

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

**MACROFAUNA E CARBONO DO SOLO COMO INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE EM CAATINGA SUBMETIDA A MANEJO
FLORESTAL**

ERYCA PORTO DE OLIVEIRA SALES

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
JULHO - 2025

ERYCA PORTO DE OLIVEIRA SALES

**MACROFAUNA E CARBONO DO SOLO COMO INDICADORES DE
SUSTENTABILIDADE EM CAATINGA 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.

Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues

Coorientadora: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA - BRASIL

JULHO - 2025

S155m

Sales, Eryca Porto de Oliveira.

Macrofauna e carbono do solo como indicadores de sustentabilidade em caatinga submetida a manejo florestal / Eryca Porto de Oliveira Sales, 2025.

80f.

Orientador(a): Dr.^a Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, Vitória da Conquista, 2025.

Inclui referências F. 76 - 80

1. Engenheiros de ecossistema. 2. Bioturbadores. 3. Fauna edáfica. 4. Qualidade do solo. 5. Serapilheira. I. Gama-Rodrigues, Emanuela Forestieri da. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. III. T.

CDD 634.92


ERYCA PORTO DE OLIVEIRA SALES

MACROFAUNA E CARBONO DO SOLO COMO INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM CAATINGA 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 06 de agosto de 2025.


Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 RAQUEL PEREZ MALUF
Data: 07/08/2025 11:43:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof.^a Raquel Pérez-Maluf (D.Sc., Biologia Comportamental) - UESB

Documento assinado digitalmente
 EDILENE PEREIRA FERREIRA
Data: 07/08/2025 10:41:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Edilene Pereira Ferreira (D.Sc., Agricultura Tropical e Subtropical) - UESB

Documento assinado digitalmente
 PAULO HENRIQUE MARQUES MONROE
Data: 07/08/2025 09:25:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Paulo Henrique Marques Monroe (D.Sc., Produção Vegetal) - UESB

Documento assinado digitalmente
 PATRICIA ANJOS BITTENCOURT BARRETO GAR
Data: 07/08/2025 08:24:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia (D.Sc., Produção Vegetal) - UESB
Coorientadora

DEDICATÓRIA

“Aos meus pais, Durvalino e Dinacelma Sales.”

EPÍGRAFE

*"Se às vezes esta missão vos aparecer difícil, recordai as palavras do Ressuscitado: **'Eu estarei sempre convosco, até ao fim do mundo'** (Mt28,20). Assim, na certeza da sua presença, não temereis qualquer dificuldade nem obstáculo. A sua Palavra vos iluminará; o seu Corpo e o seu Sangue servirão de alimento e amparo no caminho quotidiano para a eternidade."*

São João Paulo II

AGRADECIMENTOS

A Deus que me confiou esta missão e em todo o tempo me sustentou, na certeza de que “Um coração inflamado por este amor tudo realiza, a tudo se dispõe” (Escritos da Comunidade Católica Shalom; Amor Esposal 11).

À Virgem do Rosário de Fátima, que tão zelosa, como Mãe, sempre cuidou de mim, a São José, Santa Teresinha e ao meu anjo da guarda por serem amigos fiéis.

Aos meus pais, Durvalino e Dinacelma Sales, por serem terreno firme, apoio incondicional e amor sem limites.

À minha família (tios, avós, primos e padrinhos) que sempre rezou por mim, em especial, minha avó Senhorinha Porto.

Aos meus afilhados, Ícaro, Tiago e Márcio, que, com suas orações, também contribuíram para que tudo fosse possível.

Aos meus amigos (Pascom, Ruah, Quinteto, CAPS, Shalom, Shalomitas, Winx, Crisma, UESB e da vida), que sempre estiveram dispostos a escutar, aconselhar, incentivar, rir e chorar comigo, fazendo de uma jornada difícil algo leve.

À minha orientadora, Prof^a. Dra. Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. Obrigada pela oportunidade de ser orientada pela senhora.

À minha coorientadora, Prof^a. Dra. Patrícia Barreto-Garcia. Obrigada por ser tão presente neste tempo, e por ter aceitado me coorientar, sendo suporte durante esses dois anos, seu exemplo de dedicação me constrangem.

Ao meu coorientador, Prof^o. Dr. Paulo Henrique Monroe. Obrigada pelos ensinamentos, apoio, disponibilidade e amizade.

Ao Lucas de Andrade, Brhenda Lozado, Rafaella Ramos, Talita Oliveira e Rafael Lima. Obrigada por serem amigos com quem eu pude contar e compartilhar todas as alegrias e desafios.

Ao Grupo de Pesquisa Forest Soil. Obrigada por poder contar com todos, pelas amizades e parcerias.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Obrigada a todo corpo docente pelos ensinamentos, e a secretaria pelo apoio e disponibilidade.

À FAPESB pela concessão da bolsa.

A todos que contribuíram para que este trabalho fosse possível.

"É justo que muito custe o que muito vale!" - Santa Teresa D'Ávila

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2. 1 Caatinga.....	14
2. 2 Manejo na Caatinga.....	15
2. 3 Atributos de saúde do solo.....	16
2. 4 Fauna do solo.....	17
2. 5 Carbono orgânico do solo	18
CAPÍTULO 1: MACROFAUNA EDÁFICA E SUA RELAÇÃO COM O CARBONO DO SOLO EM CAATINGA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL.....	19
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2. 1 Localização e caracterização da área experimental.....	24
2. 2 Arranjo experimental.....	25
2. 3 Amostragem de solo e serapilheira.....	26
2. 4 Macrofauna edáfica.....	26
2. 5 Abertura do dossel.....	28
2. 6 Fracionamento do solo em classes de agregados.....	29
2. 7 Carbono orgânico do solo e dos macroagregados > 6 mm.....	29
2. 8 Análise estatística.....	29
3. RESULTADOS.....	31
3. 1 Macrofauna do solo.....	31
3. 2 Serapilheira e abertura do dossel.....	33
3. 3 Densidade, massa de raízes e carbono do solo.....	35
3. 4 Classe de agregados e teores dos agregados do solo.....	36
3. 5 Avaliação de componentes principais.....	37
4. DISCUSSÃO.....	39
4. 1 Macrofauna do solo.....	39
4. 2 Serapilheira e abertura do dossel.....	40
4. 3 Densidade, massa de raízes e carbono do solo.....	41
4. 4 Classe de agregados e teores dos agregados do solo.....	42
4. 5 Avaliação de componentes principais.....	42
5. CONCLUSÕES.....	44

6. REFERÊNCIA.....	45
CAPÍTULO 2: MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE EM CAATINGA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL A MÉDIO PRAZO.....	50
1. INTRODUÇÃO.....	53
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	55
2.1 Localização e caracterização da área experimental.....	57
2.2 Arranjo experimental.....	55
2.3 Densidade do solo.....	56
2.4 Serapilheira.....	56
2.5 Macrofauna edáfica.....	57
2.6 Análise estatística.....	57
3. RESULTADOS.....	59
3.6 Macrofauna do solo.....	59
3.7 Densidade do solo.....	62
3.8 Serapilheira.....	62
3.9 Avaliação de componentes principais.....	63
4. DISCUSSÃO.....	65
4.6 Macrofauna do solo.....	65
4.7 Densidade.....	66
4.8 Serapilheira.....	66
4.9 Avaliação de componentes principais.....	67
5. CONCLUSÕES.....	69
6. REFERÊNCIA.....	70
3. CONCLUSÕES GERAIS.....	73
4. REFERÊNCIA.....	74

RESUMO GERAL

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025. **Macrofauna e Carbono do Solo como Indicadores de Sustentabilidade em Caatinga Submetida a Manejo Florestal.** Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. **Coorientadora:** Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia.

O objetivo geral deste estudo foi avaliar os efeitos de diferentes práticas de manejo florestal da Caatinga sobre a macrofauna edáfica e sua relação com o carbono do solo, em uma perspectiva em médio prazo. Foram avaliados três tipos de manejo: corte raso (CR), corte seletivo por diâmetro (CSD) e corte seletivo por espécie (CSE), tendo como referência a Caatinga não manejada (CN). O estudo foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá, Bahia, sete e dez anos após a implementação dos manejos. Foram coletadas amostras de solo (0–10 cm) e serapilheira, e avaliadas variáveis, como densidade, diversidade da macrofauna, carbono orgânico total e em macroagregados, massa de raízes, abertura do dossel e composição da serapilheira. Foram identificados 17 grupos taxonômicos da macrofauna, com maior densidade no CSD. A densidade de engenheiros reorganizadores de solo foi reduzida no CSE. O CR apresentou maior abertura do dossel. A serapilheira não diferenciou entre os tratamentos, exceto pela maior presença de estruturas reprodutivas no CSE em comparação com o CSD e CR. Não houve diferença no carbono em agregados >6 mm nos manejos. Houve redução da densidade da macrofauna em todos os manejos de 2022 para 2025. A densidade de engenheiro foi menos no CSE nos dois períodos. Os resultados evidenciam que a adoção de práticas de manejo com menor intensidade de remoção da vegetação, favorece a conservação da macrofauna do solo apesar de todos os manejos apresentarem boa reestruturação em médio prazo.

Palavras-chave: engenheiros de ecossistema, bioturbadores, fauna edáfica, qualidade do solo, serapilheira.

ABSTRACT

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025. **Macrofauna and Soil Carbon as Indicators of Sustainability in Caatinga Under Forest Management.** Adviser: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. Co-Adviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

The general objective of this study was to evaluate the effects of different forest management practices in the Caatinga on soil macrofauna and their relationship with soil carbon, in a medium-term perspective. Three management types were evaluated: clear-cutting (CR), selective diameter cutting (CSD), and selective species cutting (CSE), using the unmanaged Caatinga (CN) as a reference. The study was conducted in the Contendas do Sincorá National Forest, Bahia, seven and ten years after the implementation of the management practices. Soil (0–10 cm) and litter samples were collected, and variables such as density, macrofauna diversity, total and macroaggregate organic carbon, root mass, canopy openness, and litter composition were evaluated. Seventeen taxonomic groups of macrofauna were identified, with the highest density in the CSD. The density of soil reorganizing engineers was reduced in the CSE. The CR presented greater canopy openness. Litterfall did not differ between treatments, except for the greater presence of reproductive structures in the CSE compared to the CSD and CR. There was no difference in carbon in aggregates >6 mm between the management systems. Macrofauna density decreased in all management systems from 2022 to 2025. Engineer density was lower in the CSE in both periods. The results show that adopting management practices with lower vegetation removal intensity favors soil macrofauna conservation, although all management systems showed good restructuring in the medium term.

Keywords: ecosystem engineers, bioturbators, soil fauna, soil quality, litter.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Entre os biomas brasileiros, a Caatinga destaca-se como a área mais extensa de floresta tropical sazonalmente seca do mundo, com vegetação adaptada ao clima semiárido e marcada por altos níveis de endemismo e diversidade florística e faunística (ALMEIDA et al., 2011, SILVA et al., 2017). Abrange territórios nos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte de Minas Gerais (ALVES et al., 2009). Sua vegetação é composta por uma rica variedade de espécies lenhosas e herbáceas, com destaque para euforbiáceas e cactáceas. Além disso, a vegetação apresenta ampla diversidade fitofisionômica, variando desde formações arbustivas (Caatinga arbustiva) até espécies com maior porte (Caatinga arbórea) (PRADO, 2003).

Apesar de sua elevada diversidade biológica, a Caatinga apresenta um dos menores percentuais de áreas protegidas do Brasil e enfrenta acelerado processo de desmatamento, o que compromete a preservação de uma parcela significativa de sua biodiversidade (SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021a). Nesse contexto, o manejo florestal sustentável (MFS) tem se consolidado como uma estratégia de exploração dos recursos florestais voltada à minimização dos impactos ambientais, à conservação da biodiversidade e à legalidade das atividades (GARIGLIO & BARCELOS, 2013; MEUNIER., 2018). As modalidades mais usuais de MFS da Caatinga são o corte raso, por meio do qual toda a vegetação é retirada, sem critério de espécie ou diâmetro, resultando em um maior volume de madeira extraído por unidade de área; e o corte seletivo, baseado em um diâmetro mínimo de corte (normalmente igual ou superior a 5 cm) ou na extração de espécies de interesse econômico (KILL et al., 2007; CARVALHO, 2018), sendo este último ambientalmente mais adequado por preservar parte da estrutura da vegetação e favorecer a regeneração natural.

A remoção da vegetação da Caatinga intensifica a vulnerabilidade do solo, ocasionando alterações nas entradas, composição e decomposição da serapilheira (MATOS et al., 2021; GAMA et al., 2024), no microclima edáfico e, conseqüentemente, em diversos atributos do solo, especialmente os de natureza biológica, como a fauna edáfica (MATOS et al., 2017), teores de carbono e nitrogênio (BATISTA et al., 2018;

ALTHOFF et al., 2018), biomassa microbiana, atividade enzimática e respiração do solo (BARRETO-GARCIA et al., 2021; MEIRA et al., 2025).

A macrofauna edáfica, em particular, destaca-se como um dos componentes biológicos mais sensíveis a mudanças na vegetação (NASCIMENTO et al., 2019), sendo composta por organismos com mais de 2,0 mm, como minhocas, formigas e térmitas, que se concentram em grande quantidade na camada de 0 a 5 cm de profundidade (ALVES et al., 2017). Esses organismos desempenham funções ecológicas importantes, como a criação de macroporos no solo e fragmentação de resíduos vegetais, que reduz o tamanho das partículas vegetais e favorece sua decomposição e incorporação no solo. A movimentação desses organismos no solo também possibilita a formação e estabilização de agregados (LAVELLE et al., 2006; DERENGOSKI et al., 2022; SILVA et al., 2025). Tais processos favorecem a incorporação e estabilização do carbono orgânico no solo, tornando a macrofauna um indicador funcional da dinâmica da matéria orgânica e, portanto, da sustentabilidade de sistemas de uso da terra (GUIMARÃES et al., 2021).

Diante do exposto, a análise da composição, abundância e diversidade da macrofauna edáfica torna-se uma ferramenta eficaz para avaliar os impactos das diferentes práticas de manejo florestal da Caatinga. Além disso, compreender a relação entre a macrofauna e o carbono orgânico do solo nessa condição é fundamental, dada a influência desses organismos no processo de formação de agregados. Estudos têm demonstrado que agregados formados pela ação da macrofauna no solo apresentam maior estabilidade física e teor de carbono orgânico quando comparado aos agregados pedogênicos (SILVA NETO et al., 2010; SUÁREZ et al., 2019). Nascimento et al. (2024) observaram que o armazenamento de carbono no solo e em macroagregados estáveis em água (2000-250 µm) foi positivamente influenciado pela mesofauna edáfica.

Apesar disso, ainda não existem estudos que avaliem os efeitos do manejo florestal da Caatinga sobre esse conjunto de variáveis do solo. Os trabalhos existentes sobre a influência do manejo florestal da Caatinga nos atributos do solo e, em particular, sobre a macrofauna edáfica, têm se concentrado na avaliação de efeitos em curto prazo (BATISTA et al., 2018; MATOS et al., 2019; BARRETO-GARCIA et al., 2021; MEIRA et al., 2025).

Nesse contexto, esta dissertação foi dividida em dois capítulos, com o objetivo geral de investigar os efeitos de três práticas de manejo florestal da Caatinga (corte raso, corte seletivo por diâmetro à altura do peito – DAP e corte seletivo por espécie) sobre a macrofauna edáfica e sua relação com a agregação e o carbono orgânico do solo, em uma perspectiva em médio prazo (entre sete e dez anos). O primeiro capítulo analisa a influência do manejo sobre a composição da macrofauna e sua relação com a agregação e carbono do solo sete anos após a implementação das práticas. O segundo capítulo, por sua vez, avalia a abundância e diversidade da comunidade da macrofauna em dois períodos (sete e dez anos após o manejo), buscando compreender a evolução das respostas às diferentes práticas de manejo ao longo do tempo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caatinga

O termo "Caatinga" tem origem no Tupi-Guarani e significa "floresta branca". Essa denominação descreve adequadamente o aspecto físico da vegetação durante os períodos de seca, quando as folhas caem e apenas os troncos brancos de suas árvores e arbustos permanecem (ALBUQUERQUE e BANDEIRA, 1995).

A Caatinga é um bioma brasileiro localizado na região Nordeste e em partes do estado de Minas Gerais (MG), ocupando cerca de 11% do território nacional. Suas principais características incluem o clima semiárido, com longos períodos de seca, o que resulta em uma vegetação adaptada à escassez de água (LUNA et al., 2022).

Além disso, a Caatinga abriga diversas espécies endêmicas, ou seja, que ocorrem exclusivamente nesta região. Do ponto de vista evolutivo, algumas espécies presentes na Caatinga têm semelhanças com aquelas encontradas em outros biomas sul-americanos, como florestas Floresta Atlântica, Cerrado e Amazônia (TABARELLI et al., 2018). Sua vegetação é composta majoritariamente por árvores e arbustos caducifólios, além de plantas suculentas como cactáceas e bromélias terrestres (LIMA et al., 2022).

O regime de chuvas é restrito a poucos meses do ano. A maior parte da rede hidrográfica é composta por rios temporários, que aparecem apenas durante o período chuvoso (FRANCA-ROCHA et al., 2007). O déficit hídrico característico da seca, aliado com às altas temperaturas e à intensa radiação solar, promove uma elevada taxa de evaporação, que resulta na dessecação do solo (TROVÃO et al., 2007).

