

AMANDA TERESA DA SILVA NOVAES

PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORES DA  
QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE AGROFLORESTA, CAATINGA E  
PASTAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Serra Talhada, PE

2023

AMANDA TERESA DA SILVA NOVAES

PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORES DA  
QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE AGROFLORESTA, CAATINGA E  
PASTAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Coorientadora: Profa. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos

Coorientador: Prof. Dr. Luiz Guilherme Medeiros Pessoa

Serra Talhada, PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

N936

Novaes, Amanda Teresa da Silva

PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORES DA QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE AGROFLORESTA, CAATINGA E PASTAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO / Amanda Teresa da Silva  
Novaes. - 2023.

64 f. : il.

Orientador: Eduardo Soares de Souza.

Coorientador: Luiz Guilherme Medeiros Pessoa.

Inclui referências e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, 2023.

1. Fauna do solo. 2. Diversidade de microfauna do solo. 3. Respiração do solo. 4. Umidade e temperatura do solo. I. Souza, Eduardo Soares de, orient. II. Pessoa, Luiz Guilherme Medeiros, coorient. III. Título

---

CDD 581.15

AMANDA TERESA DA SILVA NOVAES

PROPRIEDADES FÍSICAS E BIOLÓGICAS COMO INDICADORES DA  
QUALIDADE DO SOLO EM ÁREAS DE AGROFLORESTA, CAATINGA E  
PASTAGEM NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

APROVADO EM 27/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Eduardo Soares de Souza

Orientador

---

Dr. Denizard Oresca – UFRPE/UAST

Membro interno

---

Prof. Dr. Ana Dolores Santiago - PPGCS /UFRPE

Membro externo

Dedico esse trabalho à minha família, ao meu marido e aos meus filhos de quatro patas.  
E, principalmente, a Paçoca, que sempre estará no meu coração e nos meus atos, sempre  
o amarei independente do tempo que passe.

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por sempre ter acalmado meu coração e o iluminado nos piores momentos.

Agradeço aos meus pais, Inocência e Tereza, por sempre terem investido em meus conhecimentos e por todo apoio e amor que me foram dados. E ao meu irmão, Filipe, por todo apoio em sempre estar disponível para me levar para UAST.

Agradeço aos amigos que fiz nessa caminhada, a todos que me ajudaram e me deram suporte para seguir em frente, indo comigo para o campo e laboratório.

Agradeço ao meu marido, Marcos, por desde o primeiro dia ter me ajudado e apoiado, nos quatro meses de campo não ter me deixado sozinha em nenhum momento.

Agradeço a Romário, Thamila, Denizard, Luiz Filipe, Thaynara e Orlando, por todos os ensinamentos e palavras de incentivo, vocês são pessoas muito especiais para mim e participaram efetivamente no meu processo de aprendizagem.

Agradeço aos meus coorientadores, Carolina e Guilherme, por todo apoio e palavras de incentivo, por todos os conselhos e por terem moldado meu conhecimento. Vocês são modelos a serem seguidos tanto no profissional como no pessoal.

Agradeço ao professor Eduardo, meu orientador, por toda paciência e por conhecimento que me passou, a caminhada foi difícil, mas conseguimos chegar ao topo, e a vista daqui de cima, é sem dúvidas, muito bonita.

Agradeço a todos os professores que me ajudaram e me aconselharam, em específico aos professores Thieres e Vicente.

Agradeço ao setor de transportes, em específico ao Sr. Ildo, que sempre me levou para o campo com muita alegria e positividade.

Agradeço a todo o corpo técnico da UAST, ao pessoal da portaria do laboratório, aos técnicos do laboratório de química e as tias da limpeza, que sempre quando eu precisava me disponibilizavam café.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, e ao Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal por toda experiência que vivi e por ensinamentos que, sem dúvida, me tornaram uma profissional melhor.

## RESUMO

Na região semiárida brasileira é comum substituir a vegetação nativa de caatinga por pastagem para fins de produção agropecuária. Essa mudança, seguida de um manejo intenso e inapropriado, implica na degradação que impactam o efluxo de CO<sub>2</sub> (respiração do solo) e a fauna de microartrópodes edáficos dessas áreas. De maneira oposta, a agrofloresta pressupõe minimizar a degradação e restabelecer a qualidade dos solos. Como parte de um experimento agrupado em períodos categorizados pelo regime hídrico de Serra Talhada, município localizado no semiárido pernambucano, examinou-se os efeitos que coberturas de agrofloresta, caatinga e pastagem têm sobre a respiração e a diversidade de microartrópodes dos solos. Cada área de estudo continha 4 sítios (~1 m<sup>2</sup>) para medidas simultâneas de respiração do solo (IRGA - LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O analyser), umidade do solo, temperatura do solo e coletas de microartrópodes por meio de armadilhas de queda (*pitfall trap*). As mudanças no uso do solo provocam alterações na umidade, temperatura, carbono orgânico (CO), matéria orgânica (MOS), estoque de carbono (Est C) e nas propriedades físicas do solo. A área com caatinga apresentou maiores valores nos indicadores analisados, seguida pela área com agrofloresta. Os índices de Shannon-Wiener (H'), Simpson (D) e Equitabilidade de Pielou (J') das ordens de microartrópodes nos solos das três áreas foram analisados. Foram coletados 3750 indivíduos pertencentes a 19 ordens de microartrópodes do solo, sendo 4 ordens dominantes contra 10 não-dominantes de 943 indivíduos na agrofloresta, 4 dominantes contra 14 não-dominantes, de 1425 indivíduos capturados na caatinga, e apenas 2 ordens dominantes contra 12 não-dominantes, de 1382 indivíduos na pastagem. Formigas (Hymenoptera: Formicidae) foram predominantes na pastagem. A maior quantidade de microartrópodes da ordem Collembola foi encontrada na agrofloresta no período chuvoso (27%), na caatinga nos períodos seco (23%) e chuvoso (19%) e na pastagem no período seco (18%). A caatinga sugere maiores valores nos indicadores analisados seguida pela agrofloresta, dessa forma quantificação da respiração do solo e observação de microartrópodes no solo, podem ser usados para avaliar a taxa de degradação ou recuperação do solo.

**Palavras-chave:** fauna do solo; diversidade de microfauna do solo; respiração do solo; umidade e temperatura do solo.

## ABSTRACT

In the Brazilian semi-arid region, it is common to replace the native caatinga vegetation with pasture for agricultural production purposes. This change, followed by intense and inappropriate management, implies degradation that impacts the efflux of CO<sub>2</sub> (soil respiration) and the fauna of edaphic microarthropods in these areas. On the other hand, agroforestry presupposes minimizing degradation and restoring soil quality. As part of an experiment grouped into periods categorized by the water regime of Serra Talhada, a municipality located in the semi-arid region of Pernambuco, the effects that agroforestry, caatinga, and pasture cover have on respiration and the diversity of soil microarthropods were examined. Each study area contained four sites (~1 m<sup>2</sup>) for simultaneous measurements of soil respiration (IRGA - LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O analyzer), soil moisture, soil temperature, and collections of microarthropods through pitfall traps (pitfall trap). Changes in land use cause changes in soil moisture, temperature, organic carbon (CO), organic matter (MOS), carbon stock (Est C), and soil physical properties. The area with caatinga presented higher values in the analyzed indicators, followed by the site with agroforestry. The Shannon-Wiener (H'), Simpson (D), and Pielou Equitability (J') indices of the orders of microarthropods in the soils of the three areas were analyzed. A total of 3750 individuals belonging to 19 orders of soil microarthropods were collected, with 4 dominant orders against 10 non-dominant from 943 individuals in the agroforest, 4 dominant against 14 non-dominant from 1425 individuals captured in the caatinga, and only 2 dominant orders against 12 non-dominant, from 1382 individuals in the pasture. Ants (Hymenoptera: Formicidae) were predominant in the pasture. The highest amount of Collembola was found in the agroforestry in the rainy season (27%), in the caatinga in the dry (23%) and rainy season (19%), and in the pasture in the dry season (18%). The caatinga suggests higher values in the analyzed indicators followed by agroforestry. Thus, quantifying soil respiration and observing microarthropods in the soil can be used to assess the rate of soil degradation or recovery.

**Keywords:** soil fauna; soil microfauna diversity; soil respiration; soil moisture and temperature.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Mapa da região semiárida do Brasil, estado de Pernambuco, município de Serra Talhada e as áreas experimentais localizadas na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Agrofloresta (A), Caatinga (B) e Pastagem (C)..... 12
- Figura 2.** Área experimental Agrofloresta localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST..... 13
- Figura 3.** Área experimental Caatinga localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST..... 14
- Figura 4.** Área experimental Pastagem localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST..... 14
- Figura 5.** Configuração dos sítios experimentais (A); Representação em campo do desenho experimental (B); Analisador de gás infravermelho - LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O em campo..... 16
- Figura 6.** Analisador de gás infravermelho- LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Gas Analyzer (IRGA). Smart Chamber do IRGA que realiza o processo de medição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (A); Multiplexador, se mostrando como fonte de energia para o funcionamento da Smart Chamber (B); Sensor Stevens HydraProbes, responsável pelas medidas de temperatura e umidade (C)..... 17
- Figura 7.** Armadilha de queda do tipo “*pitfall traps*”. Armadilhas de queda do tipo “*pitfall traps*” em campo (A); Pote utilizado para armazenar os insetos em campo (B)..... 20
- Figura 8.** Processo no laboratório. Formol 37% utilizado para diluição (A); Álcool 70% usado para higienizar o ambiente para não ocorrer qualquer tipo de contaminação (B); Balão volumétrico usado para medir o volume do formol 37% (C); Proveta usada para colocar a água destilada que foi usada para dissolver o formol 37% (D); Processo de diluição realizado em laboratório com os equipamentos supracitados acima (E/F/G/H)..... 20
- Figura 9.** Distribuição dos eventos de chuva (a) e dos valores médios de umidade (b), temperatura (c) e respiração (d) do solo ao longo dos meses de experimento nas áreas de

Agrofloresta, Caatinga e Pastagem. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvosos.....	24
<b>Figura 10.</b> Variação da umidade do solo (a), temperatura (b) e respiração do solo (c) em função do regime de chuvas em áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem. As barras de erro indicam o intervalo de confiança (IC 95%) .....	26
<b>Figura 11.</b> Número total de microartrópodes coletados por data de coleta distribuído ao longo dos períodos do experimento. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvosos.....	34
<b>Figura 12.</b> Índices de diversidade. (a) Índice de Shannon ( $H'$ ), (b) Riqueza e (c) Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) em função do regime de chuvas em áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem.....	36
<b>Figura 13.</b> Distribuição dos eventos de chuva (a), número de indivíduos da ordem Collembola coletadas na Agrofloresta, Caatinga e Pastagem (b) ao longo dos meses de experimento. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvosos.....	39

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Classificação dos períodos nos quais ocorreram as medidas de respiração, umidade, temperatura e coletas de microartrópodes dos solos.....	15
<b>Tabela 2.</b> Propriedades físico-químicas do solo (Média ± Desvio Padrão) na camada de 0 a 10 cm sob diferentes usos da terra na região do semiárido Pernambucano. Os valores representam uma média dos 4 sítios para Agrofloresta, Caatinga e Pastagem.....	18
<b>Tabela 3.</b> Valores médios do carbono orgânico ( $\text{g C kg}^{-1}$ de solo) e estoques de carbono ( $\text{MG C ha}^{-1}$ ) de solos sob diferentes usos na região semiárida de Pernambuco.....	30
<b>Tabela 4.</b> Análise da diversidade microartropódes dos solos da Agrofloresta, Caatinga e Pastagem.....	32

## LISTA DE SÍMBOLOS

CO	Carbono orgânico do solo	$\text{g kg}^{-1}$
MOS	Matéria orgânica do solo	$\text{g kg}^{-1}$
Est C	Estoque de carbono do solo	$\text{Mg C ha}^{-1}$
$D_s$	Densidade do solo	$\text{g cm}^{-3}$
$D_p$	Densidade da partícula	$\text{g cm}^{-3}$
$p_i$	Proporção de espécies $i$	Constante
$H'$	Índice de Shannon-Wiener	bits/indivíduos
$b$	Base do logaritmo	Constante
$D$	Índice de Simpson	bits/indivíduos
$J'$	Índice de equabilidade de Pielou	bits/indivíduos
$\theta$	Umidade volumétrica	$\text{m}^3\text{m}^{-3}$
$T_s$	Temperatura do solo	$^{\circ}\text{C}$
$R_s$	Respiração do solo	$\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1}$

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS:</b> .....	15
<b>2.1. Geral:</b> .....	15
<b>2.2. Específicos:</b> .....	15
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
3.1. Semiárido Brasileiro .....	17
3.2. Degradação do solo.....	18
3.3. Agrofloresta.....	19
3.4. Umidade, temperatura e respiração do solo .....	20
3.5. Matéria orgânica (MOS) e carbono orgânico (CO) no solo.....	21
3.6. Fauna de microartrópodes do solo .....	22
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	24
4.1. Áreas de estudo.....	24
4.2. Procedimentos experimentais e coleta de dados.....	27
4.3. Umidade, temperatura e respiração do solo .....	28
4.4. Caracterização das propriedades físico-químicas do solo.....	29
4.5. Matéria orgânica do solo (MOS).....	30
4.6. Carbono orgânico (CO).....	31
4.7. Estoque de carbono no solo (Est C).....	31
4.8. Coleta e identificação taxonômica dos microartrópodes do solo .....	31
4.9. Análises estatísticas .....	33
4.9.1. Umidade, temperatura e respiração do solo .....	33
4.9.2. Índices de diversidade.....	33
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	35
5.1. Umidade, temperatura e respiração do solo .....	35
5.2. Carbono Orgânico (CO) e Estoque de Carbono (Est C) do Solo .....	41
5.3. Diversidade de microartrópodes do solo.....	43
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	53
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	54
<b>8. Anexo A – Lista de todas as ordens encontradas com suas especificações e número de microartrópodes</b> .....	64

## 1. INTRODUÇÃO

O Semiárido brasileiro é uma região densamente povoada e estende-se por oito Estados no Nordeste (ROSSATO et al., 2017), possuindo várias características marcantes e específicas, como solos pouco intemperizados, elevadas temperaturas, irregulares taxas pluviométricas e presença da vegetação nativa, a caatinga. Nessa região, duas atividades econômicas se destacam, a pecuária extensiva e a agricultura de subsistência, contudo, as áreas de mata nativa possuem uma baixa produtividade agropecuária, o que obriga os produtores a buscarem alternativas para a produção de forragem. Por isso é comum a substituição da mata nativa por áreas de pastagens, nas quais torna-se possível a continuidade na produção de forragens nos períodos chuvosos. Entretanto o manejo inadequado e os longos períodos de seca podem resultar em processos de degradação dessas áreas (ORESCA, 2022).

As modificações antrópicas ocasionam alterações no ciclo de carbono e nitrogênio do solo, elementos importantes para o bom funcionamento de um ecossistema (MOREIRA, 2013). A substituição da cobertura vegetal nativa, bem como o manejo incorreto do solo, age no estoque de carbono alterando a taxa de adição e de decomposição da matéria orgânica do solo (POST & KWON, 2000). Além disso, acarreta em mudanças na biomassa microbiana do solo (SILVA et al., 2010).

As agroflorestas, ou sistemas agroflorestais, destacam-se como uma alternativa de contornar os danos da ação antrópica no solo, conciliando produção com maior retenção de carbono e resiliência aos eventos de seca prolongada (ROBIGLIO & REYES, 2016). Um dos principais indicadores da qualidade do solo é a respiração, pois é influenciada diretamente pelos processos físicos, químicos e biológicos do solo. Contudo, trabalhos que estudem os impactos tanto da degradação como da recuperação sobre a qualidade do solo no Semiárido brasileiro são escassos.

A respiração do solo é o somatório das respirações autotróficas (raízes e fungos micorrízicos) e heterotróficas (dinâmica da decomposição e mineralização do C orgânico), sendo a principal rota de CO<sub>2</sub> rumo à atmosfera (DUAN et al. (2021); EBRAHIMI et al. (2019); MIETTINEN et al. (2017); MOYANO et al. (2013)). Varia espacialmente (relevo e tipo de solo), verticalmente (profundidade) e temporalmente (temperatura e a umidade do solo). É na variação temporal que se tem os principais fatores abióticos que limitam a respiração do solo (SMITH et al., 2003). Além desses fatores abióticos, a atividade fotossintética, a fenologia da

planta e o suprimento de substrato também influenciam na respiração do solo (DAVIDSON et al., 2006).

Outro indicativo da qualidade do solo é a fauna de microartrópodes (SEASTEDT & CROSSLEY JUNIOR, 1984), que funciona como bioindicador, por serem sensíveis a quaisquer mudanças que ocorrem no ambiente ou solo. Dentre as ordens que são consideradas bioindicadores da qualidade do solo, a ordem Collembola se destaca pelo grande número de representantes que possui e por compor a meso e microfauna do solo. Contudo, trabalhos com bioindicadores de qualidade do solo em áreas nativas e em estado de recuperação, são limitados, principalmente, pelo pequeno número de profissionais especializados no assunto e pela falta de medidas iniciais. Dessa forma, existe uma escassez em relação a informações sobre microartrópodes como componentes de avaliação da qualidade e estado de recuperação do solo.

