



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**ISADORA NAYARA BANDEIRA MEDEIROS DE MOURA**

**SAZONALIDADE DE ARTRÓPODES EDÁFICOS, TAXA DE  
DECOMPOSIÇÃO FOLIAR E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM *Spondias  
cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**AREIA  
2024**

**ISADORA NAYARA BANDEIRA MEDEIROS DE MOURA**

**SAZONALIDADE DE ARTRÓPODES EDÁFICOS, TAXA DE  
DECOMPOSIÇÃO FOLIAR E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM *Spondias  
cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

Trabalho de Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Agronomia.

Sob a Orientação  
Prof. Dr. Jacob Silva Souto

**AREIA  
2024**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Catálogo na publicação Seção de Catalogação e Classificação

M929s Moura, Isadora Nayara Bandeira Medeiros de.

Sazonalidade de artrópodes edáficos, taxa de decomposição foliar e redistribuição de nutrientes em *Spondias cytherea* Sonn. no Semiárido da Paraíba / Isadora Nayara Bandeira Medeiros de Moura. - Areia:UFPB/CCA, 2024.  
105 f.: il.

Orientação: Jacob Silva Souto. Tese  
(Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Decomposição foliar. 3. Mesofauna edáfica. 4. Armadilhas  
Provid. 5. Ciclagem de nutrientes. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

UFPB/CC

CDU

**ISADORA NAYARA BANDEIRA MEDEIROS DE MOURA**

**SAZONALIDADE DE ARTRÓPODES EDÁFICOS, TAXA DE  
DECOMPOSIÇÃO FOLIAR E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES EM *Spondias  
cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**Aprovado como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM  
AGRONOMIA (Agricultura Tropical) pela Comissão Examinadora:**

Documento assinado digitalmente  
 JACOB SILVA SOUTO  
Data: 27/07/2023 18:04:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Jacob Silva Souto - UFCG/CSTR (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 MANOEL BANDEIRA DE ALBUQUERQUE  
Data: 27/07/2023 18:29:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Manoel Bandeira de Albuquerque- UFPB/CCA

Documento assinado digitalmente  
 PATRICIA CARNEIRO SOUTO  
Data: 27/07/2023 18:09:29-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Patrícia Carneiro Souto - UFCG/CSTR

Documento assinado digitalmente  
 ANE CRISTINE FORTES DA SILVA  
Data: 27/07/2023 18:33:12-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ane Cristine Fortes da Silva – UFERSA/CCA

Documento assinado digitalmente  
 LAUTER SILVA SOUTO  
Data: 27/07/2023 18:52:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Lauter Silva Souto - UFCG/CCTA

Data da realização: 27 de fevereiro de 2023

Documento assinado digitalmente  
 JACOB SILVA SOUTO  
Data: 27/07/2023 18:04:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Presidente da Comissão Examinadora  
Prof. Dr. Jacob Silva Souto  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus** pelo dom da vida, por ter me protegido do todo mal, iluminado meu caminho, me dado conhecimento, sabedoria e forças para enfrentar os problemas e dificuldades encontradas ao longo desses anos, que sem nenhuma dúvida foram os mais difíceis e árduos da minha vida.

Gratidão aos meus pais (**José Nilson e Tereza Maria**), por todo o apoio (nos momentos mais difíceis), incentivo, compreensão (pela ausência e saudade diária), amor e carinho. Espero em breve retribuir tudo o que foi me dado até aqui!

Agradeço a todos os meus familiares (irmãos, avó, tias, primos/as), que mesmo distantes sempre estavam orando, rezando, torcendo por minhas conquistas.

Sou muito grata ao **Prof. Jacob Souto**, pelas oportunidades de crescimento que me proporcionou durante toda essa trajetória. Obrigado pelos sábios conselhos, palavras positivas, ensinamentos e paciência.

Aos meus amigos, **Laiza Gomes, Anna Karolina, Ana Carla, Fiana Tavares, Ítala Tavares, Manuela Nascimento, Lunara Gleika e Henrique Campos**, que sempre me incentivaram e compartilharam inúmeras vezes comigo o medo, incertezas e questionamentos do doutorado e vida profissional. Mesmo distantes, sempre estiveram presentes em minha vida. Obrigada!

Agradeço a todos os amigos (**Gleyse Lopes, Maria Alaíne, Joyce Naiara, Karla Danielli, João Paulo, Jaltiry Bezerra, Arliston Pereira e Jailson Medeiros**) que encontrei ao longo dessa jornada. Vocês foram anjos enviados por Deus para acalmar meu coração, me consolar e aconselhar nos dias ruins, dividindo momentos de muita alegria e trabalho.

Um agradecimento especial a todas as pessoas que compõem o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas/LabNut-UFCG (**Alisson Guimarães, Leonardo, Thayna Medeiros, Mikaella Meira, Kyegla Martins, Gerlanny Moraes, Manoella Rodrigues, Talyta, e Dannilo Silva**). Vocês foram essenciais na construção e finalização desse trabalho. Minha eterna gratidão por todas as coletas de dados e todo o trabalho pesado no laboratório.

A Seu **Lino**, por ter nos permitido realizar essa pesquisa em sua propriedade, sendo peça fundamental para que este trabalho acontecesse.

Agradeço a todos que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, dos professores a funcionários e alunos que colaboraram na construção desta tese.

Agradecimento especial aos membros da banca examinadora: por terem aceitado participar e contribuir de forma muito positiva com o trabalho desenvolvido.

À Universidade Federal da Paraíba (**UFPB**), pela oportunidade de cursar esse curso de pós-graduação em nível de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a conquista desse objetivo tão singular, e que acima de tudo acreditaram na minha capacidade de superar as adversidades, e alcançar esse título, que sempre foi um sonho. Esta vitória não é apenas minha, é nossa, pois sem vocês não teria sido possível.

**A todos, minha eterna gratidão!**

“Sabemos que Deus age em todas as coisas para o bem daqueles que o amam, dos que foram chamados de acordo com o Seu propósito.”  
Romanos 8:28

## RESUMO GERAL

A ciclagem de nutrientes envolve as etapas de deposição de material orgânico, sua decomposição e disponibilização de nutrientes, sendo estas fundamentais para a manutenção das plantas no ecossistema. Os fatores bióticos e abióticos regulam essas etapas, determinando a sustentabilidade do ambiente. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho estudar a distribuição, diversidade e abundância da fauna edáfica, bem como sua influência na taxa de decomposição foliar e na redistribuição dos nutrientes em *Spondias cytherea* Sonn., no semiárido da Paraíba. O trabalho foi desenvolvido no Assentamento Campo Comprido, no município de Patos-PB, no período de julho/2020 a julho/2021. As amostragens da macrofauna e mesofauna edáfica foram realizadas utilizando-se armadilhas do tipo “Provid” e anéis metálicos, respectivamente. A taxa de decomposição foliar foi estimada por meio da utilização de sacolas de náilon, distribuídas em diferentes distâncias do caule, na superfície do solo e na profundidade de 20 cm. Os teores e a percentagem de redistribuição de macronutrientes e sódio foram avaliados em diferentes estádios foliares, divididos em quatro tratamentos equivalentes a folhas jovens, intermediárias, maduras e decíduas (cinco repetições), e quatro plantas por repetição. Observou-se que o maior número de indivíduos da macrofauna edáfica foi encontrado na área de mata ciliar, ao passo que os organismos da mesofauna foram mais abundantes na área de Caatinga. A maior taxa de decomposição foliar ocorreu nos primeiros 120 dias, quando as folhas de *Spondias cytherea* Sonn. que se encontravam enterradas e próximas ao tronco sofreram influência dos picos pluviométricos e, conseqüentemente, do conteúdo de água e maior atividade de agentes decompositores; por sua vez, o tratamento no qual as sacolas de náilon estavam dispostas na superfície do solo e mais distantes do caule sofreu mais influência da elevação da temperatura e fotodegradação registrados durante este período. Os maiores teores de N, P, K, Mg e Na ocorreram em folhas jovens.

**Palavras-chave:** decomposição foliar; mesofauna edáfica; armadilhas Provid; ciclagem de nutrientes.

## GENERAL ABSTRACT

Nutrient cycling involves the stages of deposition of organic material, its decomposition and availability of nutrients, which are fundamental for the maintenance of plants in the ecosystem. The biotic and abiotic factors regulate these stages, determining the sustainability of the environment. Thus, the objective of this work was to study the distribution, diversity and abundance of the edaphic fauna, as well as its influence on the rate of leaf decomposition and the redistribution of nutrients in *Spondias cytherea* Sonn., in the semiarid region of Paraíba. The work was developed in the Campo Comprido Settlement, in the municipality of Patos-PB, covering the period from July/2020 to July/2021. Samplings of edaphic macrofauna and mesofauna were carried out using adapted "Provid" traps and metallic rings, respectively. The leaf decomposition rate was estimated using nylon bags, distributed at different distances from the stem, both on the soil surface and in depth. The levels and percentage of redistribution of macronutrients and sodium were evaluated at different leaf stages, divided into four treatments equivalent to young, intermediate, mature and deciduous leaves, in five replicates and four plants per replicate. As a result, it was observed that the highest number of edaphic macrofauna individuals was found in the riparian forest area, while mesofauna organisms were more abundant in the Caatinga area. The highest leaf decomposition rate occurred in the first 120 days, in which the *Spondias* leaves that were buried and close to the trunk were influenced by rainfall peaks and, consequently, by the water content and greater activity of decomposers; the treatment in which the nylon bags were placed on the surface of the soil and farther from the stem, was more influenced by the increase in temperature and photodegradation recorded during this period. The highest levels of N, P, K, Mg and Na occurred in young leaves.

**Keywords:** leaf decomposition; soil macrofauna; provid traps; nutrient cycling.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I – DISTRIBUIÇÃO, DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA EM CULTIVO DE *Spondias cytherea* Sonn. E EM ÁREAS ADJACENTES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA

- Figura 1** – Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 35
- Figura 2** – Armadilhas do tipo PROVID adaptadas com garrafa Pet instaladas nas áreas de coletas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 37
- Figura 3** – Amostras dispostas no aparato de ‘Berlese-Tullgren’ para extração de organismos da mesofauna edáfica do Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 38
- Figura 4** – Número total de indivíduos da macrofauna edáfica em função da precipitação pluviométrica durante o período experimental no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 43
- Figura 5** – Número total de indivíduos da mesofauna edáfica em função da precipitação pluviométrica durante o período experimental no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 47
- Figura 6** – Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) para influência das variáveis ambientais sobre as ordens da fauna edáfica, nos períodos seco e chuvoso, em todas as áreas de estudo no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 49
- Figura 7** – Dendrograma vertical de agrupamentos hierárquicos dos períodos sazonais (seco e chuvoso), nas áreas estudadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 51

### CAPÍTULO II – TAXA DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA

- Figura 1** – Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 61
- Figura 2** – Sacolas de náilon com folhas de *Spondias cytherea* Sonn. para avaliação da taxa de decomposição no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 64
- Figura 3** – Material vegetal foliar de *Spondias cytherea* Sonn. em decomposição durante as coletas das sacolas de náilon no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB..... 65

<b>Figura 4</b> – Medição da temperatura (°C) do solo, em diferentes profundidades (cm), no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	67
<b>Figura 5</b> – Coleta de solo e avaliação do conteúdo de água do solo em laboratório, em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	67
<b>Figura 6</b> – Precipitação acumulada (mm), temperatura média (°C) e conteúdo de água no solo (U%) registrados mensalmente no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	69
<b>Figura 7</b> – Curvas de decomposição de material foliar de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. ajustadas por meio de modelo exponencial para a obtenção da constante k em diferentes profundidades e distancias do caule no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	72
<b>Figura 8</b> – Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) para influência da taxa de decomposição, das variáveis ambientais e indivíduos da fauna edáfica, nos períodos seco e chuvoso no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	74

### **CAPÍTULO III – CONCENTRAÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FOLIARES DE *Spondias cytherea* Sonn.**

<b>Figura 1</b> – Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	86
<b>Figura 2</b> – Pomar de Cajaranas ( <i>Spondias cytherea</i> Sonn.) no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	87
<b>Figura 3</b> – Redistribuição de nutrientes em quatro distintos tratamentos de folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	88
<b>Figura 4</b> – Lavagem de folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. em água corrente (A) e em água destilada (B) coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	90
<b>Figura 5</b> – Estufa utilizada para secagem do material (A). Moinho tipo Willey utilizado na moagem das folhas (B) coletadas Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	90
<b>Figura 6</b> – Preparação para a digestão nitroperclórica de amostras de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	92
<b>Figura 7</b> – Teores de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	93
<b>Figura 8</b> – Teores de P ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	95

<b>Figura 9</b> – Teores de K ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.....	96
<b>Figura 10</b> – Teores de Ca ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.....	97
<b>Figura 11</b> – Teores de Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.....	98
<b>Figura 12</b> – Teores de Na ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.....	99

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I - DISTRIBUIÇÃO, DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA EM CULTIVO DE *Spondias cytherea* Sonn. E EM ÁREAS ADJACENTES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA

<b>Tabela 1</b> – Descrição das diferentes espécies vegetais nas áreas de estudo com suas respectivas coordenadas geográficas no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	36
<b>Tabela 2</b> – Número de indivíduos e frequência relativa da macrofauna edáfica coletados em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	41
<b>Tabela 3</b> – Número total de indivíduos para as diferentes áreas avaliadas nos períodos seco e chuvoso, no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	42
<b>Tabela 4</b> – Índices de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para macrofauna em diferentes áreas de estudo no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	44
<b>Tabela 5</b> – Número de indivíduos, frequência relativa, índice de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para mesofauna edáfica em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	44
<b>Tabela 6</b> – Número de indivíduos da mesofauna edáfica nos períodos seco e chuvoso, nas diferentes áreas estudadas no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	45
<b>Tabela 7</b> – Variáveis climáticas para os diferentes períodos sazonais no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	47
<b>Tabela 8</b> – Matriz de correlação de Pearson entre a abundância das ordens da fauna edáfica e das variáveis ambientais, nas diferentes áreas avaliadas no Assentamento de Campo Comprido, Patos-PB.....	48

### CAPÍTULO II - TAXA DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA

<b>Tabela 1</b> – Caracterização química do solo da área de pomar localizada no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	62
<b>Tabela 2</b> – Taxa de decomposição, tempo necessário para decomposição de 50% e 95% de material foliar de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	70
<b>Tabela 3</b> – Percentual de massa remanescente de material foliar de <i>Spondias cytherea</i> Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.....	73

### **CAPÍTULO III – CONCENTRAÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FOLIARES DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

**Tabela 1** – Caracterização química do solo da área de pomar localizada no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB..... 89

**Tabela 2** – Teores de macronutrientes, sódio e redistribuição em quatro tipos de folhas de *Spondias cytherea* Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB. 100

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	15
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
2.1 A região Semiárida brasileira e suas potencialidades .....	17
2.2 Aspectos gerais da Cajaraneira ( <i>Spondias cytherea</i> Sonn.) .....	18
2.3 Potencial social e econômico da Cajaraneira .....	19
2.4 Decomposição e ciclagem de nutrientes .....	19
2.5 Diagnose foliar .....	21
2.6 Fauna edáfica: mesofauna e macrofauna .....	23
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

### **CAPÍTULO I - DISTRIBUIÇÃO, DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA EM CULTIVO DE *Spondias cytherea* Sonn. E EM ÁREAS ADJACENTES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

<b>RESUMO</b> .....	31
<b>ABSTRACT</b> .....	32
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	33
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
2.1 Caracterização da área de estudo .....	35
2.2 Avaliação da macrofauna edáfica .....	36
2.3 Avaliação da mesofauna do solo .....	37
2.4 Aplicação dos índices ecológicos .....	39
2.5 Temperatura do solo (TS) e Conteúdo de água no solo (CAS) .....	39
2.6 Variáveis ambientais e análise estatística .....	40
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	52
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	53

### **CAPÍTULO II - TAXA DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

<b>RESUMO</b> .....	57
<b>ABSTRACT</b> .....	58
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	59
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	61
2.1 Caracterização da área de estudo .....	61
2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	62
2.3 Caracterização físico-química da área .....	62

2.4 Taxa de velocidade de decomposição foliar de <i>Spondias cytherea</i> Sonn.....	63
2.5 Temperatura do solo (T=0; T=15) e Conteúdo de água no solo (CAS) .....	66
2.6 Dados meteorológicos e estatísticos .....	68
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>

**CAPÍTULO III - CONCENTRAÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FOLIARES DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

<b>RESUMO .....</b>	<b>82</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>83</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>84</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>86</b>
2.1 Caracterização da área de estudo .....	86
2.2 Delineamento experimental e tratamentos .....	87
2.3 Caracterização físico-química da área .....	88
2.4 Coleta e preparação das amostras foliares de <i>Spondias cytherea</i> Sonn....	89
2.5 Digestão Nítrica das amostras .....	91
2.6 Análise estatística dos dados .....	92
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>93</b>
<b>3.1 Teores de macronutrientes e sódio nas folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn.....</b>	<b>93</b>
<b>3.2 Redistribuição de Macronutrientes e sódio nas folhas de <i>Spondias cytherea</i> Sonn.....</b>	<b>100</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>103</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A região semiárida do Nordeste brasileiro, compreendida pelo bioma Caatinga, apresenta características singulares, como elevadas temperaturas, taxas de insolação e índices de evaporação, ocorrendo diferenças entre os períodos diurnos e noturnos; precipitações pluviométricas irregulares, havendo variabilidade no tempo e no espaço; muito dos solos pouco intemperizados, com predomínio de solos rasos formados sobre rochas do embasamento cristalino, favorecendo a existência de baixos teores de matéria orgânica.