Durante o período seco, a temperatura do solo na Caatinga varia entre 20 °C e 30 °C, podendo atingir até 60 °C. Apesar dessas condições adversas, o bioma abriga uma significativa biodiversidade biológica, com alto número de espécies vegetais e animais adaptadas ao ambiente (MENDES-SILVA et al., 2021).

2. 2 Manejo da Caatinga

Com cerca de 28 milhões de habitantes que vivem no semiárido nordestino (aproximadamente 14,5% da população brasileira), grande parte dessa população depende diretamente dos recursos florestais disponíveis, como lenha, madeira para carvão, forragem e plantas alimentícias e medicinais (ALBUQUERQUE et al., 2017; GONÇALVES et al., 2022). Assim, o uso da vegetação nativa está fortemente relacionado às necessidades econômicas e sociais locais, sobretudo para pequenos produtores rurais, que veem na extração vegetal uma fonte complementar de renda (TABARELLI et al., 2018; LIMA-NASCIMENTO et al., 2021).

Historicamente a exploração dos recursos contidos na Caatinga ocorre de três formas: i) Supressão autorizada pelos órgãos competentes para uso agrícola e pastagem; ii) Manejo florestal sustentável (MFS), com fins de produção de madeira; iii) Desmatamento (uso alternativo do solo e produção de madeira) (PAREYN, 2010). Comumente, o manejo dessas áreas pode ser realizado por corte raso (retirada de toda a vegetação, buscando uma maximização do volume extraído) ou corte seletivo (realizado em função do diâmetro mínimo predefinido ou em razão de espécies de interesse específico) (MMA, 2008). Dessa forma, a escolha do manejo que será aplicado influenciará diretamente o bioma da região (CARVALHO, 2018).

O desmatamento extensivo e não controlado tem contribuído para a degradação da vegetação nativa, comprometendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos do bioma. Como resposta a esse cenário, foram criadas unidades de conservação específicas para a Caatinga, protegendo, até 2022, cerca de 9% do território do bioma, sendo apenas 2% em áreas de proteção integral (MMA, 2024).

O manejo florestal sustentável tem se mostrado uma alternativa viável, pois visa conciliar a produção de recursos madeireiros e não madeireiros com a conservação da biodiversidade e a regeneração dos ecossistemas (SANTOS et al., 2020). Contudo, a escolha do tipo de manejo aplicado impacta diretamente a estrutura do ecossistema, influenciando a regeneração da vegetação e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. O uso inadequado do solo em sistemas convencionais acelera processos de degradação, resultando em compactação, redução da fertilidade e perda da biodiversidade edáfica. Essa degradação também compromete o

crescimento florestal e contribui para o aumento das emissões de CO₂, devido à redução dos estoques de biomassa (BRAND, 2017).

2.3 Atributos da saúde do solo

O termo "saúde do solo" é conceituado como a capacidade do solo de exercer suas funções na natureza, sustentando os ciclos biológicos sem perder sua qualidade e promovendo os recursos necessários para os seres que compõem aquele ambiente (DORAN & PARKIN, 1994). Dessa forma, pode-se dizer que a saúde do solo está relacionada à sua capacidade de armazenar e reciclar água, nutrientes e energia (CARTER, 2001).

Lal & Pierce (1991) destacam que, quando se trata de saúde do solo, o principal objetivo deve ser otimizar o uso dos recursos, de forma a garantir uma produtividade sustentável em longo prazo. Para determinar essa qualidade, é necessário avaliar alguns atributos que indiquem a qualidade do manejo. Entre esses atributos, destacam-se: pH, disponibilidade de nutrientes, umidade do solo, densidade, mineralogia, raiz, agregação, biomassa microbiana e carbono orgânico (DORAN e PARKIN, 1994; CONCEIÇÃO et al., 2005).

Os bioindicadores de saúde do solo são organismos que desempenham diversas funções no solo, como a fragmentação da serapilheira, melhoria da redistribuição de nutrientes e da matéria orgânica do solo (MOS), construção de canais (galerias) que facilitam o crescimento das raízes, revolvimento do solo, contribuindo, assim, para uma melhoria de sua estrutura; digestão de componentes como lignina, celulose e hemicelulose, controle biológico e eliminação de substâncias prejudiciais no solo por meio da degradação (BARETTA et al., 2011).

No Brasil, ainda há uma busca por indicadores que melhor se adaptem às condições brasileiras (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009), pois o estudo desses indicadores é essencial para avaliar o manejo de sistemas com base nos princípios de sustentabilidade (DORAN e ZEIS, 2000). Por sua vez, Sojka & Upchurch (2003) defendem que apenas esses indicadores não são suficientes para determinar a relação do manejo empregado, devendo ser levadas em consideração as condições em que o solo se encontra na área estudada.

2.4 Fauna do solo

Animais invertebrados, microrganismos e uma variedade de organismos têm o solo como seu habitat natural, exercendo diversas funções nos sistemas biológicos (LAVELLE, 1992). Entre eles, temos a microfauna do solo (protozoários, rotíferos, copépodes e outros), que, por meio da ingestão de bactérias e fungos, participa da ciclagem de nutrientes por meio da interação com a microflora; a mesofauna do solo, que, além de atuar na ciclagem e nutrientes, também fragmenta os detritos vegetais, promovendo a humificação; e a macrofauna do solo, que estimula a atividade microbiana, mistura as partículas orgânicas e minerais na estrutura do solo, redistribuindo a matéria orgânica e microrganismos (EMBRAPA, 2000). Entre eles, a mais abundante é a mesofauna, representada por ácaros e colêmbolos (KAISEN, 1995). Apesar disso, a diversidade da meso e macrofauna pode ser afetada por processos de compactação, porosidade do solo e qualidade da MOS (BARETTA, 2007).

A presença desses organismos pode afetar serviços essenciais como a disponibilidade de solo, produtividade e produção de alimentos, ciclagem de nutrientes, decomposição da MOS, sequestro de carbono, conservação da biodiversidade, entre outras atividades (PARRON et al., 2015). Há diversas classificações na literatura a respeito da biota do solo, podendo ser por sua mobilidade no solo, hábito alimentar, função que desempenham no solo e tamanho (SWIFT, HEAL e ANDERSON, 1979).

Composta por mais de 20 grupos taxonômicos, os organismos que fazem parte dos filos Mollusca (classe Gastropoda), Annelida (classe Oligochaeta) e Arthropoda (Subfilo Crustacea, Hexapoda, Chelicerata e Myriapoda) (SOUZA et al., 2015) são os mais conhecidos. Seus diversos grupos podem, segundo Swift et al. (2010), ser divididos em: i) decompositores da matéria orgânica; ii) ciclagem de nutrientes; iii) bioturbação e iv) controle de doenças e pragas. Dessa forma, a macrofauna contribui de diversas formas, seja na manutenção ou produtividade dos ecossistemas e, conseqüentemente, na qualidade do solo (KIBBLEWHITE et al., 2008).

Seus indivíduos apresentam diâmetro que variam de 2 a 20 mm. Entre eles, temos as formigas, besouros escarabeídeos, cupins, milipeias e minhocas, que são conhecidos como “engenheiros do ecossistema”. Esses organismos criam estruturas

no solo que permitem, assim, seu deslocamento. Durante esse processo, depositam no solo seus dejetos, contribuindo para a fertilidade do solo, além de colaborar com a fragmentação e distribuição de compostos vegetais (JIMÉNEZ et al., 1998; BARETTA et al., 2011).

A riqueza das espécies no ambiente, por sua vez, está intimamente relacionada com a complexidade da estrutura que este ambiente proporciona, dependendo das espécies árvores predominantes, o que fornece uma serapilheira mais complexa (PEREIRA et al., 2007). Além disso, os sistemas de manejo utilizados também interferem nessa composição.

2.5 Carbono orgânico do solo

A matéria orgânica do solo (MOS) é definida como todo material orgânico, vegetal ou animal (STEVENSON, 1994). Sua fração orgânica constitui um sistema complexo, sendo que cerca de 90% de sua estrutura é composta por carbono (55%), oxigênio (34%), nitrogênio (3%) e hidrogênio (5%) (DICK et al., 2009).

Com isso, a MOS se torna a principal fonte de carbono para os micro-organismos. Apesar de apenas parte de sua matéria ser transformada em célula microbiana, a maior parte acaba sendo perdida na forma de CO₂ devido à mineralização (CUNHA et al., 2005).

Segundo Stevenson (1994), a MO possui duas frações, denominadas frações ativa ou lábil, que representam 25-33% da matéria orgânica do solo em regiões temperadas. O carbono lábil é a forma de fácil mineralização do carbono e serve como fonte de nutrientes para as plantas e micro-organismos. A segunda fração é denominada fração passiva ou estável, composta por substâncias húmicas (SHs) e outras macromoléculas orgânicas que são resistentes ao ataque microbiano, justamente por possuírem proteção química devido à sua associação aos minerais, além disso, é responsável por cerca de aproximadamente 66% do carbono do solo (LADD et al., 1993; CHRISTENSEN, 1996; SOLLINS et al., 1996).

CAPÍTULO 1: MACROFAUNA EDÁFICA E SUA RELAÇÃO COM O CARBONO DO SOLO EM CAATINGA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL

RESUMO GERAL

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025. **Macrofauna edáfica e sua relação com o carbono do solo em Caatinga submetida a manejo florestal.** Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. **Coorientadora:** Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

O objetivo deste capítulo foi avaliar os efeitos em médio prazo de diferentes práticas de manejo florestal da Caatinga sobre a macrofauna edáfica e sua relação com o carbono orgânico do solo. O estudo foi conduzido na Floresta Nacional Contendas do Sincorá, Bahia, sete anos após a implementação dos manejos. Foram avaliados quatro tratamentos: corte raso (CR), corte seletivo por diâmetro (CSD), corte seletivo por espécie (CSE) e Caatinga não manejada (CN). Foram coletadas amostras de solo (0–10 cm), macrofauna, serapilheira e abertura do dossel. Os dados foram submetidos a análises univariadas e multivariadas. Foram identificados 492 indivíduos da macrofauna, distribuídos em 17 grupos taxonômicos. O CSD apresentou a maior densidade de indivíduos, enquanto o CSE teve os maiores valores de diversidade (H') e equitabilidade (J). Isoptera foi o grupo mais abundante, especialmente nos tratamentos manejados. A análise funcional revelou que os reorganizadores de solo apresentaram menor abundância relativa no CSE, enquanto os demais grupos funcionais não diferiram entre manejos e a Caatinga não manejada. A serapilheira total não variou entre os manejos, mas o CSE apresentou maior presença de estruturas reprodutivas. O CR promoveu maior abertura do dossel. A análise dos agregados indicou maior proporção de frações >6 mm em todos os manejos. O CSE apresentou teores de carbono orgânico total semelhantes à CN, sugerindo maior capacidade de recuperação do solo.

Palavras-chave: COS, reorganizadores, bioturbadores, serapilheira, fauna, indicadores de qualidade.

ABSTRACT

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025. **Edaphic macrofauna and its relationship with soil carbon in Caatinga under forest management.** Adviser: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. Co-Adviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

The objective of this chapter was to evaluate the medium-term effects of different forest management practices in the Caatinga on soil macrofauna and their relationship with soil organic carbon. The study was conducted in the Contendas do Sincorá National Forest, Bahia, seven years after management implementation. Four treatments were evaluated: clear-cutting (CR), selective diameter cutting (CSD), selective species cutting (CSE), and unmanaged Caatinga (CN). Samples of soil (0–10 cm), macrofauna, litter, and canopy openness were collected. The data were subjected to univariate and multivariate analyses. A total of 492 macrofauna individuals were identified, distributed across 17 taxonomic groups. CSD had the highest density of individuals, while CSE had the highest values of diversity (H') and evenness (J). Isoptera were the most abundant group, especially in the managed treatments. Functional analysis revealed that soil reorganizers had lower relative abundance in the CSE, while the other functional groups did not differ between management systems and the unmanaged Caatinga. Total litterfall did not vary between management systems, but the CSE showed a greater presence of reproductive structures. The CR promoted greater canopy openness. Aggregate analysis indicated a higher proportion of fractions >6 mm in all management systems. The CSE presented similar total organic carbon contents to the CN, suggesting greater soil recovery capacity.

Keywords: COS, reorganizers, bioturbators, litter, fauna, quality indicators.

1. INTRODUÇÃO

A Caatinga é uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS), localizada exclusivamente no Brasil e que apresenta características marcantes, como a distribuição irregular das chuvas, que resulta em longos períodos de seca (PENNINGTON et al., 2018; MEDEIROS et al., 2022). Sua vegetação é composta por plantas adaptadas às condições de precipitação irregular e secas recorrentes, como predominância de espécies decíduas (LUCENA e GUILHERMINO, 2021). Além disso, a Caatinga destaca-se por sua rica biodiversidade, abrigando mais de três mil espécies de plantas, das quais cerca de 15% são espécies endêmicas (FERNANDES et al., 2020; MEDEIROS et al., 2022). Ainda é *habitat* de muitas espécies ameaçadas de extinção e apresenta grande variedade paisagística (ALVES et al., 2017; FERNANDES et al., 2020).

Apesar de sua importância ecológica, a Caatinga enfrenta um processo progressivo de degradação, impulsionado por atividades socioeconômicas que provocam o desmatamento para fins agrícolas e exploração de recursos florestais (NASCIMENTO, 2025; MENDES et al., 2025). Diante desse cenário, o manejo florestal sustentável (MFS) surge como uma importante alternativa para o uso racional da vegetação nativa do bioma, uma vez que permite a exploração dos recursos sem a remoção total da cobertura vegetal, favorecendo a conservação ambiental de forma legal e planejada (GAMA, 2021; SANTOS et al., 2023). A manutenção da vegetação contribui para a conservação das características estruturais e funcionais do ecossistema, beneficiando o funcionamento regular dos processos ecológicos. No entanto, o MFS, mesmo que realizado com observância de critérios técnicos, pode impactar diferentes componentes do ecossistema, tanto acima quanto abaixo do solo.

O nível desses efeitos pode variar em função das práticas de manejo adotadas. As principais práticas de MFS adotadas na Caatinga são o corte raso, em que toda a vegetação é retirada, sem distinção de espécie ou diâmetro, e o corte seletivo, que pode ser por diâmetro mínimo previamente estabelecido (DAP) ou em função das espécies de interesse econômico (KILL et al., 2007; CARVALHO, 2018). O corte raso resultando em um maior volume de madeira e área extraída, enquanto os cortes seletivos tendem a proporcionar manutenção da estrutura da floresta e um menor volume de madeira retirada e, portanto, são considerados mais sustentáveis.

Intervenções na vegetação podem influenciar diretamente ou indiretamente os atributos do solo, visto que afetam a cobertura do solo, as entradas de matéria orgânica do solo (MOS), a temperatura e umidade do solo (BARETTA et al., 2007; PAULA et al., 2024). Essas alterações nas condições do solo afetam processos físicos e biogeoquímicos do solo, como a atuação dos organismos edáficos e a formação e estabilidade dos agregados (BASTOS et al., 2005).

A formação dos agregados ocorre pela união de partículas do solo por meio da ação cimentante de polímeros orgânicos da MOS e dos exsudados orgânicos que são liberados pelas raízes (MILNICZUK, 1999; BRANDÃO e SILVA, 2012; JÚNIOR CAM et al., 2019). Estes agregados protegem o carbono proveniente da matéria orgânica em seu interior, retardando a mineralização e a decomposição microbiana, prolongando sua permanência no solo (CERRI et al., 2023; ZHANG et al., 2023; ANGST et al., 2024; LI et al., 2024) e sua alocação nas plantas e nos agregados (BUTTON et al., 2022).

O processo de formação de agregados e estabilidade dos agregados é influenciado pelas condições ambientais, presença de raízes e ação da fauna edáfica (SALTON et al., 2008; BATISTA et al. 2013; SILVA 2021). A macrofauna é composta por organismos com tamanho superior a 2 mm, representada por mais de 20 grupos taxonômicos, dos quais se destaca os Hymenoptera, Aranae, Diplopoda, entre outros (BARETTA et al., 2011), são indivíduos que por meio da sua movimentação no solo, possibilita a distribuição da matéria orgânica (PATUCCI et al., 2017). Tem se destacado como bioindicador de qualidade do solo devido à sua sensibilidade às mudanças do ambiente. Estudos realizados na região do semiárido brasileiro demonstram que a redução da serapilheira durante os períodos de seca está associada com a diminuição da abundância de organismos da macrofauna (CAVALCANTE, 2019).

A avaliação integrada dos macroagregados, carbono do solo e macrofauna edáfica, associado ao tipo de manejo utilizado em áreas de Caatinga, pode fornecer informações importantes para a compreensão da dinâmica e da qualidade do solo. Nesse contexto, este capítulo teve como objetivo avaliar os efeitos em médio prazo do manejo florestal da Caatinga na comunidade da macrofauna edáfica e na sua relação com o carbono do solo e de macroagregados, e como esses efeitos diferem entre práticas de manejo.

2. MATERIAL E METÓDOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O estudo foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA), uma unidade de conservação (UC), com área de 11.216 hectares, localizada no município de Contendas do Sincorá, no estado da Bahia, região Nordeste do Brasil (coordenadas geográficas: 13°55'42"S, 41°7'20"W). Classificada como UC de uso sustentável, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), a FLONA enquadra-se na categoria VI da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), destinada a áreas protegidas com uso sustentável dos recursos naturais (DAY et al., 2012). Sua vegetação predominante é classificada como Savana Estépica Arborizada (Caatinga arbórea), destacando-se, entre as espécies mais representativas *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Croton* sp. Arg. e *Patagonula bahiensis*.