Compreender os efeitos causados pelas mudanças no uso da terra nas propriedades do solo e fauna de microartrópodes edáficos é essencial para prever mudanças na respiração do solo. Assim, criou-se a hipótese de que o solo coberto com caatinga se apresenta como unidade padrão em parâmetros de bioindicações positivas, já que os solos florestais apresentam melhor qualidade devido ao desenvolvimento da vegetação clímax, com maiores teores de carbono orgânico no solo. Em contrapartida a pastagem, como área de substituição e de pouca diversidade de espécies vegetais cultivadas, apresentará diminuição da respiração e comunidade de microartrópodes do solo. Áreas com agrofloresta, por serem formas agroecológicas propícias à recuperação da qualidade do solo, apresentam níveis de respiração e comunidade de microartrópodes do solo mais próximos aos de áreas com vegetação nativa.

## **2. OBJETIVOS:**

### **2.1.Geral:**

- Avaliar a respiração e a diversidade de microartrópodes em solos do Semiárido com diferentes coberturas ou sistemas de uso: área com agrofloresta, área com vegetação nativa (caatinga) e área com pastagem.

### **2.2.Específicos:**

- Analisar a dinâmica da respiração do solo nas três áreas de estudo (agrofloresta, caatinga e pastagem) com avaliações nos períodos seco, chuvoso, e nas transições entre esses períodos.

- Estudar os efeitos da temperatura e umidade na respiração dos solos;
- Estimar o estoque de carbono orgânico nas camadas de 0-10 e 10-20 dos solos;
- Estimar a diversidade das ordens dos microartrópodes nas três áreas estudadas;
- Observar a ocorrência da ordem Collembola nas áreas de estudo.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1.Semiárido Brasileiro**

A região semiárida brasileira possui uma área de 982.563,3 km<sup>2</sup> e comporta 1.133 municípios, com população de 23.846,982 habitantes de acordo com IBGE (2014), se estendendo pelos Estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (BRASIL, 2005). Com relação ao solo da região, nota-se que o mesmo é intimamente ligado ao clima, vegetação e relevo local. Os solos de maior ocorrência na região são os das classes dos Latossolos e Argissolos, além da ocorrência de Neossolos Quartzarênicos, Planossolos, Cambissolos, Vertissolos, Luvisolos e, nas áreas mais movimentadas, principalmente, Neossolos Litossolos (CODEVASF, 1999).

É possível observar uma vasta variedade de paisagens e ambientes no semiárido brasileiro, dentre eles, destacando-se a Caatinga, que se distribui em 17 grandes unidades de paisagens com 105 unidades geoambientais (RODAL & SAMPAIO, 2002). A Caatinga é caracterizada pela presença de solos pouco intemperizados, altas temperaturas e irregularidade na distribuição nos eventos de precipitação. Essa irregularidade denota em uma variabilidade espaço-temporal, que quando associada aos baixos valores totais anuais da região, ocasionam em episódios de seca. Segundo Marengo (2006), o semiárido brasileiro sempre foi marcado por eventos de secas prolongadas, gerando prejuízos no setor da agropecuária e na agricultura familiar, principalmente quando somados aos baixos investimentos e produtividade. Dessa forma, os produtores fazem uso de outras áreas para fins de produção de culturas e pastejo animal (SÁ et al., 2010), esse processo é caracterizado pela retirada da mata virgem local (Caatinga), com a formação das áreas de pastagens.

Como consequências das ações antrópicas têm-se, a formação de áreas severamente degradadas, aumento dos danos causados pelas mudanças climáticas e desertificação de paisagens (CRISPIM et al., 2010), que contribuem diretamente para o agravamento da degradação do solo (PARENTE; PARENTE, 2010). A substituição de Caatinga por áreas de pastagem tem reduzido os teores de carbono no solo e, assim, a qualidade física, química e biológica do mesmo (GIONGO et al., 2011; SCHULZ et al., 2016).

### **3.2.Degradação do solo**

Atividades como agricultura e pecuária extensiva desenvolvidas no semiárido brasileiro ocasionam grandes impactos sobre os recursos naturais da região. E quando somados ao manejo inadequado do solo, substituição da mata nativa por pastagens, e fatores bióticos, como altas temperaturas e irregularidade na precipitação pluvial, culminam no processo de degradação do solo. De acordo com Sá et al. (1994) no ano de 1994 cerca de 22% da Caatinga já havia passado pelo processo de desertificação, em diferentes graus de intensidade. A degradação do solo promove modificações que interferem na sua qualidade (GREGORY et al., 2015).

A Caatinga, vegetação nativa da região semiárida brasileira, vem sendo modificada pela ação antrópica ao longo dos anos, e estudos atuais indicam que a ação mais danosa ao solo é a substituição da vegetação natural por áreas de cultivo ou pastejo (pastagens) que podem gerar em processos de desertificação. Tabarelli e Vicente (2003), informam que menos de 2% da Caatinga encontram-se protegidas em unidades de conservação de proteção integral. O processo de degradação do solo interfere negativamente nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Nas propriedades físicas ocorre a diminuição de propriedades estruturais do solo, com aumento da compactação e diminuição da infiltração de água; nos biológicos, observa-se a diminuição do carbono orgânico no solo, perda da fauna de microartrópodes e elevação das emissões de gases de efeito estufa e nos químicos, tem-se os processos de acidificação, salinização, depleção de nutrientes, redução da capacidade de troca catiônica (CTC). Somando essas três propriedades acha-se a propriedade ecológica na qual as consequências da ação antrópica interferem nas dinâmicas das funções do ecossistema.

Os solos nativos convertidos e modificados apresentam uma maior exposição à radiação solar e conseqüente aumento da temperatura, maior flutuação diurna da temperatura e déficit de umidade específica (SALATI e NOBRE, 1991). Assim, as áreas convertidas em pastagens, muitas vezes são marcadas pelo processo de erosão do solo, acarretando em problemas sociais, econômicos e ambientais, como por exemplo a desertificação, fenômeno que nos últimos anos vem comprometendo, principalmente, as regiões de clima árido, semiárido e subúmido seco (SILVA et al., 2018; SOUSA et al., 2018). A perda do solo por processos erosivos causa uma queda na sua qualidade bem como uma infinidade de problemas ambientais, como o processo de sedimentação e elevada turbidez da água (ATUCHA et al., 2013; FORTIN et al., 2015).

Dessa maneira, a degradação do bioma Caatinga é preocupante e sinaliza a necessidade de uma maior conservação e proteção dessa área. Além de se fazer necessário a busca por práticas mais sustentáveis e que não interfiram diretamente na qualidade e saúde do solo e de suas propriedades. Buscando sanar essa lacuna, manejos mais ecológicos têm sido desenvolvidos, como os sistemas agroflorestais, que na sua essência buscam conciliar maior produtividade com a proteção ambiental (FRANCO, 2015), diminuição da emissão de gases de efeito estufa (GEE), aumento no sequestro de carbono e criação de uma maior resistência do solo às mudanças climáticas (CARDINAEL et al. 2021; GUPTA et al. 2020; TEKETAY 2020).

### **3.3. Agrofloresta**

Desde a antiguidade a prática da agricultura vem sendo realizada e evoluindo juntamente com as sociedades, contudo, nos dias atuais é uma prática que deixou de lado o familiar e se concentra na produção extensiva e progressiva, com práticas de monocultura, gerando danos ao solo, principalmente com a devastação de florestas nativas para a implantação de pastagens seja tanto para finalidades de produção animal como agrícola. As agroflorestas ou sistemas agroflorestais surgem como uma forma alternativa de utilização do solo que faz uso de árvores ou arbustos conjuntamente a prática de agricultura, com a incorporação de plantas lenhosas para a mitigação de mudanças climáticas e aumento dos valores de sequestro de carbono (ABBAS et al., 2017).

Na agrofloresta busca-se atingir uma similaridade com o microambiente da mata natural, deixando o solo sempre coberto por vegetação. Além disso, essa forma de uso do solo, aumenta a recuperação da produtividade de solos outrora danificados e degradados pela ação do homem (MACEDO, 2013). Ao decorrer dos anos, se percebe o crescente interesse no uso e implementação de agroflorestas por parte de entusiastas da ecologia que visam o uso sustentável e correto do solo, com a diminuição dos índices de perda e degradação do solo em escala global, regional e local (BLINN et al. 2013; URRUTH et al. 2022). As agroflorestas possuem diversas classificações e formas de implementação, mediante sua estrutura no espaço, desenho através do tempo e objetivos da produção e suas características sociais e econômicas.

Comumente levasse em consideração os aspectos tanto funcionais como estruturais para agrupar as agroflorestas em quatro grupos principais, os sistemas agropastoris que é a combinação da agricultura com a criação de animais; os sistemas agrossilviculturais ou silviagrícolas que é a combinação da agricultura com espécies florestais; os sistemas silvipastoris que é a integração de árvores nas pastagens para criação de animais domésticos e

os sistemas agrossilvipastoris no qual o solo é manejado para a produção simultânea de cultivos agrícolas e florestais para criação de animais domésticos (MACEDO, 2013).

### **3.4.Umidade, temperatura e respiração do solo**

Os teores de umidade no solo interferem tanto no sistema radicular da vegetação como na respiração microbiana do solo, além de afetar o substrato metabólico, e assim, a fotossíntese da vegetação (LEI et al., 2020). Em ambientes semiáridos, marcados por poucos eventos de precipitação, a umidade do solo é o fator abiótico mais condicionante para a respiração do solo (BORKEN & MATZANER, 2009; XU et al., 2004), delimitando a produção e movimentação de CO<sub>2</sub> nos ecossistemas terrestres, influenciando na biodisponibilidade do carbono orgânico presente no solo (MOYANO et al. 2012 ; YAN et al. 2016), além de atuar sobre a condutividade na interação poro-água e no transporte de massa do carbono orgânico do solo (DAVIDSON et al., 2012). A variação dos teores de umidade do solo atinge diretamente a respiração do solo, com processos de restrição e supressão (LI et al. 2006; SOTTA et al. 2006).

A temperatura do solo age diretamente no processo de decomposição orgânica e transporte de material, na atividade dos micros e macroartrópodes (SCHINDLBACHER et al., 2011), nos processos de fotossíntese e respiração do solo, no suprimento de substrato das atividades fisiológicas e metabólicas das plantas (KIM et al., 2019) e na produção do CO<sub>2</sub> no solo, pelo aumento nas taxas de respiração das raízes (ATKIN et al., 2000). Dessa forma, a temperatura do solo é um dos principais fatores que limita a respiração do solo (KIRSCHBAUM, 1995; LLOYD e TAYLOR 1994). Tanto umidade como temperatura, são considerados por muitos estudiosos como os pilares para a manutenção da respiração do solo, quando agem de forma conjunta (ALMAGRO et al. (2009); GUNTIÑAS et al. (2013); JANSSENS et al. (2001)).

A respiração do solo ( $R_s$ ) pode ser definida como a emissão de CO<sub>2</sub> do solo rumo a atmosfera, considerado a principal rota de CO<sub>2</sub> produzido pelas plantas (HOGBERG & READ, 2006). A respiração do solo engloba tanto a respiração heterotrófica como a autotrófica, onde na respiração autotrófica o CO<sub>2</sub> é produzido por seres fotossintetizantes, e na respiração heterotrófica (RH) o CO<sub>2</sub> é produzido por microrganismos presentes no solo e em matéria em decomposição. As condições do meio em que a planta, o solo e os microrganismos se encontram interferem diretamente nas taxas de respiração autotrófica e heterotrófica. Essas condições são consideradas de alta complexidade e compõem-se por fatores abióticos, presença de luz, temperatura e umidade do solo, e bióticos, quantidade e qualidade das folhas, materiais lenhosos

e a serapilheira, assim como o crescimento e as taxas de transpiração das raízes (SUNKE & BAHN, 2010).

Os fatores climáticos (chuva e radiação solar) ocasionam em uma variabilidade temporal na respiração do solo, influenciando outros fatores, como a umidade do solo, a temperatura e processos bióticos (RUBIO & DETTO, 2017). De acordo com Guntiñas et al. (2013), a umidade e temperatura do solo são os principais pilares ecológicos que regulamentam a decomposição da matéria orgânica e a produção e liberação de CO<sub>2</sub>.

### **3.5. Matéria orgânica (MOS) e carbono orgânico (CO) no solo**

Nos ecossistemas terrestres, a matéria orgânica (MOS) é um importante reservatório de carbono no solo, ligado à fertilidade, produtividade e sustentabilidade do solo em áreas de uso agrícola. Sem a presença de MOS o solo seria apenas uma mistura de minerais intemperizados sem fertilidade, já que a mesma participa diretamente dos processos físicos, químicos e biológicos do solo (LEITE, 2004). Os estoques de MOS são condicionados pelo balanço das entradas do solo e suas saídas pela mineralização. Em uma situação de equilíbrio, como em uma floresta nativa, as entradas são similares à produtividade primária líquida, que por sua vez é delimitada pelo clima, estado de fertilidade, textura e vegetação do solo. Os resíduos vegetais recém-depositados no solo são modificados pela fragmentação física, interações fauna/microflora, mineralização e formação de húmus ao longo do tempo (LEITE, 2004).

Modificações em matas nativas para conversão em áreas agrícolas ocasionam em um declínio nos valores de MOS do solo. Essa redução é oriunda do aumento dos eventos de erosão, oxidação do carbono orgânico e menores quantidade de aportes orgânicos do solo em sistemas de manejo quando comparados à mata nativa. Segundo Batjes (1999) após um distúrbio, como desmatamento de uma mata nativa, é requerido um espaço de tempo e manejo adequado do solo para se alcançar outrora um estado de equilíbrio nos estoques de C.

O carbono é o quarto elemento mais abundante no universo depois de hidrogênio, hélio e oxigênio. Na atmosfera, o carbono pode ser observado sob a forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), e a sua troca entre atmosfera e ecossistema sobre interferência do uso do solo bem como de sua vegetação, já que os processos de fotossíntese e respiração realizados pelas plantas são essenciais e se modelam mediante a área. A substituição de áreas de mata nativa para fins de produção agrícola ou animal causam a redução no conteúdo e qualidade do carbono orgânico no solo (CORAZZA et al., 1999). O território brasileiro tem atualmente ~62 milhões de hectares

de terras cultivadas e ~170 milhões de hectares hábeis para uso e manejo (RONQUIM, 2007). Os solos agrícolas podem desempenhar o papel de dreno de carbono ou fonte de gases de efeito estufa, isso se o manejo utilizado for intensivo e degradante (COSTA et al., 2008).

### **3.6.Fauna de microartrópodes do solo**

A fauna de microartrópodes do solo possui grande abundância e diversidade nos ecossistemas florestais em todo o mundo (PETERSEN & LUXTON, 1982; WALLWORK, 1970), sendo fundamentais nos processos de ciclagem de nutrientes, decomposição e mineralização da matéria orgânica (BEARE et al., 1995; BUTCHER et al., 1971) além de atuarem diretamente nos níveis de fertilidade e funcionamento do ecossistema local (HENEGHAN & BOLGER, 1998; WITKAMP, 1971; WHITFORD, 1996). Denota-se a importância da fauna de microartrópodes como indicadores valiosos dos impactos das ações antrópicas tanto em áreas de floresta (CANCELA DA FONSECA, 1990; DONEGAN et al., 2001) como em áreas de recuperação, como em sistemas agroflorestais (BEHAN-PELLETIER, 1999; MUELLER et al., 1990; WARDLE et al., 1995). Além disso, os microartrópodes possuem papel importante na estruturação do solo, através da abertura de galerias, como é o caso de formigas e minhocas (PRIMACK & RODRIGUES, 2001).

Segundo CORREIA (2002), esses microartrópodes agem nos processos de remediação, recuperação e restauração do solo, devido sua notória contribuição nas modificações do ambiente, resultando em micro-hábitats e nichos, o que possibilita o restabelecimento de comunidades, principalmente em áreas que se encontram em estado de recuperação. Nesse cenário, a avaliação da diversidade e abundância da fauna de microartrópodes são usadas como bioindicadoras tanto da qualidade do solo como do seu funcionamento em áreas sob processo de recuperação. As informações advindas dessa avaliação dão subsídio para o desenvolvimento de estratégias que objetivam minimizar os danos ocasionados pelas atividades antrópicas.

Dentre os vários microartrópodes que demonstram importância como bioindicadores, uma das ordens que mais se destaca nessa função é a Collembola, grupo monofilético constituído por meso e microartrópodes com diversas formas corporais (HOPKIN, 1997; ZEPPELINI & BELLINI, 2004), divididos em quatro grandes grupos, Pseudoscolopendromorpha e Entomobryomorpha (apresentam corpo alongado e segmentado); Neelipleona e Sypheleona

(possuem corpo globoso com fusão de segmentos do tronco). Os colêmbolos possuem uma variação corporal de 0,2 à 10mm, o que os torna pouco conhecidos (BELLINGER et al. 1996), possuindo ampla distribuição mundial, podendo ser observados em cavernas, desertos, glaciares, dossel de árvores, ninhos de vertebrados e rochas oriundas das zonas entremarres (ZEPPELINI & BELLINI, 2004; BELLINGER et al., 1996). Além de terem por preferência habitar regiões próximas à superfície do solo e ricos teores de matéria orgânica em decomposição (BUZZI, 2002; TRIPLEHORN & JOHNSON, 2005).

Estima-se que cerca de 95,0% dos microartrópodes pertencentes a mesofauna do solo são constituídos por indivíduos das classes Acari e Collembola (SEASTEDT, 1984) sendo considerados indivíduos extremamente sensíveis a alterações que venham a ocorrer no ambiente em que habitam. Em decorrência dessa característica, a mesofauna vem sendo ao longo dos anos cada vez mais usada como indicadora de impactos ambientais em agrossistemas (MELLO & LIGO, 1999). A ordem Collembola possui representantes que estão entre os mais variados e numerosos da meso e microfauna do solo (CASSEGNE et al., 2003), detendo um papel de extrema importância na ciclagem de nutrientes e decomposição de matéria orgânica (M.O), participando também da formação do solo (HOPKIN, 1997; ZEPPELINI & BELLINI, 2004).