A vegetação que abrange essa região é do tipo xerófila, rica em espécies arbóreas e arbustos caducifólios, com recursos genéticos vegetais adaptados às condições edafoclimáticas, podendo ser vistas inúmeras espécies frutíferas de importância social e econômica para a população rural, servindo de alimento e fonte de renda, por meio da sua comercialização (ARAÚJO; QUEIROZ; OLIVEIRA, 2019).

A produção agrícola na região semiárida é fortemente vinculada às condições edafoclimáticas, principalmente precipitação pluviométrica. Dessa forma, o cultivo de espécies frutíferas como a cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.) é uma realidade, ainda que seja explorada de forma extrativista e subspontânea em quintais e pomares domésticos. Essa cultura vem demonstrando potencial produtivo para a região, permitindo autonomia e incremento na renda de produtores rurais, por meio da comercialização da fruta *in natura* durante o período de safra e de subprodutos (polpas de frutas, doces, cachaças) durante o período subsequente.

O gênero *Spondias* sp., assim como a maioria das plantas caducifólias, apresenta no período mais seco do ano, como estratégia de sobrevivência, a perda de suas folhas, promovendo a formação da serrapilheira do solo. A serrapilheira compreende todo material vegetal depositado no solo pelas árvores, como folhas, ramos e estruturas reprodutivas, influenciando diretamente na ciclagem nutricional, a partir do incremento de matéria orgânica ao solo, influenciando sua fertilidade (PINTO *et al.*, 2016).

A decomposição da serrapilheira é realizada por microrganismos e pela população edáfica (organismos invertebrados), sendo fundamental para as funções ecossistêmicas ligadas ao solo, em especial a ciclagem de nutrientes (MARIOTTE *et al.*, 2018; YEONG *et al.*, 2016). Vários fatores atuam no controle desse processo, agindo em diferentes escalas temporais e espaciais, incluindo a composição da comunidade dos decompositores (AUSTIN *et al.*, 2014), e as condições ambientais, como, por exemplo, fatores climáticos (KEISER; BRADFORD, 2017), propriedades do solo (ZHANG *et al.*, 2018) e a qualidade da serrapilheira (ALBERTI *et*

*al.*, 2017; ZHANG *et al.*, 2018). Assim sendo, a decomposição da serrapilheira é um processo integrador, podendo ser utilizada como indicador do funcionamento de ecossistemas, expondo os processos de *feedback* entre solo-planta em diferentes sistemas (HORODECKI; JAGODZIŃSKI, 2017).

Um importante mecanismo de aproveitamento de nutrientes é a ciclagem no interior dos tecidos vegetais, ainda conhecida como translocação ou redistribuição de nutrientes. O entendimento do mecanismo da redistribuição de nutrientes pode promover benefícios às plantas, permitindo o conhecimento dos teores de nutrientes nas folhas, possibilitando analisar o estado nutricional da cultura e definir estratégias eficientes em seu manejo, visando à obtenção de altas produtividades, com custos reduzidos.

Uma forma de se avaliar o fluxo e estado nutricional de uma planta é por meio da diagnose foliar, comparando uma amostra do tecido vegetal com um padrão previamente estabelecido. O padrão é uma planta que possui todos os nutrientes em proporções adequadas e, portanto, capaz de fornecer condições favoráveis para que a planta expresse seu potencial genético máximo para produção (PARENTA *et al.*, 2019).

Portanto, considerando a relevância e a escassez de pesquisas relacionadas à nutrição desta cultura, viu-se a necessidade de entender a influência dos organismos edáficos no processo de decomposição de resíduos vegetais, ciclagem de nutrientes e na redistribuição de nutrientes nas plantas. Assim sendo, este trabalho objetivou estudar a distribuição, diversidade e abundância da fauna edáfica, bem como sua influência na taxa de decomposição foliar e na redistribuição de macronutrientes e sódio na cultura em *Spondias cytherea* Sonn., no semiárido da Paraíba.

Esta tese encontra-se estruturada em três capítulos, os quais estão compostos de coletas realizadas em um pomar de *Spondias cytherea* Sonn, localizado no Assentamento Campo Comprido, município de Patos, semiárido da Paraíba.

O primeiro capítulo é intitulado “**Distribuição, diversidade e abundância da fauna edáfica em cultivo de *Spondias cytherea* Sonn. e áreas adjacentes no semiárido da Paraíba**”.

O segundo capítulo é intitulado “**Taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn. no semiárido da Paraíba**”.

O terceiro capítulo é intitulado “**Concentração e redistribuição de nutrientes nos diferentes estádios foliares de *Spondias cytherea* Sonn. no semiárido da Paraíba**”.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A região Semiárida brasileira e suas potencialidades

O Semiárido brasileiro ocupa uma área de cerca de 969.589,4 km<sup>2</sup>, possui o bioma Caatinga e se caracteriza por elevadas temperaturas e índices de evaporação, uma vez que a região é submetida a forte radiação solar durante o ano todo. A precipitação pluviométrica é distribuída de forma restrita e irregular em toda a região (200 a 800 mm anuais), estando concentrada em poucos meses do ano e solos pouco intemperizados (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012; ZANELLA, 2014). Além dessas condições edafoclimáticas, outra característica marcante dessa região é a vegetação hiperxerófila.

A cobertura vegetal que abrange a maior parte do Semiárido é do tipo caatinga hiperxerófila arbórea aberta, rica em espécies arbóreas e arbustos caducifólios, espinhosos e herbáceos, adaptadas às condições edafoclimáticas, característicos do bioma Caatinga que, ao contrário do que se pensa, é altamente rico em biodiversidade, destacando-se de todas as regiões semiáridas do planeta (SILVA *et al.*, 2010; PEREIRA, 2012).

Os solos da região semiárida geralmente são rasos, pouco intemperizados, de baixa fertilidade e com predomínio da fração areia em sua constituição granulométrica. Associado a isso, as características climáticas e a reduzida capacidade de suporte da vegetação para a reposição da serrapilheira fazem essa região exibir baixos teores de matéria orgânica do solo (MOS), porém estáveis e em equilíbrio com a dinâmica do ecossistema. Contudo, com as modificações do uso do solo pelas atividades agrícolas e extrativistas, esse equilíbrio pode ser facilmente perdido, provocando alterações nos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes, especialmente do C e N, relevantes na dinâmica dos ecossistemas (GIONGO *et al.*, 2011).

Atualmente, a economia do Semiárido baseia-se na agricultura, pecuária e também no extrativismo vegetal. A pecuária é caracterizada pela criação de bovinos, caprinos e ovinos, que normalmente sobrevivem dos recursos ofertados pela própria Caatinga (ARAÚJO FILHO, 2013). Nas atividades agrícolas, destacam-se a agricultura familiar, desenvolvida com pouco nível tecnológico pelo cultivo tradicional de sequeiro, e os agropolos irrigados (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2012).

O potencial frutífero da região é diverso, havendo produção em áreas de perímetro irrigado ou áreas exploradas de forma extrativista. Destacam-se o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda), mangaba (*Hancornia speciosa* Gomez), jatobá (*Hymenaea* spp.), cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.), juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) e o murici (*Byrsonima* spp.), frutas exploradas de forma extrativista (MENDES, 2012).

A cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.), uma frutífera nativa da região Nordeste, adapta-se bem às condições edafoclimáticas da região semiárida da Paraíba, demonstrando bom potencial produtivo, sendo na época de safra fonte de renda para produtores de comunidades rurais. Além de sua comercialização *in natura* durante a período produtivo, os frutos são colhidos e processados para fabricação de polpas de frutas, doces, geleias e cachaças, uma vez que o mercado consumidor demonstra interesse por frutas tradicionais de clima tropical e subtropical, propiciando renda aos produtores durante o ano todo (DONATO *et al.*, 2019).

## **2.2 Aspectos gerais da Cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.)**

No Brasil existem cerca de 68 espécies que pertencem à família Anacardiaceae. O gênero *Spondias* contém 20 espécies, sendo seis dessas encontradas no Brasil e quatro concentradas na região Nordeste: a cajazeira (*Spondias mombim*), a qual tem o núcleo de diversidade na Amazônia e na mata atlântica; o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* L.), nativo do semiárido nordestino; a serigueleira (*Spondias purpurea*), originária da América Central; a cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonn.), natural da Polinésia (SOUZA & ARAÚJO, 1999).

A cajaraneira é uma árvore que se desenvolve bem em solos profundos e bem drenados, variando de arenosos a argilosos. Classifica-se como planta de porte médio (5,0 a 8,0 m), apresentando copa umbeliforme com diâmetro variante entre 10 a 15 m. Por meio do sistema radicular (xilopódios), essas plantas adaptam-se bem ao estresse hídrico, acumulando água em seus tecidos radiculares. Durante o período seco, essas plantas entram em estado de dormência (mecanismo de sobrevivência), perdendo suas folhas e, por meio dos xilopódios (armazenamento de água e nutrientes), conseguem sobreviver até o período chuvoso (NEVES, 2010).

As plantas do gênero *Spondias* sp. apresentam botanicamente ramos grossos e quebradiços, folhas compostas variando de 11 a 13 folíolos, flores dispostas em grandes panículas terminais. Os frutos se apresentam aglomerados em forma de drupa ovoide ou oblongo, com coloração amarela (maduros) e casca fina e lisa. A polpa é compacta e succulenta, de cor amarelo-pálida, com sabor levemente ácido-adocicado bastante agradável, que recobre uma semente ou caroço (MOURA; PINTO; FIGUEIREDO, 2011).

A forma de propagação do gênero *Spondias* sp. ocorre pelos métodos sexuais e assexuais. Entretanto, algumas plantas não produzem grão de pólen fértil e nem sementes viáveis. Desse modo, o endocarpo, conhecido como “caroço”, é usado como semente na propagação sexual desse gênero. Outro método de propagação usado é a enxertia, que vem demonstrando resultados promissores na clonagem de cajazeira, umbu-cajazeira e umbuzeiro.

O método de estaquia também é usado, porém tem demonstrado pouco sucesso, uma vez que ocorre a formação das brotações, porém não há o enraizamento das mudas (SOUZA *et al.*, 2020).

### **2.3 Potencial social e econômico da Cajaraneira**

Na região Nordeste, as espécies que compõem o gênero *Spondias* sp. demonstram grande relevância social e econômica, comprovado pelo crescente interesse pelos frutos e subprodutos processados. Além da importância alimentar, são utilizadas na medicina popular (extratos das folhas) e crescente na indústria farmacêutica. O extrato das folhas contém taninos elágicos e propriedades antivirais (SACRAMENTO; SOUZA, 2000), e atividade antimicrobiana (AJAO *et al.*, 2008; SANTANA, 2010).

Ainda que seu cultivo seja de forma extrativista, a cajaraneira já participa do agronegócio regional, visto que seus frutos comercializados e consumidos *in natura* ou processados são bastante apreciados e valorizados, confirmando o potencial econômico desse gênero e evidenciando a necessidade de soluções tecnológicas que propiciem a instalação de pomares frutícolas precoces, modernos e principalmente produtivos, melhorando a qualidade dos frutos, com padronização da cor, do aroma e do sabor (DONATO *et al.*, 2019).

### **2.4 Decomposição e Ciclagem de nutrientes**

A decomposição é um processo ecológico chave que equilibra a produção primária líquida nos ecossistemas terrestres e é essencial para reposição de nutrientes da comunidade vegetal e o armazenamento de C no solo. Esse processo é caracterizado pela quebra (degradação) das estruturas de carbono dos resíduos vegetais e animais adicionados ao solo e mineralização, por meio da quebra de formas orgânicas mais complexas em compostos orgânicos mais simples e em elementos minerais (SILVA; MENDONÇA, 2007).

Em condições semiáridas, a entrada de materiais orgânicos é fundamental para manter a fertilidade do solo e a produção das culturas. O processo de decomposição e estabilização de resíduos orgânicos no solo em MOS é uma atividade difícil, disposta por três categorias gerais: o ambiente (clima e componentes edáficos), a qualidade do recurso e os organismos decompositores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

As condições intrínsecas do solo e do clima, especialmente a temperatura e a precipitação, definem a dinâmica de decomposição e liberação de nutrientes. Com relação ao solo, o processo de decomposição varia significativamente com a textura do solo. Entretanto, características químicas como o pH e a disponibilidade de nutrientes no solo são fatores

relevantes para o aumento da população de indivíduos edáficos que atuam nos processos de fragmentação e decomposição dos resíduos (SOUZA *et al.*, 2016).

O estudo da taxa de decomposição de resíduos orgânicos tem sido realizado por meio da técnica da perda de massa remanescente em sacolas de náilon ajustando-se modelos matemáticos que descrevem essa perda de massa em função do tempo de exposição do material aos fatores determinantes da decomposição (solo, clima e microrganismos) (WIDER; LANG, 1982).

Cotrufo *et al.* (2015) ressaltam que podem ocorrer alguns inconvenientes na avaliação da decomposição por meio da técnica de perda de massa em sacolas de náilon, tais como as perturbações biofísicas que aceleram totalmente a decomposição dos resíduos dentro de alguns anos e que as taxas de decaimento da camada superficial podem ser subestimadas.

Constantemente, o modelo mais utilizado nos estudos de decomposição considera que a decomposição decresce de forma exponencial, a uma taxa constante ( $k$ ) (KWABIAH *et al.*, 2000; SOUZA *et al.* 2016). Esse modelo, também conhecido como modelo exponencial simples, foi proposto por Jenny *et al.* (1949) e discutido em detalhes por Olson (1963), mostrando que a taxa de decomposição absoluta reduz linearmente à medida que a quantidade restante de substrato ou a taxa de decomposição relativa permanece constante.

Inúmeras pesquisas já mostraram a decomposição de resíduos orgânicos em condições tropicais úmidas (TEIXEIRA *et al.*, 2010; LIMA *et al.*, 2015; XAVIER *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020). No semiárido nordestino, Souto *et al.* (2005), em condições de sequeiro, avaliaram a taxa de decomposição e liberação de diferentes esterco; Souza *et al.* (2019) avaliaram a taxa de decomposição e a composição química da folha da espécie *Byrsonima gardneriana* A. Juss (murici) em duas áreas de caatinga no semiárido Alagoas.

A ciclagem de nutrientes é compreendida por um conjunto de processos que estão relacionados à transferência de energia e nutrientes entre os compartimentos do ecossistema ou agroecossistema (solo-planta-animal-atmosfera), denominado ciclo biogeoquímico (SOUZA *et al.*, 2018).

O processo de ciclagem de nutrientes pode ser caracterizado em três ciclos. O ciclo geoquímico se caracteriza pelas transferências de nutrientes entre o ecossistema e seus componentes externos, como adubações, precipitações pluviométricas e por meio do intemperismo da rocha ocorre a liberação de nutrientes para o solo. Esse processo é mais importante em solos jovens, onde a rocha se encontra próxima à superfície e influencia diretamente na fertilidade do solo (FARIA; BRUN; FERRARI, 2015).