A região tem relevo suavemente ondulado e altitude média de 350 metros. O clima é semiárido quente (BSwh), segundo Köppen, com precipitação média anual de 750mm, com chuvas escassas e concentradas entre os meses de novembro e janeiro. A temperatura média anual é de 23 °C, com umidade relativa variando entre 60 e 80% (LIMA & LIMA, 1999). O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA SOLOS, 2018). As características químicas e granulométricas do solo encontram-se descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização química e granulométrica do solo (profundidade 0 – 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	
CN	6,48	2,25	0,31	5,80	1,75	1,83	200,00	350,00	450,00
CSE	6,63	2,00	0,28	6,18	1,83	1,70	210,00	342,50	447,50
CSD	6,30	2,00	0,24	5,98	1,65	2,15	195,00	347,50	457,50
CR	6,53	1,50	0,19	6,43	1,48	1,75	240,00	320,00	440,00

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.

2.2 Arranjo experimental

Esta investigação integra um projeto de pesquisa que avalia como os atributos do solo respondem a práticas de manejo florestal da Caatinga e busca compreender as respostas da macrofauna e carbono do solo em médio prazo, sete anos após a realização do manejo. A área experimental é composta por quatro tratamentos, definidos por três práticas de manejo florestal e uma condição de Caatinga não manejada: (1) corte raso (CR) - remoção total de arbustos e árvores, independentemente do diâmetro ou espécie, resultando em uma redução de 100% da área basal; (2) corte seletivo por diâmetro (CSD) - remoção dos indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior ou igual a 5 cm, com uma redução aproximada de 60% da área basal; (3) corte seletivo por espécie (CSE) – remoção apenas dos indivíduos das espécies *Commiphora leptophloeos*, *Pseudobombax simplicifolium* e *Jatropha molissima*, com um redução estimada de 15% da área basal; e (4) Caatinga não manejada (CN) – mantida como testemunha e referência. Os tratamentos foram distribuídos na área experimental conforme um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas. Cada parcela possuía 20 × 20 m (400 m²), sendo separadas por uma distância de aproximadamente um metro entre si. A escolha do tamanho da parcela foi baseada no protocolo da Rede de Manejo Florestal do Bioma Caatinga (RMFC, 2005), que estabelece critérios para experimentos no bioma.

O manejo florestal foi realizado em maio de 2015 por meio de corte semimecanizado, com o uso de motosserra, seguido da retirada manual de todo o material lenhoso de interesse comercial, mantendo-se no local os resíduos da colheita, como galhos finos, folhas e cascas. Antes da intervenção, a vegetação da área experimental apresentava um estágio avançado de regeneração natural, resultado de mais de duas décadas sem qualquer tipo de exploração (MMA, 2006). A implantação do experimento na FLONA foi conduzida em conformidade com as diretrizes do Plano de Manejo da UC (MMA, 2006), o qual contempla ações voltadas à pesquisa e ao manejo florestal.

2.3 Amostragem de solo e serapilheira

As amostras de solo foram coletadas em 2022, aproximadamente sete anos após a realização do manejo florestal. Em cada parcela experimental, foram adotadas cinco formas de amostragem de solo: (1) retirada de monólitos de 10 × 10 cm, na profundidade de 0–10 cm, destinados ao fracionamento em classes de agregados e posterior análise de carbono, coletados em agosto de 2022; (2) retirada de monólitos de 25 × 25 cm, na mesma profundidade, destinados à avaliação da macrofauna edáfica, coletados em dois meses do ano (março e julho de 2022); (3) coleta de amostras indeformadas com uso de anel volumétrico (104,1cm³) em agosto de 2022, para determinação da densidade do solo, conforme metodologia descrita por Teixeira et al. (2017); e (4) coleta de amostras de 300g do solo não fracionado, o solo foi destorroado manualmente e lavado em água corrente, e, em seguida, as raízes foram separadas do solo, secas em estufa de ar comprimido por 48 horas a 65°C, e, após esse período, pesadas em balança semi-analítica (0,01g).

A coleta da serapilheira foi realizada no mês de julho de 2022, com auxílio de um gabarito vazado de 25 x 25 cm, lançado aleatoriamente três vezes por parcela. Em laboratório, o material foi separado em quatro frações: material lenhoso (galhos e cascas), folhas, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e material fragmentado. Posteriormente, as amostras foram colocadas em sacos de papel kraft e levadas à estufa de circulação forçada de ar (a 65°C, por 48h) e pesadas em balança de precisão 0,01g.

2.4 Macrofauna edáfica

A comunidade da macrofauna do solo foi amostrada utilizando-se o método recomendado pelo *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF) (ANDERSON; INGRAM 1993) com adaptação da profundidade de coleta. Em ambos os períodos de coleta, o solo de cada monólito foi disposto em bandejas de fundo branco, destorroado manualmente e os organismos visíveis a olho nu foram coletados com o auxílio de uma pinça. Após a triagem, os indivíduos foram acondicionados em frascos plásticos contendo solução de álcool a 70%. A contagem e a identificação taxonômica dos

organismos em nível de grandes grupos taxonômicos (classe, subclasse e ordem) foram realizadas com auxílio de lupa, conforme critérios de Ruggiero et al. (2015). Os táxons identificados foram posteriormente agrupados em categorias funcionais de acordo com seu papel ecológico no solo: predadores, decompositores, herbívoros, engenheiros do ecossistema e outros (BECK, 2000). Os engenheiros do ecossistema foram divididos em duas subcategorias, de acordo com seu papel na agregação do solo: reorganizadores de agregados do solo (RAS) - conseguem modificar a estrutura do solo tanto pela construção de galerias quanto pelo consumo de agregados, originando os chamados agregados biogênicos (LAVELLE, 2002), influenciando a organização interna dos agregados do solo (BOTTINELLI et al., 2015); e bioturbadores (BIO) - influenciam a estrutura do solo por meio da produção de galerias e da translocação de agregados, sem alterar sua organização interna em uma escala em curto prazo. Os RAS incluem a maioria das espécies de cupins e minhocas (JOUQUET et al., 2011; BLOUIN et al., 2013b). Os RAS são insetos sociais que, pela atividade de escavação, formam galerias, que podem formar redes extensas e ocupar um volume significativo de solo em algumas situações (CAPOWIEZ et al., 1998; MANDO et al., 1999; BUHL et al., 2004; PERNA et al., 2008). Com base nesses dados, foram calculados a densidade relativa (%), a riqueza (número de grupos identificados) e os índices de diversidade de Shannon (H') e de equitabilidade de Pielou (J). Todos os resultados apresentados neste trabalho correspondem à média dos dados obtidos nos dois períodos de coleta.

Tabela 2: Classificação da macrofauna em grupos funcionais.

Decompositores	Herbívoros	Predadores	BIO	RAS	Outros
Coleoptera imaturo	Entomobryomorpha	Aranae	Hymenoptera (Formiga)	Isoptera	Blattodea
Diplopoda	Hemiptera	Chilopoda		Oligochaeta	Coleoptera
Isopoda	Lepdoptera	Pseudoscorpionida			Diptera
	Orthoptera	Tricoptera			Gastropoda
					Hymenoptera
					Thysanura
					Zygentoma

BIO – Engenheiros bioturbadores; RAS – Engenheiros reorganizadores

2. 5 Abertura do dossel

A cobertura do dossel foi avaliada com o uso de um densiômetro esférico convexo Modelo A, que foi posicionado a um metro do solo nos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste). A leitura foi realizada em pontos aleatórios dentro de cada parcela, em julho de 2022. Para cada leitura, o quadrante visualizado no densiômetro foi dividido em quatro partes iguais, contabilizando-se quantos quartos refletiam a presença do dossel. A soma das porções cobertas foi então multiplicada pelo fator 1,04, obtendo-se diretamente a porcentagem de cobertura do dossel. O valor final da cobertura foi obtido pela média das estimativas nos quatro pontos cardeais, conforme metodologia descrita por Lemmon (1957).

2. 6 Fracionamento do solo em classes de agregados

As amostras (todo solo de cada monólito – cerca de um kg) foram submetidas a um fracionamento seco em campo, utilizando um conjunto de peneiras de malhas de 6,0, 4,0 e 2,0 mm. O peneiramento foi realizado de forma manual, com agitação (movimentos circulares de cima para baixo com amplitude de aproximadamente 4 cm) por um minuto. Assim, foram obtidas quatro frações de agregados: maior do que 6 mm (> 6,0 mm), entre 6 e 4 mm (6,0 – 4,0 mm), entre 4 e 2 mm (4,0 – 2,0 mm) e menor do que 2 mm (< 2,0 mm). As frações foram secas ao ar durante um período de 72 horas e pesadas em balança semianalítica para o cálculo da porcentagem relativa.

2. 7 Carbono orgânico do solo e dos macroagregados > 6 mm

As amostras de solo não fracionado e da classe de agregados > 6 mm (todas secas ao ar) foram maceradas com auxílio do crisol, passadas em peneira de malha de 0,250 mm e submetidas à análise química para determinação dos teores de carbono orgânico do solo (COS) pelo método da oxidação úmida com $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L⁻¹ em meio ácido (YEOMANS and BREMNER, 1988). A escolha de analisar o carbono orgânico apenas na classe de agregados >6 mm baseou-se em evidências da literatura que apontam uma estreita relação entre a macrofauna edáfica e a

presença de agregados maiores (BATISTA et al., 2013; PINTO et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2024).

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados quanto à homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Bartlett) e normalidade (teste de Lilliefors). Depois de constatar dados paramétricos, os dados de abertura do dossel, densidade do solo, massa de raízes, carbono do solo, diâmetro médio ponderado, teor de macroagregados >6 mm, COS, serapilheira foram submetidos à análise de variância (ANOVA) segundo um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições, sendo que, no caso particular do percentual das classes de agregados, adotou-se uma ANOVA em fatorial 4 x 4 (4 tratamentos x 4 classes de agregados), com quatro repetições para cada tratamento. Quando o teste F foi significativo ($\alpha = 0,05$), foram realizadas comparações múltiplas das médias pelo teste de Fisher (LSD – *Least Significant Difference*) a 5% de significância.

No caso da macrofauna, foi utilizado o modelo linear generalizado misto (LGM), em que os tratamentos foram tratados como fatores fixos, enquanto as parcelas foram tratadas como fatores aleatórios para levar em conta o efeito de amostragem. Foi utilizada a distribuição de Poisson, tendo em vista que os parâmetros são valores inteiros não negativos, e a comparação das médias feita por intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

A abundância relativa dos grupos funcionais da macrofauna foi utilizada para separação dos tratamentos por meio da análise de *Cluster* (método da distância Euclidiana). Adicionalmente, o conjunto de variáveis foi submetido à análise de componentes principais (ACP), que é uma análise multivariada que avalia o conjunto de dados e a correlação entre as variáveis. As variáveis consideradas nessa análise foram: serapilheira, abertura do dossel, COS, carbono dos agregados > 6mm, densidade, massa raízes, abundância e riqueza dos grupos funcionais da macrofauna (engenheiros reorganizadores e bioturbadores, decompositores, predadores, herbívoros e outros).

As análises foram realizadas empregando-se o programa Statistica® V.10.0 (Statsoft,1974-2009). Para elaboração dos gráficos, foi utilizado o *software* Sigmaplot®V.12.0 (Systat,2010).

3. RESULTADOS

3.1 Macrofauna do solo

Considerando o conjunto dos tratamentos estudados, foram encontrados 492 indivíduos da macrofauna edáfica, distribuídos em 17 níveis taxonômicos. Houve variação significativa da densidade total de indivíduos por m², com maior valor no CSD (350), seguido por CN (242), CSE (232) e CR (206). O índice H' foi relativamente similar entre os tratamentos, variando de 3,4 (CR) a 3,6 (CSE). Já o índice de J teve valor menos expressivo no CR (0,79) e maior valor no CSE (0,90).

Isoptera foi o grupo predominante na maioria dos tratamentos estudados, representando 23,1% no CN, 26,2% no CSD e 33,5% no CR, com menor participação no CSE, em que correspondeu a 8,6% da densidade total. A densidade absoluta dos grupos variou entre os tratamentos, embora, para a maioria dos grupos, não tenha sido possível identificar um padrão consistente de aumento ou redução em função do nível de interferência na vegetação. Orthoptera foi mais abundante nos tratamentos manejados em comparação com a Caatinga não manejada, sem variação entre as práticas de manejo adotadas. Oligochaeta apresentou menor densidade no CR e maior nos cortes seletivos, que não diferiram do CN. Entomobryomorpha foi mais abundante no CSE, e Hemiptera, no CSD e CN. Por sua vez, Trichoptera e Lepidoptera apresentaram maiores densidades no CR (corte raso) e Zygentoma no CN, respectivamente.

Tabela 3 – Densidade, riqueza e índices de diversidade da macrofauna edáfica em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN).

Grupos Taxonômicos	CN	CSE	CSD	CR
Aranae	0,88a	1,00a	0,88a	0,76a
Blattodea	1,26a	1,50a	2,13a	0,63a
Chilopoda	1,25a	2,13a	1,38a	1,00a
Coleoptera	1,26a	1,50a	1,25a	1,01a
Diplopoda	0,13a	0,13a	0,75a	0,13a
Entomobryomorpha	0,00	0,25	0,00	0,00
Gastropoda	0,88a	1,25a	1,38a	0,88a
Hemiptera	0,13a	0,00	0,26a	0,00
Hymenoptera	2,75a	0,13a	1,38a	2,01a
Isopoda	1,88a	2,63a	2,25a	0,38a
Isoptera	3,5a	1,25b	5,75a	4,25a
Lepidoptera	0,00	0,00	0,00	0,13
Oligochaeta	0,13a	1,38a	2,63a	0,00
Orthoptera	0,00	0,38a	0,25a	0,38a
Pseudoscorpionida	1,00a	1,00a	1,63a	0,88a
Tricoptera	0,00	0,00	0,00	0,25
Zygentoma	0,13	0,00	0,00	0,00
Densidade total (indivíduos m ⁻²)	242b	232b	350a	202c
Riqueza média	7,75a	8,5a	10,25a	7,00a
Riqueza Total	17	16	16	20
H'	3,42	3,60	3,46	3,41
J	0,84	0,90	0,87	0,79

H' – Índice de Shannon; J – índice de equitabilidade de Pielou. Letras iguais na linha, que comparam os manejos, não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de significância.

No que diz respeito à abundância relativa dos grupos funcionais da macrofauna edáfica, de modo geral, não houve variação em resposta às práticas de manejo florestal (Figura 1). O único grupo que mostrou variação foi o dos engenheiros reorganizadores, cuja abundância relativa foi significativamente menor no CSE em relação ao CSD, embora ambos não tenham se distinguido da Catinga não manejada. CSE também apresentou valores ligeiramente mais altos dos índices H' e J.

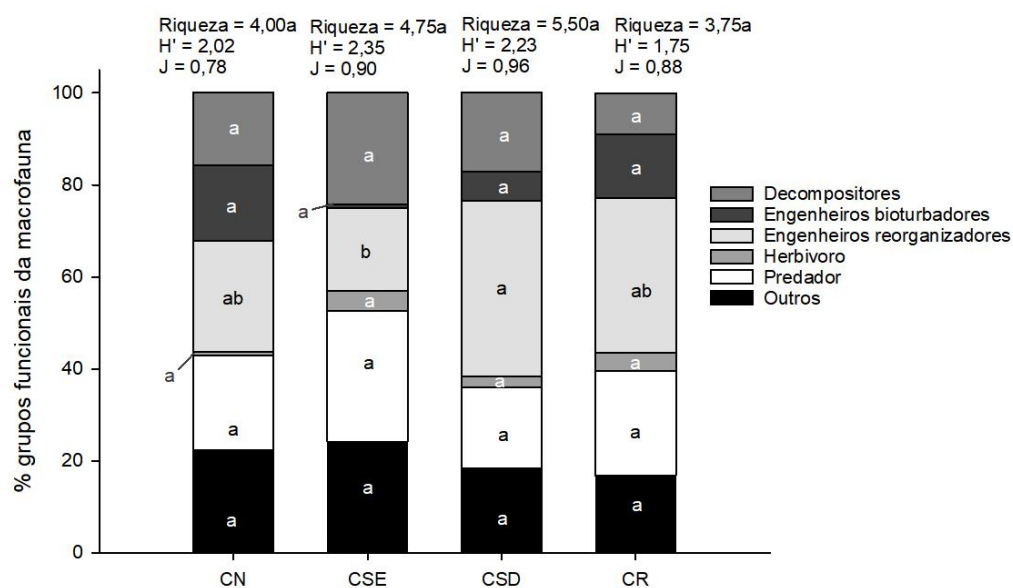


Figura 1 - Porcentagem de grupos funcionais da macrofauna edáfica do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Em que: H' - Índice de diversidade de Shannon Wiener; J - Índice de Equabilidade de Pielou. Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de significância.

Adicionalmente, a análise de agrupamento com base na abundância relativa dos grupos funcionais da macrofauna indicou maior similaridade entre CN e CR, enquanto CSD e CSE apresentaram padrões isolados, com maior distância de conexão em relação aos demais tratamentos (Figura 2).

