOFFEL, T.; GUIGUE, J.; ANGST, G.; STEFFENS, M.; HOESCHEN, C.; MUELLET, C.W. Visualizing the transfer of organic matter from decaying plant residues to soil mineral surfaces controlled by microorganisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 160, 2021.

VILLA, E.B.; PEREIRA, M.G.; ALONSO, J.M.; BEUTLER, S.J.; LELES, P.S.D.S.; Aporte de serapilheira e nutrientes em área de restauração florestal com diferentes espaçamentos de plantio. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 90-99, 2016.

VISCARRA ROSSEL, R.A.; BEHRENS, T.; BEN-DOR, E.; BROWN, D.J.; DEMATTÊ, J.A.M.; SHEPHERD, K.D.; SHI, Z.; STENBERG, B.; STEVENS, A.; ADAMCHUK, V.; AÏCHI, H.; BARTHÉS, B.G.; BARTHOLOMEUS, H.M.; BAYER, A.D.; BERNOUX, M.; BOTTCHER, K.; BRODSKY, L.; DU, C.W.; CHAPPELL, A.; FOUAD, Y.; GENOT, V.; GOMEZ, C.; GRUNWALD, S.; GUBLER, A.; GUERRERO, C.; HEDLEY, C.B.; KNADEL, M.; MORRAS, H.J.M.; NOCITA, M.; RAMIREZ-LOPEZ, L.; ROUDIER, P.; CAMPOS, E.M.R.; SANBORN, P.; SELLITTO, V.M.; SUDDUTH, K.A.; RAWLINS, B.G.; WALTER, C.; WINOWIECKI, L.A.; HONG, S.Y., JI, W.; A global spectral library to characterize the world's soil. **Earth-Science Rev.** 155, 198–230. 2016.

WAN, P.; ZHAO, X.; OU, Z.; HE, R.; WANG, P.; CAO, A.; Forest management practices change topsoil carbon pools and their stability. **Science of the total Environment**, v.902, 2023.

WANG, H.; LIU, S.R.; WANG, J.X.; SHI, Z.M.; XU, J.; HONG, P.Z.; MING, A.G.; YU, H.L.; CHEN, L.; LU, L.H.; CAI, D.X. Differential effects of conifer and broadleaf litter inputs on soil organic carbon Chemical composition through altered soil microbial community composition. **Scientific Reports**, 2016.

WEI, H.; MA, R.; ZHANG, J.; SALEEM, M.; LIU, Z.; SHAN, X.; YANG, J.; XIANG, H. Crop-litter type determines the structure and function of litter-decomposing microbial communities under acid rain conditions. **Science of the Total Environment**. v.713, 2020.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil science and plant analysis**, v.19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZACHÁRY, D.; FILEP, T.; JAKAB, G.; MOLNÁR, M.; KERTÉSZ, T.; KIRÁLY, C.; HEGYI, I.; GÁSPÁR, L.; SZALAI, Z. Carbon Isotope Measurements to Determine the Turnover of Soil Organic Matter Fractions in a Temperate Forest Soil. **Agronomy**, v.10, 2020.

ZHOU, G.; GUAN, L.; WEI, X.; ZHANG, D.; ZHANG, Q.; YAN, J.; WEN, D.; LIU, J.; LIU, S.; HUANG, Z.; KONG, G.; MO, J.; YU, Q. Litterfall production along successional and altitudinal gradients of subtropical monsoon evergreen broadleaved forests in Guangdong, China. **Plant Ecol** 188:77–89, 2007.