O ciclo biogeoquímico está relacionado aos processos químicos entre as plantas e o solo. Nesse ciclo, por meio do sistema radicular, as plantas absorvem nutrientes do solo para a produção de biomassa, ou seja, formação das folhas, flores, frutos, etc., e posteriormente esses nutrientes, por meio do acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo (formação da serrapilheira). O ciclo bioquímico é responsável pela realocação de nutrientes, de tecidos mais velhos para os mais jovens, ocorrendo quando determinada parte do vegetal entra em processo de senescência (FARIA; BRUN; FERRARI, 2015; SOUZA *et al.*, 2018).

O fluxo de nutrientes no solo é regulado por fatores bióticos e abióticos. Os fatores bióticos dizem respeito às plantas e às formas como elas absorvem água e nutrientes presentes na solução do solo, bem como aos microrganismos edáficos que atuam principalmente na decomposição da matéria orgânica. Dentre os fatores abióticos, destaca-se a influência da umidade neste processo, tendo em vista que a disponibilidade de água no solo é responsável pela menor ou maior ação da atividade microbiana, bem como pela translocação e absorção de nutrientes pelos vegetais (TROEH; THOMPSON, 2007).

A população de organismos edáficos é essencial nos processos de transformação, imobilização e liberação de nutrientes nele próprio. Vários organismos agem na reciclagem de nutrientes e processos de biodegradação. O ataque inicial aos materiais recentemente incorporados ao solo é feito pelos componentes da meso e macrofauna do solo, que diminuem o tamanho do material, aumentando sua superfície específica de contato, auxiliando a ação dos microrganismos no processo de decomposição/mineralização (MOREIRA; SIQUEIRA 2006).

## **2.5 Diagnose foliar**

A distribuição dos nutrientes nos diversos compartimentos das árvores tem grande importância na nutrição de plantas, pois o manejo intensivo das culturas pode aumentar significativamente a produção de biomassa, expandindo também a exportação de nutrientes do sítio, desestabilizando a produtividade do solo (BELLOTE; SILVA, 2004).

Segundo os autores supramencionados, cada compartimento possui concentração de nutrientes pertinente às suas funções, havendo gradiente que geralmente obedece à sequência de concentração: folha > casca > ramo > tronco, podendo existir dentro do mesmo órgão variações significativas de concentração, por meio da ciclagem bioquímica.

A redistribuição interna de nutrientes nos tecidos é uma condição importante da economia de nutrientes em plantas perenes, com grande influência sobre o ecossistema, onde idade da folha merece destaque, por afetar a distribuição e a redistribuição dos nutrientes, por meio dos ciclos bioquímico (redistribuição interna) e biogeoquímico (LUSK *et al.*, 2003).

A maioria dos nutrientes possui mobilidade dentro da planta, tendendo, dessa forma, a se concentrar nos órgãos mais novos (FERRI, 1985). O nitrogênio, por exemplo, possui teores superiores nas folhas do que nos demais constituintes da biomassa. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de este elemento participar da maioria das reações de metabolismo de compostos (aminoácidos, proteínas, amins, amidas, vitaminas, etc.), as quais têm seu sítio de ocorrência principal nas folhas, em virtude da fotossíntese (MALAVOLTA, 1985; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A diferença de concentração de nutrientes entre e dentro dos componentes da planta é decorrente do ciclo bioquímico que envolve a retranslocação de determinado elemento móvel nos tecidos vegetais de um local de residência (órgão) para outro, como, por exemplo, de uma folha velha para uma nova (MALAVOLTA, 1997), ou seja, refere-se à transferência de nutrientes no próprio interior da planta.

Dessa forma, a diagnose foliar constitui-se de duas etapas, a primeira por meio da análise dos sintomas visuais da planta e a segunda por meio de uma análise química da própria planta (PRADO, 2008).

O diagnóstico foliar, que consiste na análise química das folhas, é o método mais utilizado para monitorar o estado nutricional das culturas, tendo menos limitações do que o diagnóstico visual. A técnica foi proposta inicialmente na década de 1930 por Lagatu; Maume (1934) e, embora a técnica de análise química seja relativamente antiga, ainda é bastante utilizada como referência de análises foliares (PRADO, 2008).

De acordo com Rozane *et al.* (2016), a diagnose do estado nutricional é uma das principais ferramentas para otimizar o manejo das adubações, permitindo obter informações acerca do equilíbrio dos nutrientes no tecido vegetal e, conseqüentemente, racionalizar a aplicação de fertilizantes e corretivos.

Na diagnose foliar é avaliado o estado nutricional de uma planta comparando uma amostra do tecido vegetal com um padrão previamente estabelecido. O padrão é uma amostra de planta que possui todos os nutrientes em proporções adequadas e, portanto, é capaz de fornecer condições favoráveis para que a planta expresse seu potencial genético máximo para produção (PARENTA *et al.*, 2019).

De acordo com Fageria *et al.* (2009), o principal órgão utilizado para avaliação do estado nutricional das plantas é a folha, o que se deve à relação entre teores foliares, absorção de nutrientes e produtividade. Mesmo que outros tecidos vegetais possam ser utilizados, como parte da folha (pecíolo) ou frutos, os nutrientes não se acumulam uniformemente nestes tecidos,

principalmente os nutrientes imóveis ou levemente móveis, de modo que é pouco provável que estes órgãos reflitam adequadamente o valor nutricional de todos os macros e micronutrientes nas plantas (FAGERIA *et al.*, 2009).

Para a análise foliar, é preciso padronizar a fase fenológica de coleta, sendo comumente indicada a época em que a planta estabilizou seu crescimento e acúmulo de matéria seca, a fim de minimizar os efeitos de diluição ou concentração de nutrientes na folha, os quais prejudicam a diagnose (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

De acordo com Malavolta *et al.* (1997), é nesta fase que ocorre o aumento da concentração de nutrientes, entretanto isto não resulta em aumento da produtividade, fato observado em solos deficientes em nutrientes que recebem doses de nutrientes.

O conteúdo de um nutriente em determinada cultura resulta de diversos fatores que interagem entre si, numa dinâmica entre solo e planta, que são características relacionadas à planta (material genético), solo (condições físicas, nutrientes presentes ou adicionados), condições climáticas (temperatura, radiação solar, precipitação pluvial) e práticas de manejo adotadas, como a modalidade de preparo do solo, espaçamento de plantio (PARENTA, *et al.* 2019).

## **2.6 Fauna edáfica: mesofauna e macrofauna**

A diversidade da biota do solo desempenha importante interação com a manutenção da sua capacidade produtiva, sendo essencial aos processos de ciclagem de nutrientes, decomposição e mineralização de resíduos orgânicos, contribuindo para a disponibilidade de nutrientes (principalmente nitrogênio) às plantas e até mesmo para outros indivíduos (MACHADO *et al.*, 2015).

A biota do solo pode ser classificada em microrganismos, meso e macrofauna. Conforme Mello *et al.* (2009), a microbiota (fungos, bactérias) mede < 100  $\mu$ , a mesofauna (ácaros, colêmbolos) é representada por organismos que medem 100  $\mu$  a 2,0 mm e a macrofauna (besouros, formigas, aranhas, outros) inclui indivíduos medindo entre 2,0 mm a 2,0 cm (SANTOS *et al.*, 2018). A meso e macrofauna do solo integram alta variedade biológica, com organismos de diferentes formas, identificando-se em ordens distintas. Esses indivíduos desempenham papéis ecológicos relevantes, atuando como engenheiros do ecossistema, fragmentadores ou transformadores de serrapilheira, na ciclagem de nutrientes, revolvimento do solo, incorporação de matéria orgânica e como predadores no controle biológico de pragas do solo (SILVA; AMARAL, 2013).

Na mesofauna, as ordens Acari e Collembola são predominantes, tanto em abundância quanto diversidade. Os ácaros são predadores, controlando a população de organismo do solo; por sua vez, os colêmbolos atuam na decomposição da matéria orgânica. Na macrofauna edáfica, os besouros, as formigas, as minhocas e os cupins são detritívoros, formadores e estruturadores do solo, constituindo um grupo denominado de “engenheiros-do-solo”, conhecidos assim por translocar as partículas do solo, formando agregados, aumentando, assim, a porosidade e, conseqüentemente, a aeração, a infiltração e a drenagem do solo (MELLO *et al.*, 2009).

Segundo Swift *et al.* (2010), esses organismos também apresentam papel importante na regulação da composição da atmosfera e nas mudanças climáticas, uma vez que a interação entre os processos de decomposição de resíduos vegetais, ciclagem de nutrientes e bioturbação é responsável pelo equilíbrio entre o sequestro de carbono no solo e a emissão de gases de efeito estufa. As diversas atividades antrópicas são capazes de alterar e reduzir a distribuição, diversidade e abundância destes organismos no solo. Desse modo, é crucial o estudo dessas populações, que são usados como parâmetro de bioindicação, levando em consideração a qualidade do solo. Para isso, o acompanhamento das populações da meso e macrofauna ocorre por meio de estudos baseados na frequência e diversidade dos indivíduos, comparadas com as populações encontradas em áreas de vegetação nativa, expressando transtornos acontecidos no solo (BERUDE *et al.*, 2015), onde as avaliações dessas populações são feitas por meio de índices ecológicos, sendo o índice de diversidade de Shannon (H) e de uniformidade de Pielou (*e*) usados com mais frequência e extremamente pertinentes para o uso em ecologia do solo, dado que atribuem maiores valores às espécies raras presentes na população edáfica (SOUZA *et al.*, 2017).

## REFERÊNCIAS

- AJAO, A.; SHONUKAN, O.; FEMI-ONADEKO, B. Antibacterial effect of aqueous and alcohol extracts of *Spondias mombin* and *Alchornea cordifolia* - two local antimicrobial remedies. **International Journal of Crude Drug Research**, v. 23, n. 1, p. 67-72, 2008.
- ALBERTI, G.; NOCK, C. A.; FORNASIER, F.; LOREZEN, M. S. Tree functional diversity influences belowground ecosystem functioning. **Applied Soil Ecology**, v. 120, p. 160–168, 2017.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019. 100 p.
- ARAÚJO, F. P.; QUEIROZ, M. A.; OLIVEIRA, V. R. Espécies frutíferas nativas ou introduzidas em condições de sequeiro no Semiárido brasileiro. In: XIMENES, L. F.; SILVA, M. S. L.; BRITO, L. T. L. (org.). **Tecnologias de convivência com o Semiárido brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019. p. 707-745.
- AUSTIN, A. T.; VIVANCO, L.; ARZAC, A. G.; PEREZ, L. I. There's no place like home? An exploration of the mechanisms behind plant litter-decomposer affinity in terrestrial ecosystems. **New Phytologist**, v. 204, n. 2, p. 307–314, 2014.
- BELLOTE, A. F. J.; SILVA H. D. Sampling techniques and nutritional evaluations in eucalypt plantations. In: GONÇALVES, J. L. M.; BENEDETTI, V. (org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2004. p. 113-140.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 11, n. 22, 2015.
- BRITO NETO, J. F.; PEREIRA, W. E.; GOMES, S. S. R.; ALVES, B. J.; PEREIRA, D. S. Aspectos produtivos da abacaxicultura familiar e comercial no Estado da Paraíba. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, p. 43-50, 2008.
- CAMPELLO, F. B.; GARIGLIO, M. A.; SILVA, J. A.; LEAL, A. M. A. **Diagnóstico florestal da região Nordeste**. Brasília: IBAMA, 1999.
- CASTALDELLI, A. P. A.; SAMPAIO, S. C.; TESSARO, D.; HERRMANN, D. R.; SORACE, M. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 905-917, 2015.
- CHEN, H.; DONG, S.; LEI, L.; MA, C. Effects of experimental nitrogen and phosphorus addition on litter decomposition in an old-growth tropical forest. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, p. 1–8, 2013.
- COTRUFO, M. F.; SOONG, J. L.; HORTON, A. J.; CAMPBELL, E. E. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. **Nature Geoscience**, v. 8, n. 1, p. 8–13, 2015.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Ed. Planta, 2006.

FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P.; MOREIRA, A.; GUIMARAES, C. M. Foliar fertilization of crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, n. 1, v. 32, p.1044-1064, 2009.

FARIA, A. B. C.; BRUN, E. J.; FERRARI, F. **Ciências Florestais e Biológicas**. Curitiba: UTFPR Editora, 2015. p. 13-52.

FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. 2.ed. São Paulo: EPU, 1985. 362 p.

GONDIM, P. J. S.; SILVA, S. M.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, A. L. Qualidade de frutos de acessos de umbucajazeira (*Spondias sp.*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 11, p. 1217–1221, 2013.

HORODECKI, P.; JAGODZIŃSKI, A. M. Tree species effects on litter decomposition in pure stands on afforested post-mining sites. **Forest Ecology and Management**, v. 406, n. 1, p. 1–11, 2017.

KEISER, A. D.; BRADFORD, M. A. Climate masks decomposer influence in a cross-site litter decomposition study. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 107, n. 2, p. 180–187, 2017.

KORASAKI, V.; MORAIS, J. W.; BRAGA, R. Macrofauna. IN: MOREIRA, F. M.S.; CARES, J. E.; ZANETRI, R. (org.). **O ecossistema do solo: componentes relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2013. p. 121-137.

LAGATU, H. **Le diagnostic foliaire de la pomme de terre**. Dunod. 1934, p.108.

LIMA, R. P.; FERNANDES, M. M.; FERNANDES, M. R. M.; MATRICARDI, E. A. T. Aporte e Decomposição da Serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 1, p. 42-49, 2015.

LUSK, C. H.; MATUS, F.; CHACON, M. M.; SALDANA, A.; CASTILLO, M. J. Seasonal variation in leaf litter nutrient concentrations of valdivian rainforest trees variacion estacional en concentraciones de nutrientes en la hojarasca de cuatro especies arboreas de la pluviselva valdiviana. **Gayana Bot**, v. 60, n. 1, p. 35-39, 2003.

MACHADO, D. L.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; DINIZ, A.R.; MENEZES C. E. G. Fauna edáfica na dinâmica sucessional da Mata Atlântica em floresta estacional semidecidual na bacia do Rio Paraíba do Sul - RJ. **Ciências Florestais**, v. 25, n. 1, p. 91-106, 2015.

MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. (org.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 77-116.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação brasileira para a pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MEDEIROS, I. F.; BARRETO, A. F.; FREIRE, E. C. B. S. Etiologia e progresso da antracnose do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) em Pombal e Paulista, Paraíba. **Revista Verde** v. 6, n. 1, p. 107-115, 2011.

MEHRABI, Z. *et al.* Plant–Soil Feedback: Bridging Natural and Agricultural Sciences. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 33, n. 2, p. 129–142, 2018.

MELO, F. V.; BROWN, G. G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J. N.; LUIZÃO, F. J.; MORAIS, J. W.; ZANETTI, R. A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. **Boletim Informativo da SBCS**, v. 1, p. 38-42. 2009.

MENDES, A. D. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; NASCIMENTO, M. N.; REIS, K. L.; BONOME, L. T. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazonica**, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2012.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B.; LIMA, R. A. F. A. Veranico e a produção agrícola no Estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 14, n. 2, p. 181-186, 2010.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. (org.). **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2 ed. Lavras: UFLA, 2006. p. 213-220.

MOURA, A. L. C.; PINTO, S. A. G.; FIGUEIREDO, W. R. Processamento e utilização da polpa de cajá (*Spondias mombin* L.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 29, n. 2, p. 237-252, jul./dez. 2011.

NEVES, O. S. C. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), uma alternativa para o semiárido**. Edições UESB, Vitória da Conquista, 2010.

OLIVEIRA, A. M.; GARCIA, P. A. B. B.; NOVAES, A. B.; CARVALHO, F. F.; MEIRELES, I. E. S. Decomposição da serapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto. **Revista Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 845-855, 2020.

PARENTA, L. E.; ROZANE, D. E.; DEUS, J. A. L.; NATALE, W. Diagnosis of nutrient composition in fruit crops: Major developments. IN: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (org.). **FRUIT CROPS: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints**. 2020. p. 145-156.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. G.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; PAULA, A.; AMARAL, A. R. Decomposição da serapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no Sudoeste da Bahia. **Ciência Florestal**. v. 26, n. 1, p. 1141-1153, 2016.

PRADO, R. M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Editora UNESP, 2008.