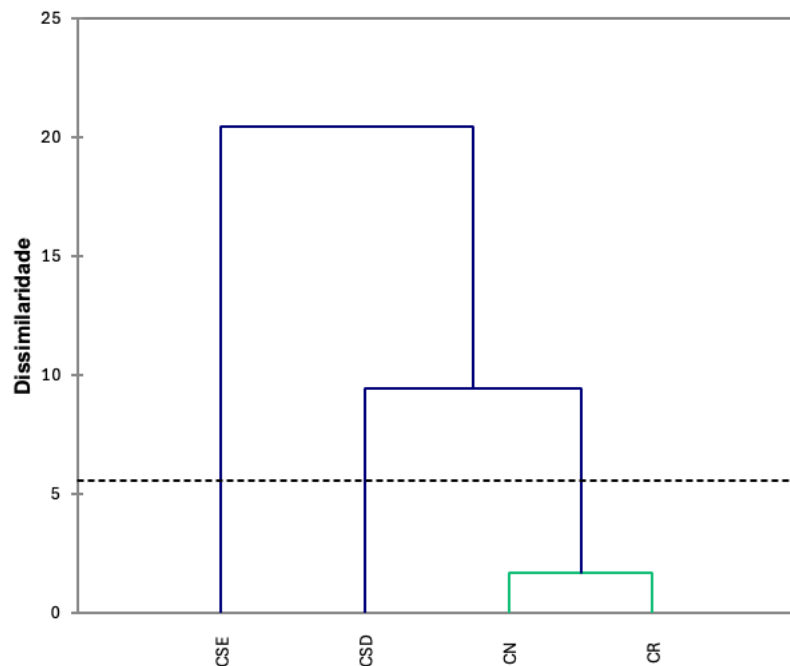


Figura 2 - Análise de *Cluster* de acordo com a frequência de ocorrência de grupos da macrofauna edáfica em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN).

3.2 Serapilheira e abertura do dossel

De modo geral, não houve diferença entre os manejos e a Caatinga não manejada quanto às quantidades de material fragmentado (MF), material lenhoso (ML), folhas e serapilheira total (Figura 3). Apenas a fração estruturas reprodutivas (ER) apresentou variação, com média superior no CSE em relação ao CSD e CR, embora nenhum dos tratamentos manejados tenha diferido da CN. Apesar disso, foi possível notar maior participação da fração material lenhoso nos dois manejos mais invasivos (CR = 71%; CSD = 72%) em comparação com o CN e CSE (58%). A contribuição das outras frações não evidenciou diferenças entre os tratamentos.

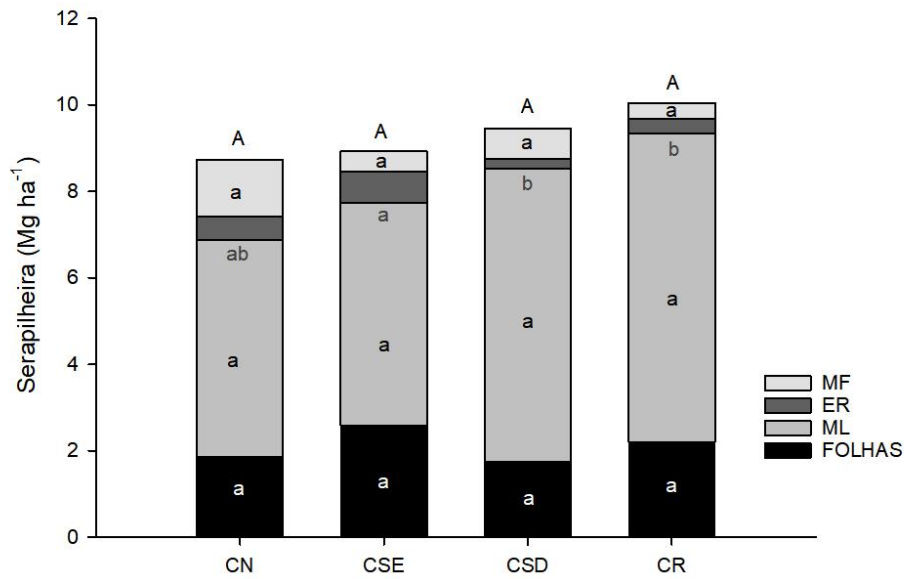


Figura 3 - Serapilheira em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) em Caatinga não manejada (CN). MF- Material Fragmentado, ER- Estruturas Reprodutivas, ML- Material Lenhoso. Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância

As práticas de manejo florestal influenciaram a cobertura do dossel (Figura 4). CR resultou em maior abertura, com apenas 22,5% de cobertura remanescente. CSD promoveu uma abertura intermediária (30,3%), enquanto CSE manteve níveis de cobertura semelhantes aos da Caatinga não manejada, ambos com cerca de 12% e 6,2%.

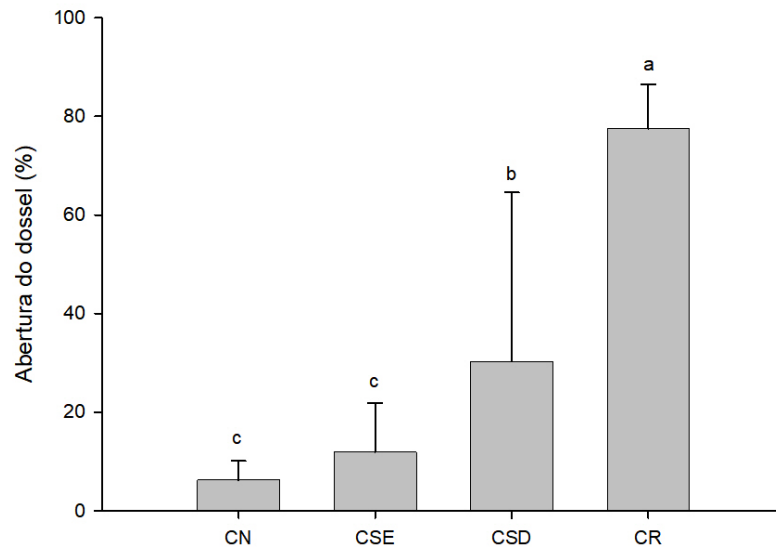


Figura 4 - Abertura do dossel em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância.

3.3 Densidade, massa de raízes e carbono orgânico do solo

A densidade do solo não variou entre os manejos nem deste em relação à Caatinga não manejada (Figura 5). A massa de raiz também não se diferenciou entre os manejos e a CN, mas esses foram superiores no CR e CSE em comparação com o CSD. Com relação ao COS, apenas o CSE manteve valores equivalentes ao CN, sendo ambos superiores ao CSD e CR, que, por sua vez, não diferiram entre si (Figura 5).

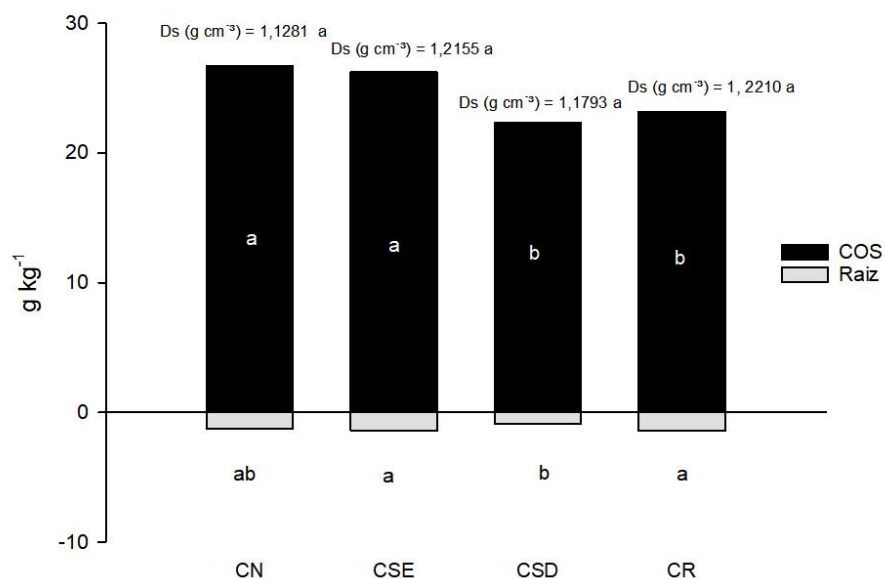


Figura 5 - Densidade do solo (Ds), carbono orgânico do solo (COS), massa de raiz em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância

3.4 Classes de agregados e teores dos agregados > 6 mm

Não houve interação significativa entre as práticas de manejo e as classes de agregados. Também não houve efeito isolado dos tratamentos, observando-se variação apenas entre as classes de agregados (Tabela 3). Os maiores percentuais foram registrados nos >6 mm, seguidos pelos agregados <2 mm e pelas classes 6-4 e 4-2 mm, que não se diferenciaram entre si (Figura 6A). Os teores de carbono nos agregados > 6mm não apresentaram diferenças entre os manejos e Caatinga não manejada (Figura 6B).

Tabela 3- Quadro de análise de variância das práticas de manejo e agregados do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por

espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN).

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P
Repetição	3	0,001	0,001	0,001	1,000
Prática de manejo (PM)	3	0,001	0,001	0,001	1,000
Classes de agregados (CA)	3	10142,65	3380,88	241,708	0,0001
PM*CA	9	39,6	4,4	0,315	0,967
Erro	45	629,44	13,99		
Total	63	10811,69			

Valores em negrito indicam que o valor de “p” foi significativo, havendo diferença na fonte de variação estudada.

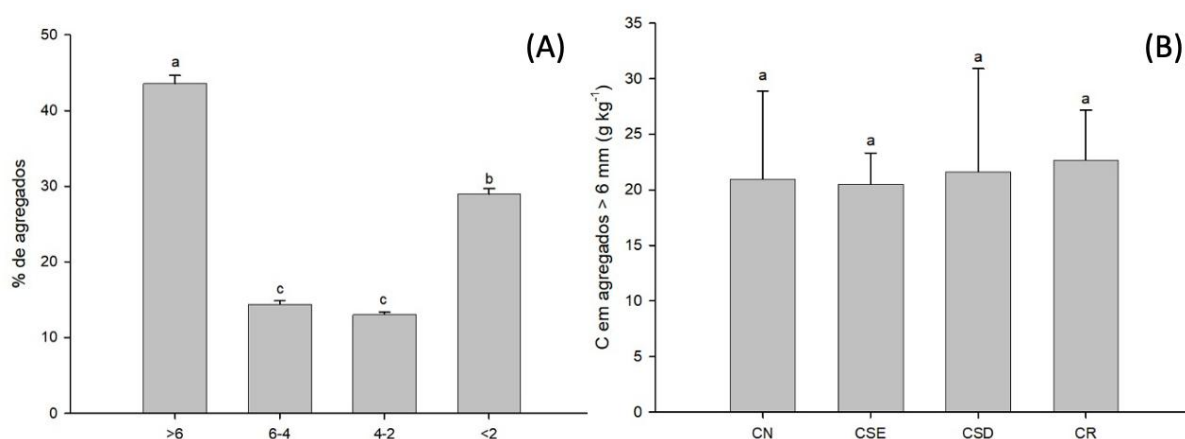


Figura 6 - Porcentagem das classes de agregados e carbono em agregados > 6mm do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo teste de Fisher a 5% de significância.

3.5 Análise conjunta dos dados

A análise conjunta dos atributos do solo por meio da análise de componentes principais (ACP) explicou 75,5% da variação observada entre os tratamentos estudados, distribuída em dois fatores (Figura 7). O primeiro componente principal (CP1) foi responsável por explicar 41,8% da dissimilaridade entre os tratamentos, apresentando maior associação com as seguintes variáveis: serapilheira, abertura do dossel, carbono em agregados > que 6mm e grupo dos decompositores.

O segundo componente (CP2) explicou 33,8% e teve como variáveis responsáveis pela variação a densidade, massa de raízes, engenheiros bioturbadores, predadores e herbívoros. As variáveis COS, abundância e riqueza dos grupos funcionais e o grupo engenheiros reorganizadores foram mais associadas ao componente principal 3 (CP3) e, portanto, não foram considerados na interpretação da ACP.

A dispersão gráfica da ACP foi apresentada em duas dimensões e sugeriu uma clara dissimilaridade entre os tratamentos. CSE e CSD ficaram posicionados no quadrante superior esquerdo e próximos de CP2. CN ficou no quadrante inferior também à esquerda e próximo de CP2. CR ficou isolado à direita do gráfico, no quadrante inferior e mais associado ao CP1.

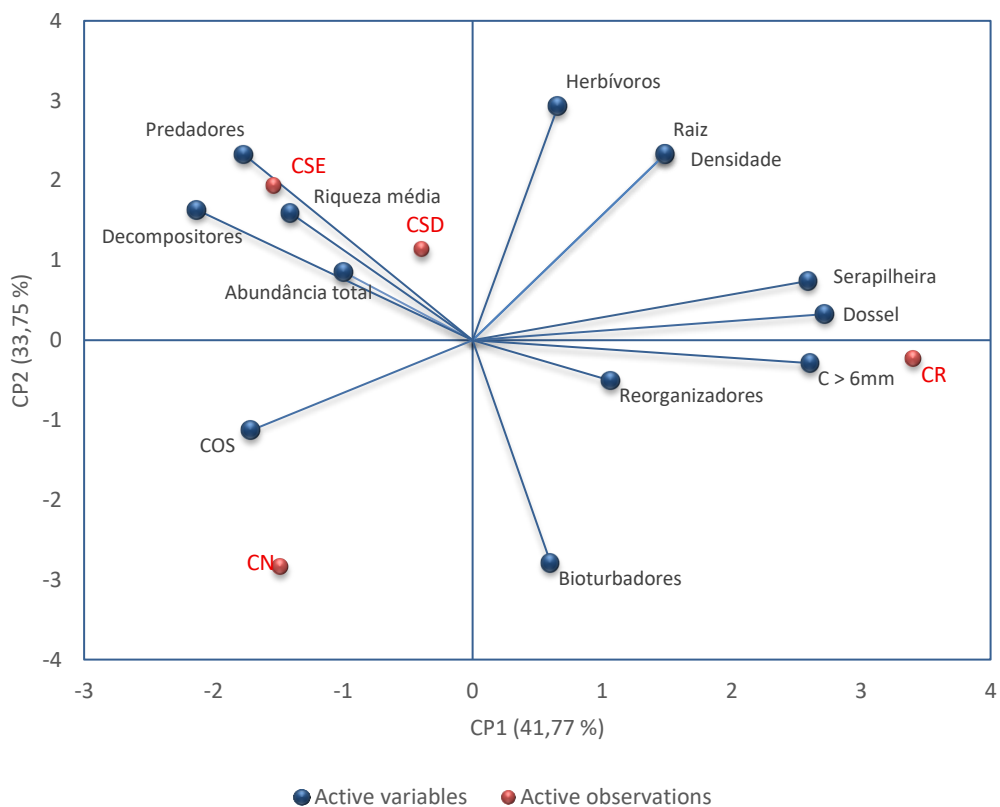


Figura 7- Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais de atributos do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Em que: Dossel - abertura do dossel; Bioturbadores - engenheiros bioturbadores; Reorganizadores – engenheiros reorganizadores; COS –

carbono orgânico do solo; C > 6mm – carbono em agregados > 6mm; Abundância total – abundância total dos grupos funcionais; Riqueza média – riqueza média dos grupos funcionais; Densidade – densidade do solo.

4. DISCUSSÃO

4.1 Macrofauna do solo

O número de grupos taxonômicos registrado neste trabalho é próximo do encontrado por Matos et al. (2019) na mesma área experimental, cerca de 1,5 ano após o manejo (18 táxons). No entanto, foram encontrados mais indivíduos neste em comparação com a avaliação desses autores. Essa semelhança no número de táxons pode sugerir que o manejo florestal não impactou de forma expressiva a riqueza de grupos da macrofauna edáfica, pelo menos em curto e médio prazos, embora sejam necessários mais estudos para confirmar essa tendência.

A quantidade de táxons observada é inferior a encontrada por Lima et al. (2017), que relatou a ocorrência de 36 grupos em seu trabalho na Caatinga. No entanto sua avaliação levou em conta um total de 45.740 organismos coletados.

Em relação aos grupos taxonômicos, a predominância do grupo Isoptera na maioria dos manejos avaliados pode estar relacionada aos resíduos orgânicos acumulados sobre o solo, uma vez que houve variação entre tratamentos quanto a quantidade total de serapilheira. Além disso, esse grupo tem alta capacidade de colonização e diversidade alimentar (MATOS et al., 2019; SIQUEIRA et al., 2022), permitindo, assim, a exploração de diversos recursos.

A ausência de variação na proporção de grupos funcionais da macrofauna edáfica indica que o manejo florestal não resultou em alterações na estrutura da fauna do solo. Essa tendência pode ser explicada pela resiliência da macrofauna a perturbações moderadas em médio prazo (BROWN et al., 2015). Ademais, a manutenção da cadeia alimentar (CUNHA NETO et al., 2012) mostra também que, mesmo com as alterações, o ambiente favoreceu a presença de indivíduos herbívoros e decompositores com a disponibilidade de matéria orgânica (MATOS et al., 2019).