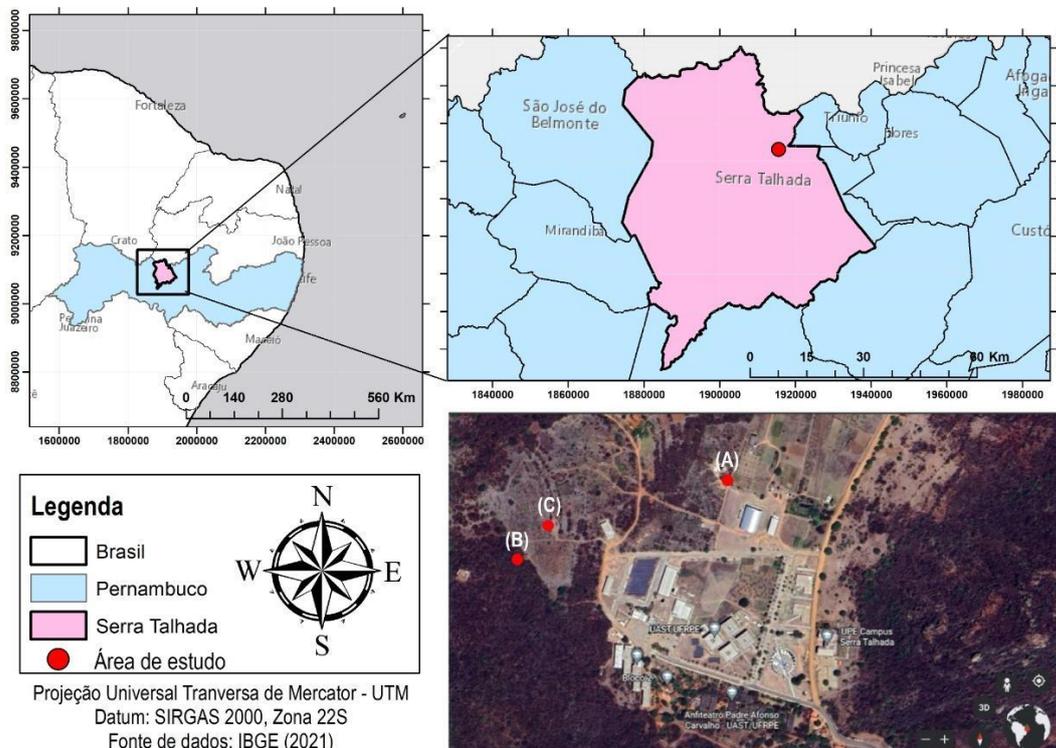
Tanto a abundância como a riqueza da ordem Collembola é influenciada por diversos fatores tanto biótico como abióticos (pH, aeração do solo, composição da matéria orgânica, disponibilidade de nutrientes, vegetação e estrutura física e química do solo) (CULIK & ZEPPELINI, 2003; LORANGER et al., 2001; ZEPPELINI et al., 2009). Comunidades de colêmbolos pertencentes às áreas de floresta são influenciadas pela umidade do solo, teor de carbono, pH e nitrogênio disponível, enquanto que em áreas urbanas concentrações de fósforo, potássio e pH, como determinantes sobre as comunidades de colêmbolos (RZESZOWSKI et al., 2017).

Avaliações e estudos envolvendo a diversidade de colêmbolos vêm sendo cada vez mais usados como estratégias para conservação e monitoramento de áreas naturais, perturbadas e em estado de reestruturação (CULIK & ZEPPELINI, 2003; ZEPPELINI et al., 2009). O equilíbrio dos solos pode ser medido mediante a observação das características populacionais desse grupo, os quais são considerados bioindicadores tanto do grau de alteração como de fragmentação da área (WINK et al., 2005).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Áreas de estudo

O estudo foi realizado entre os meses de julho e novembro de 2022, em três diferentes condições de usos do solo: Agrofloresta, Caatinga e Pastagem, estabelecidas na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, localizada no município de Serra Talhada, na Microrregião do Pajeú, Sertão Pernambucano, a uma altitude de 429 metros (**Figura 1**). O solo predominante da área experimental é classificado como Cambissolo (ARAUJO-FILHO, 2014). O clima local enquadra-se, de acordo com a classificação de Köppen adaptada para o Brasil, no tipo BSw<sup>h</sup> (ALVARES et al., 2013), denominado semiárido quente e seco, com chuvas de verão, iniciando-se em dezembro com término em maio. A precipitação pluvial média anual é de 632 mm (SOUZA et al., 2016), e as médias mensais de temperaturas do ar oscilam entre 23,6 e 27,7°C, com mínimas entre 18,4 e 21,6°C e máximas que superam os 32°C.



**Figura 1.** Mapa da região semiárida do Brasil, estado de Pernambuco, município de Serra Talhada e as áreas experimentais localizadas na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Agrofloresta (A), Caatinga (B) e Pastagem (C). **Fonte:** A autora, 2023.

A área de Agrofloresta (7°57'09.9"S, 38°17'44.7"O), está localizada a uma altitude de ~490,5 m, sendo constituída por plantas, como, palma orelha de elefante (*Opuntia undulata* Griffiths), palma miúda (*Opuntia cochenillifera*), leucena (*Leucaena leucocephala*), acerola (*Malpighia emarginata*), gliricidia (*Gliricidia sepium*), algaroba (*Prosopis juliflora*), manga (*Mangifera indica*), pinha (*Annona squamosa*), aroeira (*Schinus terebinthifolia*), angico (*Anadenanthera colubrina*), braúna (*Schinopsis brasiliensis*), moringa (*Moringa oleifera*), ipê (gênero *Tabebuia* e *Handroanthus*), craibeira (*Tabebuia aurea*). A área foi implementada no ano de 2019, tendo apenas 3 anos (**Figura 2**).



**Figura 2.** Área experimental Agrofloresta localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Lado direito na estação seca e esquerdo na estação chuvosa. **Fonte:** A autora, 2023.

A área de Caatinga (7°57'14.3" S, 38°17'56.5"O), está situada a uma altitude de ~525,75 m, apresenta uma vegetação nativa hiperxerófila, com plantas adaptadas as condições do semiárido, que se distribuem entre arbustivas-arbóreas e arbóreas (FERRAZ et al., 1998). Uma característica predominante dessa vegetação é a perda de folhas na estação seca como reflexo adaptativo fisiológico para sobrevivência em condição de falta de água (**Figura 3**).



**Figura 3.** Área experimental Caatinga localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Lado direito na estação seca e esquerdo na estação chuvosa. **Fonte:** A autora, 2023.

A área referente a Pastagem ( $7^{\circ}57'13.8''S$ ,  $38^{\circ}17'54.2'' O$ ), encontra-se localizada a poucos metros abaixo da área de Caatinga, a uma altitude de  $\sim 517,25$  m. A planta predominante na área é o capim corrente (*Urochloa mosambicensis* Hack. Daudy), herança do passado recente ( $\sim 15$  anos atrás) de manejos sob pastejos com bovinos. Todavia, esse processo foi encerrado e nos dias atuais não ocorre mais a circulação de animais no local (**Figura 4**).



**Figura 4.** Área experimental Pastagem localizada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST. Lado direito na estação seca e esquerdo na estação chuvosa. **Fonte:** A autora, 2023.

Os dados de umidade, temperatura, respiração do solo e das comunidades edáficas de microartrópodes coletados simultaneamente nas três áreas de estudo, foram agrupados em períodos categorizados de acordo com o regime hídrico local, conforme critérios propostos por Queiroz et al. (2020).

Como critério de seleção, estabeleceu-se que a soma dos valores de precipitação dos 30 dias anteriores e posteriores ao dia em análise, foi inferior a 20 mm registrados em menos de cinco dias, considerou-se o período como seco; por outro lado, quando os valores de precipitação acumulados em cinco ou mais dias, superarem os 20 mm considerou-se o período como chuvoso. Quando nenhum desses critérios foi aplicável, considerou-se como o período de transição: seco-chuvoso, se após um período seco, ou chuvoso-seco, se observado após o período chuvoso. (**Tabela 1**).

**Tabela 1.** Classificação dos períodos nos quais ocorreram as medidas de respiração, umidade, temperatura e coletas de microartrópodes dos solos.

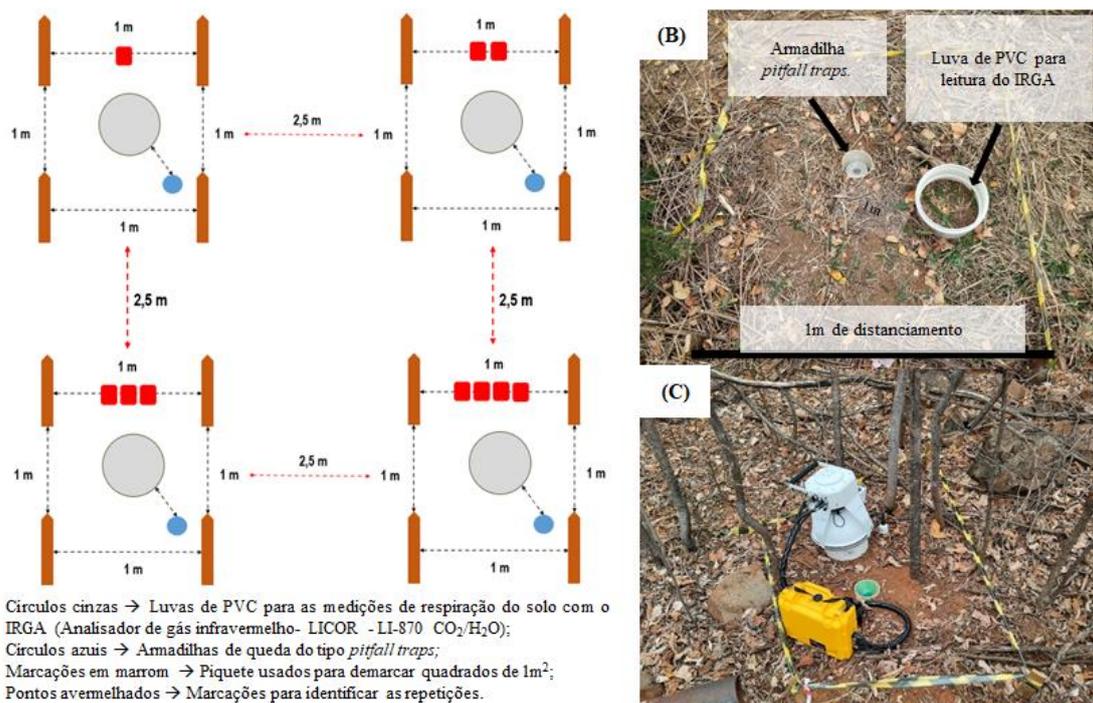
Data de medição	P (mm)*	Dias com chuva	Períodos
27/07/2022	7,60	13	Transição chuvoso-Seco
03/08/2022	5,40	11	
10/08/2022	5,60	12	
17/08/2022	4,80	10	
24/08/2022	3,60	8	
31/08/2022	3,60	8	
07/09/2022	0,80	5	Seco
14/09/2022	0,20	2	
22/09/2022	0,00	1	
30/09/2022	0,00	1	
07/10/2022	0,00	0	
17/10/2022	0,80	1	
31/10/2022	71,8	4	Transição Seco-Chuvoso
08/11/2022	106,8	9	Chuvoso
22/11/2022	106,2	9	

\*Precipitação acumulada contabilizada 30 dias antes das datas que foram realizadas as medidas. **Fonte:** A autora, 2023.

Os dados meteorológicos utilizados para a categorização dos períodos foram extraídos de uma estação meteorológica instalada na Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST.

#### 4.2.Procedimentos experimentais e coleta de dados

Em cada área de estudo (Agrofloresta, Caatinga e Pastagem) foram estabelecidos sítios experimentais objetivando o monitoramento tanto da umidade, como da temperatura e respiração dos solos. Para garantir maior representatividade das medidas, todos os sítios tinham ~1 m<sup>2</sup> delimitados por piquetes, sendo instalados 4 unidades experimentais por área, totalizando 12 sítios. Dentro de cada área, os sítios foram mantidos equidistantes a 2,5 metros. Cada sítio continha uma luva de PVC inserida no solo e distribuídas nas direções Leste e Oeste, para as medidas de respiração (**Figura 5**).



**Figura 5.** Configuração dos sítios experimentais (A); Representação em campo do desenho experimental (B); Analisador de gás infravermelho - LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O em campo. **Fonte:** A autora, 2023.

Próximo a cada sítio de medida de respiração foram coletadas amostras para obtenção das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. Para a análise experimental, considerou-se, portanto, um conjunto de medidas realizadas em solos de 3 agroecossistemas (Agrofloresta, Caatinga e Pastagem), durante 4 períodos categorizados de acordo com o regime hídrico local (transição seco-chuvoso e chuvoso-seco, chuvoso e seco).

### 4.3. Umidade, temperatura e respiração do solo

A umidade e a temperatura do solo foram medidas com o uso do sensor Stevens HydraProbes que é acoplado ao analisador de gás infravermelho (IRGA) CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O LI-870 usado para medir a respiração do solo. Esse equipamento oferece medições portáteis e precisas da concentração do CO<sub>2</sub> que variam de 0 a 20.000 ppm usando a tecnologia de gás infravermelho não dispersivo. As medições de campo foram realizadas entre as 08:00 e 14:00h. O IRGA é formado pela câmara (**Figura 6A**), responsável pela leitura do CO<sub>2</sub> e o Multiplexador (**Figura 6B**) que serve como fonte de informações e se necessária calibração da câmara do IRGA, além do sensor de temperatura e umidade o qual é acoplado a câmara (**Figura 6C**).



**Figura 6.** Analisador de gás infravermelho- LI-870 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O Gas Analyzer (IRGA). Smart Chamber do IRGA que realiza o processo de medição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (A); Multiplexador, se mostrando como fonte de energia para o funcionamento da Smart Chamber (B); Sensor Stevens HydraProbes, responsável pelas medidas de temperatura e umidade (C). **Fonte:** A autora, 2023.

As medidas foram realizadas em 15 momentos (datas), com quatro repetições, totalizando 60 medições de cada parâmetro do solo (umidade, temperatura e respiração do solo). Após a implementação das luvas de PVC e armadilhas de queda, esperou-se 7 dias para estabilização no solo e início das medições. Até o mês de setembro, as leituras foram realizadas a cada semana, contudo, em outubro observou-se que não se tinham alterações nos parâmetros analisados (umidade, temperatura e respiração do solo), assim as leituras começaram a ser realizadas de forma quinzenal. No período chuvoso se manteve as leituras quinzenais, tendo em vista que as precipitações não foram semanais e as datas de medições coincidiram com os intervalos de tempo das precipitações.

#### **4.4. Caracterização das propriedades físico-químicas do solo**

Inicialmente foram coletadas amostras compostas de solos para a caracterização físico-química das camadas de 0-10 e 10-20 cm dos solos de cada área, totalizando 18 amostras, com três pontos por área. As propriedades físicas dos solos considerados foram: densidade do solo ( $D_s$ ), densidade das partículas ( $D_p$ ), textura (porcentagens areia, silte e argila) e classe textural de cada camada. Para determinação de  $D_s$ , amostras indeformadas foram coletadas com o auxílio de um trado tipo Uhland, posteriormente armazenadas em latas metálicas e previamente identificadas. Inicialmente foi determinada a massa úmida de cada amostra de solo, para em seguida ser levado para a estufa durante um período de 24 horas a 105°C e posteriormente pesada a massa seca em balança analítica. Já as amostras deformadas foram coletadas com o trado do tipo caneco e acondicionadas em sacos de polietileno previamente identificados e

levados ao Laboratório de Fertilidade do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE/ Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST, onde passaram pela peneira de malha 2 mm e colocadas novamente nos sacos de polietileno, nos quais foram deixados para secar ao ar e sombra, a metodologia utilizada para as análises textural e densidade das partículas e do solo seguem o método de descrito por Donagemma et al. (2011) (**Tabela 2**).

As amostras deformadas também foram utilizadas para a determinação de carbono orgânico (CO), estoque de carbono (Est C) e matéria orgânica do solo (MOS) conforme os procedimentos descritos em Embrapa (2017) (**Tabela 2**). As análises foram realizadas na Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE / Unidade Acadêmica de Serra Talhada-UAST.

**Tabela 2.** Propriedades físico-químicas do solo (Média ± Desvio Padrão) na camada de 0 a 10 cm sob diferentes usos da terra na região do semiárido Pernambucano. Os valores representam uma média dos 4 sítios para Agrofloresta, Caatinga e Pastagem.

Propriedades do solo	Uso do solo		
	Agrofloresta	Caatinga	Pastagem
Areia (%)	69,31±3,20	67,83±0,50	69,83±0,80
Silte (%)	20,03±1,10	27,51±5,60	24,90±6,10
Argila (%)	12,20±1,20	7,40±4,20	9,00±0,40
D <sub>s</sub> (g cm <sup>-3</sup> )	1,23±0,08	1,28±0,07	1,39±0,05
D <sub>p</sub> (g cm <sup>-3</sup> )	2,34±0,05	2,43±0,05	2,45±0,02
MOS (%)	0,57±0,10	0,91±0,70	0,29±0,020

Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade das partículas; MOS: Matéria orgânica. **Fonte:** A autora, 2023.