ROZANE, D. E.; PARENT, L. E.; NATALE, W. Evolution of the predictive criteria for the tropical fruit tree nutritional status. **Científica** v. 44, n. 2, p.102-112, 2016.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. Cajá. In: SEREJO-SANTOS, J. A. et al (org.). **Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2009. p 85-105.

SANTANA, F. F. **Caracterização de genótipos de cajazeiras**. 2010. 97f. Tese (Doutorado em Agornomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

SILVA F. D. S.; SILVA, N. O.; OLIVEIRA, T. F.; REIS, M. R.; AQUINO, L. A. Foliar indices for carrot crop using the compositional nutrient diagnosis method. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n. 47, v. 1, p. 399-407, 2017.

SILVA, A. C. F.; NOBREGA, C. C.; ARAUJO, L. H. B.; PINTO, M. G. C.; SANTANA, J. A. S. Macrofauna edáfica em três diferentes usos do solo. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, [S. l.], v. 10, n. 18, 2014.

SILVA, L. N.; AMARAL, A. A. Amostragem da mesofauna e macrofauna de solo com armadilha de queda. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 8, n. 5, p. 108-115, dez. 2013.

SILVA, R. I.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. *et al.* (org.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SOARES, A. A. J. **Avaliação físico-química e bromatológica da polpa de *Spondias purpurea* L (ciriguela) da região do semiárido central paraibano**. 2011. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2011.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; SANTOS, R. V.; ARAUJO, G. T.; SOUTO, L. S. Decomposição de esterco em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 1, p. 125-130, 2005.

SOUZA, F. X.; ARAÚJO, C. A. T. **Avaliação dos métodos de propagação de algumas *Spondias* agro-industriais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 1999.

SOUZA, I. F.; BARROS, N. F.; SILVA, I.; RENIER, R. F. Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 374, n. 1, p. 186-194, 2016.

SOUZA, J. T. A.; FARIAS, A. A.; FERREIRA, R. C. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; CALVACANTE, L. F.; FIGUEIREDO, L. F.; CORREIRA, F. G. Macrofauna edáfica em três ambientes diferentes na região do Cariri Paraibano, Brasil. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 94-99, 2016.

SOUZA, L. S.; VIEIRA NETO, R. D. Cultivo da Banana para o Ecossistema dos Tabuleiros Costeiros: Clima. Sistemas de Produção. Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas. 2003. Disponível em:  
<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaTabCosteiros/index.htm>. Acesso em: 20 dez 2021.

SOUZA, M. A.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P.; ARAUJO, K. D.; GOMES, D. L. Contribution of Litter and Leaf Decomposition of *Byrsonima gardneriana*. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019.

SOUZA, M.; JARDIM, A. M. R. F.; JUNIOR, G. N. A.; SILVA, J. R. I.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Revista PUBVET**, v. 12, n. 5, p. 1-9, 2018.

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milho solteiro e consorciado com feijão-

de-porco sob cultivo de feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 1, p. 497-505, 2010.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. São Paulo: Andrei, 2007.

UNCCD – UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION

**Desertificación**: una síntesis visual. 2012. Disponível em:

<https://www.unccd.int/publications>. Acesso em: 11 nov. 2020.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 375-382, 2009.

WIDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecological Society of America**, v. 63, n. 1, p. 1636-1642, 1982.

XAVIER, F. A. S.; OLIVEIRA, J. I. A.; SILVA, M. R. Decomposition and Nutrient Release dynamics of shoot phytomass of cover crops in the Recôncavo Baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, n. 2, p. 1-14, 2017.

YEONG, K. L.; REYNOLDS, G.; HILL, J. K. Leaf litter decomposition rates in degraded and fragmented tropical rain forests of Borneo. **Biotropica**, v. 48, n. 4, p. 443-452, 2016.

ZANELLA, Maria Elisa. Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZHANG, W.; GAO, D.; CHEN, Z.; LI, H. Substrate quality and soil environmental conditions predict litter decomposition and drive soil nutrient dynamics following afforestation on the Loess Plateau of China. **Geoderma**, v. 325, n. 2, p. 152-161, 2018.

## CAPÍTULO 1

---

### **DISTRIBUIÇÃO, DIVERSIDADE E ABUNDÂNCIA DA FAUNA EDÁFICA EM CULTIVO DE *Spondias cytherea* Sonn. E ÁREAS ADJACENTES NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**



## RESUMO

Os indivíduos da fauna edáfica são agentes importantes no processo de degradação de resíduos vegetais e ciclagem de nutrientes, sendo considerados bioindicadores da qualidade ambiental. Objetivou-se com este estudo identificar a distribuição, diversidade e abundância da fauna edáfica em um cultivo de *Spondias cytherea* Sonn. e áreas contíguas, quanto à influência da cobertura vegetal do solo, bem como sua interação com variáveis ambientais no semiárido da Paraíba. A macrofauna do solo foi amostrada por meio de armadilhas do tipo “Provid”, mantidas no solo por um período de 96 horas. Para amostragem da mesofauna, foram utilizados anéis metálicos de 5,0 cm × 5,0 cm. A remoção dos organismos da mesofauna nas amostras de solo foi feita utilizando-se o aparato de Berlese-Tullgren modificado, sob lâmpadas de 25 W, por um período de 96 horas. Também foram avaliados a temperatura do solo na superfície e a 15 cm de profundidade, além do conteúdo de água no solo na profundidade de 0-20 cm, em cada área de coleta. Durante o período experimental, foram capturados 18422 indivíduos da macrofauna do solo, divididos em sete ordens e 89 organismos da mesofauna, divididos em três ordens. O maior número de indivíduos da macrofauna edáfica foi encontrado na área de mata ciliar. No entanto, o maior número de organismos da mesofauna foi verificado na área de Caatinga. As ordens *Hymenoptera*, *Coleoptera* e *Araneae* apresentaram maior dominância entre as demais ordens. O aumento da precipitação pluviométrica e do conteúdo de água no solo proporcionaram correlação positiva e influência sobre as ordens da mesofauna do solo e das ordens *Araneae*, *Coleoptera*, *Hemiptera* e *Orthoptera*.

**Palavras-chave:** *Spondias* sp; organismos edáficos; *Berlese-Tullgren*.

## ABSTRACT

Individuals of the edaphic fauna are important agents in the process of degradation of plant residues and nutrient cycling, being considered bioindicators of environmental quality. The aim of this study was to identify the distribution, diversity and abundance of soil fauna in a *Spondias cytherea* Sonn. and contiguous areas, observing the influence of soil vegetation cover, as well as its interaction with environmental variables in the semi-arid region of Paraíba. Soil macrofauna was sampled using “Provid” traps, remaining in the soil for a period of 96 h. To sample the mesofauna, metallic rings measuring (5.0 cm x 5.0 cm) were used. Organisms were removed using the modified Berlese-Tullgren apparatus under 25 W lamps for a period of 96 h. Soil temperature at the surface and at a depth of 15 cm and soil water content at a depth of 0-20 cm were also evaluated in each collection area. During the experimental period, 18422 individuals were collected, divided into 07 orders of soil macrofauna, and 89 organisms of mesofauna, divided into three orders. The largest amount of individuals of edaphic macrofauna was found in the riparian forest area. However, the largest number of mesofauna organisms was in the Caatinga area. The orders found for the soil macrofauna were maintained in both seasonal periods, changing only the numerical abundance of organisms in the different periods. The orders *Hymenoptera*, *Coleoptera* and *Araneae* showed greater dominance among the other orders. The increase in rainfall and soil water content (rainy period) showed high correlation and influence on soil mesofauna orders and *Araneae*, *Coleoptera*, *Hemiptera* orders.

**Keywords:** *Spondias* sp; edaphic organisms; *Berlese-Tullgren*.

## 1 INTRODUÇÃO

O semiárido do Nordeste brasileiro é coberto por um bioma exclusivamente brasileiro, chamado de Caatinga, que apresenta características peculiares, como ocorrência de chuvas irregulares com médias  $\leq 800$  mm/ano (SILVA *et al.*, 2017), taxas elevadas de insolação, temperatura e evaporação, sazonalidade climática (estações seca e chuvosa bem definidas) e vegetação nativa xerófila e caducifólia (LUCENA; STEINKE, 2015), típicas desse bioma.

As plantas caducifólias apresentam mecanismos de sobrevivência na época mais seca do ano (agosto-dezembro), reduzindo a perda de água e processos fotossintéticos, propiciando a formação da serrapilheira sobre o solo, que, por sua vez, contribui para o fornecimento de matéria orgânica proveniente da deposição, retenção de água no solo, redução da incidência de raios solares diretamente sobre a superfície do solo, com reflexos na diminuição da amplitude térmica do solo e manutenção da fauna edáfica do solo (FERREIRA *et al.*, 2019), dentre outros fatores.

Existe imensa diversidade de espécies que compõem a fauna do solo, com tamanho e metabolismo diferentes, desempenhando inúmeras funções no ambiente edáfico (SOUZA *et al.*, 2017). Dentre os benefícios desempenhados pelos organismos edáficos, destacam-se a formação (porosidade e agregação) do solo, decomposição de resíduos vegetais, redistribuição da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes (ABGRALL *et al.*, 2019), bem como, estímulo à atividade da microbiota do solo.

Sabe-se que intervenções antrópicas ocasionam desordens nos ecossistemas, a partir da substituição de áreas nativas por sistemas agrícolas e florestais. Entretanto, a prática de manejo utilizando a conservação da cobertura do solo com resíduos vegetais, além de reduzir o efeito do impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, atenua a temperatura da superfície do solo, melhorando ainda a qualidade dos atributos químicos e biológicos do solo, por meio da decomposição de materiais orgânicos e ciclagem de nutrientes, bem como estimulando a atividade dos indivíduos da fauna edáfica (SOUZA *et al.*, 2018).

Segundo Lucena *et al.* (2017), o monitoramento da abundância e diversidade da fauna edáfica do solo pode indicar o nível de degradação, recuperação ou conservação do solo, pois esses organismos são sensíveis a alterações antrópicas da cobertura vegetal, aspecto que pode influenciar sua densidade e diversidade.

Essas avaliações podem contribuir para o planejamento de melhoria de atributos do solo, bem como gerar informações sobre a conservação e manutenção do equilíbrio dos agroecossistemas. Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho identificar a distribuição,

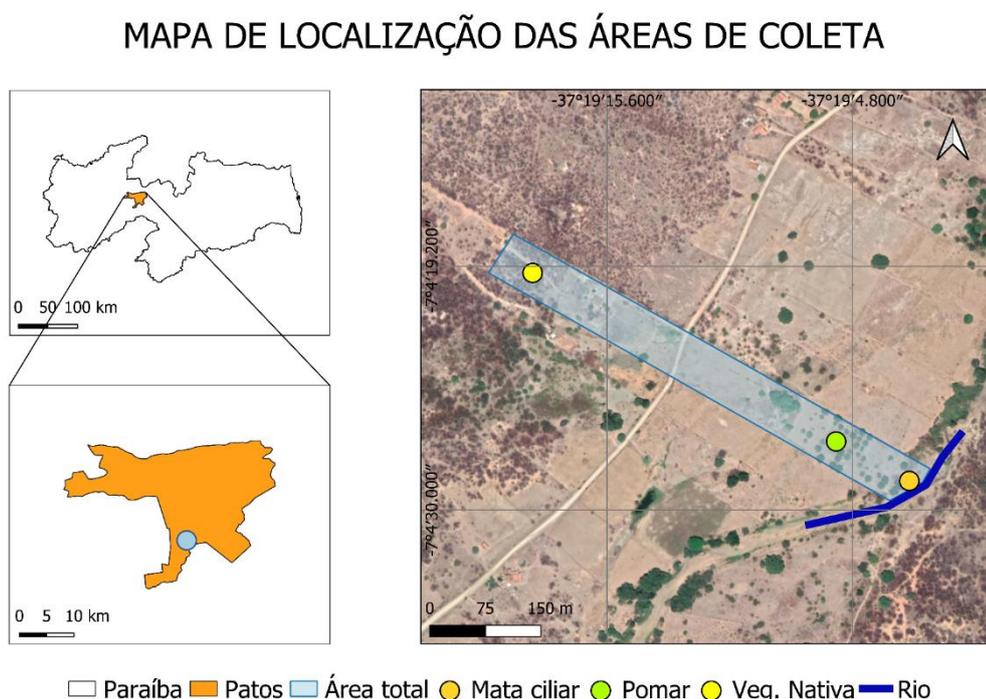
diversidade e abundância da fauna edáfica em um cultivo de *Spondias cytherea* Sonn. e áreas contíguas, quanto à influência da cobertura vegetal do solo, bem como sua interação com variáveis ambientais no semiárido da Paraíba.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Assentamento Campo Comprido, localizada no município de Patos-PB, situada entre as coordenadas 07°04'27,66" S; e 37°19'4,64" O, com área total de 3,90 hectares. A vegetação natural da área é do tipo caatinga hiperxerófila e o clima, de acordo com classificação de Köppen (ÁLVARES *et al.*, 2013), enquadra-se no tipo BSh, semiárido, apresentando médias térmicas anuais superiores a 28 °C e distribuição pluviométrica irregular com início no mês de janeiro, perdurando até o mês de junho, atingindo médias menores que 900 mm ano<sup>-1</sup>, de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021). Dentro da propriedade, foram escolhidas três áreas de coletas: área de pomar de *Spondias cytherea* Sonn. (AP), área de mata ciliar (AM) e outra área de caatinga (AC), de acordo com a Figura 1.

**Figura 1** - Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos – PB.



Isadora Nayara Bandeira Medeiros de Moura - EPSG 4326 - Base de Dados: IBGE, 2020.

Fonte: Autora (2022).

A área do pomar de *Spondias* sp. é conduzida em sistema de sequeiro, possuindo cerca de 45 plantas adultas, com idade de doze anos e espaçamentos entre plantas de 10,0 m x 10,0

m. Foi realizado também levantamento visual de algumas espécies vegetais nativas de porte arbóreo das áreas adjacentes, sendo estas descritas na tabela 1.

**Tabela 1-** Descrição das diferentes espécies vegetais nas áreas de estudo com suas respectivas coordenadas geográficas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Siglas	Áreas de estudo	Espécies	Coordenadas geográficas
ACC	Área de cultivo de Cajaranas	<i>Spondias cytherea</i> Sonn.	07° 04'27,66"S e 37° 19'4,64"O
AMC	Área de Mata Ciliar (AM)	Oiticica ( <i>Licania rigida</i> Benth.)  Jaramataia ( <i>Vitex gardneriana</i> Schauer)	07° 04'28,91"S e 37° 19'2,78"O
AC	Área de Caatinga (AC)	Catingueira ( <i>Poincianella pyramidalys</i> (Tul.)  Faveleria ( <i>Cnidoscolus quercifolius</i> )  Pinhão-bravo ( <i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.)  Jurema preta ( <i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.)	07° 04'19,97" S e 37° 19,39"O

Fonte: Autora (2022).

## 2.2 Avaliação da macrofauna edáfica

As amostragens foram realizadas no período de setembro de 2020 a julho de 2021, bimestralmente, totalizando seis coletas. Os indivíduos da macrofauna foram capturados utilizando-se armadilhas do tipo “Provid” adaptadas (ANTONIOLLI *et al.*, 2006), confeccionadas com garrafas PET com capacidade de 2,0 L, com quatro aberturas de dimensões de 2,0 cm x 2,0 cm a uma altura de aproximadamente de 12 cm da base da garrafa. As armadilhas foram enterradas, permitindo que os orifícios ficassem paralelos à superfície do solo (Figura 2).

Dentro das armadilhas, foram colocados 300 mL de solução contendo detergente neutro a 15% e cinco gotas de formol a 2%. As garrafas foram espalhadas de forma aleatória na área, permanecendo em campo por quatro dias (ALMEIDA *et al.*, 2015).

**Figura 2** - Armadilhas do tipo PROVID instaladas nas áreas de coletas no assentamento Campo Comprido, Município de Patos - PB.



Fonte: Autora (2022).

Após o tempo de permanência no campo, as armadilhas foram recolhidas e levadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas (LABNut) da UFCG/Patos-PB, onde o conteúdo foi transferido para uma peneira e lavado em água corrente para retirada de partículas de solo. Em seguida, os organismos com comprimento maior que 2,0 mm foram colocados em recipiente contendo álcool a 70% e contados e identificados com auxílio de lupa, de acordo com a classe e ordem e/ou grupo taxonômico, utilizando a chave de identificação proposta por Triplehorn; Johnson (2011).