Por serem “engenheiras de ecossistema”, os térmitas desempenham papel central na decomposição da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes, criando galerias e influenciando as propriedades físicas do solo, o que lhes assegura competitividade em ambientes onde outros organismos têm dificuldades de sobreviver

Por sua vez, a menor proporção de engenheiros reorganizadores no CSE, em comparação com o CSD, pode sugerir que esse tipo de manejo altera de forma específica a interação entre os indivíduos. Em ambientes com escassez de recursos

alimentares, é comum constatar uma predominância de espécies de térmita (grupo Ispotera), conhecidas por sua capacidade de explorar eficazmente substratos ricos em celulose e sobreviver em condições de baixa disponibilidade de alimento (SILVA et al., 2006; BROWN et al., 2015; FERREIRA et al., 2022; DEARMOND et al., 2023). Isso pode explicar a maior proporção de RAS no CSD, em comparação com o CSE.

No entanto, trabalhos como o de Santos (2016), afirmam que indivíduos que fazem parte deste grupo RAS, como as minhocas, são úteis para avaliar o estado de conservação do ambiente, o que contrapõem os resultados encontrados, visto que foi o sistema com menor quantidade de engenheiros, apesar de terem apresentado igual média no grupo taxonômico Oligochaeta em comparação com o CN e o CSD. Ademais, esses indivíduos são os principais responsáveis pela agregação do solo e estabilização da matéria orgânica indicando o bom uso do solo (FERREIRA et al., 2022).

A ausência de diferença na riqueza de grupos funcionais também pode estar relacionada à capacidade da fauna edáfica de manter sua diversidade funcional mesmo sob diferentes manejos, o que reflete uma certa estabilidade nos manejos estudados (GILLER et al., 1997). De acordo com Barros et al. (2008), quanto maior o grau de diversidade e associação das espécies em um sistema manejado, maior tende a ser a diversidade da macrofauna.

4. 2 Abertura do dossel e serapilheira

A maior abertura do dossel no CR reflete a maior intensidade do manejo e demonstra que, mesmo após sete anos de manejo, ainda não houve recuperação total da composição vegetal local (GAMA, 2021). Pareyn et al. (2015) consideram que um intervalo de tempo de 14 anos é o ideal para recuperação das características edafofisiológicas na Caatinga.

A similaridade da maioria dos compartimentos da serapilheira entre os manejos e a Caatinga não manejada pode estar relacionada ao fato de a floresta estar em recuperação há cerca de sete anos, permitindo a recomposição parcial da vegetação, especialmente por espécies pioneiras e secundárias (CARVALHO et al., 2020). Por sua vez, a maior quantidade de ER no CSE pode ser explicada pela maior presença de indivíduos adultos quando se compara ao CSD e CR. Segundo Macêdo (2018), a

deposição de serapilheira e seus componentes estão ligados à densidade de indivíduos na área.

Por sua vez, o material lenhoso apresentou maior proporção em todos os tratamentos e na Caatinga não manejada, diferentemente do valor total encontrado por Souto (2006), em que apenas 23% da serapilheira eram de galhos. Esses valores podem ser explicados devido à deciduidade, tendo em vista o período de coleta, aumentando a exposição dos galhos e conseqüentemente levando à queda, além disso, a lenta decomposição do material lenhoso pode interferir nesse processo (SOUTO, 2006; MARTINS, 2022).

4.3 Densidade, massa de raízes e carbono do solo

A ausência de diferença significativa na densidade do solo indica que o manejo florestal aplicado não alterou significativamente a compactação ou porosidade do solo. Estudos como o de Braga et al. (2022), em ambientes semiáridos brasileiros, apontam similaridade na densidade do solo entre áreas manejadas e não manejadas.

Por sua vez, o manejo influenciou significativamente o teor de carbono do solo com destaque para o CSE, que se aproximou do CN, apresentando os maiores teores de carbono. A similaridade dos teores de COS pode estar diretamente relacionada à recuperação da área. Johnson et al. (2002) constataram, após 15 anos, teores de COS semelhantes entre áreas com e sem intervenção na vegetação. Levando em conta o período de 7 anos, o CSE é uma área de manejo menos intenso, o que poderia justificar teores similares ao CN quando comparada ao CSD e ao CR, que são manejos com práticas mais intensas.

Além disso, a abertura do dossel também influencia nos teores de COS, uma vez que áreas com menor abertura tendem a apresentar maior acúmulo de carbono no solo (KUNKEL et al., 2011; WU et al., 2014). Isso se dá pelo maior acúmulo de cobertura vegetal, que proporcionam melhores condições microclimáticas, que favorecem a decomposição e incorporação da matéria orgânica no solo

Por sua vez, a ausência de diferença entre os manejos e a Caatinga não manejada em relação à massa de raízes, pode se dar pelo estímulo das plantas remanescentes que permaneceram no CSE, CSD e do estímulo de regeneração

ocorrido no CR, como as espécies pioneiras, favorecendo a quantidade de raízes finas (ANDRADE et al., 2021, LOPES et al., 2023).

4.4 Classes de agregados do solo e carbono em agregados > 6 mm

Os resultados indicam predominância de agregados com diâmetro >6 mm, seguidos pelos <2 mm, sem diferenças significativas entre os sistemas de manejo e a Caatinga não manejada. Isso revela que o solo tem um padrão de estruturação estável, mesmo sob diferentes formas de manejo florestal. A alta proporção de macroagregados (>6 mm) é indicativo de solos com boa estabilidade física (CAMPOS et al., 2022), além disso, o predomínio de agregados >6 mm, seguido pelos <2 mm, com menores proporções intermediárias (6–4 mm e 4–2 mm), pode indicar que o processo de agregação está ocorrendo de forma eficaz, com a formação de macroagregados (ARAÚJO et al., 2024).

Dessa forma, a ausência de diferença entre os teores de carbono em agregados maiores que 6 mm entre os manejos florestais e a Caatinga não manejada, pode estar relacionado à estabilidade dos macroagregados, que protegem fisicamente o carbono em seu interior, formando uma barreira física que dificulta o acesso dos microrganismos. Dessa forma o impacto dos manejos em médio prazo é menor (SIX et al., 2002).

Dito isso, a ausência de diferenças entre os sistemas deve estar ligada ao tempo pós-manejo, visto que a pausa de sete anos evita o revolvimento do solo, permitem a manutenção dos agentes naturais de formação de agregados, atuando na ligação entre partículas minerais e matéria orgânica, favorecendo a agregação (PINTO et al., 2022). Assim, mesmo o corte raso (CR), que poderia representar maiores alterações, pode já ter recuperado parcialmente sua estrutura do solo, por meio da regeneração da vegetação e da atividade biológica do solo.

4.5 Avaliação de componentes principais

A proximidade entre a Caatinga não manejada e os cortes seletivos, estando próximos das variáveis: predadores, decompositores, riqueza média, abundância total, demonstra que essas práticas de manejo (CSE e CSD) tiveram maior

interferência nesses atributos, sendo, portanto, mais influenciados pelas variáveis biológicas (FERRIS et al., 2021). Ademais, a proximidade desses manejos com o CN sugere certa recuperação dos atributos do solo, possivelmente relacionada à regeneração natural após o distúrbio, visto que estão agrupados no mesmo quadrante (VILLELA et al 2006; XUE et al., 2022). Matos et al. (2019) e Barreto-Garcia et al. (2021) fizeram trabalhos na mesma área e apontaram o corte seletivo como o manejo que teve menor impacto, quando comparado aos demais.

Adicionalmente, a separação do CR, que teve maior proximidade com raízes, densidade do solo, serapilheira, abertura do dossel, carbono dos agregados maiores que > 6mm, indica que a interferência na vegetação gerou impactos na distribuição dessas variáveis, principalmente com manejos mais intensivos.

Dessa forma, a dispersão dos tratamentos no gráfico da ACP revela uma nítida dissimilaridade entre os sistemas CSD, CSE e CR. O CN posicionou-se de forma isolada das demais variáveis, indicando menor influência das variáveis ambientais analisadas e possível estabilidade ecológica, o que pode estar associado ao baixo nível de distúrbio promovido (VILLELA et al., 2006).

5. CONCLUSÕES

As diferentes práticas de manejo florestal impactam a densidade da macrofauna, qualidade do carbono do solo, qualidade da serapilheira e abertura do dossel. O corte seletivo por espécie mostrou-se prejudicial para o grupo funcional “engenheiros reorganizadores”, apesar disso, foi o tratamento mais eficaz em relação à densidade total de indivíduos.

O teor de carbono orgânico do solo foi maior no corte seletivo por espécie, além disso, nenhum dos manejos se diferenciou da Caatinga não manejada em relação à massa de raiz e densidade do solo.

O acúmulo de serapilheira não foi influenciado por nenhum dos manejos após os sete anos da realização dos cortes, mantendo proporções semelhantes à Caatinga não manejada, sendo em todos os manejos a fração “material lenhoso” responsável pela maior parte da serapilheira.

Por sua vez, a abertura do dossel foi maior no corte raso e corte seletivo por diâmetro, em comparação com a Caatinga não manejada.

6. REFERÊNCIA

- ANDRADE, E. M.; AQUINO, D. N.; COSTA, M. C. G.; SANTOS, C. L. A.; & ALMEIDA, A. M. M. How thinning in a seasonally dry tropical forest contributes towards root biomass, carbon stock and aggregate size in a Vertisol. **Revista Agro ambiente On-line**, v.15, 2021.
- ANGST, G.; POTAPOV, A.; JOLY, F. X.; ANGST, Š.; FROUZ, J.; GANAULT, P.; & EISENHAUER, N. Conceptualizing soil fauna effects on labile and stabilized soil organic matter. **Nature Communications**, v.15, n.1, p. 5005, 2024.
- ARAÚJO, R. A.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; & VIEIRA, R. A. M. Carbon mineralization in soil aggregate classes under Leguminous tree planting in north Fluminense, Brazil. **Floresta e Ambiente**, v.31, 2024. e20230033.
- BARETTA, D.; JAMES, S.; & CARDOSO, E. Earth worm populations sampled using collection Araucaria angustifolia methods in Atlantic **Forests**. **Scientia Agricola**, v.64, n.4, p.384-392, 2007.
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C. GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. D.; & ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, 8, 119-70, 2011.
- 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. 481, p. 118790, 2021.
- BARROS, E.; MATTHIEU, J.; TAPIA-CORAL, S.; NASCIMENTO, A. R. L.; LAVELLE, P. **Comunidades da macrofauna do solo na Amazônia brasileira**. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O.; BRUSSAARD, L. (Ed.). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Lavras: Ed. da UFLA, 2008. p. 171-191.
- BOTTINELLI, N.; JOUQUET, P.; CAPOWIEZ, Y.; PODWOJEWSKI, P.; GRIMALDI, M.; & PENG, X. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists?. **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 118-124, 2015
- BRAGA, R. M.; DE ASSIS BRAGA, F.; & VENTURIN, N. Carbono orgânico no solo sob mata nativa e florestas plantadas em longo prazo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 42, 2022.

BROWN, G. G.; NIVA, C. C.; ZAGATTO, M. R. G.; FERREIRA, S. D. A.; NADOLNY, H. S.; CARDOSO, G. B. X.; ... & CARVALHO, F. Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais. 2015.

CAMPOS, M. C. C.; FRAGA, V.; SALCEDO, I.; OLIVEIRA, F.; SILVA, J.; & BRITO FILHO, E. Agregados de solos em áreas sob distintas intensidades de uso da região semiárida do Nordeste. **Scientia Plena**, v. 18, n. 7, 2022.

CAPUTO, HOMERO PINTO; CAPUTO, ARMANDO NEGREIROS; **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 7. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: LTC, 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, p. 112-126, 2020.

CERRI, C. E. P.; ABBRUZZINI, T. F.; CARVALHO, J. L. N.; CHERUBIN, M. R.; FRAZÃO, L. A.; MAIA, S. M. F.; & DA SILVA OLIVEIRA, D. M. Matéria orgânica do solo e o equilíbrio global de carbono. 2023.

COMMUNITIES IN AREAS OF CAATINGA IN BRAZIL. Ethnobot. **Research and Application**. V.21, p.1–12. <https://doi.org/10.32859/era.21.31.1-12>.

CUNHA NETO, F. V. et al. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 5, p. 1407-1417, 2012

DEARMOND, D.; EMMERT, F.; PINTO, A. C.; LIMA, A. J.; & HIGUCHI, N. (2023). A systematic review of logging impacts in the Amazon biome. **Forests**, v. 14, n. 1, p. 81, 2023.

Ferreira, V. S.; Oliveira-Rebouças, P.; Kiill, L.; Siqueira, K.; Zielonka, N.; Silva, F. O. D.; ... & Dicks, L. Fauna do solo. **Série: Manejo sustentável de fruteiras na caatinga**; v. 6, 2022.

FERRIS, H.; CARES, J. E.; & ESTEVES, A. M. Effect of land use and seasonality on nematode faunal structure and ecosystem functions in the Caatinga dry forest. **European Journal of Soil Biology**, v. 103, p. 103296, 2021.

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.

GILLER, K. E.; BEARE, M. H.; LAVELLE, P.; IZAC, A. M.; & SWIFT, M. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology*, v. 6, p. 3–16, 1997.

JOHNSON, D. W.; KNOEPP, J. D.; SWANK, W. T.; SHAN, J.; MORRIS, L. A.; VAN LEAR, D. H.; & KAPELUCK, P. R. Effects of forest management on soil carbon: results of some long-term resampling studies. *Environmental Pollution*, v. 116, p. S201-S208, 2002.

KUNKEL, M. L.; FLORES, A. N.; SMITH, T. J.; MCNAMARA, J. P.; BENNER, S. G. A simplified approach for estimating soil carbon and nitrogen stocks in semi-arid complex terrain. *Geoderma*, v. 165, n. 1, p. 1-11, 2011.

LIMA, K. D. R. D.; CAMARA, R.; CHAER, G. M.; PEREIRA, M. G.; & RESENDE, A. S. D. Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the Caatinga biome. *Revista Caatinga*, v. 30, n. 2, p. 401-411, 2017.

LOPES, J. F. B.; LOPES, F. B.; ARAÚJO, I. C. D. S.; PEREIRA, E. C. B.; BRANDÃO, M. L. S. M.; FEITOSA, E. D. O.; ... & ANDRADE, E. M. D. How Forest Management with Clear-Cutting Affects the Regeneration, Diversity and Structure of a Seasonally Dry Tropical Forest in Brazil. *Forests*, v. 14, n. 9, p. 1870, 2023.

MACÊDO, I.M. **Dinâmica da caducifolia e composição da serrapilheira de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P.** Queiroz em áreas de caatinga sob pastejo caprino. 85f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2018.

MARTINS, K. B. S. M. **Manejo florestal na Caatinga: Uma avaliação de indicadores de qualidade do solo e serapilheira.** Vitória da Conquista: UESB, 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; & SCORIZA, R. N. (2019). Effect of different forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal Caatinga. *Revista Caatinga*, v. 32, n. 3, p. 741-750, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n318rc>.

MORALES-MÁRQUEZ, J.; & MELONI, F. Soil fauna and its potential use in the ecological restoration of dryland ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 30, n. 6, p. e13686, 2022.

NUNES, L. A. P. L.; ARAÚJO FILHO, J. A.; & MENESES, R. I. Q. Recolonização da fauna edáfica em áreas de Caatinga submetidas a queimadas. *Revista Caatinga*, v. 21, n. 3, 2008.

PAREYN, F. G. C.; PEREIRA, W. E.; SALCEDO, I. H.; RIEGELHAUPT, E. M.; GOMES, E. C.; & CRUZ FILHO, J. L. V. A influência da precipitação sobre o crescimento e os ciclos de corte da caatinga manejada-Uma primeira aproximação. **Estatística Florestal da Caatinga**, v. 2, p. 30-39, 2015.

PATUCCI, N. N., OLIVEIRA FILHO, L. C. I., DE OLIVEIRA, D., BARETTA, D., BARTZ, M. L. C., & BRESCOVIT, A. D. Inventário de fauna edáfica como instrumento na avaliação de qualidade e biodiversidade de solos urbanos: Estudo de caso do parque CienTec. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 96, p. 66-90, 2017.

PAULA, L. P. R.; NASCIMENTO, E. M. S.; DOMINGUES, P. H. A.; TEIXEIRA, D. K. M. W.; DE SOUZA, A. R.; & MARQUES, M. C. Variabilidade dos atributos físicos do solo sob diferentes uso e manejo. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 7, n. 2, p. e70829-e70829, 2024.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F. D.; OLIVEIRA, F. G. R. B. D.; PAULA, A. D.; & AMARAL, A. R. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1141-1153, 2016.

PINTO, L. A. D. S. R.; SILVA, C. F. D.; MELO, T. R. D.; ROSSET, J. S.; & PEREIRA, M. G. Stability, labile organic carbon, and glomalin of biogenic aggregates in sandy soils under management systems in the subtropical region of Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. e0220074, 2022.

SANTOS, C. C.; DE SOUZA MEDEIROS, A.; DE ARAÚJO, V. M. F.; & MAIA, S. M. F. Soil organic matter fractions under different land uses and soil classes in the Brazilian semi-arid region. **Soil Research**, v. 61, n. 8, p. 817-830, 2023.

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. & GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 41, p. 697-704, 2006.

SIQUEIRA, G. M.; SOUZA, A. D. A.; ALBUQUERQUE, P.; & GUEDES FILHO, O. Multifractal and joint multifractal analysis of soil invertebrate fauna, altitude, and organic carbon. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 248-257, 2022.