#### 4.5. Matéria orgânica do solo (MOS)

A amostra é submetida ao processo de combustão com aquecimento programado e perda de massa pela incineração em mufla. O teor de matéria orgânica é quantificado pela diferença entre a massa do solo seco em estufa e a massa do resíduo obtido após a incineração em mufla, como segue na equação abaixo:

$$MOS = \frac{(M_s - M_r)}{M_s} \cdot 1000 \quad (1)$$

sendo, MOS a concentração de matéria orgânica do solo, em g kg<sup>-1</sup>; M<sub>s</sub> a massa do solo seco em estufa a 65 °C, em g; M<sub>r</sub> a massa do resíduo após mufla a 600 °C, em g.

#### 4.6. Carbono orgânico (CO)

Mediante o valor obtido da matéria orgânica do solo (MOS), foi aplicado a seguinte equação para obtenção do carbono orgânico do solo:

$$CO = \frac{MOS}{1,724} \quad (2)$$

sendo, CO é a quantidade de carbono orgânico do solo, MOS é a quantidade de matéria orgânica e 1,724 é o componente de conversão de MOS para CO.

#### 4.7. Estoque de carbono no solo (Est C)

Os estoques de C de cada uma das camadas, em todas as áreas estudadas, são calculados pela expressão (Veldkamp, 1994):

$$EstC = \frac{(CO \cdot D_s \cdot e)}{10} \quad (3)$$

sendo, Est C o estoque de C orgânico em determinada profundidade (Mg C ha<sup>-1</sup>); CO o teor de C orgânico total na profundidade amostrada (g.kg<sup>-1</sup>); D<sub>s</sub> a densidade do solo da profundidade (kg.dm<sup>-3</sup>); e é a espessura da camada considerada (cm).

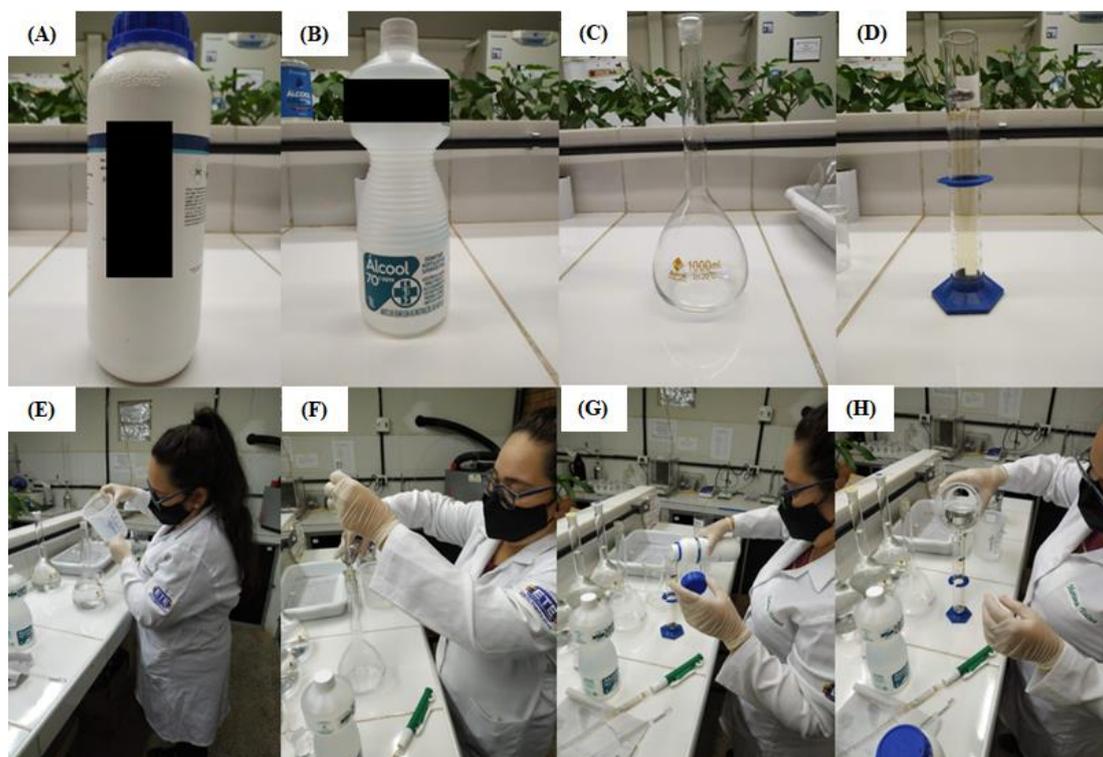
#### 4.8. Coleta e identificação taxonômica dos microartrópodes do solo

Como um dos objetivos do trabalho foi a coleta de microartrópodes nas três áreas de estudo, em cada sítio também foi instalada uma armadilha de queda do tipo “*pitfall traps*” (**Figura 7A**) totalizando 12 armadilhas distribuídas entre as três áreas de estudo. As armadilhas se encontravam dentro de canos de PVC com 10 cm de diâmetro e 10 cm de profundidade no solo. A utilização desses canos nas armadilhas, objetivou não danificar o solo nem a sua microbiota, já que uma vez por semana eram realizadas coletas de microartrópodes e as medidas de respiração do solo. As armadilhas de queda do tipo “*pitfall traps*” foram feitas de forma manual (KOLLER, 2017), com a utilização de potes plásticos de 140 ml que possuíam a solução conservante (formol 4%) e garrafas pet das quais foram cortadas a parte superior para ser usadas como funil (**Figura 7B**).



**Figura 7.** Armadilha de queda do tipo “*pitfall traps*”. Armadilhas de queda do tipo “*pitfall traps*” em campo (A); Pote utilizado para armazenar os insetos em campo (B).  
**Fonte:** A autora, 2023.

Foi utilizado uma solução conservante a base de formol (37%) e água destilada (KOLLER, 2017). Apesar da metodologia sugerir uma diluição com 3% de formol, a conservação dos indivíduos com essa porcentagem se estende apenas até sete dias. Dessa forma, optou-se por aumentar a concentração do formol para 4% a fim de se manter os indivíduos conservados até o oitavo dia, quando pôde-se realizar as identificações dos insetos (**Figura 8**).



**Figura 8.** Processo no laboratório. Formol 37% utilizado para diluição (A); Álcool 70% usado para higienizar o ambiente para não ocorrer qualquer tipo de contaminação

(B); Balão volumétrico usado para medir o volume do formol 37% (C); Proveta usada para colocar a água destilada que foi usada para dissolver o formol 37% (D); Processo de diluição realizado em laboratório com os equipamentos supracitados acima (E/F/G/H). **Fonte:** A autora, 2023.

Para diluição do formol, foi usado a fórmula do fator de diluição:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2 \quad (4)$$

sendo,  $C_1$  a concentração conhecida,  $V_1$  o quanto da concentração conhecida será tirado,  $C_2$  a concentração desejada e  $V_2$  o volume desejado. Uma vez capturados pelas armadilhas “*pitfall traps*” instaladas no campo, os microartrópodes foram extraídos com o auxílio de uma pinça esterilizada e passados para um outro pote contendo álcool 70%, tendo-se o cuidado de não danificar as estruturas de identificação dos microartrópodes. No laboratório, com o auxílio de lupa e microscópio ótico, identificou-se os microartrópodes a nível de ordem.

#### **4.9. Análises estatísticas**

Calculou-se a média das variáveis (umidade, temperatura, respiração, diversidade de microartrópodes do solo) para cada medição ao longo do tempo (datas) e nos períodos de transição chuvoso-seco, seco, transição seco-chuvoso e chuvoso. Em seguida, os intervalos de confiança ao nível de 95% (IC95%) para os valores médios foram calculados pela técnica de bootstrap.

##### **4.9.1. Umidade, temperatura e respiração do solo**

Posteriormente a aplicação da técnica bootstrap, as médias da umidade, temperatura e respiração do solo foram consideradas estatisticamente diferentes quando não houve sobreposição entre a média e o IC95% (ZANELLA DE ARRUDA et al., 2016). Todas as análises estatísticas e gráficos foram realizadas com o R.3.6.3 (R CORE TEAM, 2020). Os valores de umidade, temperatura e respiração do solo foram submetidos a um teste t para os diferentes períodos com o intuito de revelar diferenças significativas entre os três sistemas de uso do solo.

##### **4.9.2. Índices de diversidade**

Posteriormente a aplicação da técnica bootstrap, os dados foram analisados no software R.3.6.3 (R CORE TEAM, 2020) e os índices de dominância e abundância foram obtidos para cada sistema. A dominância foi calculada pela equação:

$$DL = \frac{1}{S} \cdot 100 \quad (5)$$

sendo, DL o limite de dominância e S o número total de espécies por amostra. A abundância foi calculada usando o desvio padrão. A diversidade foi avaliada usando índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) pela seguinte equação:

$$H' = - \sum_{i=1}^S pi \cdot \log_b \cdot pi \quad (6)$$

sendo,  $pi$  a proporção de espécies  $i$ ;  $S$  é o número de espécies e  $b$  a base do logaritmo. E o índice de Simpson ( $D$ ) pela seguinte equação:

$$D = \sum pi^2 \quad (7)$$

sendo,  $pi$  é a proporção de espécies  $i$ .

O índice de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) foi calculado para avaliar a uniformidade das capturas e como os indivíduos estão distribuídos na amostra, utilizando o software R.3.6.3 (R CORE TEAM, 2020), pela seguinte fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \quad (8)$$

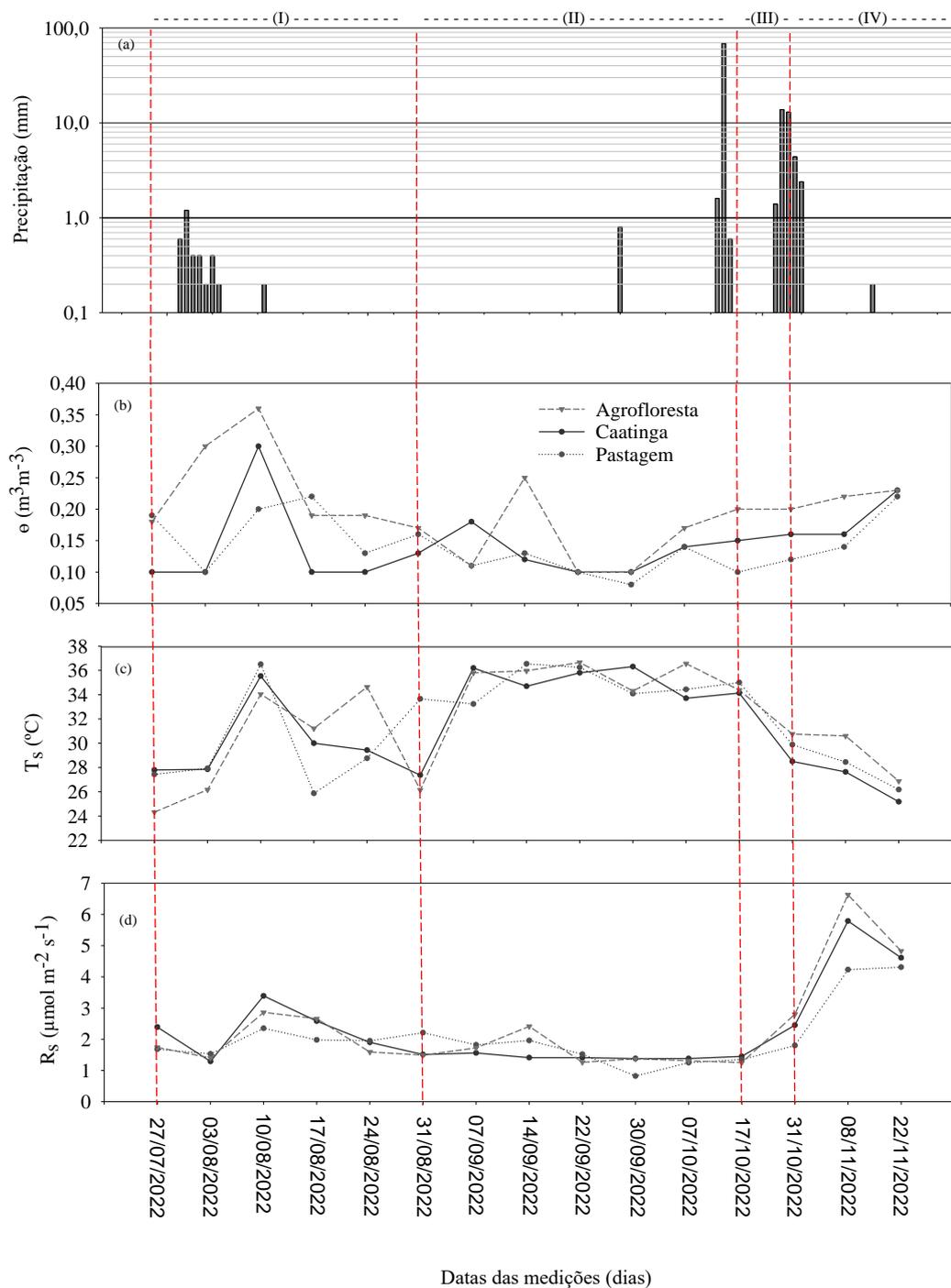
sendo,  $H'_{max}$  é a diversidade máxima e  $S$  é número de espécies amostradas.

O índice de similaridade avaliou o número de ordens divididas entre os 3 sistemas de uso do solo.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Umidade, temperatura e respiração do solo

As medidas de umidade, temperatura e respiração do solo nas três áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem, foram influenciadas pelas mudanças nas precipitações locais (**Figura 9**). As condições climáticas durante a condução do experimento apresentaram algumas particularidades quanto a distribuição das precipitações que influenciaram na respiração do solo e na diversidade dos microartrópodes nas três áreas. No mês de julho ocorreram 12 eventos que acumularam um total de 7,40 mm de chuvas, com 33% dos eventos variando entre 0,8 e 2,20 mm e 67% dos eventos variando entre 0,20 e 0,40 mm. Já o mês de agosto possuiu 8 eventos de chuva, variando entre 0,20 e 1,20 mm, com um total acumulado de 3,6 mm. Depois de 16 de agosto, foram 53 dias ininterruptos sem chuvas, retornando a chover no mês de outubro com 4 eventos de chuvas de 10 e 27/10/22. A chuva acumulada neste mês foi de 71,80 mm com o maior registro no dia 26/10 com 68,80mm. O mês de novembro foi considerado o mês mais chuvoso com um total acumulado de 101,80 mm, com o maior evento de chuva registrado no dia 28/11 com 46,20 mm (**Figura 9a**).



**Figura 9.** Distribuição dos eventos de chuva (a) e dos valores médios de umidade (b), temperatura (c) e respiração (d) do solo ao longo dos meses de experimento nas áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvoso. **Fonte:** A autora, 2023.

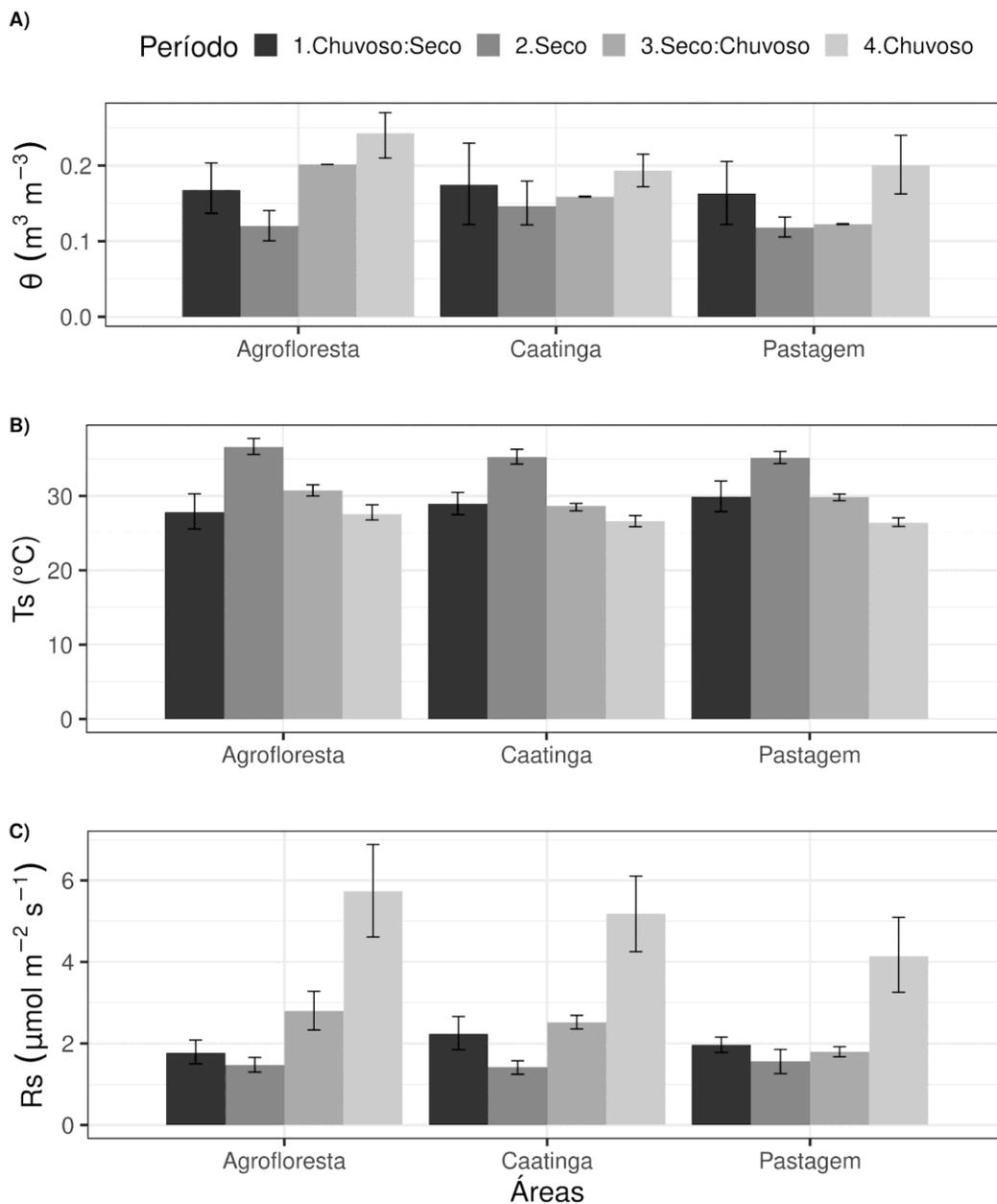
A umidade (**Figura 9b**), temperatura (**Figura 9c**) e respiração do solo (**Figura 9d**) foram medidos de 27 de julho até 22 de novembro de 2022. Depois de julho, as medidas de umidade e respiração dos solos diminuíram continuamente, sendo interrompidos por alguns pulsos de chuvas. Em outubro, após 53 dias sem chuva, os valores médios de umidade e

respiração nas superfícies dos solos eram de  $0,15 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $1,55 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na Agrofloresta,  $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e de  $1,43 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  na Caatinga, e de  $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  e  $1,45 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na pastagem. Uma forte chuva em 26 de outubro iniciou a reposição do conteúdo de água do solo durante os períodos de transição seco-chuvoso e chuvoso. Este evento foi utilizado como indicador de uma mudança de regime do período seco para o chuvoso.