### **2.3 Avaliação da mesofauna do solo**

Para avaliações de mesofauna do solo, foram coletadas bimestralmente dez amostras inderformadas de solo utilizando anéis metálicos de 5,0 cm de diâmetro e 5,0 cm de altura. Os anéis foram introduzidos no solo+serrapilheira até que fossem preenchidos por completo; em seguida, as amostras foram envolvidas em filme plástico, devidamente identificadas e acondicionadas em caixa de isopor, protegendo-as do calor para reduzir a perda de umidade. A

extração da mesofauna foi feita utilizando-se o aparato de Berlese-Tullgren modificado, sob lâmpadas de 25 W (Figura 3).

**Figura 3** - Amostras dispostas no aparato de 'Berlese-Tullgren' para extração de organismos da mesofauna edáfica do Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

As radiações produzidas pelas lâmpadas causaram o aquecimento do solo de cima para baixo, favorecendo a migração dos organismos para a parte inferior dos anéis e sua deposição nos funis, sendo direcionados para os frascos receptores contendo solução conservante de álcool à 70%. Após o período de extração (96 horas), a solução contida nos frascos era transferida para placas de Petri, sendo realizada a identificação dos organismos ao nível de ordem, com auxílio de microscópio estereoscópio (SOUTO *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2017).

## 2.4 Aplicação dos índices ecológicos

Para a análise quantitativa dos organismos da macrofauna, foram aplicados o Índice de Diversidade de Shannon (H) e o Índice de Equabilidade de Pielou (*e*), em que a diversidade de espécies está associada a uma relação entre o número de espécies (riqueza) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies (ODUM; BARRETT, 2008).

O índice de diversidade de Shannon (H) foi definido pela equação 1:

$$H = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

em que:  $p_i = n_i/N$ ;  $n_i$ : proporção de indivíduos. O índice H assume valores que variam de zero a cinco, cujos menores valores indicam menor diversidade e correspondente a maior dominância de um ou mais grupos na comunidade.

O índice de equabilidade de Pielou (*e*) foi definido pela equação 2:

$$e = H/\log S \quad (2)$$

em que: H: índice de diversidade de Shannon; *S*: número de espécies ou grupos. O índice de Pielou (*e*) varia de zero a um (0-1) e representa a máxima diversidade, ou seja, a abundância de todas as espécies, e é complementar ao de Shannon (H), cuja redução dos valores indica que para determinado grupo não há boa distribuição (BEGON *et al.*, 2015).

## 2.5 Temperatura do solo (TS) e Conteúdo de água no solo (CAS)

Paralelamente às amostragens da fauna edáfica, mensalmente era avaliada a temperatura do solo na superfície e a 15 cm de profundidade, com auxílio de termômetro digital portátil tipo espeto France®.

Foi determinado ainda, mensalmente, o conteúdo de água no solo com auxílio de cápsulas de alumínio de massa conhecida, coletadas a 20 cm de profundidade, com dez repetições por áreas de estudo. As amostras de solo foram acondicionadas em latas de alumínio e levadas para o LABNut/UFCG/Patos-PB, onde foram pesadas e colocadas em estufa a 105 °C por 24 h. Em seguida, foram colocadas em dessecador até resfriamento e pesadas em balança de precisão. O conteúdo de água no solo foi determinado por meio da equação 3:

$$CAS = (P_u - P_s) / P_s \times 100 \quad \dots\dots\dots(3)$$

em que: CAS: conteúdo de água do solo;  $P_u$ : massa úmida;  $P_s$ : massa seca (TEDESCO *et al.*, 1995).

## 2.6 Variáveis ambientais e análise estatística

Os dados de pluviosidade foram obtidos da Estação Meteorológica da Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), ao passo que os valores médios de radiação foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), ambos para o município de Patos-PB.

Os resultados foram submetidos à correlação de Pearson, análise estatística multivariada e análise de componentes principais e de agrupamentos hierárquicos (*software* estatístico PAST<sup>®</sup> 4.03.), com intuito de observar a correlação e a similaridade entre o número de indivíduos da fauna edáfica com as variáveis ambientais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período experimental, foram contabilizados e identificados o total de 18.422 indivíduos da macrofauna edáfica, sendo 7050 indivíduos na área de mata ciliar, 6762 indivíduos na área de cultivo de *Spondias cytherea* Sonn. e 4610 em área de caatinga, distribuídos em sete ordens, pertencentes às classes *Arachnida* e *Insecta* (Tabela 2).

**Tabela 2** - Número de indivíduos e frequência relativa da macrofauna edáfica coletados em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Ordens	AP		AM		AC	
	Ni	FR (%)	Ni	FR (%)	Ni	FR (%)
<i>Araneae</i>	502	7,42	505	7,16	42	0,91
<i>Blattodea</i>	34	0,50	20	0,28	3	0,07
<i>Coleoptera</i>	871	12,88	985	13,97	110	2,39
<i>Hemiptera</i>	34	0,50	19	0,27	3	0,07
<i>Hymenoptera</i>	5285	78,16	5456	77,39	4442	96,36
<i>Orthoptera</i>	31	0,46	62	0,88	9	0,20
<i>Scorpionida</i>	5	0,07	3	0,04	1	0,02
<b>N</b>	6762	100%	7050	100%	4610	100%
<b>S</b>	7		7		7	

Fonte: Autora (2022). AP= Área Pomar; AM= Área de Mata ciliar; AC= Área de Caatinga; Ni= Número de indivíduos; FR%= Frequência relativa; N=Total de indivíduos; S= Riqueza de ordens.

A ordem de maior expressão em todas as áreas foi *Hymenoptera*, representada especialmente pelas formigas (indivíduos predadores/detrítivos), apresentando maior frequência na área de caatinga, seguida pela área de cultivo e área de mata ciliar. Essa ordem é considerada dominante na maioria dos ecossistemas terrestres, apresentando elevado número de espécies e indivíduos.

Os himenópteros (formigas) são bastante móveis no solo, podendo se dirigir para camadas mais superficiais na época de maior deposição de serapilheira. Apresentam ainda grande resistência às atividades antrópicas e variações climáticas que ocorrem no ambiente, tendo importante atuação na ciclagem de nutrientes e no controle da população de outros invertebrados mediante predatismo, além de atuarem como dispersoras de sementes (ALMEIDA *et al.*, 2015).

Sabe-se que as formigas desempenham papel fundamental na fragmentação dos resíduos vegetais, contribuindo no aumento da superfície específica do material orgânico e favorecendo a ação dos fungos e bactérias (agentes decompositores) presentes na microbiota do solo.

Outras duas ordens apresentaram destaque sobre as demais nas áreas de estudo, sendo a ordem *Coleoptera* e a ordem *Araneae*. Entende-se que essas ordens apresentam características de rusticidade e, devido ao seu hábito alimentar (predador), conseguem encontrar destaque nos ambientes.

Santos *et al.* (2018), estudando a macrofauna do solo em área de Caatinga no estado de Alagoas, evidenciaram comportamento semelhante ao presente estudo, com maior predomínio das ordens *Hymenoptera* (85,61%), seguida por *Coleoptera* (6,08%) e *Araneae* (3,80%). Resultados encontrados por Souza *et al.* (2017), estudando a diversidade da macrofauna edáfica em diferentes ambientes de cultivo no agreste da Paraíba, corroboram os resultados verificados neste estudo.

O número total de indivíduos contabilizados foi maior no período seco, com 10606 indivíduos, comparado ao de 7840 indivíduos no período chuvoso, nas três áreas avaliadas (Tabela 3).

**Tabela 3** - Número total de indivíduos para as diferentes áreas avaliadas nos períodos seco e chuvoso, no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Ordens	Período seco			Período chuvoso		
	AP	AM	AC	AP	AM	AC
<i>Araneae</i>	227	165	16	275	340	26
<i>Blattodea</i>	18	12	1	16	8	2
<i>Coleoptera</i>	197	440	49	674	545	61
<i>Hemiptera</i>	16	10	1	31	16	6
<i>Hymenoptera</i>	2510	3414	3480	2775	2042	962
<i>Orthoptera</i>	7	35	2	24	27	7
<i>Scorpionida</i>	3	2	1	2	1	0
<b>N</b>	2978	4078	3550	3797	2979	1064
<b>S</b>		7			7	

Fonte: Autora (2022). AP= Área de Pomar; AM= Área de Mata ciliar; AC= Área de Caatinga; N=Total de indivíduos; S= riqueza de espécies

No período chuvoso, houve aumento do número de indivíduos das ordens *Araneae*, *Coleoptera* e *Hemiptera* nas três áreas de avaliação. Devido ao aumento da precipitação pluviométrica no período chuvoso (janeiro/junho), houve acréscimo do conteúdo de água no solo e, conseqüentemente, melhoria das condições edafoclimáticas, favorecendo a população da fauna edáfica.

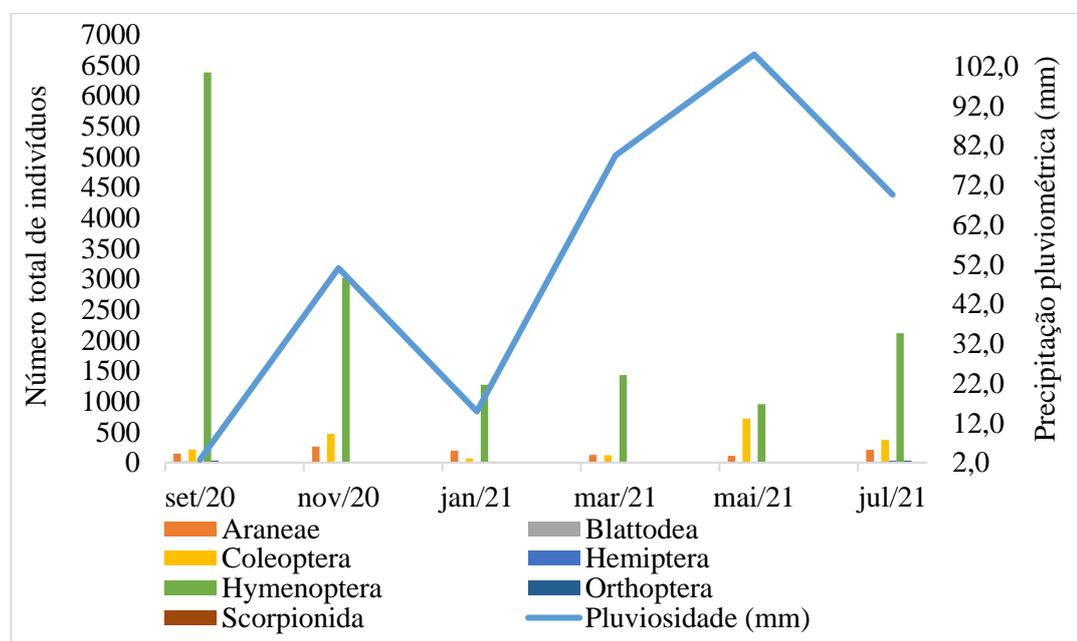
Nesse período, ocorre a eclosão do estrato herbáceo, aumentando a oferta de alimentos nas áreas, influenciando a redução da competição das espécies e, conseqüentemente, o crescimento do número de indivíduos. Outros autores também observaram números mais expressivos de organismos invertebrados no período chuvoso (LIMA *et al.*, 2010).

No período seco, houve predominância das ordens *Blattodea* e *Scorpionida*, com destaque para os indivíduos da ordem *Hymenoptera* nas áreas de mata ciliar e catinga, em relação à área de pomar. No período seco, aumenta a oferta de alimentos e de abrigo devido à formação de serrapilheira, processo influenciado pela propriedade caducifólia das espécies da catinga, o que está associado à provável razão do aumento desses indivíduos no solo.

A dominância da ordem *Hymenoptera* neste período pode ser explicada pela ocorrência de pulsos pluviométricos (outubro e novembro), o que pode ter influenciado na melhoria do conteúdo de água no solo, contribuindo na formação de microclima (ambiente úmido) e favorecendo o aumento da quantidade de indivíduos dessa ordem. Além disso, essa ordem possui diversidade trófica, ou seja, diferentes hábitos alimentares, obtendo, assim, maior oferta de alimentos.

Esses resultados podem ser comparados aos valores médios da precipitação pluviométrica ao longo das seis coletas realizadas nas três áreas estudadas (Figura 4).

**Figura 4** - Número total de indivíduos da macrofauna edáfica em função da precipitação pluviométrica durante o período experimental no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Aplicando o índice de Shannon (H) para os dados da macrofauna do solo, é possível observar que os menores valores foram para a ordem *Hymenoptera* em todas as áreas de estudo.

Esses resultados evidenciam sua dominância, confirmada pela disparidade na distribuição dos indivíduos, ou seja, o alto número de indivíduos desta ordem, refletindo os baixos índices de equabilidade de Pielou ( $e$ ), verificados para a ordem nas três áreas (Tabela 4).

**Tabela 4** - Índices de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para macrofauna em diferentes áreas de estudo no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Ordens	Áreas de estudo					
	AP		AM		AC	
	H	$e$	H	$e$	H	$e$
<i>Araneae</i>	1,13	0,29	1,15	0,29	2,04	0,56
<i>Blattodea</i>	2,30	0,60	2,56	0,66	3,19	0,87
<i>Coleoptera</i>	0,89	0,23	0,85	0,22	1,62	0,44
<i>Hemiptera</i>	2,30	0,60	2,57	0,67	3,19	0,87
<i>Hymenoptera</i>	0,11	0,03	0,11	0,03	0,02	0,00
<i>Orthoptera</i>	2,34	0,61	2,06	0,53	2,71	0,74
<i>Scorpionida</i>	3,13	0,82	3,37	0,88	3,66	1,00

Fonte: Autora (2022). AP= Área de pomar; AM= Área de Mata ciliar; AC= Área de Caatinga regeneração. (H)= Índice de Shannon; ( $e$ )= Índice de Pielou.

Resultados similares foram encontrados por Santos *et al.* (2018) em uma área de caatinga, constatando reduzida diversidade e uniformidade à ordem *Hymenoptera* ( $H=0,07$ ;  $e=0,02$ ), decorrente da abundância dessa ordem, atribuída principalmente a seus hábitos alimentares diversificados e adaptação às condições edafoclimáticas da região.

Os maiores índices de Shannon e Pielou foram encontrados para a ordem *Scorpionida* em todas as áreas, em razão do menor número de indivíduos. Mesmo apresentando reduzido número de indivíduos, essa ordem é de relevante para o ecossistema terrestre, pois desempenha inúmeras funções. Como Swift *et al.* (2010) explicam, os escorpiões são relevantes nas interações da fauna do solo, com hábito alimentar predador, atuando na regulação das populações, alimentando-se de outros artrópodes.

Com relação à mesofauna do solo, foram registrados um total de 89 indivíduos nas três áreas avaliadas. Os organismos estão distribuídos em três principais ordens: *Acari* (44) e *Collembola* (43) e dois indivíduos da ordem *Diplura* (Tabela 5).

**Tabela 5** - Número de indivíduos, frequência relativa, índice de Shannon (H) e Pielou (e) calculados para mesofauna edáfica em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Ordens	AP				AM				AC			
	Ni	FR%	H	$e$	Ni	FR%	H	$e$	Ni	FR%	H	$e$

Acari	16	59,26	0,23	0,16	14	56,00	0,25	0,18	14	37,84	0,42	0,27
Collembola	10	37,04	0,43	0,30	10	40,00	0,40	0,28	23	62,16	0,21	0,13
Diplura	1	3,70	1,43	1,00	1	4,00	1,40	1,00	-	-	-	-
		100%				100%				100%		
N	27				25				37			
S	3				3				2			

Fonte: Autora (2022). Ni= número de indivíduos; FR%= frequência relativa; H= Índice de Shannon; e= Índice de Pielou

A frequência relativa para a ordem *Acari* foi maior na área de cultivo de *Spondias cytherea* Sonn., e 56,00% para área de mata ciliar. Por sua vez, para a área de caatinga a ordem com maior frequência foi o *Collembola*, com 62,16%.

Nas áreas de pomar e mata ciliar, os menores índices de Shannon e Pielou foram para a ordem *Acari*. Os valores desses índices indicam maior abundância de ácaros nas amostras. Segundo Pereira *et al.* (2012), os ácaros são considerados os artrópodes do solo mais abundantes, o que se reflete na diversidade de hábito alimentar dos indivíduos desta ordem. Esses indivíduos são responsáveis por ações de predadores, especialmente sobre os microrganismos do solo, mantendo o controle entre as populações.