SIX, J.; CONANT, R. T.; PAUL, E. A.; & PAUSTIAN, K. Stabilization mechanisms of soil organic matter: implications for C-saturation of soils. **Plant and soil**, v. 241, n. 2, p. 155-176, 2002.

- SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba**. Paraíba: UFPB, 2006. Tese (Doutorado e Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.
- VILLELA, D. M.; NASCIMENTO, M. T.; DE ARAGAO, L. E. O.; & DA GAMA, D. M. Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 506-516, 2006.
- WU, Q. S.; CAO, M. Q.; ZOU, Y. N.; HE, X. H. Direct and indirect effects of glomalin, mycorrhizal hyphae and roots on aggregate stability in rhizosphere of trifoliolate orange. **Scientific reports**, v. 4, n. 1, p. 5823, 2014.
- XUE, H.; WANG, Q.; MAO, K.; LIU, Y.; JIANG, X.; MURRAY, P. J.; ... & LIU, W. Positive Effects of Reforestation on the Diversity and Abundance of Soil Fauna in a Landscape Degraded Red Soil Area in Subtropical China. **Forests**, v. 13, n. 10, p. 1596, 2022.
- ZHANG, L.; LIU, J.; YIN, R.; XU, Z.; YOU, C.; LI, H.; ... & TAN, B. Soil fauna accelerated litter C and N release by improving litter quality across an elevational gradient. **Ecological Processes**, v. 12, n. 1, p. 47, 2023.

CAPÍTULO 2: MACROFAUNA EDÁFICA COMO INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE EM CAATINGA SUBMETIDA A MANEJO FLORESTAL A MÉDIO PRAZO

RESUMO GERAL

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025. **Macrofauna Edáfica como indicador de sustentabilidade em Caatinga submetida a manejo florestal a médio prazo.** Orientadora: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. **Coorientadora:** Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

O objetivo deste capítulo foi analisar as alterações na composição e abundância da macrofauna do solo em médio prazo (sete e dez anos após a implementação do manejo) em áreas da Caatinga submetidas a diferentes tipos de manejo florestal, destacando o papel desses organismos como indicadores biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos sistemas manejados. O estudo foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (Bahia), em quatro tratamentos: corte raso (CR), corte seletivo por diâmetro (CSD), corte seletivo por espécie (CSE) e Caatinga não manejada (CN). Foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0–10 cm, nos anos de 2022 e 2025, para identificação e quantificação da macrofauna edáfica, com base nos grupos funcionais. A macrofauna respondeu de forma diferenciada ao médio prazo, com diminuição da densidade dos grupos após dez anos em comparação com o sétimo ano. Observou-se maior densidade de indivíduos no CSD em 2022; já, em 2025, CN e CR apresentaram maior densidade. A riqueza total permaneceu igual entre os períodos e manejos, indicando possível recuperação da macrofauna do solo. Entre os grupos funcionais, os engenheiros foram os únicos que diferenciaram entre os tratamentos no mesmo período, sendo inferiores no CSE. Os resultados indicam que o tempo é um fator determinante na recuperação da fauna do solo e que práticas de manejo favorecem a recomposição da estrutura e função da macrofauna edáfica.

Palavras-chave: corte seletivo, floresta seca, engenheiros do ecossistema, fauna do solo.

ABSTRACT

SALES, Eryca Porto de Oliveira, M.Sc., Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, agosto de 2025 **Edaphic macrofauna as an indicator of sustainability in Caatinga subject to mediocre floral management.** Adviser: Emanuela Forestieri da Gama-Rodrigues. Co-Adviser: Patrícia Anjos Bittencourt Barreto-Garcia

The objective of this chapter was to analyze changes in soil macrofauna composition and abundance over the medium term (seven and ten years after management implementation) in Caatinga areas subjected to different types of forest management, highlighting the role of these organisms as biological indicators of soil quality and the sustainability of managed systems. The study was conducted in the Contendas do Sincorá National Forest (Bahia) in four treatments: clear-cutting (CR), selective diameter cutting (CSD), selective species cutting (CSE), and unmanaged Caatinga (CN). Soil samples were collected at a depth of 0–10 cm in 2022 and 2025 to identify and quantify soil macrofauna based on functional groups. The macrofauna responded differently in the medium term, with a decrease in group density after ten years compared to the seventh year. A higher density of individuals was observed in CSD in 2022, while in 2025, CN and CR presented higher densities. Total richness remained the same across periods and management practices, indicating possible recovery of soil macrofauna. Among the functional groups, engineers were the only ones who differentiated between treatments in the same period, with lower values in the CSE. The results indicate that time is a determining factor in soil fauna recovery, and that management practices favor the restoration of soil macrofauna structure and function.

Keywords: selective logging, dry forest, ecosystem engineers, soil fauna

1. INTRODUÇÃO

Entre as florestas secas, a Caatinga é um rico bioma brasileiro, que está presente em mais de 50% da região Nordeste. Caracterizado por uma média de temperatura de 26°C, suas chuvas são concentradas em apenas três meses do ano (ALVES et al., 2009). Sua vegetação se organiza em três estratos distintos, com espécies arbóreas, arbustivo e herbáceo, sendo os dois primeiros compostos por espécies caducifólias e xerófilas, adaptadas aos longos períodos de seca (SOARES et al., 2024).

A heterogeneidade social e paisagística da Caatinga é acentuada pelo fato de quase 40% de sua população residir em zonas rurais, dependendo diretamente dos recursos florestais para atividades socioeconômicas, tanto de uso local quanto industrial (LUCENA et al., 2024). Essa dependência, somada a outros fatores, tem contribuído para um cenário alarmante, no último ano (2024), visto que a Caatinga registrou aproximadamente 174.511 hectares de floresta derrubada, tornando-se o terceiro bioma com maior área desmatada no Brasil, e apresentando um aumento superior a 100% em relação ao ano anterior (MAPBIOMAS, 2024).

Diante desse cenário, o manejo florestal sustentável surge como uma abordagem viável, permitindo a exploração dos recursos florestais com baixo impacto na vegetação, nas características do solo e no ambiente (MAGALHÃES et al., 2025). No entanto, é importante salientar que modificações, perturbações na cobertura do solo e as próprias práticas de manejo alteram a composição dos organismos do solo (GONGALSKY et al., 2016).

Nesse contexto, a macrofauna do solo, encontrada nas camadas superficiais, desempenha funções ecológicas importantes, como a ciclagem de nutrientes, fragmentação e incorporação de material orgânico no solo, e agregação de partículas, contribuindo para o aumento do teor e matéria orgânica. Por essas razões, ela desempenha importante papel como bioindicador da qualidade física e química do solo (LIMA et al., 2017; MATOS et al., 2019, GÓES et al., 2021).

Diante dessa sensibilidade, torna-se relevante investigar a resposta da macrofauna edáfica em diferentes práticas de manejo florestal da Caatinga, especialmente em avaliações temporais que permitam entender os efeitos em médio prazo. Este estudo tem como objetivo analisar as alterações na composição e

abundância da macrofauna do solo em médio prazo (sete e dez anos após a implementação do manejo) em áreas da Caatinga submetidas a diferentes tipos de manejo florestal, destacando o papel desses organismos como indicadores biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos sistemas manejados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área experimental

O presente estudo foi realizado na Floresta Nacional Contendas do Sincorá (FLONA), uma unidade de conservação (UC) com área de mais de 11 mil hectares, localizada no município de Contendas do Sincorá, no estado da Bahia, região Nordeste do Brasil (coordenadas geográficas: 13°55'42"S, 41°7'20"W). Classificada como UC de uso sustentável, segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), a FLONA destina-se a áreas protegidas com uso sustentável dos recursos naturais (DAY et al., 2012). Sua vegetação predominante é classificada como Savana Estépica arborizada (Caatinga arbórea), destacando-se entre as espécies mais representativas *Aspidosperma pyrifolium* Mart., *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B. Gillett, *Croton* sp. Arg. e *Patagonula bahiensis*.

A região tem relevo suavemente ondulado e altitude média de 350 metros. O clima é semiárido quente (BSwh), segundo Köppen, com precipitação média anual de 750mm, com chuvas escassas e concentradas entre os meses de novembro e janeiro. A temperatura média anual é de 23 °C, com umidade relativa variando entre 60% e 80% (LIMA & LIMA, 1999). O solo da área de estudo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA SOLOS, 2018).

2.2 Arranjo experimental

Esta pesquisa integra um projeto de pesquisa que avalia como os atributos do solo respondem a práticas de manejo florestal da Caatinga e busca compreender as respostas da macrofauna em médio prazo, sete e dez anos após a realização do manejo. A área experimental é composta por quatro tratamentos, definidos por três práticas de manejo florestal e uma condição de Caatinga não manejada: (1) corte raso (CR) - remoção total de arbustos e árvores, independentemente do diâmetro ou espécie, resultando em uma redução de 100% da área basal; (2) corte seletivo por diâmetro (CSD) - remoção dos indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) maior

ou igual a 5 cm, com uma redução aproximada de 60% da área basal; (3) corte seletivo por espécie (CSE) – remoção apenas dos indivíduos das espécies *Commiphora leptophloeos*, *Pseudobombax simplicifolium* e *Jatropha molissima*, com uma redução estimada de 15% da área basal; e (4) Caatinga não manejada (CN) – mantida como testemunha e referência. Os tratamentos foram distribuídos na área experimental conforme um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, totalizando 16 parcelas. Cada parcela possuía 20 × 20 m (400 m²), sendo separadas por uma distância de aproximadamente um metro entre si. A escolha do tamanho da parcela foi baseada no protocolo da Rede de Manejo Florestal do Bioma Caatinga (RMFC, 2005), que estabelece critérios para experimentos no bioma.

O manejo florestal foi realizado em maio de 2015 por meio de corte semimecanizado, com o uso de motosserra, seguido da retirada manual de todo o material lenhoso de interesse comercial, mantendo-se no local os resíduos da colheita, como galhos finos, folhas e cascas. Antes da intervenção, a vegetação da área experimental apresentava um estágio avançado de regeneração natural, resultado de mais de duas décadas sem qualquer tipo de exploração (MMA, 2006). A implantação do experimento na FLONA foi conduzida em conformidade com as diretrizes do Plano de Manejo da UC (MMA, 2006), o qual contempla ações voltadas à pesquisa e ao manejo florestal.

2.3 Densidade do solo

As amostras de solo foram coletadas para densidade em março de 2025, aproximadamente dez anos após a realização do manejo florestal. Em cada parcela experimental foram coletadas amostras indeformadas com uso de anel volumétrico (104,1 cm³) para determinação da densidade do solo, conforme Teixeira et al. (2017).

2.4 Serapilheira

A coleta da serapilheira foi realizada no mês de março de 2025, com auxílio de um gabarito 25 x 25 cm, lançado duas vezes em cada parcela de forma aleatória. Em seguida, o material foi separado em três frações: galhos e cascas, folhas e outros (todo material particulado). Posteriormente, o material foi transferido para sacos de

papel kraft. levados à estufa de circulação forçada de ar (a 65°C, por 48h) e pesados em balança de precisão 0,01g.

2.5 Coleta de macrofauna edáfica

A comunidade da macrofauna do solo foi amostrada utilizando-se o método recomendado pelo *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF) (ANDERSON; INGRAM 1993) com adaptação da profundidade de coleta. Em ambos os períodos de coleta (março e julho de 2022 e 2025), o solo de cada monólito foi disposto em bandejas de fundo branco, destorroado manualmente, e os organismos visíveis a olho nu foram coletados com o auxílio de uma pinça. Após a triagem, os indivíduos foram acondicionados em frascos plásticos contendo solução de álcool a 70%. A contagem e a identificação taxonômica dos organismos em nível de grandes grupos taxonômicos (classe, subclasse e ordem) foram realizadas com auxílio de lupa, conforme critérios de Ruggiero et al. (2015). Os táxons identificados foram posteriormente agrupados em categorias funcionais, de acordo com seu papel ecológico no solo: predadores, decompositores, herbívoros, engenheiros do ecossistema e outros (BECK, 2000). Com base nesses dados, foram calculados a densidade relativa (%), a riqueza (número de grupos identificados) e os índices de diversidade de Shannon (H') e de equitabilidade de Pielou (J). Todos os resultados apresentados neste trabalho correspondem à média dos dados obtidos nos dois períodos de cada ano coletado.

Tabela 1: Classificação da macrofauna em grupos funcionais.

Decompositores	Herbívoros	Predadores	Engenheiros de ecossistema	Outros
Coleoptera imaturo	Entomobryomorpha	Aranae	Hymenoptera (Formiga)	Blattodea
Diplopoda	Hemiptera	Chilopoda		Coleoptera
Isopoda	Lepdoptera	Pseudoscorpionida	Isoptera	Diptera
	Orthoptera	Tricoptera	Oligichaeta	Gastropoda
				Hymenoptera
				Thysanura
				Zygentoma

2.6 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados quanto à homogeneidade das variâncias dos erros (teste de Bartlett) e normalidade (teste de Lilliefors). Depois de constatar

dados paramétricos, os dados densidade do solo e serapilheira foram submetidos à análise de variância (ANOVA), segundo um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Quando o teste F foi significativo ($\alpha = 0,05$), foram realizadas comparações múltiplas das médias pelo teste de Fisher (LSD – *Least Significant Difference*) a 5% de significância.

No caso da macrofauna, foi utilizado o modelo linear generalizado misto (LGM), em que os tratamentos foram tratados como fatores fixos, enquanto as parcelas foram tratadas como fatores aleatórios para levar em conta o efeito de amostragem. Foi utilizada a distribuição de Poisson, tendo em vista que os parâmetros são valores inteiros não negativos, e a comparação das médias feita por intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Adicionalmente, o conjunto de variáveis foi submetido à análise de componentes principais (ACP), que é uma análise multivariada que avalia o conjunto de dados e a correlação entre as variáveis. As variáveis consideradas nessa análise foram: densidade do solo, serapilheira, grupos funcionais (engenheiros, decompositores, herbívoros, predadores e outros) de 2022 e 2025.

As análises foram realizadas empregando-se o programa Statistica® V.10.0 (Statsoft,1974-2009). Para elaboração dos gráficos, foi utilizado o *software* Sigmaplot®V.12.0 (Systat,2010).

3. RESULTADOS

3.1 Macrofauna edáfica

A interação entre as práticas de manejo e o período da coleta para os grupos funcionais não foi significativa, assim como os grupos funcionais em relação ao período, apenas houve significância na prática de manejo e no grupo funcional engenheiros (Tabela 1).

Tabela 1- Quadro de análise de variância das práticas de manejo e período de coleta dos grupos funcionais em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN).

Tratamento	GL	Predador	Decompositor	Herbívoro	Engenheiro	Outros
Prática de manejo	3	0,810	0,889	0,773	0,001	0,858
Período	1	0,781	0,926	0,571	0,915	0,486
PM*P	3	0,857	0,365	0,953	0,165	0,508
Erro	25					
Total	32					

Valores em negrito indicam que o valor de “p” foi significativo, havendo diferença na fonte de variação estudada

Considerando os tratamentos estudados, foram encontrados 1.045 indivíduos, em 2022; e 753 indivíduos, em 2025, distribuídos nos cinco grupos funcionais. No ano de 2022, o CSD (328) apresentou a maior média total de indivíduos por m² em comparação com os demais manejos, sendo seguida pelo CN (280) e CR (268), que não se diferenciaram, e ambos foram superiores ao CSE (176). Em 2025, observou-se uma maior média total nos CN (229) e CR (245), que apresentaram os maiores valores, seguidos pelo CSD (156) e, por último, pelo CSE (113). Na comparação entre os dois períodos de coleta dentro de cada manejo e da Caatinga não manejada, verificou-se a diminuição significativa no total de indivíduos em todos os sistemas no decorrer dos anos, com exceção do CR, que manteve valores semelhantes entre os anos avaliados. A riqueza encontrada tanto entre os manejos e a Caatinga não manejada em cada período, quanto entre os dois períodos, não mostrou diferença (Tabela 2).

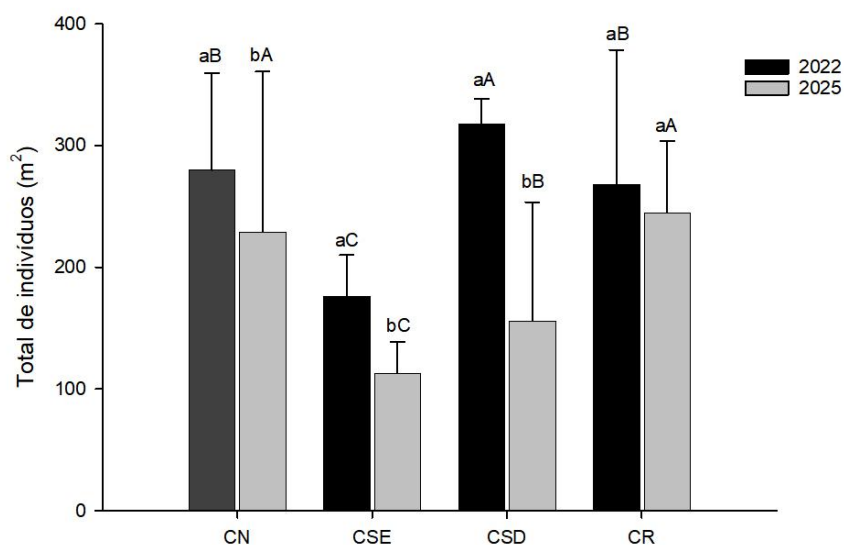


Figura 3 - Total de indivíduos da macrofauna edáfica do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, que comparam os tratamentos, não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de significância. Letras minúsculas comparam dentro dos mesmos sistemas, e letras maiúsculas comparam entre os períodos.