Durante o período chuvoso, os valores de respiração dos solos foram mais variáveis entre as três áreas, incluindo os valores máximos de todo o período de observação (**Figura 9d**). Os aumentos pronunciados nos valores de respiração dos solos após as chuvas são resultado da estimulação da atividade biológica nos solos e a diminuição da difusividade do solo. Em contraste, durante a estação seca, os valores de respiração foram relativamente estáveis e alguns efeitos devido à chuva podem ser observados, porém não tão pronunciados (**Figura 9d**). Nesse intervalo, os valores de  $R_s$  que aumentaram substancialmente após as chuvas eram seguidos por um declínio. A respiração do solo teve amplitudes de  $8,14 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na Agrofloresta,  $6,59 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na Caatinga, e  $6,03 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , na Pastagem (**Figura 9c**).

Foram observados valores inversamente proporcionais entre a temperatura e umidade do solo, em respostas à variação da precipitação que se teve ao longo da realização do experimento. Notou-se também que a respiração e umidade do solo são diretamente proporcionais e ligadas a precipitação tanto no momento em que ocorre como na acumulada ao longo dos eventos de chuva (**Figura 9**).

Os valores de  $\theta$ ,  $T_s$  e  $R_s$  para os diferentes períodos foram submetidos a um teste t para revelar diferenças significativas entre os três sistemas de uso do solo. As medidas iniciadas no período de transição chuvoso-seco não apresentaram diferença ( $p > 0,05$ ) entre as áreas (**Figura 10**). Entre os períodos, as mudanças em  $\theta$  foram mais evidentes na Agrofloresta, enquanto que nas áreas de Caatinga e Pastagem foram mais estáveis. Os valores médios de temperatura aumentaram substancialmente na passagem do período chuvoso-seco para o seco, declinando até o período chuvoso (**Figura 10b**). Do período chuvoso-seco para o seco, a respiração do solo ( $R_s$ ) diminuiu de forma significativa ( $p < 0,05$ ) na Caatinga. A respiração dos solos das três áreas aumentou do período seco até o chuvoso, quando atingiram um nível máximo ( $5,73 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , para o solo da Agrofloresta;  $5,18 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , para o da Caatinga e  $4,14 \text{ } \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  para o solo da Pastagem). Na Caatinga, só houve uma mudança clara em  $R_s$  no transcorrer do período seco-chuvoso para o chuvoso (**Figura 10c**).



**Figura 10.** Variação da umidade do solo (a), temperatura (b) e respiração do solo (c) em função do regime de chuvas em áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem. As barras de erro indicam o intervalo de confiança (IC 95%). **Fonte:** A autora, 2023.

Inicialmente, durante o período de transição chuvoso-seco, os valores médios de  $\theta$  não apresentaram diferença entre as três áreas de estudo (**Figura 10a**). No decorrer do período de transição seco-chuvoso houve diferença ( $p < 0,05$ ) nos valores médios de  $\theta$  para as três áreas, sendo na Agrofloresta observado os maiores valores médios de umidade. O solo da Agrofloresta manteve-se mais úmido nesse período, em razão da cobertura criada pelos galhos e folhas mortas, tanto pelas que caem naturalmente como as resultantes de podas, que minimizam as

perdas por evaporação. No período chuvoso foi observado maiores valores ( $p < 0,05$ ) de  $\theta$  na Agrofloresta (**Figura 10a**).

Comparando as áreas, observou-se um comportamento de variação nos períodos de transição, graças ao fenômeno chamado de “histerese”, que ocorre quando após a precipitação os poros de menor tamanho do solo não são preenchidos pela água, formando-se espaços para o acúmulo de ar que impedem a água de futuras precipitações infiltrarem no solo (BERILLI, 2017).

A umidade do solo é um dos principais condicionadores para a produção e movimentação de  $\text{CO}_2$  nos ecossistemas terrestres (MOYANO et al., 2013), influenciando na biodisponibilidade do carbono orgânico presente no solo (YAN et al., 2016). A umidade interfere na condutividade hidráulica na interação poro-água e por consequência no transporte da massa do carbono orgânico no solo (DAVIDSON et al., 2012). Valores elevados e baixos do conteúdo de água no solo, condicionam o processo de respiração do solo a variar entre os processos de restrição e supressão (LI et al. 2006; SOTTA et al. 2006).

Dessa forma, a precipitação se mostra como elemento que influencia diretamente o teor de água no solo em áreas áridas e semiáridas e assim relacionado com a produtividade das plantas locais. Contudo, ocorrendo eventos de precipitação ainda em período seco, as modificações na produtividade das plantas passam a depender da resposta fisiológica das mesmas com relação a obter a água disponível e da mudança na estrutura da vegetação (INGRISCH & BAHN, 2018; STAMPFLI et al., 2018).

A baixa disponibilidade de água no solo restringe a conectividade entre os poros do solo à água, diminuindo também a biodisponibilidade e locação de massa do carbono orgânico (DAVIDSON et al., 2012). Liptzin et al. (2010) afirmaram que o aumento no conteúdo de água no solo cria uma barreira para a difusão no sistema solo-atmosfera, limitando assim o fluxo de saída e entrada de  $\text{CO}_2$  do solo. A variação de  $\theta$  atua sobre a difusão de substratos solúveis e de oxigênio, agindo diretamente na respiração microbiana do solo (RIBEIRO et al., 2016). Além disso, tanto a umidade como a temperatura do solo são fatores que atuam independentemente ou interdependentes na delimitação da respiração do solo (DAVIDSON et al., 2006).

O solo da Caatinga, no período de transição seco-chuvoso, teve uma temperatura ( $T_s$ ) menor ( $p < 0,05$ ) que as dos solos de Agrofloresta e Pastagem, que não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Comparando os valores médios dentro de cada área, houve diferença na Agrofloresta e Pastagem entre os períodos seco e chuvoso ( $p < 0,05$ ), enquanto que na Caatinga foi observada diferença tanto no período de transição chuvoso-seco como seco (**Figura 10b**).

Notou-se que as vegetações específicas e presentes em cada área de estudo, durante o período chuvoso apresentam o crescimento de folhas e aumento de suas copas, ocasionando em um sombreamento na superfície do solo, enquanto que em períodos de seca a luz do sol irradia-se diretamente sobre a mesma, explicando as altas temperaturas observadas ao longo do experimento (SILVA et al., 2017). Ademais, o processo de evaporação da água também contribui para variações de temperatura do solo (SILVA et al., 2017; MARQUES et al., 2020). Temperaturas muito elevadas em áreas de clima quente acabam por reduzir a população microbiana do solo e a taxa de decomposição da matéria orgânica como já confirmado por diversos autores que realizaram trabalhos na Caatinga (SOUTO et al. 2005; CORREIA et al. 2015; HOLANDA et al. 2015; FERREIRA et al. 2018).

Nas três áreas a temperatura diminuiu gradualmente com o aumento do volume de chuvas e acúmulo de água no solo. Valores mais elevados de temperatura são influenciados pela ausência ou presença de cobertura na superfície do solo que exerce importante função na troca e armazenamento de energia térmica nos ecossistemas terrestres (CARNEIRO et al., 2013). O processo de difusividade da energia térmica no solo com cobertura vegetal tende a ser influenciado negativamente, já que a variação na temperatura é um componente essencial para o balanço de energia oriundo da superfície. Além disso, com a substituição de água por ar nos espaços porosos do solo, a condutividade térmica do solo diminui. Os diferentes tipos sistema de cultivo e manejo do solo intervêm na temperatura do solo (VEIGA et al., 2010). Umidade e temperatura, são considerados por muitos estudiosos como sendo os pilares para a manutenção da respiração do solo, quando agem de forma conjunta (JANSSENS et al., 2001; ALMAGRO et al., 2009; CRAINE & GELDERMAN, 2011; GUNTIÑAS et al., 2013).

Com os maiores valores de  $R_s$  tendo sido observados em períodos chuvosos e os menores em períodos de seca, nota-se que a  $\theta$  age diretamente em  $R_s$  e é inversamente proporcional a  $T_s$  (**Figura 10c**). Os picos de respiração do solo observados no período chuvoso, justificam-se pelo fenômeno denominado de “Birch effect” que ocorre como consequência da infiltração da água da chuva, e desloca o  $CO_2$  que foi acumulado nos espaços dos poros do solo durante os períodos secos (LIU et al., 2019). Os maiores valores de  $R_s$  observados na Caatinga ocorreram pela diversidade de plantas existentes na área, que possuem maior diversidade de insumos e qualidade de resíduos afetando diretamente a diversidade e densidade microbiana, resultando em variações em  $R_s$  (SANTOS et al., 2019), além disso, a respiração radicular na Caatinga é superior à da Pastagem pela presença de raízes com profundidades que variam de 0,60 a 0,78m (PINHEIRO et al., 2013).

A variação de  $R_s$  se mostrou influenciada pela mudança dos períodos e distribuição das precipitações, além do uso das áreas analisadas. De acordo com Tang et al. (2015), a associação de altas temperaturas e baixas umidades ocasionam, em uma redução no efluxo do solo, já que essa conjuntura interfere nas relações de dependência entre atividades microbianas e enzimáticas do solo (HAN et al., 2019), restringindo a relação poro-água e minimizando a solubilidade e transporte de massa de carbono orgânico do solo (DAVIDSON et al., 2012). Notou-se que baixos valores de  $\theta$  durante períodos de seca, diminuem a taxa de  $R_s$  (ADACHI et al., 2009) informações que se contrapõem a trabalhos que afirmam a existência de uma relação positiva entre  $T_s$  e  $R_s$  em regiões temperadas (MAIA et al. 2019).

Como as áreas experimentais encontram-se em uma região de clima semiárido, percebeu-se uma relação negativa entre  $R_s$  e  $T_s$  e positiva entre  $R_s$  e  $\theta$ . As relações positivas constatadas no trabalho evidenciam o papel fundamental da precipitação e  $\theta$  como condicionantes de  $R_s$  (DAVIDSON et al., 2006). Relações entre  $\theta$ ,  $T_s$  e  $R_s$  do solo foram reafirmadas por diversos pesquisadores (DENG et al., 2012; LIU et al., 2016; NIU et al., 2019; RIBEIRO et al., 2016). Em regiões úmidas a temperatura é tida como fator condicionante (BOND-LAMBERTY & THOMPSON, 2010; LLOYD & TAYLOR, 1994), já em áreas secas com presença de chuvas sazonais, a umidade se mostra mais relevante (CONANT, et al., 2004; DENG et al., 2012; XU et al., 2004), nessas áreas a umidade é delimitada pela precipitação, o que justifica a relação positiva entre precipitação e respiração do solo encontradas no trabalho.

A variação da  $R_s$  do solo, em áreas de pastagem e florestas (Caatinga), sujeita-se a diversos fatores, como clima, umidade, temperatura e carbono orgânico do solo, disponibilidade de nutrientes e atividade de microorganismos (LIMA et al., 2020). Na pastagem da região semi-árida de Loess Plateau (China), Niu et al. (2019) constataram que a temperatura e umidade do solo se relacionam inversamente com a respiração do solo. De acordo com Oyonarte et al. (2012) em avaliações da respiração do solo como indicador do funcionamento em ecossistemas na Espanha, observou-se que maiores valores de respiração do solo podem ser interpretados como uma melhoria no estado do ecossistema.

## **5.2. Carbono Orgânico (CO) e Estoque de Carbono (Est C) do Solo**

O carbono orgânico do solo é considerado indicador-chave para identificação de padrões de qualidade do solo, evidenciando a interação entre carbono orgânico e propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (REEVES, 1997). Nas áreas experimentais integralizando os valores de carbono orgânico na camada 0-20, a Caatinga ( $0,35 \pm 0,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) apresentou maiores valores

seguida pela Agrofloresta ( $0,27\pm 0,08$  g kg<sup>-1</sup>) e por último Pastagem ( $0,17\pm 0,01$  g kg<sup>-1</sup>) (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios do carbono orgânico (g C kg<sup>-1</sup> de solo) e estoques de carbono (MG C ha<sup>-1</sup>) de solos sob diferentes usos na região semiárida de Pernambuco.

Atributo	Camada (cm)	Uso do solo		
		Agrofloresta	Caatinga	Pastagem
CO	0-10	0,33±0,07	0,53±0,40	0,17±0,01
	10-20	0,21±0,01	0,18±0,05	0,17±0,01
Est C	0-10	0,41±0,10	0,70±0,60	0,23±0,02
	10-20	0,30±0,01	0,26±0,06	0,26±0,01

**Fonte:** A autora, 2023.

Os maiores valores observados na Agrofloresta e na Caatinga associam-se a diversidade de plantas e tanto ao seu papel na adição de carbono no solo pelo processo fotossintético como ao acúmulo de resíduos vegetais no solo, que aumenta a taxa de decomposição e ciclagem de nutrientes quando associado a atividade de microartrópodes do solo. Em contrapartida, os menores valores na Pastagem refletem as consequências de um uso inadequado e intensificado do solo (SCHULZ et al. 2016; LOPES et al. 2020) somados a substituição da vegetação nativa por áreas de produção animal ou agrícola. Essa ação antrópica leva a perdas consideráveis de MOS e carbono orgânico do solo (KIILL & PORTO, 2019), além de se perdurarem e sem medidas de intervenção, como a implementação de uma agrofloresta, tornarem a área de baixa qualidade do solo por tempo indeterminada.

Notou-se na camada de 0-10 os maiores valores de carbono orgânico nas áreas de estudo e na profundidade 0-20 valores um pouco menores, essa informação identificada no trabalho condiz com estudos realizados por Gross & Harrison (2019) & Jin et al. (2017) & Li et al (2018) que observaram uma redução do carbono orgânico conforme aumento da profundidade do solo. A diferença de valores por camada é explicada ainda pela deposição de serrapilheira e sua mineralização pelos microartrópodes do solo e consequente incorporação no solo.

O estoque de carbono no solo, é considerado outro indicativo-chave da funcionalidade ambiental da área mediante boas práticas agrícolas do uso do solo. Conhecer a variação dos estoques de C no solo são fundamentais para uma boa caracterização e controle da qualidade do solo em determinada área. Os componentes que mais interferem nos estoques de carbono no

solo são, clima; relevo; classes de solo; e tipos de cobertura vegetal e uso da terra. No trabalho foram observados maiores valores de estoque de C na Caatinga ( $0,48 \pm 0,50 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) seguida pela Agrofloresta ( $0,36 \pm 0,10 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) e por último Pastagem ( $0,24 \pm 0,02 \text{ Mg C ha}^{-1}$ ) (**Tabela 3**).

Segundo Lal (1997) os processos responsáveis pelo estoque de C ocorrem via humificação, agregação e sedimentação do solo, em contrapartida, os principais processos que ocasionam na perda de C são lixiviação, erosão, volatilização e decomposição (aeróbia ou anaeróbia). Considera-se ainda que, manejo químico, variáveis climáticas (temperatura e precipitação pluvial), mecânica do solo e capacidade do solo de proteger a matéria orgânica (MO) são os principais fatores abióticos limitantes para o sequestro de C (BAYER & MIELNICZUK 2008; ASSAD et al. 2013). Silva et al. (2006) enfatizam a participação da fauna edáfica (micro, meso e macro) como reservatórios de MO no solo.

### **5.3. Diversidade de microartrópodes do solo**

No total foram coletados 3.750 indivíduos distribuídos em 19 ordens, encontradas nas três áreas experimentais. O número de indivíduos coletados na Agrofloresta foi de 943 (25,15%) distribuídos em 14 ordens. Na Caatinga foram capturados 1.425 indivíduos (38%), atribuídos em 18 ordens. Já na Pastagem foram coletados 1.382 microartrópodes (36,85%) correspondentes a 14 ordens (**Tabela 4**).

O índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) usado para estipular a diversidade de artrópodes considerando a uniformidade de abundância de ordens, foi de 1,618 para a Agrofloresta, 1,461 para a Caatinga e 1,220 para Pastagem. O índice de Simpson ( $D$ ) que expressa a dominância e reflete a probabilidade de dois indivíduos escolhidos ao acaso na comunidade pertencerem à mesma espécie, foi de 0,730 para Agrofloresta, 0,681 para Caatinga e 0,592 para Pastagem. O parâmetro de equabilidade ou uniformidade, o qual varia entre 0 e 1 (quanto mais próximo de 1 maior é considerada a semelhança na abundância das ordens), foi de 0,613 para a Agrofloresta, 0,505 para Caatinga e 0,462 para Pastagem. Expondo que a comunidade de microartrópodes amostrada tende a ser semelhante nas áreas com dominância de certas ordens. A diversidade máxima ( $H'$ ) foi observada na área de Agrofloresta e a menor na Pastagem. Já a maior riqueza de microartrópodes foi detectada no solo da Caatinga (**Tabela 4**).

De uma forma geral, observou-se maior número de ordens dominantes e não dominantes na Caatinga, com 4 e 14 respectivamente. Para a Agrofloresta foi visto 4 ordens dominantes e

10 não dominantes, já na Pastagem foram notados os menores valores de ordens dominantes, apenas 2 (**Tabela 4**).

**Tabela 4.** Análise da diversidade microartrópodes dos solos da Agrofloresta, Caatinga e Pastagem.

<b>Parâmetros</b>	<b>Áreas de coletas</b>			<b>Total</b>
	<b>Agrofloresta</b>	<b>Caatinga</b>	<b>Pastagem</b>	
<b>Riqueza (S)</b>	14	18	14	<b>19</b>
<b>Índice de Shannon</b>	1,618	1,461	1,220	
<b>Índice de Simpson</b>	0,730	0,681	0,592	
<b>Uniformidade</b>	0,613	0,505	0,462	
<b>Abundância</b>	943	1425	1382	<b>3750</b>
<b>Número de espécies</b>				
<b>Dominantes</b>	4	4	2	<b>4</b>
<b>Não-dominantes</b>	10	14	12	<b>15</b>

**Fonte:** A autora, 2023.

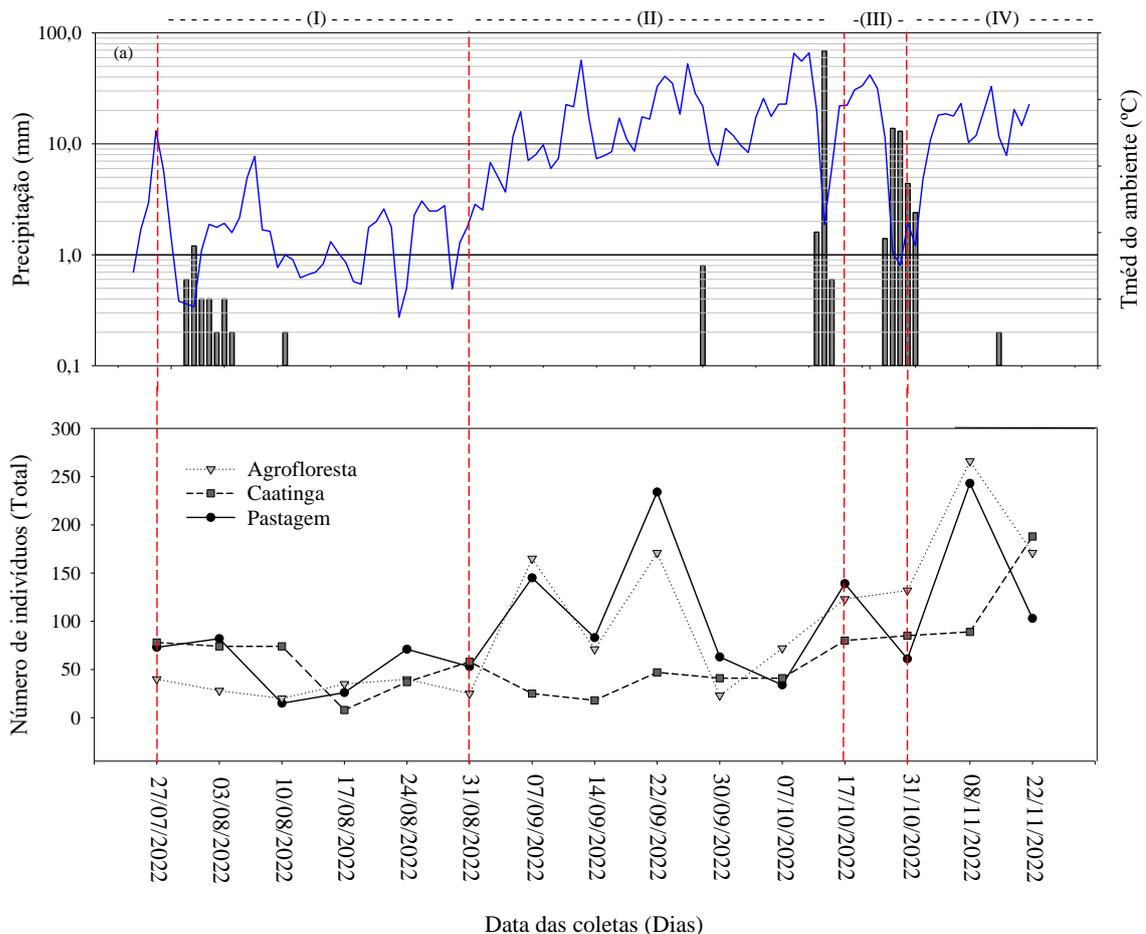
O solo é povoado por uma grande diversidade de organismos que se encontram em constante interação com o mesmo e que em suas atividades, como por exemplo a mineralização de nutrientes ou a fixação de nitrogênio, tendem a gerar consequências nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (PANKHURST & LYNCH, 1994; THEENHAUS & SCHEU, 1996) a título de exemplo, em sua fertilidade. Os índices ou indicadores de diversidade do solo para com seus microartrópodes é definido como a variedade de ordens ou espécies de organismos vivos encontrados em uma determinada comunidade, habitat e/ou região. Nos dias atuais existem uma grande quantidade de índices que podem ser utilizados para quantificar a diversidade de espécies ou ordens dentro de uma determinada área analisada, tanto pela evolução de conceitos ecológicos como pelas atuais discussões sobre a diminuição da diversidade, esses índices em sua maioria fazem uso da abundância proporcional dos grupos analisados, é válido destacar que cada índice possui suas particularidades e aplicações específicas.

Os microartrópodes do solo possuem uma grande diversidade tanto com relação à quantidade como distribuição (PETERSEN & LUXTON, 1982; WALLWORK, 1970), sendo considerados fundamentais para diversos processos como o de decomposição e mineralização da matéria orgânica (BUTCHER et al., 1971; SEADSTED, 1984; BEARE et al., 1995; LAVELLE et al., 1995), ademais, os microartrópodes podem ser considerados como importantes indicadores mediante os impactos antropogênicos em florestas (VAN

STRAALEN et al., 1988; CANCELA DA FONSECA, 1990; RUSEK & MARSHALL, 2000; DONEGAN et al., 2001), assim como em diversos agroecossistemas (MUELLER et al., 1990; WARDLE et al., 1995; BEHAN-PELLETIER, 1999).

Observou-se nas áreas uma variação na diversidade de microartrópodes ao longo dos períodos. No geral, a área que mais se destacou foi a Caatinga, com uma abundância de 1.425 indivíduos. Foi coletado ao longo do experimento um maior número de microartrópodes predadores e onívoros na Agrofloresta e Caatinga, enquanto que na Pastagem foram coletados mais indivíduos herbívoros (**Figura 11**).

Nossos resultados evidenciam também que os sistemas orgânicos (Agrofloresta e Caatinga) quando comparados aos convencionais podem ofertar maior disponibilidade e quantidade de recursos naturais, como alimentação e abrigo, favorecendo indicativos como abundância e diversidade de ordens (LANDIS et al., 2000). Com os dados também é possível observar que sistemas que possuam condições apropriadas para os microartrópodes (abrigo e disponibilidade de alimento) apresentaram maior abundância de microartrópodes predadores e onívoros (ROOT, 1973). Entre as ordens predatórias, foi observado Hymenoptera, Aranae, Orthoptera em todas as áreas experimentais, além da presença da ordem Ixodida que inclui os ácaros do grupo parasitiformes.



**Figura 11.** Número total de microartrópodes coletados por data de coleta distribuído ao longo dos períodos do experimento. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvoso. **Fonte:** A autora, 2023.

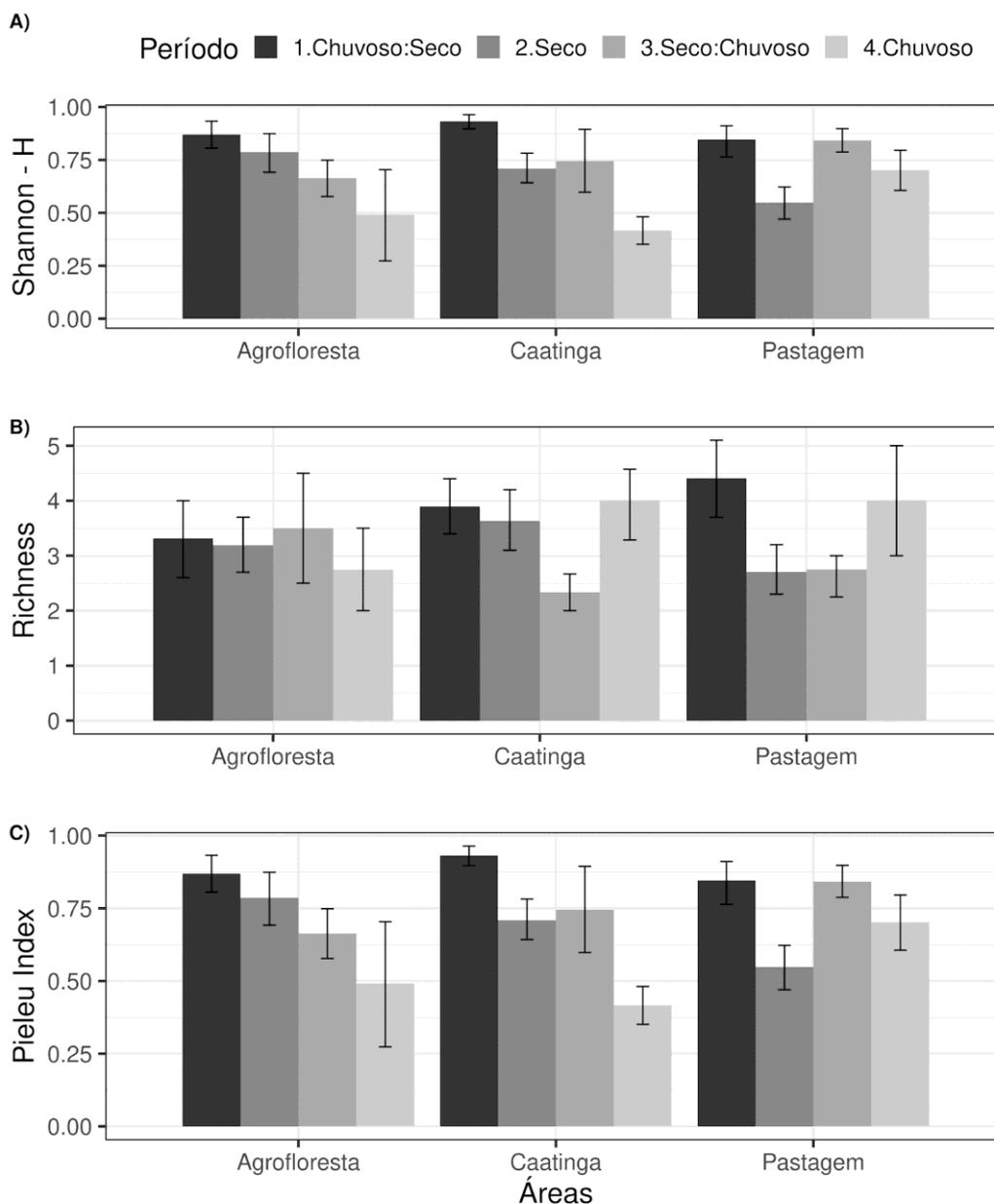
A temperatura é um fator importante na manutenção tanto do desenvolvimento como de atividades metabólicas, interferindo diretamente na densidade populacional dos microartrópodes. A temperatura considerada como ótima para o desenvolvimento desses indivíduos é de 25 °C, em geral ligada ao desenvolvimento fisiológico e com uma maior quantidade populacional de indivíduos (RODRIGUES, 2004), já a temperatura de 38 °C é considerada como limite para o desenvolvimento dos microartrópodes. Acima dessa temperatura ocorre o chamado “torpor”, ou estivação temporária, no qual os microartrópodes reduzem suas atividades metabólicas por um longo período, isso explicaria a variação de microartrópodes ao longo do experimento, percebendo-se que no período de transição chuvoso-seco se tinha uma grande quantidade de indivíduos mediante a temperatura não estar tão alta e porque se vinha de um período chuvoso (**Figura 11**).

Sobre a umidade, tem-se que a faixa favorável para as populações de microartrópodes é entre 40-80% a qual beneficia o desenvolvimento, longevidade e fecundidade dos mesmos.

Percebeu-se que tanto a temperatura como a umidade agem sobre a diversidade de microartrópodes do solo. No período de transição chuvoso-seco foi observado uma constância no número de microartrópodes, devido as condições de temperatura e umidade estarem dentro das faixas ótimas e pela disponibilidade de alimento (tanto exsudato como outros microartrópodes).

Mesmo durante o período seco, observou-se ainda grande quantidade de indivíduos nas áreas experimentais. Na Pastagem foi notado a existência de microartrópodes que possuem uma faixa ótima que suportam temperaturas mais elevadas (ordem Hymenoptera), além de se ter a presença do capim corrente (*Urochloa Mosambicensis*) que servia de fonte de alimento para os microartrópodes, que se alimentavam tanto das folhas como das substâncias químicas secretadas pelas suas raízes no solo. Já na Caatinga foi notado que o microambiente conseguia suprir as necessidades alimentares dos microartrópodes mediante a produção de exsudados pela diversidade e quantidade de plantas no local.

Nesse ponto, é válido destacar que a falta de predadores para certos indivíduos pode ter influenciado também no número de indivíduos coletados no período seco nas áreas de estudo, isso porque, alguns microartrópodes entram em estado de “turgor” e suas presas começam a aumentar seu número populacional. Com relação aos períodos de transição seco-chuvoso e chuvoso, o baixo número de diversidade de microartrópodes está relacionado com o fato de que muitos dos indivíduos encontram-se ainda em estado de “torpor” ou recém saindo do mesmo. Um dos índices mais utilizados para medir a diversidade em dados categorizados é o de Shannon-Wiener (**Figura 12a**), ou apenas Shannon ( $H'$ ), por dois pontos principais, primeiro existe uma grande facilidade na realização do cálculo e comparação por meio da aplicação de testes estatísticos e pela ampla aplicação, ademais, a base para o índice de Shannon é encontrado na teoria da informação (URAMOTO et al., 2005).



**Figura 12.** Índices de diversidade. (a) Índice de Shannon ( $H'$ ), (b) Riqueza e (c) Equabilidade de Pielou ( $J'$ ) em função do regime de chuvas em áreas de Agrofloresta, Caatinga e Pastagem. **Fonte:** A autora, 2023.

Com relação ao índice de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J'$ ) foi observado comportamento semelhante desses índices nas três áreas de estudo ao longo do período experimental. Notou-se na Agrofloresta uma diminuição gradual dos valores de  $H'$  e  $J'$  ao longo do experimento, já Caatinga e Pastagem foram observadas os maiores valores de  $H'$  e  $J'$  nos períodos de transição, com uma notável variação ao longo do experimento (**Figura 12a e 12c**). A área que se mostrou maior número de riqueza foi a Caatinga, isso graças a grande densidade

populacional de plantas que proporcionam tanto alimento como abrigo aos microartrópodes (**Figura 12b**).

As medidas de diversidade consideram basicamente dois fatores principais riqueza (**Figura 12b**) e equabilidade de Pielou (**Figura 12c**), como parâmetros complementares à diversidade. A riqueza está ligada ao número de indivíduos, sendo uma forma de quantificação por meio da contagem de espécies ou ordens encontradas dentro das amostras, já a equabilidade de Pielou é uma derivação do índice de diversidade de Shannon e permite uma representação da uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as ordens ou espécies existentes (PIELOU,1966), seu valor apresenta uma amplitude de 0 (uniformidade mínima) a 1 (uniformidade máxima).

O estudo sobre a diversidade de microartrópodes do solo pode nos permitir uma identificação de importantes benefícios naturais na Agrofloresta, fornecendo também informações comparativas sobre três sistemas e uso do solo distintos entre si. Também é possível constatar que a diversidade de microartrópodes se relaciona com a precipitação e umidade do solo, tornando claro que a umidade é um fator de direta interferência na diversidade de microartrópodes. Isso ocorre não somente pela maior disponibilidade de fontes de alimento (fungos, bactérias e exsudato das raízes) mas também pela umidade se encontrar na faixa ótima para o desenvolvimento estável dos microartrópodes.

Dentre as ordens encontradas as que mais se destacaram foram Hymenoptera com 1489 (39,70%) microartrópodes, Collembola com 1446 (38,56%) microartrópodes, Diptera com 240 (6,9%) microartrópodes e Coleoptera com 219 (5,89) microartrópodes conforme descrito no Anexo - A. A ordem Hymenoptera destaca-se pelo papel fundamental no dinamismo dos ciclos biogeoquímicos, tendo representantes responsáveis por arejar, revolver e drenar diariamente toneladas de terra garantindo assim, uma boa qualidade de solo (DIEGUEZ & PAPANOUNIS, 1993). A ordem Diptera se destaca pela importância ecológica na ciclagem de nutriente (hábito saprófago), por ter representantes que utilizam matéria orgânica em decomposição para sua alimentação participando diretamente na ciclagem de nutrientes na natureza (LINHARES, 1981).