Na área de caatinga, os menores índices foram para a ordem *Collembola*. É possível dizer que houve baixa diversidade de indivíduos da mesofauna edáfica em todas as áreas, já que os índices totais de Shannon (H) foram inferiores a dois.

Mesmo encontrando reduzida diversidade na mesofauna edáfica, as ordens identificadas são de suma importância nas atividades físicas, químicas e biológicas no solo. De acordo com Borges *et al.* (2016), ambas atuam na fragmentação e decomposição da matéria orgânica, como também no controle da população de microrganismos, principalmente fungos.

De acordo com a tabela 6, observou-se ainda a abundância e distribuição da população de indivíduos da mesofauna edáfica em diferentes períodos sazonais (seco e chuvoso). Verificou-se aumento do número de indivíduos das ordens *Acari* e *Collembola*, no período chuvoso para todas as áreas; no entanto, houve maior expressão de indivíduos na ordem *Collembola* para as áreas de pomar e de mata ciliar. Segundo Barros *et al.* (2010), a população de colêmbolos muda com as estações do ano e é mais abundante nas estações quentes e chuvosas.

**Tabela 6** - Número de indivíduos da mesofauna edáfica nos períodos seco e chuvoso, nas diferentes áreas estudadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Ordens	Período seco			Período chuvoso		
	AP	AM	AC	AP	AM	AC
<i>Acari</i>	2	2	3	8	8	4
<i>Collembola</i>	2	1	20	15	14	8
<i>Diplura</i>	0	0	0	1	1	0
<b>N</b>	4	3	23	24	23	12
<b>S</b>		2			3	

Fonte: Autora (2022). AP=Área pomar; AM=Área de Mata ciliar; AC=Área de Caatinga regeneração; N=Total de indivíduos; S=Riqueza de ordens.

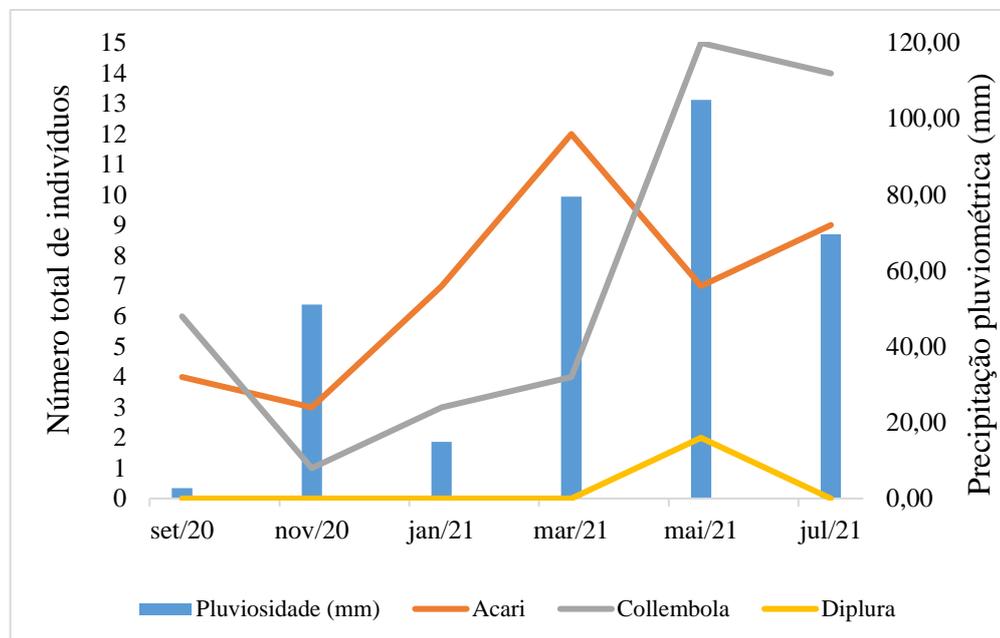
Verificou-se aumento do número de indivíduos das ordens *Acari* e *Collembola* no período chuvoso para todas as áreas; no entanto, houve maior expressão de indivíduos na ordem *Collembola* para as áreas de pomar e de mata ciliar. Segundo Barros *et al.* (2010), a população de colêmbolos muda com as estações do ano e é mais abundante nas estações quentes e chuvosas.

Uma explicação para este aumento do número de indivíduos é a contribuição do solo rizosférico pela presença mais efetiva do estrato herbáceo no período chuvoso, aumentando a riqueza e oferta do conteúdo de matéria orgânica no solo. Araujo *et al.* (2013), avaliando a dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em São João do Cariri-Paraíba, constataram comportamento semelhante ao deste estudo, para a ordem *Collembola*.

Observou-se ainda que no período seco a ordem *Collembola* se destacou na área de caatinga, quando comparada às demais áreas. De acordo com Santos *et al.* (2017), esta ordem se desenvolve melhor em ambientes com vegetação nativa, onde o equilíbrio de espécies vegetais possibilita aumento da diversidade dos organismos do solo.

Outra explicação para o resultado obtido foi a ocorrência de chuvas no período seco, quando os pulsos pluviométricos influenciaram no crescimento do estrato herbáceo, aumento da oferta de alimentos e, conseqüentemente, do número de indivíduos da ordem *Collembola* na área de caatinga. Os resultados já discutidos podem ser mais bem compreendidos a partir da figura 5, que apresenta o número total de indivíduos em função da precipitação pluviométrica, nos diferentes períodos sazonais (seco e chuvoso).

**Figura 5** - Número total de indivíduos da mesofauna edáfica em função da precipitação pluviométrica durante o período experimental no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Uma das condições que podem ter influenciado a baixa diversidade de indivíduos da fauna (mesofauna e macrofauna) edáfica nas áreas de estudo está relacionada à ação antrópica exercida nas áreas, como a substituição de vegetação nativa por áreas agrícolas, com histórico de desmatamento.

De modo geral, quanto maior for a uniformidade da área e as ordens se distribuírem melhor pelo sistema menor será a dominância de ordens. O inverso também pode ser constatado, com dominância de uma ou mais ordens, o que foi visto neste trabalho.

Os valores médios apresentados na tabela 7 referem-se às variáveis ambientais no período de coleta, em que as médias foram calculadas de acordo com o período sazonal, compreendendo o período seco, de julho a dezembro, e o período chuvoso, de janeiro a junho, em todas as áreas de avaliação. Essas médias foram utilizados na correlação de Pearson, para a elaboração do diagrama de ordenação da análise de componentes principais e do dendrograma vertical de agrupamentos hierárquicos.

**Tabela 7** - Variáveis climáticas para os diferentes períodos sazonais no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Períodos	Meses	Pp	CAS	T0 cm	T0-15 cm	Rad
		mm	%	°C	°C	kJ/m <sup>2</sup>
<b>Seco</b>	Jul-Dez	43,69	7,48	35,32	33,00	1848,35
<b>Chuvoso</b>	Jan-Jun	98,05	29,36	30,28	29,03	1666,16

Fonte: Autora (2022). Pp=Precipitação pluviométrica; CAS=Conteúdo de água no solo; T0 cm=Temperatura na superfície; T0-15 cm= Temperatura a 15 cm de profundidade; Rad=Radiação.

Na tabela 8, está apresentada a matriz de correlação de Pearson entre as ordens da fauna edáfica e as variáveis ambientais observadas. É possível evidenciar resultados já discutidos, explicando a interação entre as ordens de artrópodes do solo e variáveis ambientais, corroborando as respostas obtidas nos períodos seco e chuvoso.

**Tabela 8** - Matriz de correlação de Pearson entre a abundância das ordens da fauna edáfica e das variáveis ambientais, nas diferentes áreas avaliadas no Assentamento de Campo Comprido, Patos-PB.

	Aca	Colem	Dip	Ara	Blat	Col	Hem	Hym	Ort	Sco	CAS	Pp	Tem 0	Tem 20	Rad
Aca	1	0,93*	0,66	0,20	-0,16	0,35	0,43	-0,66	0,12	-0,55	0,99*	0,99*	-0,99*	-0,99*	-0,99*
Colem		1,00	0,66	0,18	-0,36	0,22	0,24	-0,55	-0,01	-0,66	0,94*	0,93*	-0,93*	-0,93*	-0,94*
Dip			1,00	0,75	0,27	0,82*	0,76	0,09	0,49	0,00	0,71	0,71	-0,71	-0,71	-0,71
Ara				1,00	0,72	0,83*	0,80	0,31	0,60	0,52	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Blat					1,00	0,59	0,78	0,31	0,41	0,90*	-0,13	-0,13	0,13	0,13	0,13
Col						1,00	0,83*	0,31	0,84*	0,34	0,41	0,41	-0,41	-0,41	-0,41
Hem							1,00	0,07	0,47	0,50	0,45	0,41	-0,45	-0,45	-0,45
Hym								1,00	0,31	0,58	-0,62	-0,62	0,62	0,62	0,62
Ort									1,00	0,21	0,19	0,19	-0,19	-0,19	-0,19
Sco										1,00	-0,52	-0,52	0,52	0,52	0,52
CAS											1,00	1*	-1*	-1*	-1*
Pp												1,00	-1*	-1*	-1*
Tem 0													1,00	1*	1*
Tem 20														1,00	1*
Rad															1,00

Fonte: Autora (2022). \*5% de significância; Aca=Acari; Colem=Collembola; Dip=Diplura; Ara=Araneae; Blat=Blattodea; Col=Coleoptera; Hem=Hemiptera; Hym=Hymenoptera; Ort=Orthoptera; Sco=Scorpioneae; CAS= Conteúdo de água no solo; Pp=Precipitação pluviométrica; T0= Temperatura superfície; T15= Temperatura 15 cm; Rad= Radiação.

Os dados de precipitação pluviométrica e conteúdo de água no solo apresentaram correlação positiva para os indivíduos da mesofauna do solo (*Acari*, *Collembola* e *Diplura*), confirmando que o período chuvoso influenciou no acréscimo de indivíduos da mesofauna edáfica. O aumento de água no solo propiciou condições favoráveis aos indivíduos dessas ordens, possibilitando reprodução acelerada dos organismos. De acordo com Calheiros *et al.* (2019), o conteúdo de água do solo é determinante para incidência e estabelecimento dos organismos da mesofauna do solo.

Houve também correlação positiva para as ordens *Araneae*, *Coleoptera*, *Hemiptera* e *Orthoptera*, o que mostra a influência do período chuvoso no aumento do número de indivíduos

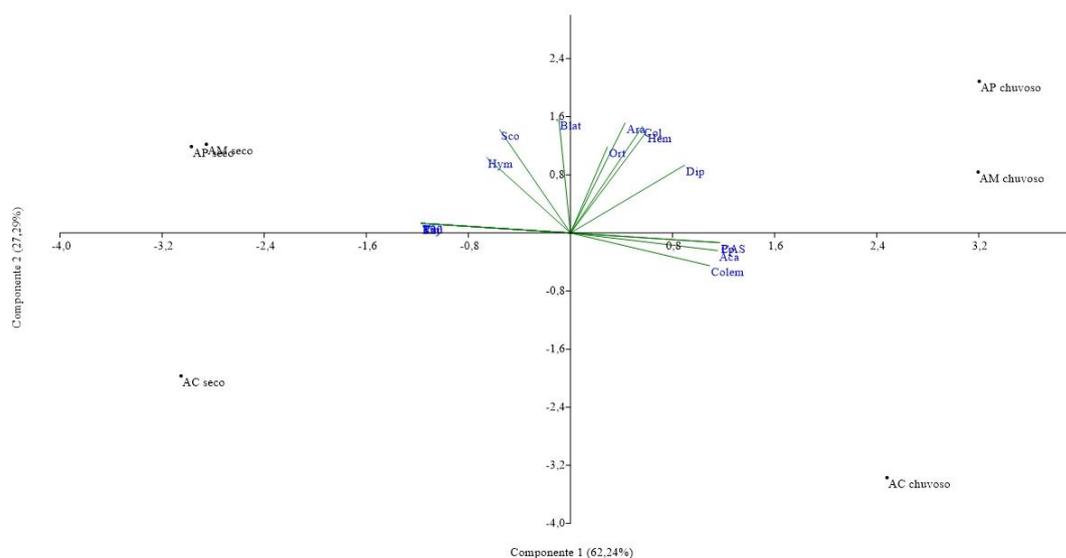
destas ordens. Resultados semelhantes foram encontrados por Lima *et al.* (2020), que observaram aumento de ordens da macrofauna do solo no período chuvoso.

A variável temperatura do solo na superfície e na profundidade de 15 cm mostrou correlação inversa para as ordens da mesofauna edáfica. Em outras palavras, à medida que ocorreu elevação da temperatura do solo e redução da precipitação pluviométrica (período seco), houve redução dos indivíduos da mesofauna do solo. Esses resultados corroboram com informações já encontradas por Almeida *et al.* (2015); Santos *et al.* (2018) e Souto *et al.* (2008).

A variável radiação exibiu correlação inversamente proporcional para as ordens da mesofauna do solo e algumas ordens da macrofauna, como *Coleoptera* e *Hemiptera*. No período seco, houve maior incidência de radiação solar, o que pode ter influenciado na redução da população de organismos destas ordens.

A análise dos componentes principais (ACP), realizada para compreender a similaridade das variáveis ambientais e das diferentes ordens da fauna edáfica, em períodos climáticos distintos, evidenciou que os fatores de estudo explicaram 89,53% da variabilidade total dos dados, sendo que o componente principal 1 (CP1) explicou 62,24% da variabilidade e o componente principal 2 (CP2) explicou 27,29% (Figura 6).

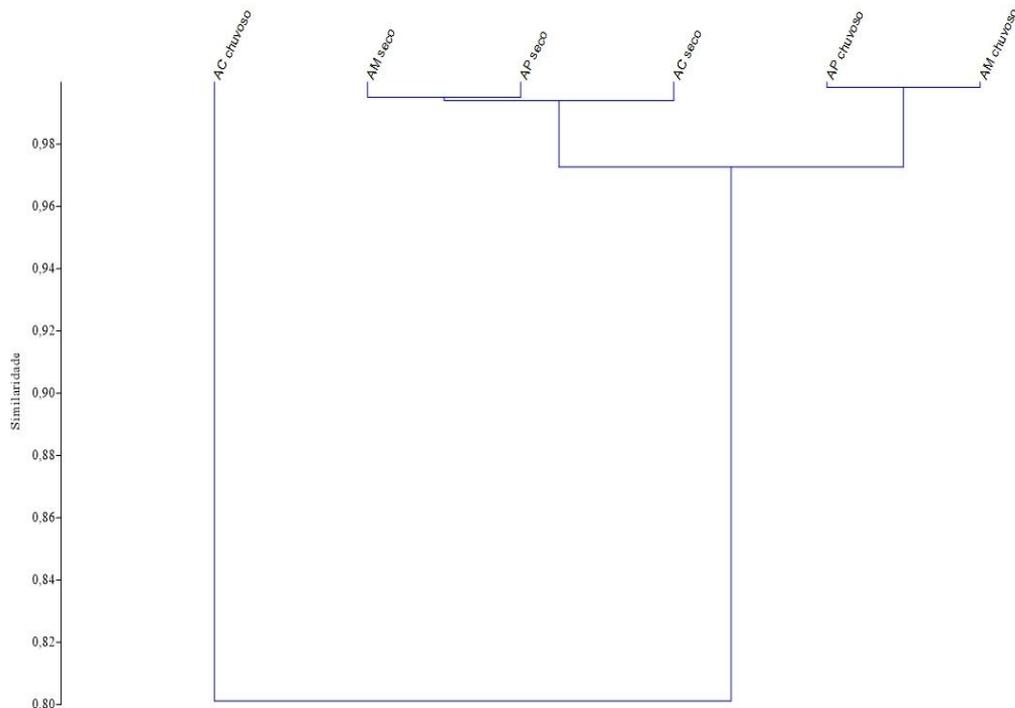
**Figura 6** - Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) para influência das variáveis ambientais sobre as ordens da fauna edáfica em todas as áreas de estudo, Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022). AP=Área Pomar; AM= Área de mata; AC= Área Caatinga; CAS= Conteúdo de água no solo; Pp=Precipitação pluviométrica; T0= Temperatura superfície; T15= Temperatura 15 cm, Rad=Radiação.