Tabela 2 - Índices da fauna do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN).

Sistema	Período	Riqueza	H'	J
CN	2022	4,5aA	1,6881	0,7270
	2025	4,3aA	1,2739	0,5486
CSE	2022	4,5aA	2,0993	0,9041
	2025	4,8aA	1,9337	0,8328
CSD	2022	4,8aA	1,9016	0,8190
	2025	5,0aA	1,4677	0,6321
CR	2022	4,8aA	1,5221	0,6555
	2025	4,8aA	1,3615	0,5864

Em que: H' - Índice de diversidade de Shannon Wiener; J - Índice de Equabilidade de Pielou. Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre intervalo de confiança a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam entre os sistemas, e letras maiúsculas comparam entre os períodos.

Os períodos após as práticas de manejo não influenciaram na quantidade de engenheiros no solo quando comparados entre os períodos (Figura 4). Por sua vez, comparado dentro de cada período, em 2022, apenas o CSE não apresentou valores próximos à Caatinga não manejada. Em 2025, o comportamento do CR e do CSD foi semelhante a 2022, no entanto o CSE se aproximou do CSD.

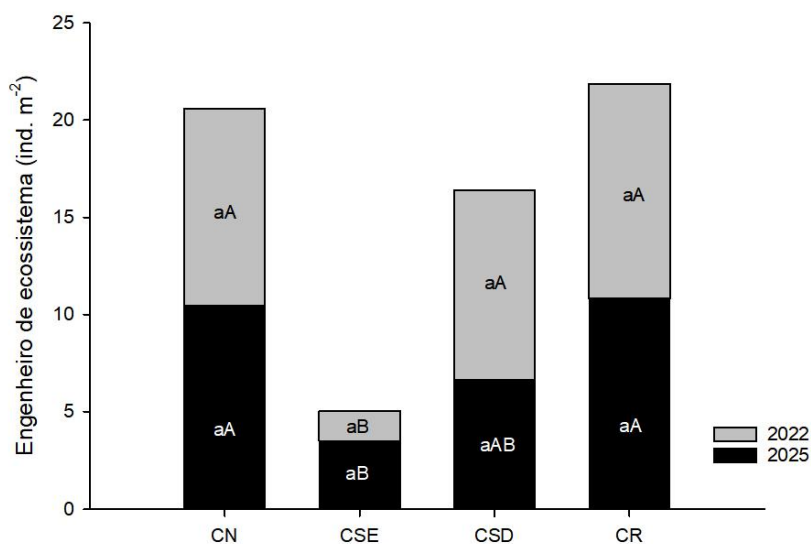


Figura 4- Número de indivíduos do grupo funcional engenheiros de ecossistema por metro quadrado do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo intervalo de confiança a 5% de probabilidade. Letras minúsculas comparam dentro dos mesmos manejos, e letras maiúsculas comparam dentro do mesmo período.

3.2 Densidade do solo

A densidade do solo não variou entre os manejos e a Caatinga não manejada no período avaliado.

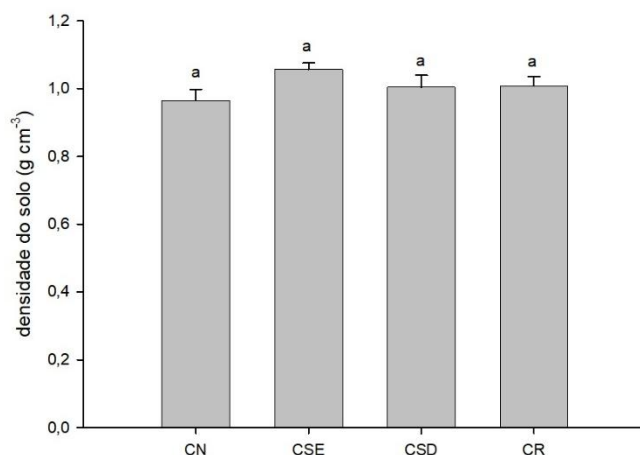


Figura 1- Densidade do solo em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo Teste Fisher a 5% de probabilidade.

3.3 Serapilheira

De modo geral, não foi observada a diferença entre os manejos e a Caatinga não manejada quanto à quantidade de folhas, por sua vez, observou-se maior quantidade de galhos no CR quando comparado ao CN e CSE, já o CSD não se diferenciou de nenhum dos manejos e da Caatinga não manejada. Os galhos ocuparam maior proporção da serapilheira, sendo responsáveis por cerca de 83% no CR e CSD; 77,8%, no CN; e 60,3%, no CSE. Além disso, o acúmulo dos demais componentes da serapilheira, agrupados como “outros”, foi significativamente maior apenas no CSE quando comparado aos demais. No entanto, a serapilheira foi encontrada em maior quantidade no CR, sendo seguida pelo CSD, que não se diferenciou do CR e do CSE. Este, por sua vez, foi semelhante também ao CN, que apresentou menor quantidade de serapilheira no período de 2025.

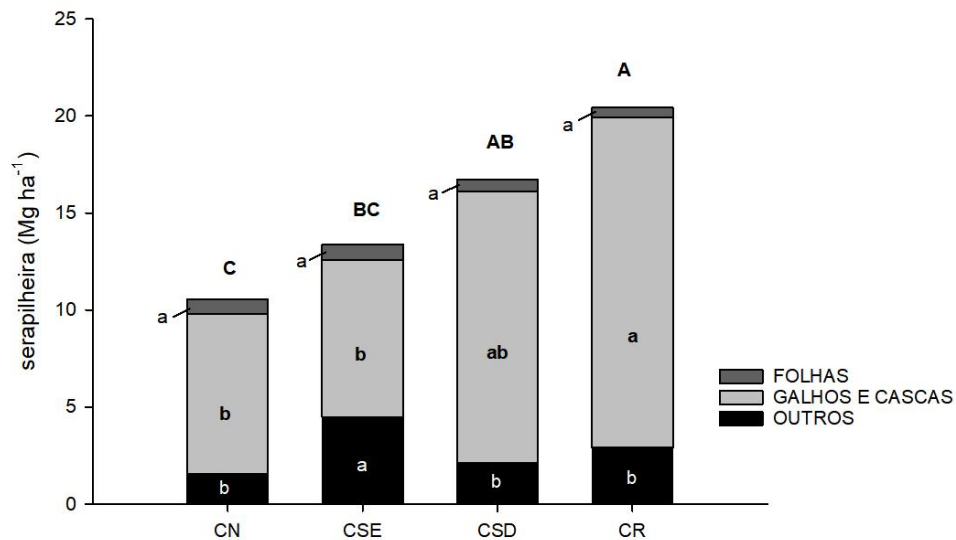


Figura 2- Serapilheira em Caatinga submetida a três práticas de manejo florestal (CSE - corte seletivo por espécie; CSD - corte seletivo por diâmetro; CR - corte raso) e em Caatinga não manejada (CN). Médias seguidas pelas mesmas letras, não diferem entre si pelo Teste Fisher a 5% de probabilidade.

3. 4 Avaliação de Componentes Principais

A análise conjunta dos atributos do solo por meio da análise de componentes principais (ACP) explicou 83,9% da variação observada entre os tratamentos estudados, distribuída em dois fatores (Figura 5). O primeiro componente (CP1) foi responsável por 54,6% da dissimilaridade entre os tratamentos, apresentando associação com a maioria das variáveis analisadas, entre elas: predador, decompositor e “outros” no período de 2022, predador, herbívoro, engenheiro, “outros” e abundância total no período de 2025.

O segundo componente (CP2) explicou 29,3% e teve como variáveis responsáveis os engenheiros, abundância total e riqueza média de 2022 e decompositores de 2025.

A dispersão gráfica da ACP evidenciou duas dimensões e sugeriu uma clara dissimilaridade entre os tratamentos. CSE ficou mais afastado dos demais manejos e da CN, bem como o CSD. O CR posicionou-se no quadrante superior direito do

gráfico, enquanto o CN localizou-se no quadrante inferior, apresentando proximidade entre si, ambos próximos do CP1.

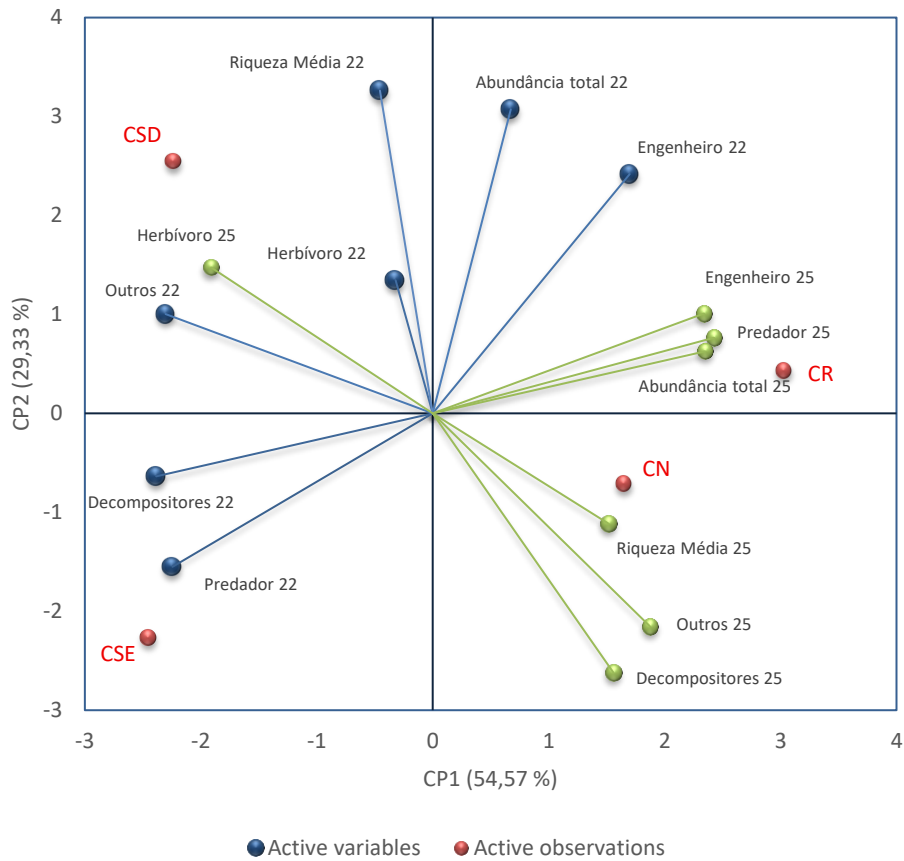


Figura 5- Diagrama de ordenação produzido pela análise de componentes principais de atributos do solo em Caatinga não manejada (CN) e Caatinga submetida a diferentes práticas de manejo florestal: Corte seletivo por espécie (CSE); Corte seletivo por diâmetro (CSD).

4. DISCUSSÃO

4.1 Macrofauna edáfica

Todos os sistemas, exceto o CR, apresentaram redução significativa na densidade total de indivíduos de 2022 para 2025. Isso pode estar associado à reorganização da comunidade da macrofauna após os anos iniciais em resposta ao manejo. Um padrão comum é que, logo no início do manejo, a densidade de indivíduos tende a ser maior, sendo seguida por uma estabilidade apresentando menor densidade, porém maior funcionalidade (BONINI et al., 2023). Em seu estudo na Amazonia, Castro et al. (2025) observaram que, com o tempo, o manejo mais intensivo apresentava recuperação parcial, mantendo densidades semelhante ao longo do tempo, refletindo boa resiliência funcional.

No primeiro período (2022), o CSD apresentou o maior total de indivíduos da macrofauna edáfica. Segundo Souza et al. (2024), o manejo, quando realizado de forma adequada, pode causar menores danos ao ambiente, mesmo sendo um manejo mais intensivo que o CSE. Em contrapartida, as menores médias encontradas no CSE podem indicar que houve a remoção de espécies importantes que influenciam diretamente na qualidade da serapilheira e, conseqüentemente, na densidade da macrofauna (GONGALSKY et al., 2021; MORALES-MÁRQUEZ et al., 2022).

Já no segundo período (2025), o CR e o CN apresentaram as maiores médias, demonstrando recuperação do CR após dez anos do manejo. O maior valor de média no CN é esperado, justamente por ter se mantido sem ação antrópica ao longo do tempo, enquanto os resultados do CR podem ser explicados pela presença de espécies oportunistas no primeiro momento (cupins e formigas), que rapidamente se instalam em ambientes com aporte elevado de resíduos vegetais, como galhos e troncos remanescentes do corte (LAGENDIJK et al., 2022; PARKHURST et al., 2022).

Em relação aos grupos funcionais, os engenheiros, que incluem principalmente minhocas e cupins, foi o único grupo que apresentou diferença entre os períodos, isso pode ser justificado pela sensibilidade às alterações físicas no solo, como a compactação ou mudanças na disponibilidade de matéria orgânica (LAGENDIJK et al., 2022, CASTRO et al., 2025).

Sendo os engenheiros encontrados em menor quantidade no CSE, tanto em 2022 quanto em 2025. Essa menor quantidade pode estar associada a menor quantidade de serapilheira encontrada neste manejo, diminuindo, assim, a disponibilidade de alimento. Dessa forma, a aproximação deste grupo no CR em relação ao CN em 2025 pode estar ligada à baixa resistência e à ativação de mecanismos que promovem a restauração da macrofauna (COYLE et al., 2017). Ademais, mesmo o corte seletivo pode levar a alterações na macrofauna do solo, tendo em vista que há mudanças na abundância e riqueza de alguns grupos como encontrados no trabalho de Kudrin et al. (2023).

4.2 Densidade do solo

A ausência de diferenças significativas na densidade do solo entre os sistemas de manejo florestal e a Caatinga não manejada sugere que, após dez anos da implementação dos manejos, os impactos sobre esse atributo físico foram minimizados ou reequilibrados. Esse resultado pode estar associado à capacidade de recuperação estrutural do solo em ecossistemas semiáridos, especialmente quando práticas de manejo com menor intensidade de distúrbio são adotadas (SILVA et al., 2011).

Ademais, a densidade do solo está fortemente relacionada à compactação e à porosidade, influenciando diretamente na aeração, na retenção de água e no desenvolvimento radicular (REICHERT et al., 2007). Assim, valores semelhantes entre os tratamentos indicam manutenção da funcionalidade física do solo, o que pode ser resultado da presença contínua de cobertura vegetal e da atividade da macrofauna, fatores que favorecem a bioturbação e a formação de poros (RICARDO et al., 2022). Estudos recentes, como o de Hellmeister (2020), mostram que, em sistemas manejados sustentavelmente, a densidade tende a se estabilizar ao longo do tempo, aproximando-se de áreas não manejadas, corroborando os valores encontrados neste trabalho.

4.3 Serapilheira

A predominância de galhos na composição da serapilheira nos diferentes manejos indica um padrão distinto do encontrado por Lopes et al. (2009), em que as folhas tiveram maior proporção. Levando em conta o mês das coletas, assim como Souto (2006), Lopes et al. (2009) realizaram coletas em julho, em que as folhas foram predominantes, visto que é neste período que as plantas perdem suas folhas por causa do déficit hídrico, com a finalidade de reduzir a transpiração. Por sua vez, quando as coletas foram feitas em março, encontrou-se maior proporção de galhos, o que corrobora os dados encontrados neste trabalho (SOUTO, 2006).

Em contrapartida, a ausência de diferenças na proporção de folhas entre os manejos e a Caatinga não manejada pode indicar uma rápida decomposição desses resíduos, devido às características climáticas da Caatinga (AQUINO et al., 2017). Todavia, a maior quantidade de serapilheira encontrada no CR, quando comparada com os demais manejos e com a Caatinga não manejada, pode estar relacionada à exposição solar e alterações no microclima. Esses fatores podem propiciar a deposição de folhas, frutos, galhos e demais materiais provenientes da mortalidade de plantas (SCHILLING et al., 2016; SOUZA et al., 2019).

4.4 Avaliação de componentes principais

Análise de componentes principais (ACP) explicou 83,9% da variação observada entre os tratamentos estudados, distribuída em dois fatores (Figura 5). O CP1 por ter influenciado na maioria das variáveis, indica sua representatividade na atividade biológica do solo, influenciando tanto na qualidade da macrofauna quanto no grau de alteração dos sistemas (KITAMURA et al., 2020, BATISTA et al., 2023).

O CP2 explicou 29,3% da variação entre os tratamentos, estando, portanto, relacionado à estruturação do solo, visto que engenheiros do solo e decompositores foram influenciados por esse fator, representando então a contribuição no funcionamento do solo e em sua estruturação (TAURO et al., 2021).

O distanciamento do CSE e a relação os fatores da ACP indicam que a remoção de espécies presentes nesta área pode afetar menos os componentes biológicos e físicos do solo. Já a proximidade entre CN e CR sugere similaridade entre seus

atributos, possivelmente sendo o CR influenciado pela regeneração por meio da sucessão ecológica, que permite que áreas perturbadas possam, com o tempo, aproximar-se do estado inicial (BATISTA, et al., 2023).