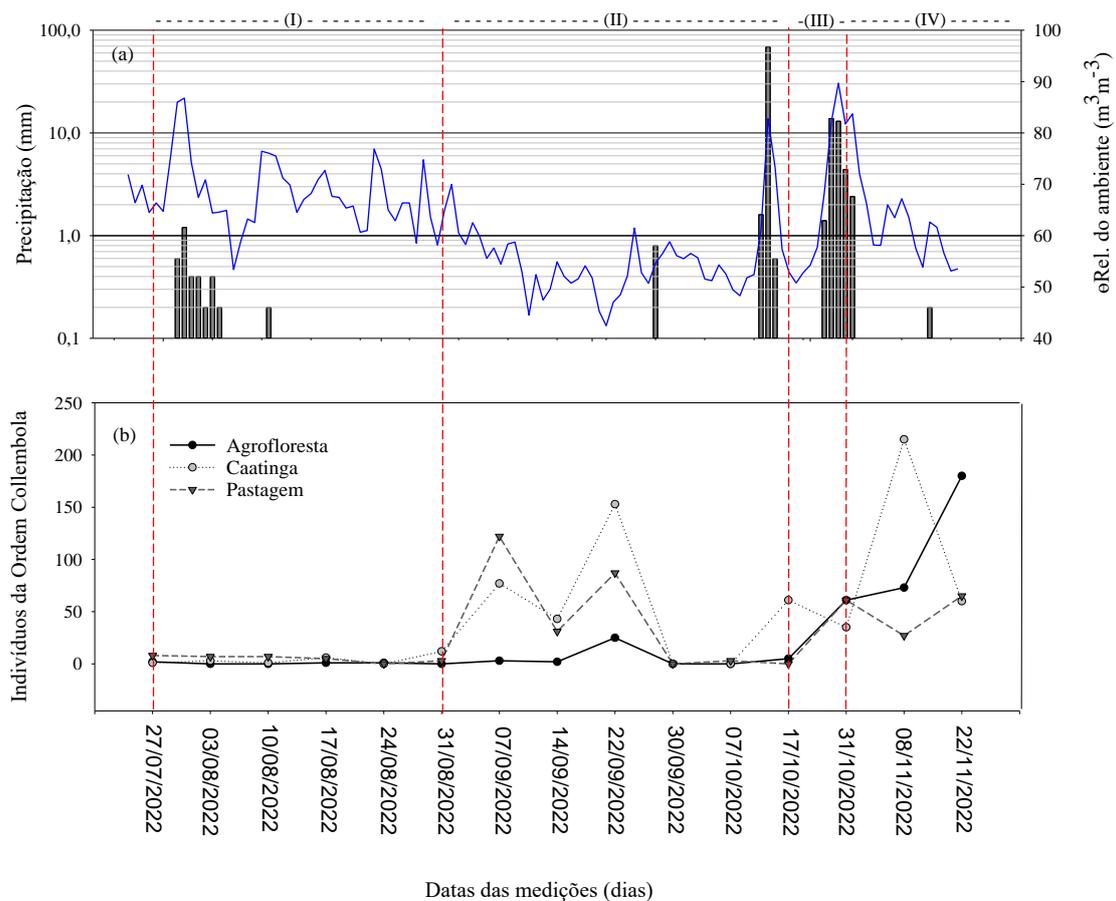
Da ordem Coleoptera, enfatizam-se os besouros coprófagos e seu papel fundamental no ecossistema de pastagens, agindo na decomposição de fezes e reciclagem de nutrientes. Os besouros agem diretamente na desestruturação das massas fecais dos animais da pastagem, acelerando o processo de decomposição (KOLLER, 1999). De acordo com Corrêa et al. (1996) os besouros coprófagos ao realizarem a ação de enterrar as fezes, cavando túneis facilitam a

entrada e a circulação do ar, destruindo o bolo fecal e o ambiente de desenvolvimento de larvas de nematódeos e mosca-dos-chifres.

No trabalho em questão a ordem de maior interesse é a Collembola, por serem considerados bioindicadores da qualidade do solo, sendo formada por microartrópodes, ápteros, que possuem grande diversidade de espécies em ambientes florestais (OLIVEIRA 2004; ZEPPELINI et al. 2013; BELLINGER et al. 2015) e habilidade de habitar e colonizar diferentes nichos (OLIVEIRA et al. 2002). Atuam diretamente na fragmentação da matéria orgânica e como dispersores de fungos do solo (OLIVEIRA, 2009). De uma forma geral, podem ser encontrados em locais úmidos, ou sob folhas caídas e no meio de detritos vegetais em decomposição, serapilheira, árvores, litoral marinho e na água doce (BELLINGER et al., 2015), se alimentando de fungos e substância vegetal ou animal.

A importância da ordem está no fato de serem bioindicadores de áreas degradadas, por responderem sensivelmente às modificações de origem antrópica no solo e vegetação (ROVEDDER et al. 2001). Nos dias atuais, a avaliação de propriedades químicas e microbiológicas do solo aliados à quantificação da diversidade de microartrópodes (Collembola), é um ponto chave para o entendimento de processos ecológicos de decomposição e ciclagem de nutrientes no solo (CHAUVAT et al., 2003; PONGE et al., 2003; CUTZ-POOL et al., 2007). De acordo com Schowalter (2018) o uso de microartrópodes como bioindicadores do solo, ocorre devido a representação quantitativa dos microartrópodes dentro da comunidade edáfica do solo, e pelos mesmos atuarem sobre a produtividade e a ciclagem de nutrientes através de suas respostas às mudanças do ambiente.

Notou-se que a maior quantidade de microartrópodes da ordem Collembola foi coletada na Agrofloresta no período chuvoso (253 indivíduos), na Caatinga nos períodos seco (334 indivíduos) e chuvoso (275 indivíduos), e na Pastagem no período seco (243 indivíduos) (**Figura 13**).



**Figura 13.** Distribuição dos eventos de chuva (a), número de indivíduos da ordem Collembola coletadas na Agrofloresta, Caatinga e Pastagem (b) ao longo dos meses de experimento. (I) Período de transição chuvoso-seco; (II) Período seco; (III) Período de transição seco-chuvoso; (IV) Período chuvoso. **Fonte:** A autora, 2023.

De acordo com Saraeva et al. (2015) os colêmbolos apresentam distribuição heterogênea em ambientes com maior variação de umidade do solo. No trabalho realizado foi possível observar a existência de uma relação positiva entre o gradiente de umidade e a quantidade de microartrópodes da ordem Collembola no período de transição seco-chuvoso e chuvoso, condizente com dados da literatura que evidenciam que a abundância de colêmbolos é maior em áreas consideradas úmidas (SARAEVA et al. 2015; SLAWSKA et al. 2017). Notou-se que as áreas experimentais apresentaram um gradiente longitudinal que interagiu diretamente na variação dos colêmbolos (**Figura 13**), sendo explicada pelas variações ambientais ocorridas nas áreas experimentais, como, temperatura, precipitação média anual, cobertura de dossel e disponibilidade de matéria orgânica; os quais estão associadas direta ou indiretamente a mudanças na disponibilidade de fontes de alimento (CASTAÑO-MENESES et al. 2004; HOPKIN 1997; RUSEK 1998). Os colêmbolos coletados no período seco foram oriundos tanto da disponibilidade de alimento (MOS e exudados) como de moradia, já que microartrópodes

com uma maior faixa de temperatura e umidade ótima continuaram com o processo de decomposição da matéria orgânica do solo.

O valor de matéria orgânica integralizado da camada 0-20 da Agrofloresta ( $0,47 \pm 0,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) pode ser explicado pelo tempo de implantação da Agrofloresta ~3 anos e atuação dos microartrópodes do solo, já que normalmente demora-se cerca de dez anos para que a área implementada tenha seu funcionamento pleno e demonstra recuperação sobre a qualidade e microartrópodes do solo. Já na Caatinga o valor de matéria orgânica encontrado ( $0,61 \pm 0,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) condiz com o fato de a área ser considerada a mata virgem sem interferência da ação antrópica tendo os microartrópodes em completo equilíbrio com suas funções ecológicas.

Já na pastagem a disponibilidade de matéria orgânica ( $0,29 \pm 0,02 \text{ g kg}^{-1}$ ) foi a mais baixa, o que possivelmente ocasionou em uma migração dos microartrópodes para áreas com maiores quantidades de matéria orgânica. De acordo com Cardoso (1992), a quantidade de resíduos orgânicos ocasiona no aumento das populações de microartrópodes do solo e se mantém constante até o esgotamento das fontes energéticas para esses indivíduos.

A composição de colêmbolos foi oriunda da variação da precipitação média e da umidade do solo (**Figura 13**). Enquanto que o quantitativo geral dos colêmbolos é um resultado ligado à matéria orgânica do solo e cobertura do dossel, corroborando assim, com Zeppelini et al. (2009). De acordo com Potapov et al. (2016), o tipo de vegetação e composição da área são fatores determinantes na variação dos colêmbolos (HOPKIN, 1997). Assim, modificações ligadas a vegetação exercem influência sobre a fauna desses microartrópodes, mediante a alteração e disponibilidade de recursos alimentares e de habitat adequado (WIDENFALK et al., 2016).

## 6. CONCLUSÕES

Observou-se que mudanças no uso do solo provocam alterações na umidade, temperatura, CO, MOS, Est C e nas propriedades físicas do solo. A Caatinga apresentou maiores valores nos indicadores analisados seguida pela Agrofloresta, evidenciando que a implementação de um sistema agroflorestal pode sim beneficiar no processo de reestruturação do solo e suas propriedades físicas. Consequências da substituição da Caatinga por pastagens, como observado nos resultados do trabalho, afetam não apenas os valores de umidade e temperatura do solo, em decorrência da mudança de um ambiente conservado e estruturado para um alterado como a pastagem, mas a qualidade da MOS, CO e Est C também são afetadas negativamente. Constatou-se que a respiração do solo pode ser usada como parâmetro para quantificar a qualidade do solo e áreas de recuperação.

Sobre os microartrópodes edáficos do solo, foi observado a existência da ordem Collembola nas três áreas de estudo, sendo o primeiro registro para a cidade de Serra Talhada – PE. Ademais, a quantificação e observação de microartrópodes do solo podem ser usados para mediar a taxa de degradação ou recuperação do solo. Além disso, o número desses indivíduos mostrou-se ligado à quantidade de matéria orgânica, o que evidencia seu papel fundamental no ciclo de nutrientes do solo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, E. A. et al. Synthesis of Brazilian Collembola: an update to the species list. *Zootaxa*, v. 2388, p. 1-22. 2010.
- ADACHI, M. et al. Spatial and temporal variation in soil respiration in a seasonally dry tropical forest, thailand. *Journal of Tropical Ecology*, 25(5), 531–539. 2009.
- ALMAGRO, M. et al. Temperature dependence of soil co<sub>2</sub> efflux is strongly modulated by seasonal patterns of moisture availability in a mediterranean ecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 41, p. 594–605. 2009.
- ALVARES, C. A. et al. Koppen's climate classification map for brazil. *Meteorologische Zeitschrift, Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart, Germany*, v. 22, n. 6, p. 711–728, 12. 2013.
- ARAÚJO-FILHO, J. C. et al. Solos do nordeste. *Embrapa solos*. 2014.
- ASSAD, E. D. et al. Changes in soil carbon stocks in Brazil due to land use: paired site comparisons and a regional pasture soil survey. *Biogeosciences*, v. 10, p. 6141-6160. 2013.
- ATKIN, O. et al. Response of root respiration to changes in temperature and its relevance to global warming. *New Phytologist*, v. 147, p. 141 – 154, 07. 2000.
- BATJES. N. H. Management options for reducing CO<sub>2</sub>: oncentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Wageningen, HO: International Soil Reference and Information Centre, 114p. 1999.
- BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L. S. da; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, Cap. 2, p. 7-18. 2008.
- BEARE, M. H. et al. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. *Plant and Soil, The Hague*, 170:5-22. 1995.
- BEHAN-PELLETIER, V. M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agriculture, Ecosystem and Environment, Amsterdam*, 74:411-423. 1999.
- BELLINGER, P. F. et al. Checklist of the Collembola of the World. 2015.
- BERLINI, S. S. Desenvolvimento de instrumentação para monitorar o potencial hídrico foliar. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. 2017.
- BOND-LAMBERTY, B. & THOMSON, A. A global database of soil respiration data. *Biogeosciences*.7:1915-26. 2010.
- BORKEN, W. & MATZNER, E. Reappraisal of drying and wetting effects on c and n mineralization and fluxes in soils. *Global Change Biology*, v. 15, p. 808–824, 04. 2009.

- BUTCHER, J. W. et al. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. *Annual Review of Entomology*, Palo Alto, 16:249-288. 1971.
- BUZZI, Z.J. *Entomologia didática*. Editora da UFPR, Curitiba. 2002.
- CANCELA DA FONSECA, J. P. Forest management: impact on soil microarthropods and soil microorganisms. *Revue d'Écologie et de Biologie du Sol*, Paris, 27(3):269-283. 1990.
- CARDOSO, E.J.B.N. Ecologia microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M. & NEVES, M.C.P., eds. *Microbiologia do solo*. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.33-39. 1992.
- CARNEIRO, R.G. et al. Estudo da temperatura do solo em dois biomas florestais nos períodos, chuvoso e seco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 6, p. 1009-1022. 2013.
- CASSAGNE, N. et al. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stands (France). *Biology and Fertility of Soils* 37: 355-361. doi: 10.1007/s00374-003-0610-9. 2003.
- CASTAÑO-MENESES, G. et al. Feeding habits of Collembola and their ecological niche. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 75: 135-142. 2004.
- CHAUVAT, M. et al. Successional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. *Oecologia*, 137:269-276. 2003.
- CONANT, R. T. et al. Controls on soil respiration in semiarid soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 36(6), 945–951. 2004.
- CORAZZA, E.J. et al. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432. 1999.
- CORRÊA et al. Gado de corte: o produtor pergunta, a EMBRAPA responde. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte.- Brasília: EMBRAPAS - PI, p.169-170. 1996.
- CORREIA, K. G. et al. Atividade microbiana e matéria orgânica leve em áreas de diferentes estágios sucessionais no semiárido Paraibano. *Rev Caatinga*. 2015.
- CORREIA, M. E. F. Relações entre a diversidade da fauna de solo e o processo de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Documentos nº156. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 2002.
- COSTA, F.S. et al. Estoque de carbono orgânico no solo e emissões de dióxido de carbono influenciadas por sistemas de manejo no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.323-332. 2008.
- CRAINE, J. & GELDERMAN, T. Soil moisture controls on temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition for a mesic grassland. *Soil Biology Biochemistry - SOIL BIOL BIOCHEM*, v. 43, p. 455–457. 2011.

CULIK, M.P. & ZEPPELINI FILHO, D. Diversity and distribution of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) of Brazil. *Biodivers. Conserv.*, 12: 1119-1143. 2003.

CUTZ-POOL, L.Q. et al. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. *Appl. Soil Ecol.*, 36:46-52. 2007.

DAVIDSON, E. A. et al. Partição vertical da produção de CO<sub>2</sub> dentro de um solo de floresta temperada. *Mudança Global Biol.* 12, 944-956. 2006.

DAVIDSON, E. A. et al. The dual arrhenius and michaelis–menten kinetics model for decomposition of soil organic matter at hourly to seasonal time scales. *Global Change Biology*, v. 18, n. 1, p. 371–384. 2012.

DAVIDSON, E. et al. On the variability of respiration in terrestrial ecosystems: Moving beyond q<sub>10</sub>. *Global Change Biology*, v. 12, p. 154 – 164. 2006.

DENG, Q. et al. Effects of precipitation increase on soil respiration: A three-year field experiment in subtropical forests in china. *PLoS ONE*, 7(7), e41493. 2012.

DIEGUEZ, F. & PAPAROUNIS, D. Formigas saúvas: gênios trabalhando. *Revista Super Interessante*, ed. 067/abril. 1993.

DONAGEMMA, G. et al. Manual de métodos de análise do solo. [S.l.]: 2. ed. rev. Rio de Janeiro. Embrapa Solos. 2011.

DONEGAN, K. K. et al. Soil and litter organisms in Pacific northwest forests under different management practices. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, 18:159-175. 2001.

DUAN, L. et al. Analysis of soil respiration and influencing factors in a semiarid dune–meadow cascade ecosystem. *Science of The Total Environment*, v. 796, p. 148993. 2021.

EBRAHIMI, M. et al. Estimating the soil respiration under different land uses using artificial neural network and linear regression models. *CATENA*, v. 174, p. 371 – 382. 2019.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3ª ed. 2017.

FERRAZ, E. M. N. et al. Composição florística em trechos de vegetação de caatinga e brejo de altitude na região do Vale do Pajeú, Pernambuco. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 7-15. 1998.

FERREIRA, C.R.P.C. et al. Soil CO<sub>2</sub> efflux measurements by alkali absorption and infrared gas analyzer in the Brazilian semiarid region. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 2018.

GROSS, C. D. & HARRISON, R. B. The case for digging deeper: Soil organic carbon storage, dynamics, and controls in our changing world. *Soil Systems*, v. 28, n. 3, p. 4–24. 2019.