Quanto maior for o comprimento de um vetor, mais influente ele será para a análise. Ao analisar a figura 6, é possível observar maior interação entre as variáveis precipitação pluviométrica e conteúdo de água com os indivíduos da mesofauna do solo, estando localizados no mesmo quadrante, sofrendo influência do período chuvoso. Isto corrobora resultados já apresentados neste trabalho, referindo-se à influência da precipitação pluviométrica e do CAS no aumento da população da mesofauna edáfica.

**Figura 7** - Dendrograma vertical de agrupamentos hierárquicos dos períodos sazonais (seco e chuvoso), nas áreas estudadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022). AP=Área Pomar; AM= Área de mata; AC= Área Caatinga

Observou-se também interação entre as ordens da macrofauna do solo (*Coleoptera*, *Araneae*, *Hemiptera* e *Orthoptera*) em relação ao período chuvoso, quando essas ordens tiveram incremento no número de indivíduos nesse período. Ainda é possível observar interação entre indivíduos da macrofauna do solo (*Hymenoptera* e *Scorpionida*) e as variáveis temperatura do solo ( $T = 0$  e  $T = 15$  cm) e radiação, em função da elevação de temperaturas no período seco.

De acordo com a figura 7, a formação dos grupos no dendrograma é explicada pelo grau de similaridade entre as variáveis ambientais (pluviosidade, temperatura e radiação solar) e as ordens de artrópodes do solo. O primeiro grupo foi formado pelas áreas de pomar e de mata ciliar no período chuvoso, o segundo grupo, pelas três áreas avaliadas no período seco, e o

terceiro grupo, pela área de caatinga no período chuvoso. Os grupos originaram-se pela similaridade dos indivíduos da fauna do solo, bem como do comportamento das variáveis ambientais.

O grupo um (AP; AM) formou-se em função da semelhança dos indivíduos da fauna edáfica, especialmente da mesofauna do solo, associados às variáveis ambientais (pluviosidade e conteúdo de água no solo), que apresentaram maiores valores médios no período chuvoso.

O segundo grupo (AP; AM; AC) se formou provavelmente em função da semelhança do número de indivíduos pertencentes às ordens da macrofauna (*Hemynoptera* e *Scorpionida*) e das variáveis temperatura do solo em superfície (T0) e profundidade (T15), que tiveram elevação no período seco. De forma isolada, o terceiro grupo teve origem por meio da área de caatinga no período seco. Esse resultado é evidenciado no número de indivíduos da macrofauna do solo, que foi o menor quando comparado com as demais áreas.

### CONCLUSÕES

1. A maior abundância de indivíduos da macrofauna edáfica foi encontrada na área de mata ciliar, e a maior abundância de organismos da mesofauna foi encontrada na área de caatinga.
2. As ordens encontradas para a macrofauna do solo se mantiveram em ambos os períodos sazonais, alterando apenas a abundância de organismos nos diferentes períodos.
3. As ordens *Hymenoptera* < *Coleoptera* < *Araneae* apresentaram maior dominância sobre as demais ordens da macrofauna edáfica.
4. O aumento da pluviosidade e do conteúdo de água no solo (período chuvoso) demonstraram alta correlação e influência sobre as ordens da mesofauna do solo e ordens da macrofauna do solo.

## REFERÊNCIAS

- ABGRALL, C.; FOREY, E.; CHAUVAT, M. As respostas da fauna do solo a plantas exóticas invasoras são determinadas por grupos tróficos e estrutura de habitat: uma meta-análise global. **Revista Oikos**, v. 128, n. 10, p. 1390-1401, 2019.
- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Precipitação Pluviométrica para o Município de Patos**: junho de 2019 a julho de 2021. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; ANDRADE, A. P. Sazonalidade da macrofauna edáfica do Curimataú da Paraíba, Brasil. **Revista Ambiência**, v. 11, n. 2, p. 393-407, 2015.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; JUNIOR, E. P. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, v. 4, n. 2, p. 663-679, 2013.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 119-170, 2011.
- BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHILE, B.; OLIVEIRA, E. B.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 1413-1426, 2010.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1-14, 2015.
- BORGES, C. H. A.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; COSTA, R. M. C.; NOVAIS, D. B.; BARROSO, R. F. Artrópodes edáficos em fragmento de floresta ombrófila aberta na Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 26-32, 2016.
- CALHEIROS, A. R.; SILVA, C. A. R.; ACIOLI, T. G.; ARAUJO, K. D.; SOUZA, M. A. Relação da umidade do solo com a diversidade de organismos da mesofauna edáfica, Alagoas. **Braz. J. Anim. Environ. Res**, v. 2, n. 6, p. 1924-1929, 2019.
- FERREIRA, C. D.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; SALES, F. C. V.; BARROSO, R. F.; JUNIOR, C. M. P. S. Deposição, acúmulo e decomposição de serapilheira em área preservada de Caatinga. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 44, p. 174-181, 2019.

LIMA, C. S.; DALZUCHIO, M. S.; SILVA, E. F.; PERICO, E. Macrofauna edáfica e sua relação com sazonalidade em sistema de uso do solo, bioma cerrado. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 1-13, 2020.

LIMA, S. S.; AQUINO, A. M.; LEITE, L. F. C.; VELASQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322-331, 2010.

LUCENA, R. L.; STEINKE, E. T. Fatores geográficos e padrões de circulação Atmosférica como base à compreensão do clima semiárido quente da região Nordeste. **Revista Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro**, v. 1, n. 1, p. 01-07, 2015.

MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (org.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: EdUFLA, 2013. p. 185-200.

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PEREIRA, R. C.; ALBANEZ, J. M.; MAMÉDIO, I. M. P. Diversidade da meso e macrofauna edáfica em diferentes sistemas de manejo de uso do solo em Cruz das Almas – BA. **Magistra**, v. 24, número especial, p.63-76. 2012.

SANTOS, G. R.; ARAUJO, K. D.; SILVA, F. G. Macrofauna edáfica na ecológica na Estação Ecológica Curral do Meio, Caatinga Alagoana. **REGENE**, v. 4, n. 1, p. 1-21, 2018.

SANTOS, J. E. B.; NASCIMENTO, A. M. A.; SANTOS, G. R.; SILVA, A. B.; ARAUJO, K. D. Mesofauna do solo em remanescente de caatinga. Santana do Ipanema. Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 13-17, 2017.

SILVA, A. R.; SANTOS, T. S.; QUEIROZ, D. E.; GUSMÃO, M. O.; SILVA, T. G. F. Variações no índice de anomalia de chuva no semiárido. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 377-384, 2017.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 32, p. 151-160, 2008.

SOUZA, J. T. A.; OLIVEIRA, S. J. C.; NAPOLES, F. A. M.; SOUZA, M. S.; MEDEIROS, M. R. Diversidade de macrofauna edáfica em diferentes ambientes de cultivo no agreste da Paraíba. Brasil. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 55-60, 2017.

SOUZA, J. T. A.; SOUZA, M. S.; LIMA, G. F. C.; CALVACANTE, L. F.; BATISTA, J. L.; MEDEIROS, M. R. Macrofauna do solo cultivado com palma forrageira sem e com cobertura edáfica. **Revista Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 3, p. 33-41, 2018.

SWIFT, M. J. *et al.* O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (org.). **Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras: Editora da UFLA; 2010. p. 23-41.

TIBBETT, M.; MARTINEZ, M. G.; FRASER, T.; GREEN, I. D.; DUDDINGAN, S.; OLIVEIRA, V. H.; RASMUSSEN, K. R.; SIZMUR, T.; DIAZ, A. Long-term acidification of pH neutral grasslands affects soil biodiversity, fertility and function in a heathland restoration. **Revista Catena**. v. 180, n. 1, p. 401-415, 2019.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudos dos insetos**. Tradução de Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2011.

**CAPÍTULO 2**

---

**TAXA DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE *Spondias cytherea* Sonn. NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA**

## RESUMO

Os organismos edáficos e as variáveis ambientais influenciam diretamente no processo de decomposição foliar, atuando na fertilidade do solo e na ciclagem de nutrientes, desempenhando papel essencial na nutrição de plantas e conservação dos ecossistemas. O objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn., correlacionada com a fauna edáfica e variáveis edafoclimáticas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos, semiárido da Paraíba. Para avaliação da taxa de decomposição, foram utilizados 16 gramas de folhas de *Spondias cytherea* Sonn., acondicionadas em sacolas de náilon distribuídos em diferentes distâncias do caule, tanto na superfície do solo quanto enterradas a 20 cm de profundidade, durante o período de julho/2020 a julho/2021. As sacolas foram coletadas bimestralmente, realizando-se a limpeza e pesagem para quantificação do material remanescente. Mensalmente, foram mensurados a temperatura e o conteúdo de água no solo. As variáveis climáticas e os grupos de artrópodes do solo explicaram 67,35% da variabilidade total dos dados. A taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn. encontrada neste estudo foi mais acentuada no tratamento T2, no qual as sacolas de náilon estavam dispostas enterradas a 1,25 m de distância do tronco. A maior taxa de decomposição ocorreu nos primeiros 120 dias, compreendendo os meses do período seco (julho a novembro), entretanto a precipitação pluviométrica associada à temperatura mostrou grande influência durante este período. A disposição das sacolas, associada aos agentes decompositores (microbiota e fauna edáfica) e às variáveis temperatura e conteúdo de água no solo, influencia diretamente a taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn.

**Palavras-chave:** *Spondias cytherea* Sonn; degradação vegetal; constante de decomposição.

## ABSTRACT

Edaphic organisms and environmental variables directly influence the leaf decomposition process, acting on soil fertility and nutrient cycling, playing an essential role in plant nutrition and ecosystem conservation. The objective of this study was to evaluate the rate of leaf decomposition of *Spondias cytherea* Sonn., correlated with the edaphic fauna and edaphoclimatic variables in the Campo Comprido Settlement, municipality of Patos, semi-arid region of Paraíba. To evaluate the decomposition rate, 16 grams of *Spondias cytherea* Sonn. leaves were used, packed in nylon bags distributed at different distances from the stem, both on the soil surface and buried at a depth of 20 cm, during the period from July/2020 to July/ 2021. The bags were collected every two months and proceeded to cleaning and weighing to quantify the remaining material. Monthly, the temperature and water content in the soil were measured. Climatic variables and soil arthropod groups explained 67.35% of the total data variability. The leaf decomposition rate of *Spondias cytherea* Sonn. found in this study was more pronounced in the T2 treatment, in which the nylon bags were placed buried 1.25 m away from the trunk. The highest decomposition rate occurred in the first 120 days, comprising the months of the dry period (July to November), however, rainfall associated with temperature, showed great influence during this period. The disposal of the bags associated with the decomposing agents (microbiota and edaphic fauna) and the variables temperature and water content in the soil directly influence the leaf decomposition rate of *Spondias cytherea* Sonn.

**Keywords:** *Spondias cytherea* Sonn; plant degradation; decomposition constant.

## 1 INTRODUÇÃO

As espécies perenes contribuem com a deposição e acúmulo de resíduos vegetais sobre o solo (BARBOSA *et al.*, 2017), assim como na sua manutenção em maior espaço de tempo, desempenhando papel significativo na dinâmica dos ecossistemas. Por meio do processo de decomposição da serrapilheira, acontecem o acúmulo de matéria orgânica na superfície do solo e a liberação de nutrientes para as plantas (PINTO *et al.*, 2016).

A taxa de velocidade de decomposição foliar é regulada por duas principais condições, um conjunto de fatores bióticos (ação de organismos edáficos) e abióticos (condições edafoclimáticas e estresses), que interferem na decomposição de matéria orgânica, sendo decisivos na composição do material acumulado no solo florestal (GIÁCOMO *et al.*, 2012).

As avaliações diretas para estimar a velocidade da taxa de decomposição foliar se dão por meio de medidas de perda de biomassa, utilizando-se sacolas de náilon. Essa técnica é considerada a mais eficiente e de baixo custo, sendo a mais utilizada no estudo e entendimento da decomposição foliar e ciclagem de nutrientes nos ecossistemas (GOMES *et al.*, 2021).

Em associação ao estudo da taxa de velocidade de decomposição foliar, é interessante entender o papel dos organismos que compõem a comunidade edáfica nesse processo de decomposição. Eles atuam de forma direta na transformação da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.

As espécies que compõem a fauna edáfica do solo possuem tamanhos e metabolismos diferentes e enorme variedade de espécies, desempenhando inúmeras funções no ambiente edáfico (SOUZA *et al.*, 2017). Dentre os benefícios desempenhados pelos organismos edáficos, destacam-se o incremento da porosidade e agregação do solo, aporte da humificação e redistribuição da matéria orgânica, devido à fragmentação do material vegetal em decomposição, bem como ao estímulo à atividade da microbiota do solo (MORAIS *et al.*, 2013).

Além dos agentes biológicos, os fatores ambientais (temperatura, pluviosidade, radiação, velocidade do vento) influem fortemente no processo de decomposição foliar (SILVA; BRANDÃO, 2020), sendo sua compreensão de grande importância, pois entende-se que a taxa de decomposição difere de acordo com localização e profundidade. Diante das mudanças climáticas (sazonalidade) que ocorrem na região Nordeste, percebe-se que a taxa de velocidade de decomposição foliar de espécies perenes pode variar, exigindo estudo contínuo.

Embora a região Nordeste apresente grande importância e extensão, são incipientes estudos com foco na biologia e dinâmica de espécies frutíferas nativas, como a cajaraneira

(*Spondias cytherea* Sonn.). Esta cultura apresenta grande relevância socioeconômica para a região Nordeste, contribuindo para o fortalecimento da agricultura familiar, com o cultivo dessa frutífera proporcionando o aumento da renda e melhoria da qualidade de vida das famílias (SOUZA; PORTO FILHO; MENDES, 2020).

Pesquisas a respeito do componente arbustivo-arbóreo da caatinga são fundamentais para o implemento de técnicas de manejo adequadas, principalmente em áreas potenciais para o desenvolvimento de espécies nativas que denotam aspecto de grande relevância, isto é, a persistência nas condições semiáridas da região Nordeste, oferecendo subsídios relevantes para o desenvolvimento sustentável da caatinga.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn. e sua correlação com os organismos edáficos e variáveis edafoclimáticas no semiárido da Paraíba.

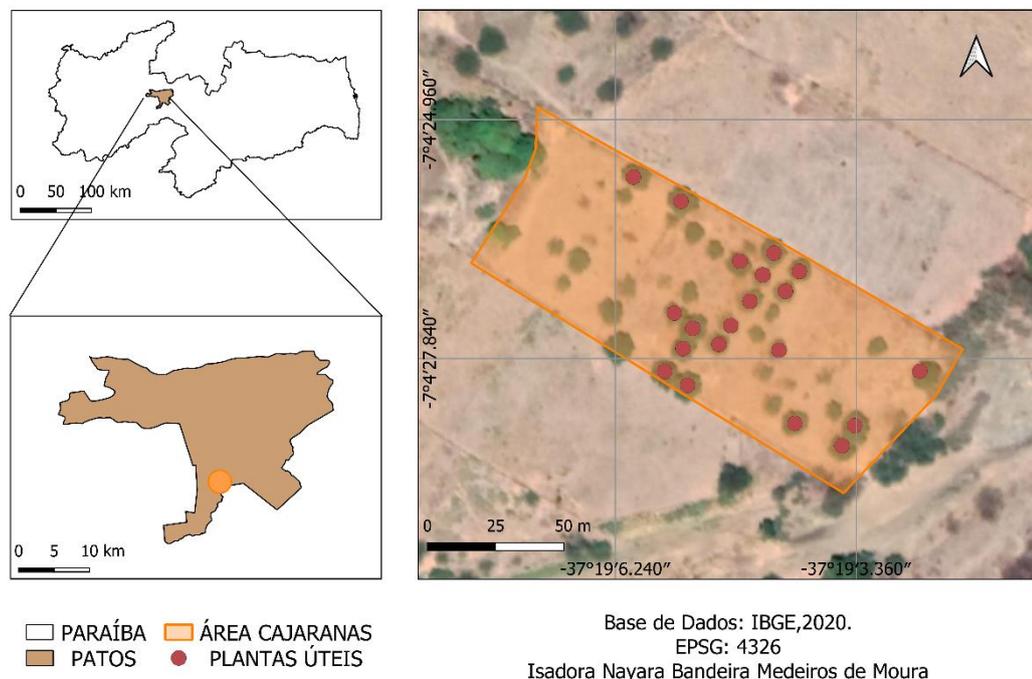
## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no Assentamento Campo Comprido, localizado no município de Patos-PB, situada entre as coordenadas 07°04'27,66" S; e 37°19'4,64" O, com área total de aproximadamente quatro hectares (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



Fonte: Autora (2022).