5. CONCLUSÕES

O período de manejo após dez anos, influenciou negativamente a densidade da macrofauna, que foi maior após sete anos da implementação do manejo em todas as práticas. Entre os grupos funcionais, apenas os engenheiros de ecossistema apresentaram diferença entre as práticas e a Caatinga não manejada (CN) no mesmo período, sendo o corte seletivo por espécie em ambos os casos o que mais se afastou da CN, apesar disso, entre os dois períodos, o comportamento deste grupo funcional foi semelhante.

A densidade do solo não sofreu influência das práticas de manejos após o período de dez anos.

A serapilheira por sua vez apresentou menor ocorrência na CN, e apenas o corte seletivo por espécie (CSE) se aproximou dela, os demais foram superiores, com destaque para o corte raso (CR) e corte seletivo por diâmetro (CSD), apesar disso, a fração “galhos e cascas” obteve destaque em todas das práticas, diferenciando-se apenas no CR em comparação com o CN.

6. REFERÊNCIAS

- AQUINO, D. D. N., ANDRADE, E. M. D., PALÁCIO, H. A. D. Q., & PEREIRA, L. R. Nutrient cycling and CO₂ emissions in areas of preserved and thinned caatinga. **Revista Árvore**, v. 41, n. 3, p. e410308, 2017.
- BATISTA, I., MACHADO, D. L., CORREIA, M. E. F., SPINELLI, M. H. M., & CORÁ, J. E. Soil macrofauna correlations with soil chemical and physical properties and crop sequences under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 47, p. e0230006, 2023.
- BONINI, C. D. S. B., MACIEL, T. M. D. S., MOREIRA, B. R. D. A., CHITERO, J. G. M., HENRIQUE, R. L. P., & ALVES, M. C. Long-Term integrated systems of green manure and pasture significantly recover the macrofauna of degraded soil in the brazilian savannah. **Soil Systems**, v. 7, n. 2, p. 56, 2023.
- CASTRO, D., PEÑA-VENEGAS, C. P., RODRÍGUEZ-LEÓN, C. H., DURAN-BAUTISTA, E. H., & STERLING, A. Soil macroarthropod communities of Amazon degraded pastures restore differently during their natural regrowth. **Nature Conservation**, v. 58, p. 195-225, 2025.
- COYLE, D. R., NAGENDRA, U. J., TAYLOR, M. K., CAMPBELL, J. H., CUNARD, C. E., JOSLIN, A. H., ... & CALLAHAM JR, M. A. Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 110, p. 116-133, 2017.
- GÓES, Q. R. D., FREITAS, L. D. R., LORENTZ, L. H., VIEIRA, F. C. B., & WEBER, M. A. Análise da fauna edáfica em diferentes usos do solo no Bioma Pampa. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 123-144, 2021.
- GONGALSKY, K. B., ZAITSEV, A. S., KOROBUSHKIN, D. I., SAIFUTDINOV, R. A., BUTENKO, K. O., DE VRIES, F. T., ... & BARDGETT, R. D. Forest fire induces short-term shifts in soil food webs with consequences for carbon cycling. **Ecology Letters**, v. 24, n. 3, p. 438-450, 2021.
- HELLMEISTER, G. **Retenção da água em Latossolo cultivado sob plantio direto por longo período**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KITAMURA, A. E., TAVARES, R. L. M., ALVES, M. C., SOUZA, Z. M. D., & SIQUEIRA, D. S. Soil macrofauna as bioindicator of the recovery of degraded Cerrado soil. **Ciência Rural**, v. 50, n. 8, p. e20190606, 2020.

KUDRIN, A., PERMINOVA, E., TASKAEVA, A., DITTS, A., & KONAKOVA, T. A meta-analysis of the effects of harvesting on the abundance and richness of soil fauna in boreal and temperate forests. **Forests**, v. 14, n. 5, p. 923, 2023.

LAGENDIJK, D. D. G., CUEVA-ARIAS, D., VAN OOSTEN, A. R., & BERG, M. P. Impact of three co-occurring physical ecosystem engineers on soil Collembola communities. **Oecologia**, v. 198, n. 4, p. 1085-1096, 2022.

LIMA, K. D. R. D., CAMARA, R., CHAER, G. M., PEREIRA, M. G., & RESENDE, A. S. D Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the Caatinga biome. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 401-411, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n215rc>.

LOPES, J. F. B., DE ANDRADE, E. M., DE OLIVEIRA LOBATO, F. A., DE QUEIROZ PALÁCIO, H. A., & ARRAES, F. D. D. Deposição e decomposição de serapilheira em área da Caatinga. **Revista Agro Ambiente On-line**, v. 3, n. 2, p. 72-79, 2009.

LUCENA, M. S. D., ZAKIA, M. J. B., & GUERIN, N. Discursos sobre o manejo florestal sustentável no Domínio da Caatinga. **Ambiente & Sociedade**, v. 26, p. e0042, 2024.

MAGALHÃES, B. R. R., & FURTADO, R. G. Manejo florestal sustentável na Amazônia: uma revisão na literatura. **Revistaft**, 2025.

MATOS, P. S., BARRETO-GARCIA, P. A. B., & SCORIZA, R. N. Effect of different forest management practices on the soil macrofauna in the arboreal Caatinga. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 3, p. 741-750, 2019. <https://doi.org/10.1590/1983-21252019v32n318rc>.

MORALES-MÁRQUEZ, J., & MELONI, F. FERNANDO. Soil fauna and its potential use in the ecological restoration of dryland ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 30, n. 6, p. e13686, 2022.

NUNES, L. A. P. L., SILVA, D. I. B. D., ARAÚJO, A. S. F. D., LEITE, L. F. C., & CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 30-37, 2012.

PARKHURST, T., PROBER, S. M., HOBBS, R. J., & STANDISH, R. J. (2022). Global meta-analysis reveals incomplete recovery of soil conditions and invertebrate

assemblages after ecological restoration in agricultural landscapes. **Journal of Applied Ecology**, v. 59, n. 2, p. 358-372, 2022.

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

RICARDO, C., DA COSTA, G., ANTONIO, C., DA COSTA, G., MAYARA, M., VANESSA, M., ... & DE LIMA, A. Bioindicators of Behavior and Regeneration of a Caatinga Area in the Brazilian Semi-Arid-A Review. **Journal of Forests**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2022.

SCHILLING, E. M., WARING, B. G., SCHILLING, J. S., & POWERS, J. S. Forest composition modifies litter dynamics and decomposition in regenerating tropical dry forest. **Oecologia**, v. 182, n. 1, p. 287-297, 2016.

SILVA, G. L., LIMA, H. V., CAMPANHA, M. M., GILKES, R. J., & OLIVEIRA, T. S. (2011). Soil physical quality of Luvisols under agroforestry, natural vegetation and conventional crop management systems in the Brazilian semi-arid region. **Geoderma**, v. 167, p. 61-70, 2011.

SOARES, J. P. G., DE SOUZA VEIGA, L., DA SILVA ASSIS, L. C., MACIEL, L. P. A. A., & DO VALE MACIEL, M. Disponibilidade de Biomassa e Caracterização da Caatinga sob Manejo Agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 2, 2024.

SOUTO, P. C. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba**. Paraíba: UFPB, 2006. Tese (Doutorado e Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

SOUZA, S. R., VELOSO, M. D., ESPÍRITO-SANTO, M. M., SILVA, J. O., SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A., SOUZA E BRITO, B. G., & FERNANDES, G. W. Litterfall dynamics along a successional gradient in a Brazilian tropical dry forest. **Forest Ecosystems**, v. 6, n. 1, p. 35, 2019.

TAURO, T. P., MTAMBANENGWE, F., MPEPEREKI, S., & MAPFUMO, P. Soil macrofauna response to integrated soil fertility management under maize monocropping in Zimbabwe. **Heliyon**, v. 7, n. 12, 2021.

3. CONCLUSÕES GERAIS

Os galhos foram a fração de maior presença na serapilheira em ambos os períodos avaliados.

O manejo de CSE influenciou de forma negativa o grupo funcional engenheiros do ecossistema nos dois períodos.

O CN e o CR apresentaram maior proximidade em relação aos grupos funcionais após sete anos dos manejos.

Dessa forma, o período em médio prazo favorece a recuperação da qualidade do solo, visto que foi possível observar a proximidade da média de diversos indicadores de qualidade no corte raso (CR) se aproximando à Caatinga não manejada (CN) após sete e dez anos.

4. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, SEVERINO G.; BANDEIRA, GEORGE RICARDO L. Effect of thinning and slashing on forage phytomass from a caatinga of Petrolina, Pernambuco, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 885-885, 1995.
- ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. D. L.; DE CASTRO, C. C.; & ALVES, R. R. N. People and natural resources in the Caatinga. In: **Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America**. Cham: Springer International Publishing. p. 303-333. 2017.
- ALTHOFF, T.D.; MENEZES, R.S.C.; PINTO, A.S.; PAREYN, F.G.C.; CARVALHO, A.L.; MARTINS, J.C.R.; CARVALHO, E.X.; SILVA, A.S.A.; DUTRA, E.D.; SAMPAIO, E.V.S.B. Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest before and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. V. 254, p.26–34, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.016>.
- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. Degradação da Caatinga: Uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v.22, n.3. p. 126-135, 2009. ISSN 0100-316X
- BARETTA, D.; SANTOS, J. C. P.; SEGAT, J. C. GEREMIA, E. V.; OLIVEIRA FILHO, L. D.; & ALVES, M. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, 8, 119-70, 2011.
- BARRETO-GARCIA, P. A. B.; BATISTA, S. G. M.; DA GAMA-RODRIGUES, E. F.; DE 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**, 481, 2021. 118790.
- BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Revista Scielo Brasil**, v 27, n 1, 2017.
- CARTER, M.R. Organic matter and sustainability. In: REES, B.C.; BALL, B.C.; CAMPBELL, C.D. & WATSON, C.A. Sustainable management of soil organic. Wallingford, **CAB International**. p.9-22, 2021.
- CARVALHO, F.F. **Organismos do solo e decomposição da serapilheira como indicadores de sustentabilidade em floresta de caatinga manejada**. Vitória da Conquista: UESB, 2018. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

- CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 29, p. 777-788, 2005.
- CUNHA, J. T.; SANTOS, G. A.; TRIVELIN, P. C. O.; & ROSCOE, R. (2005). Mineralização do nitrogênio de diferentes fontes orgânicas em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p.79-85, 2005.
- DERENGOSKI, J. A.; DUARTE, E.; FRANCO, R.; POTRICH, M.; & BECHARA, F. C. Macrofauna epiedáfica em áreas submetidas a tecnologias de restauração florestal no sul do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 32(3), p.1394-141, 2022.
- DICK, W. A.; CHENG, L.; WANG, P.; & KESSEL, C. V. Soil acid and alkaline phosphatase activity as pH adjustment indicators. **Soil Biology and Biochemistry**, v.41, p.2389-2397, 2009.
- DORAN, J. W.; & PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. **Defining soil quality for a sustainable environment**, v.35, p.1-21, 1994.
- DORAN, John W.; ZEISS, Michael R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied soil ecology**, v. 15, n. 1, p. 3-11, 2000.
- FRANCA-ROCHA, W.; SILVA, A. D. B.; NOLASCO, M. C.; LOBÃO, J.; BRITTO, D.; CHAVES, J. M.; & ROCHA, C. D. Levantamento da cobertura vegetal e do uso do solo do Bioma Caatinga. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. **INPE, Florianópolis, SC, Brazil**, 2629-2636, 2007.
- GONÇALVES, P. H. S.; DA CUNHA MELO, C. V. S.; DE ASSIS ANDRADE, C.; DE OLIVEIRA, D. V. B.; DE MOURA BRITO JUNIOR, V.; RITO, K. F.; ... & ALBUQUERQUE, U. P. Livelihood strategies and use of forest resources in a protected area in the Brazilian semiarid. **Environment, Development and Sustainability**. V.24, p.2941–2961, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01529-3>.
- JIMÉNEZ, J. J.; MORENO, A. G.; DECAËNS, T.; LAVELLE, P.; FISHER, M. J.; & THOMAS, R. J. Earthworm communities in native savannas and man-made pastures of the Eastern Plains of Colombia. **Biology and Fertility of soils**, v.28, p.101-110, 1998.
- KIBBLEWHITE, M. G.; RITZ, K; SWIFT, M. J. Soil health in agricultural systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, Series B, v. 363, p. 685-701, 2008.

KIILL, L. H. P.; DRUMOND, M. A.; LIMA, P. C. F.; de ALBUQUERQUE, S. G.; de OLIVEIRA, V. R.; de Albuquerque, S. G.; & de Oliveira, V. R. Preservação e uso da caatinga. 2007.

LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., ROGER, P., INESON, P. O. W. H., ... & DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. 1997.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; ... & ROSSI, J. P. Soil invertebrates and ecosystem services. *European journal of soil biology*, v.42, p.S3-S15, 2006.

LIMA, R. D.; FERNANDES, M. F.; DE VASCONCELOS, M. F.; CARDOSO, D.; & DE QUEIROZ, L. P. Disparate biomes within the Caatinga region are not part of the same evolutionary community: A reply to Araujo et al. (2022). *Journal of Arid Environments*. v.209, p.104901, 2023.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104901>

LIMA-NASCIMENTO, A. M.; DA SILVA, J. S. B.; CASAS, A.; DE LUCENA, C. M.; & DE LUCENA, R. F. P. Traditional management of Cactaceae: *Cereus jamacaru* DC as the native cactus most managed by rural communities in areas of Caatinga in Brazil. *Ethnobotany Research and Applications*, v.21, p.1-12, 2021.

LUNA, E.M.; LOPES, H.T.O.; RODRIGUES, F.A.A.; COUTINHO, H.D.M.; OLIVEIRA, L.C.C. Antioxidant potential of the Caatinga flora. *Elsevier*, v. 2, n. 2, p.100240, 2022.

MATOS, P. S.; BARRETO-GARCIA, P. A. B.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; DE PAULA, A.; & DE OLIVEIRA, A. M. Short-term effects of forest management on litter decomposition in Caatinga dry forest. *Energy, Ecology and Environment*, p.1-12, 2021.

MENDES-SILVA, T. D. C. D.; VIDAL, E. E.; DE SOUZA, R. D. F. R.; DA CUNHA SCHMIDT, K.; MENDES, P. V. D.; DA SILVA ANDRADE, R. F.; ... & DA SILVA, M. V. Production of carotenoid sarcinaxanthin by *Kocuria palustris* isolated from Northeastern Brazil Caatinga soil and their antioxidant and photoprotective activities. *Electronic Journal of Biotechnology*, v.53, p.44-53, 2021.

MEUNIER J.; MARIA I.; FERREIRA C.; LUIZ R, SILVA JAA DA. O licenciamento de Planos de Manejo Florestal da Caatinga assegura sua sustentabilidade?. *Pesquisa Florestal Brasileira*. V.38, p. 1-7, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2024. Disponível em < <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade-e-ecossistemas/ecossistemas/biomas/caatinga> >. Acessado: 01 Maio 2024.

PAREYN, F. G. C. Os recursos florestais nativos e a sua gestão no Estado de Pernambuco: o papel do manejo florestal sustentável. **GARIGLIO, MA et al. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga. Brasília.** p. 99-115, 2010.

PARRON, L. M.; GARCIA, J. R.; DE OLIVEIRA, E. B.; BROWN, G. G.; & PRADO, R. B. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica. 2015

PRADO, D. As caatingas da América do Sul. In: Leal, I.R.; Tabarelli, M.; Silva, J.M.C. (Eds.), **Ecologia e Conservação Da Caatinga**. Editora Universitaria ´ da UFPE, Recife, p. 3–73, 2003.

SILVA, A. G.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; DOS SANTOS ACIOLI, N. R.; RAMOS, R. B. G. A.; ... & DE MOURA, R. G. O manejo florestal sustentável da caatinga. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v.7, n.5, 872-884, 2021.

SILVA, J.M.C.; LEAL, I.R.; TABARELLI, M. Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America. 2017 <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>.

SILVA, R. M.; DA SILVA, R. M.; DE LIMA, S. S.; DE SOUZA, J. R. M.; DE SOUZA, J. K. M.; RIBEIRO, G. T.; & CHAER, G. M. Soil macrofauna as a bioindicator of soil quality in successional agroforestry systems. **Research, Society and Development**, v.10, n.10, 2021, e580101019144-e580101019144.

SILVA, T. G. F.; DE QUEIROZ, M. G.; ZOLNIER, S.; DE SOUZA, L. S. B.; DE SOUZA, C. A. A.; DE MOURA, M. S. B.; ... & ALVES, H. K. M. N. Soil properties and microclimate of two predominant landscapes in the Brazilian semiarid region: Comparison between a seasonally dry tropical forest and a deforested area. **Soil and Tillage Research**, v.207, p.104852, 2021.

STEVENSON, F. J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. 2nd ed. New York: John Wiley, 1994.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. DE S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. 2010

TABARELLI, M.; LEAL, I. R.; SCARANO, F. R.; & SILVA, J. D. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e cultura**, v.70, n.4, p.25-29, 2018.

TROVÃO, D.M.B.M; FERNANDES, P.D; ANDRADE, L.A; NETO, J.D. Variações sazonais de aspectos fisiológicos de espécies da Caatinga. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V 11, n 3, p.307-311. 2007

VEZZANI, F.M. AND MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira Ciência do solo**. V.33, p.743-755. 2009