GUNTIÑAS, M. E. et al. Sensitivity of soil respiration to moisture and temperature. *Journal of soil science and plant nutrition, scielocsl*, v. 13, p. 445 – 461. 2013.

- HAN, C. et al. Interactive effects of hydrological conditions on soil respiration in China's Horqin sandy land: An example of dune-meadow cascade ecosystem. *Sci Total Environ.* 2019.
- HENEGHAN, L. & BOLGER, T. Soil microarthropod contribution to forest ecosystem processes: the importance of observational scale. *Plant and Soil, The Hague*, 205(2):113-124. 1998.
- HOGBERG, P. & READ, D. Towards a more plant physiological perspective on soil ecology. *Trends in ecology evolution*, v. 21, p. 548–554, 11. 2006.
- HOLANDA, A.C. et al. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na Paraíba. *Rev Arvore.* 2015.
- HOPKIN, S. P. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. Oxford: Oxford University Press, 340 p. 1997.
- INGRISCH, J & BAHN, M. Towards a comparable quantification of resilience. *Trends Ecol. Evol.* pp. 251-259. 2018.
- JANSSENS, I. et al. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across european forests. *Global Change Biology*, v. 7, p. 269 – 278. 2001.
- JIN, W. et al. Effects of rice-wheat rotation and afforestation on microbial biomass carbon in coastal salt-affected soils of eastern china. *Pedosphere*, v. 27, p. 938–948. 2017.
- KIILL L. H. P. & PORTO, D. D. Bioma caatinga: oportunidades e desafios de pesquisa para o desenvolvimento sustentável. Embrapa, p. 65–81. 2019.
- KIM, D. et al. Improvement of soil respiration parameterization in a dynamic global vegetation model and its impact on the simulation of terrestrial carbon fluxes. *J Clim*, 32(1): 127–143. 2019.
- KIRSCHBAUM, M. The temperature dependence of organic-matter decomposition-still a topic of debate. *soil biol biochem* 38: 2510-2518. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 38, p. 2510–2518, 09. 2006.
- KOLLER, W. W. et al. Besouros coprófagos (Coleoptera; Scarabaeidae) coletados em Campo Grande, MS, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, v. 28, n. 3, p. 403-412. 1999.
- KOLLER, W.W. et al. Adaptações úteis em uma armadilha de queda. Brasília, DF: Embrapa. 2017.
- LAL, R. Soil processes and greenhouse effect. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.). *Methods for assessment of soil degradation*. Boca Raton: CRC Press, p. 199-212. 1997.
- LANDIS, D. A. et al. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175–201. 2000.
- LAVELLE, P. et al. Mutualism and biodiversity in soils. *Plant and Soil, The Hague*, 170:23-33. 1995.

- LEI, T. et al. Review of drought impacts on carbon cycling in grassland ecosystems. *Frontiers of Earth Science*, 14 (2), pp. 462-478. 2020.
- LEITE, L. F. C. *Matéria Orgânica do Solo*. Documentos 97: Embrapa. Brasília. 2004.
- LI, J. et al. Effect of reclamation on soil organic carbon pools in coastal areas of eastern China. *Frontiers of Earth Science*, v. 12, n. 2, p. 339–348. 2018.
- LI, Y. et al. Heterotrophic soil respiration in relation to environmental factors and microbial biomass in two wet tropical forests. *Plant and Soil*, v. 281, p. 193–201. 2006.
- LIMA, J. R. S. et al. Impacts of land-use changes on soil respiration in the semi-arid region of Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 44, 12. 2020.
- LINHARES, A. X. Synantropy of Calliphoridae and Sarcophagidae (Diptera) in the city of Campinas, São Paulo, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, 25(3):189-215. 1981.
- LIPTZIN, D. et al. Temporal dynamics in soil oxygen and greenhouse gases in two humid tropical forests. *Ecosystems*, v. 14, p. 171–182, 03. 2010.
- LIU, X. et al. Diurnal variation in soil respiration under different land uses on Taihang Mountain, North China. *Atmos Environ*. 2016.
- LIU, Y. et al. Modeling transient soil moisture limitations on microbial carbon respiration. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 124, 2222–2247. 2019.
- LLOYD, J. & TAYLOR, J. A. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology*, [British Ecological Society, Wiley], v. 8, n. 3, p. 315–323. 1994.
- LOPES, V. S. et al. The establishment of a secondary forest in a degraded pasture to improve hydraulic properties of the soil. *Soil and Tillage Research*, v. 198, p. 104538. 2020.
- LORANGER, G. et al. Does soil acidity explain altitudinal sequences in Collembolan communities? *Soil Biol. Biochem.*, 33:381- 393. 2001.
- MAIA, S. M. F. et al. Soil organic carbon temperature sensitivity of different soil types and land use systems in the Brazilian semi-arid region. *Soil Use and Management*, 35(3), 433–442. 2019.
- MARQUES, T. et al. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from seasonally dry tropical forests (caatinga) in the Brazilian semiarid. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 287, p. 1–15. 2020.
- MELO, L.A.S. & LIGO, M.A. V. Amostragem de solo e uso de “litterbags” na avaliação populacional de microartrópodos edáficos. *Scientia Agrícola*, v.56, n.3, p.523-528. 1999.
- MIETTINEN, J. et al. From carbon sink to carbon source: Extensive peat oxidation in insular Southeast Asia since 1990. *Environmental Research Letters*, v. 12, p. 024014, 02. 2017.

- MOREIRA, M. M. Estoque de carbono e nitrogênio em áreas de vegetação nativa e antropizada no município de Irecê. Dissertação (Mestrado em solos e qualidade de ecossistemas) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. 2013.
- MOYANO, F. et al. Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 59, p. 72–85. 2013.
- MOYANO, F. et al. Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models. *Soil Biology and Biochemistry*, v. 59, p. 72–85, 04. 2012.
- MUELLER, B. R. et al. Soil mites in detrital food webs of conventional and no-tillage agroecosystems. *Pedobiologia*, Jena, 34:389-401. 1990.
- NIU, F. et al. Responses of soil respiration to rainfall pulses in a natural grassland community on the semi-arid Loess Plateau of China. *Catena*. 2019.
- OLIVEIRA, E.P. Breve histórico sobre a fauna de solo com ênfase na diversidade de Collembola na Amazônia Brasileira. In: Cintra, R. (ed). *História Natural, Ecologia e Conservação de Algumas Espécies de Plantas e Animais da Amazônia*. p. 99- 105. 2004.
- ORESCA, D. Efeito das mudanças no uso da terra na respiração do solo e das raízes na região semiárida de pernambuco. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares) Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2022.
- OYONARTE, C. et al. The use of soil respiration as an ecological indicator in arid ecosystems of the SE of Spain: Spatial variability and controlling factors. *Ecol Indic*. 2012.
- PANKHURST, C. E. & LYNCH, J. M. The role of soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C. E.; DOUBE, B. M.; GUPT, V. V. R. S.; GRACE, P. R. (Eds.). *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*. Melbourne: CSIRO, 262 p. 1994.
- PETERSEN, H. & LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos*, Copenhagen, 39(3):287-388. 1982.
- PIELOU, E. C. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13, 131-144. 1966.
- PINHEIRO, E. A. R. et al. Effective root depth of the Caatinga biome. *J Arid Environ*. 2013.
- PONGE, J.F. et al. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biol. Biochem.*, 35:813-826. 2003.
- POST, W. M. & KWON, K. C. Soil Carbon sequestration and land-use change: Processes and potential. *Global Change Biology*, v.6, p.317-327. 2000.

- POTAPOV, A. M. & A. V. Stable isotope composition of mycophagous collembolans versus mycotrophic plants: Do soil invertebrates feed on mycorrhizal fungi? – *Soil Biology and Biochemistry* 93: 115–118. 2016.
- PRIMACK, R. B. & RODRIGUES, E. *Biologia da conservação*. Londrina: Planta; 328 p. 2001.
- QUEIROZ, M. G. et al. Spatial and temporal dynamics of soil moisture for surfaces with a change in land use in the semi-arid region of Brazil. *Catena*, 188, 104457. 2020.
- R CORE TEAM. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2020.
- REEVES, D. W. The role of soil organic matter in maintaining quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research*, v. 43, n. 1-2, p. 131-167. 1997.
- RIBEIRO, K. et al. Land cover changes and greenhouse gas emissions in two different soil covers in the Brazilian Caatinga. *Sci Total Environ*. 2016.
- ROBIGLIO, V. & REYES, M. Restoration through formalization? assessing the potential of peru's agroforestry concessions scheme to contribute to restoration in agricultural frontiers in the amazon region. *World Development Perspectives*, v. 3, p. 42–46. 2016.
- RODRIGUES, W. C. Fatores que Influenciam no Desenvolvimento dos Insetos. *Entomologistas do Brasil*. Ano 01, n. 4, p. 01-04. 2004.
- RONQUIM, C. C. Dinâmica espaço temporal do carbono aprisionado na fitomassa dos agroecossistemas do Nordeste do Estado de São Paulo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite; Ribeirão Preto: ABAGRP. 2007.
- ROOT, R. B. Organization of plant–arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleraceae*). *Ecological Monographs* 43: 95–124. 1973.
- ROSSATO, L. et al. Impact of soil moisture on crop yields over brazilian semiarid. *Frontiers in Environmental Science*, v. 5, 11. 2017.
- ROVEDDER, A.P. et al. Colêmbolos como indicadores biológicos em solos areníticos da região Sudoeste do rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, Santa Maria, 31(5): 95-99. 2001.
- RUBIO, V. E. & DETTO, M. Spatiotemporal variability of soil respiration in a seasonal tropical forest. *Ecology and evolution*, v. 7, p. 7104–7116. 2017.
- RUSEK, J. & MARSHALL, V. G. Impact of airborne pollutants on soil fauna. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, 31:395-423. 2000.
- RUSEK, J. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 7: 1207-1219. 1998.
- RZESZOWSKI, et al. The effect of soil nutrient gradients on Collembola communities inhabiting typical urban green space. *Pedobiologia*. 2017.

- SANTOS, U. J. et al. Land use changes the soil carbon stocks, microbial biomass and fatty acid methyl ester (FAME) in Brazilian semiarid area. *Arch Agron Soil Sci.* 2019.
- SARAEVA, A.K. et al. Different-scale distribution of Collembola in homogenous ground vegetation: stability of parameters in space and time. *Entomological Review* 95: 699-714. 2015.
- SCHINDLBACHER, A. et al. Experimental warming effects on the microbial community of a temperate mountain forest soil. *Soil biology biochemistry*, v. 43, p. 1417–1425, 07. 2011.
- SCHOWALTER, T.D. et al. Efeitos dos insetos nos serviços ecossistêmicos. *Ecologia Básica e Aplicada*, 26:1-7.2018.
- SCHULZ, K. et al. Grazing deteriorates the soil carbon stocks of caatinga forest ecosystems in Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 367, p. 62–70. 2016.
- SEASTEDT, T.R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology*, v.29, p.25-46. 1984.
- SILVA, P. F. et al. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. *Journal of Arid Environments*, v. 147, p. 71–82. 2017.
- SILVA, R. B. et al. Respiração edáfica como indicativo da qualidade do solo em três agrossistemas. *Enciclopédia Biosfera*, v. 6, n. 11, p. 1-15. 2010.
- SILVA, R. F. et al. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 4, p. 697-704. 2006.
- SLAWSKA, M. et al. Edaphic Collembola assemblages of European temperate primeval forests gradually change along a forest-type gradient. *European Journal of Soil Biology* 80: 92-101. 2017.
- SMITH, K. et al. Troca de gases de efeito estufa entre solo e atmosfera: interações de fatores físicos do solo e processos biológicos. *EUR. J. Soil Sci.* 54, 779-791. 2003.
- SOTTA, E. et al. Landscape and climatic controls on spatial and temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in an eastern Amazonian rainforest, Caxiuanã, Brazil. *Forest Ecology and Management*, v. 237, p. 57–64. 2006.
- SOUTO, P. C. et al. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. *Rev Bras Cienc Solo*. 2005.
- SOUZA, R. et al. Vegetation response to rainfall seasonality and interannual variability in tropical dry forests. *Hydrological Processes*, v. 30, n. 20, p. 3583–3595. 2016.
- STAMPFLI, A. et al. High land-use intensity exacerbates shifts in grassland vegetation composition after severe experimental drought. *Glob. Chang. Biol.*, 12. 2018.

- SUNKE, J.A. & BAHN, M. On the ‘temperature sensitivity’ of soil respiration: can we use the immeasurable to predict the unknown? *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 1653–1656. 2010.
- TANG, X. et al. Soil respiration and carbon balance in a Moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla* (Carr.) Mitford cv. *Pubescens*) forest in subtropical China. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, n. 5, p. 606–614. 2015.
- THEENHAUS, A. & SCHEU, S. Successional changes in microbial biomass activity and nutrient status in faecal material of the slug *Arion rufus* (Gastropoda) deposited after feeding on different plant materials. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v. 28, p. 569- 577. 1996.
- TRIPLEHORN, C.A. & JOHNSON, N.F. Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. 7nd ed. Thomson Brooks/Cole, Belmont. 2005.
- URAMOTO, K. et al. Análise Quantitativa e Distribuição de Populações de Espécies de *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) no Campus Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP. *Ecology, behavior and bionomics*. 2005.
- VAN STRAALLEN, N. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, 9:429-437. 1998.
- VEIGA, M. et al. Tillage systems and nutrient sources affecting soil cover, temperature and moisture in clayey Oxisol under corn. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p. 2011-2020. 2010.
- VELDKAMP, E. Organic Carbon Turnover in Three Tropical Soils under Pasture after Deforestation. *Soil Science Society of America Journal*, v.58, p.175-180. 1994.
- WALLWORK, J. A. Ecology of soil animals London, MacGraw-Hill. 283p. 1970.
- WARDLE, D. A. et al. The detritus foodweb and the diversity of soil fauna as indicators of disturbance regimes in agroecosystems. *Plant and Soil*, The Hague, 170:35-43 1995.
- WHITFORD, W. G. The importance of the biodiversity of soil biota in arid ecosystems. *Biodiversity Conservation*, London, 5:185-195. 1996.
- WIDENFALK, L. A. et al. Small-scale Collembola community composition in a pine forest soil e Overdispersion in functional traits indicates the importance of species interactions. *Soil Biology & Biochemistry*, 103 (52-62). 2016.
- WINK, C. et al. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 4, n. 1, p. 60-71. 2005.
- WITKAMP, P. Soils as components of ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Palo Alto, 2:85-110. 1971.
- XU, L. et al. How soil moisture, rain pulses, and growth alter the response of ecosystem respiration to temperature. *Global Biogeochemical Cycles*, 18(4). 2004.
- YAN, Z. et al. Pore-scale investigation on the response of heterotrophic respiration to moisture conditions in heterogeneous soils. *Biogeochemistry*, v. 131, p. 121–134. 2016.

ZEPPELINI, D. et al. Collembola as bioindicators of restoration in mined sand dunes of Northeastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 18:1161-1170. 2009.

ZEPPELINI, D. et al. Diversity of Collembola (Arthropoda: Hexapoda) across differents types of vegetation in Brazil. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5(3): 176-184. 2013.

ZEPPELINI, D. F. & BELLINI. B. C. *Introdução ao estudo dos Collembola*. João Pessoa: Editora da UFPB, 82 p. 2004.

**8. Anexo A – Lista de todas as ordens encontradas com suas especificações e número de microartrópodes.**

Táxon	Áreas			Grupo trófico
	Agrofloresta	Caatinga	Pastagem	
Aphidius				Parasita
- Braconidae	29	18	21	
Araneae	76	46	25	Predadora (carnívora)
- Theraphosidae	3	5	1	
Blattodea				
- Dictyoptera	28	8	6	Onívoro
Coleoptera				Detritívoras
- Harmonia				
- Coccinellinae	1	4	-	
- Ptinidae	1	10	-	
- Buprestidae				
- Buprestoidea	2	6	4	
- <i>Neoauleacoryssus speciosus</i>	-	20	8	
- <i>Euethola humilis</i>	35	78	50	
Collembola				Herbívoros e/ou detritívoros
- Colêmbolos	353	667	426	
Diptera	24	50	19	
- Musca spp	2	10	-	Produtos animais e vegetais em decomposição
- Culicidae				
- Culicoidea	50	70	15	Hematófago
Hemiptera				Fitófagos
- Cicadellidae	1	3	4	
- Dactylopiidae spp	1	-	-	
- <i>Panstrongylus geniculatus</i>	-	-	2	
- Reduviidae				
- Brontostoma spp	-	-	2	
Hymenoptera				Herbívoros e carnívoros
- Formicidae	107	143	769	
- Apocrita	10	20	-	
- Atta spp	200	90	-	
- Acromyrmex spp	-	150	-	
Ixodida				
- Carrapato	3	3	2	Parasita
Lepdoptera	0	3	2	Fitófago
Mantodea	4	2	4	Predador
Neuroptera	0	1	0	Onívoro
- Myrmeleontidae	0	1	0	Predador
Opiliones				
- Dromopoda	1	1	1	Predador
Orthoptera				
- Caelifera	4	4	12	Fitófagos (mastigador)
- Grylloidea	3	5	9	Fitófagos (mastigador)
Phasmatodea	0	1	1	Fitófagos
Scorpiones				
- Dromopoda	2	0	0	Predador (carnívoro)
Squamata				
- Hemidactylus spp	0	1	0	Vertebrados e invertebrados
- <i>Vanzosaura rubricauda</i>	3	-	-	Vertebrados e invertebrados
Thysanoptera				
- Exopterygota	0	3	0	Onívoro
Zygentoma				
- Dicondylia	0	2	0	Carboidratos