A vegetação natural da área é do tipo Caatinga hiperxerófila e o clima, de acordo com a classificação de Köppen (ÁLVARES *et al.*, 2014), enquadra-se no tipo BSh, semiárido, apresentando médias térmicas anuais superiores a 28 °C e distribuição pluviométrica irregular com início no mês de janeiro, perdurando até o mês de junho, atingindo média anual menor que 900 mm/ano, de acordo com Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs, 2021) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021) do município de Patos-PB.

O estudo foi conduzido em uma área de pomar de *Spondias cytherea* Sonn., no período de julho de 2020 e até julho de 2021. O pomar é conduzido em sequeiro e possui cerca de 45 plantas adultas (doze anos de idade), com espaçamentos entre plantas de 10,0 m x 10,0 m.

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e os tratamentos consistiam na utilização de folhas de *Spondias cytherea* Sonn. em sacolas de náilon dispostas tanto na superfície quanto enterradas em diferentes distâncias do tronco das plantas. Foram definidos oito tratamentos, sendo: T1s – 1,25m de distância do tronco (superfície); T2e – 1,25m de distância do tronco (profundidade de 20 cm); T3s – 2,50m de distância do tronco (superfície); T4e – 2,50m de distância do tronco (profundidade de 20 cm); T5s – 3,75m de distância do tronco (superfície); T6e – 3,75m de distância do tronco (profundidade de 20 cm); T7s – 5,0m de distância do tronco (superfície); T8e – 5,0m de distância do tronco (profundidade de 20 cm), com seis repetições por tratamento, em um total de 20 plantas.

## 2.3 Caracterização físico-químico da área

O solo da área foi classificado como Neossolo Flúvico, derivado de ambientes com sedimentação aluvial (NASCIMENTO *et al.*, 2017).

A determinação dos atributos químicos do solo foi feita por meio da coleta de amostras de solo (total de vinte amostras simples) na profundidade de 0-20 cm, sendo posteriormente homogeneizadas para a retirada de uma amostra composta que foi encaminhada ao Laboratório de Solos e Água do CSTR/UFCG/Campus de Patos. De forma prévia, foi feita a limpeza da superfície do solo para evitar qualquer tipo de contaminação no material coletado, e as amostras foram coletadas numa profundidade de 0-20 cm, com o auxílio de um enxadeco.

As análises seguiram a metodologia proposta por Donagema (2011), sendo determinados os seguintes atributos químicos do solo: pH, teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), hidrogênio + alumínio (H + Al).

De posse dos resultados, foram calculadas os valores da soma de bases, CTC total e a saturação por bases (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracterização química do solo da área de pomar localizada no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Período Seco								
pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%
5,3	51,4	3,0	1,0	0,38	0,32	1,5	6,2	75,8
Período chuvoso								
pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V

5,6	40,7	5,0	2,8	0,34	0,22	1,1	9,46	88,4
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg dm <sup>-3</sup>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	%

Fonte: Autora (2022). pH=potencial hidrogeniônico; P=fósforo disponível; Ca=cálcio trocável; Mg=magnésio trocável; K=potássio trocável; Na=sódio; H+Al=acidez potencial; T=soma de bases; V=saturação por bases.

#### 2.4 Taxa de velocidade de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn.

A estimativa da taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn. se deu por meio do método proposto por Vieira *et al.* (2014), das sacolas de náilon, com malha de 2,0 mm x 2,0 mm e dimensões de 20 cm x 20 cm, a partir da coleta manual de folhas maduras e sadias de 20 matrizes de *Spondias cytherea* Sonn. com características semelhantes (idade e diâmetro da copa). Foram utilizados 16 gramas de folhas da espécie estudada e esse material foi acondicionado em sacolas de náilon distribuídas em diferentes distâncias do caule, tanto na superfície do solo quanto a 20 cm de profundidade (Figura 2).

As folhas foram coletadas e levadas ao Laboratório de Nutrição Mineral (LABNut) da UFCG, para lavagem em água corrente e fracionamento das folhas, visando a facilitar o acesso dos organismos do solo no processo de fragmentação e decomposição natural de folhas. Posteriormente, as folhas foram secas em estufa de circulação forçada a  $\pm 65$  °C por 72 horas, com o intuito de reduzir o excesso de umidade, permitindo a obtenção de massa seca da amostra.

**Figura 2** – Sacolas de náilon com folhas de *Spondias cytherea* Sonn. para avaliação da taxa de decomposição no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Foram distribuídas 960 sacolas em campo, dispostas em diferentes distâncias do tronco das plantas (1,25 m, 2,50 m, 3,75m e 5,0 m), na superfície do solo e enterradas a 20,0 cm de profundidade (SOUTO *et al.*, 2008).

As coletas foram realizadas aos 60, 120, 180, 240, 300 e 360 dias, totalizando 12 meses de pesquisa. Em cada coleta, foram retiradas duas sacolas de náilon de cada distância do caule, sendo uma na superfície do solo, e outra a 20,0 cm de profundidade, totalizando oito sacolas de náilon por planta. Após a coleta, as sacolas foram encaminhadas ao LABNut e o material contido em cada bolsa de decomposição foi limpo manualmente para remoção de partículas de solos e depois submetido à secagem em estufa a 65 °C até obtenção de massa constante, conforme figura 3 (SCORIZA *et al.*, 2012).

**Figura 3** - Material vegetal foliar de *Spondias cytherea* Sonn. em decomposição durante as coletas das sacolas de náilon no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Os coeficientes de decomposição da fração foliar da espécie estudada foram obtidos a partir dos valores de massa remanescente ao longo dos meses de estudo, onde o percentual de massa remanescente (%MR) foi obtido pela relação entre massa seca remanescente obtida a cada coleta ( $M_r$ ) e massa seca inicial da fração foliar ( $M_i$ ), conforme equação 1:

$$\%MR = \frac{M_r}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

A constante de decomposição ( $k$ ) da fração foliar estudada foi obtida com a ajuda do programa científico de ajuste de curvas SigmaPlot® v.12.0, por meio do ajuste de modelo exponencial simples. Para tanto, empregou-se a equação 2:

$$M_t = M_i \times e^{kt} \quad (2)$$

onde:  $M_t$  = massa seca remanescente depois de  $t$  dias;  $M_i$  = massa seca no tempo inicial ( $t = 0$ );  $t$  = tempo em dias;  $k$  = constante de decomposição.

Foi calculado, a partir da constante de decomposição ( $k$ ), o tempo de meia vida das folhas ( $t_{1/2}$ ), proposto por Landsberg e Gower (1997). Este valor é obtido por meio da linearização do modelo anterior, e seu resultado representa o tempo requerido para que aconteça a transformação de metade da quantidade inicial do material foliar analisado. Desta forma, adotou-se a equação 3:

$$t_{1/2} = \frac{0,69315}{k} \quad (3)$$

onde  $t_{1/2}$  = tempo de meia vida das folhas e  $k$  = constante de decomposição obtida a partir do ajuste do modelo não linear.

Após obtenção dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistical Analysis System versão 9.3 (2011). Realizou-se ainda análise de regressão, usando o *software* Microsoft Excel® (versão 2013), com o objetivo de delinear o comportamento das curvas de decomposição nos diferentes tratamentos, a partir dos dados de massa remanescente coletados.

## 2.5 Temperatura do solo (T=0; T=15) e Conteúdo de água no solo (CAS)

Mensalmente, foi avaliada a temperatura do solo na superfície e a 15,0 cm de profundidade, com auxílio de termômetro digital portátil tipo espeto, marca France® (Figura 4).

**Figura 4** - Medição da temperatura (°C) do solo, em diferentes profundidades (cm), no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Foi determinado ainda o conteúdo de água no solo com auxílio de cápsulas de alumínio de peso conhecido, a partir de amostras coletadas a 20,0 cm de profundidade. As amostras

acondicionadas foram levadas ao LABNut, onde foram pesadas e colocadas em estufa a 105 °C por 24 horas (Figura 5).

**Figura 5** - Coleta de solo e avaliação do conteúdo de água do solo em laboratório, em diferentes áreas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

Em seguida, foram colocadas em dessecador até resfriamento e pesadas em balança de precisão. O conteúdo de água no solo foi determinado por meio da equação 4:

$$U = (Pu - Ps)/Ps \times 100 \quad (4)$$

em que: U: conteúdo de água do solo; *PU*: peso de massa úmida; *Ps*: peso de massa seca (TEDESCO *et al.*, 1995).

## 2.6 Dados meteorológicos e estatísticos

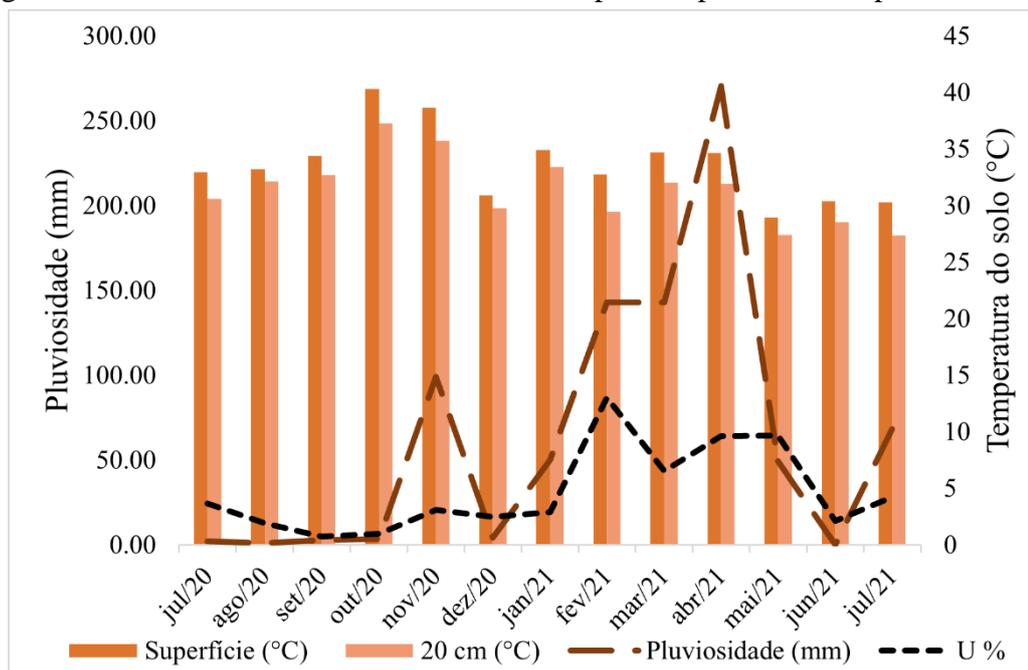
Os dados de pluviosidade foram retirados do banco de dados da estação meteorológica da AESA; os valores médios de radiação, velocidade do vento e rajada foram obtidos por meio de dados extraídos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o município de Patos-PB.

Os resultados foram submetidos à análise estatística multivariada e à técnica de Componentes Principais (auxílio do *software* estatístico PAST 4.03), com intuito de observar a relação e o grau de interação da taxa de decomposição foliar associada à abundância dos grupos da fauna edáfica e correlacioná-los com as variáveis ambientais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variações mensais de temperatura, conteúdo de água no solo e pluviosidade acumulada são expressas na figura 6. Durante todo o período de avaliação (julho/2020 a julho/2021), registrou-se precipitação pluviométrica total de 836,65 mm, com ênfase nos meses de fevereiro e março (142, 90 mm) e abril (270, 60 mm), que registram os maiores índices pluviométricos de todo o período de avaliação.

**Figura 6** - Precipitação acumulada (mm), temperatura média (°C) e conteúdo de água no solo (U%) registrados mensalmente no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

O período seco, compreendido dos meses de julho-dezembro/2020, apresentou precipitação acumulada (112,55 mm) inferior ao período chuvoso janeiro-junho/2021, que registrou precipitação acumulada de 724,10 mm. Contudo, durante o período seco observou-se ocorrência de picos pluviométricos confirmados no mês de novembro, com pluviosidade acumulada no total de 99,10 mm, o que contribuiu nos resultados obtidos.

No decorrer de todo o período de avaliação, constatou-se que a temperatura média do solo foi superior na superfície (Figura 6) em todos os meses de avaliação. A média registrada na superfície do solo foi de 33,6°C, ao passo que a 20 cm de profundidade foi de 31,4°C.

As temperaturas máximas foram registradas no mês de outubro de 2020, com média de 40,3°C na superfície do solo e de 37,3 °C em profundidade. Essas temperaturas demonstram menor amplitude térmica, influenciada positivamente pela maior cobertura vegetal da superfície do solo (formação de serrapilheira) encontrada na área do estudo.

No tocante ao conteúdo de água do solo, por meio dos dados obtidos mensalmente, os maiores percentuais foram registrados no período de fevereiro a maio de 2021, o que é justificado pelo período chuvoso na região (Figura 6). O mês de fevereiro apresentou o maior conteúdo (13,02 %) e o mês com menor registro do conteúdo de água foi setembro (0,73 %). O conteúdo de água no solo também foi maior nos primeiros meses do ano, em virtude dos maiores índices pluviométricos registrados na área de avaliação. Os resultados observados nesta figura 6 ajudam a explicar o comportamento da taxa de decomposição.

A tabela 2 expõe dados do coeficiente de decomposição (k) e a projeção do tempo de decomposição de 50% ( $t=0,5$ ) e 95% ( $t=0,05$ ) de material remanescente. A constante de decomposição (k) foi maior ( $0,009 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ) para as distâncias 1,25 e 2,50 m das sacolas enterradas, tendo sido o tempo de meia vida médio para que ocorra a decomposição de 50% do material foliar ( $t=0,5$ ) estimado em 103 dias para as sacolas enterradas a 1,25 m e de 104 dias para as enterradas a 2,50 m (Tabela 2).

**Tabela 2** - Taxa de decomposição, tempo necessário para decomposição de 50% e 95% de massa remanescente de *Spondias cytherea* Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.

Distâncias (m)	Enterrada				Superficial			
	K ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}$ )	r2	t 0.5	t 0.05	K ( $\text{g g}^{-1} \text{ dia}$ )	r2	t 0.5	t 0.05
1,25	0,009	0,94	103	359	0,006	0,88	163	547
2,50	0,009	0,93	104	361	0,007	0,90	139	467
3,35	0,008	0,95	111	398	0,007	0,91	137	466
5,00	0,008	0,92	120	408	0,008	0,91	120	408

Fonte: Autora (2022). K= constante de decomposição; t 0.5 = tempo de meia vida 50%; t 0.05 = tempo de meia vida 95%

Para as sacolas dispostas na superfície do solo e enterradas a 5,00 m de distância do tronco, foi registrada a mesma constante de decomposição ( $0,008 \text{ g g}^{-1} \text{ dia}$ ), com o tempo mínimo de 120 dias para decompor 50% do material foliar.

Percebe-se então a força do mecanismo de fotodegração no processo de decomposição foliar, uma vez que as bolsas dispostas na superfície receberam mais intensidade luminosa, apresentando maior taxa de decomposição, quando comparadas com as bolsas dispostas na superfície mais próxima ao tronco. A intensidade luminosa também pode ter contribuído para o aquecimento do solo nas camadas mais profundas, acelerando esse processo de decomposição nas bolsas enterradas afastadas do tronco. Mesmo durante a estação chuvosa, a fotodegradação

desempenha papel significativo sobre a decomposição foliar no semiárido brasileiro. Quando comparados os dados deste estudo com outros, que avaliaram a decomposição da serrapilheira, observa-se que o tempo de decomposição ( $t=0,5$ ) foi bem menor, tendo em vista que a fração estudada (folíolos) demonstra rápido aproveitamento de nutrientes pelas plantas (Tabela 2), possibilitando ação mais rápida dos agentes decompositores e, conseqüentemente, um aproveitamento de nutrientes pelas plantas, evidenciando, assim, o ciclo bioquímico.

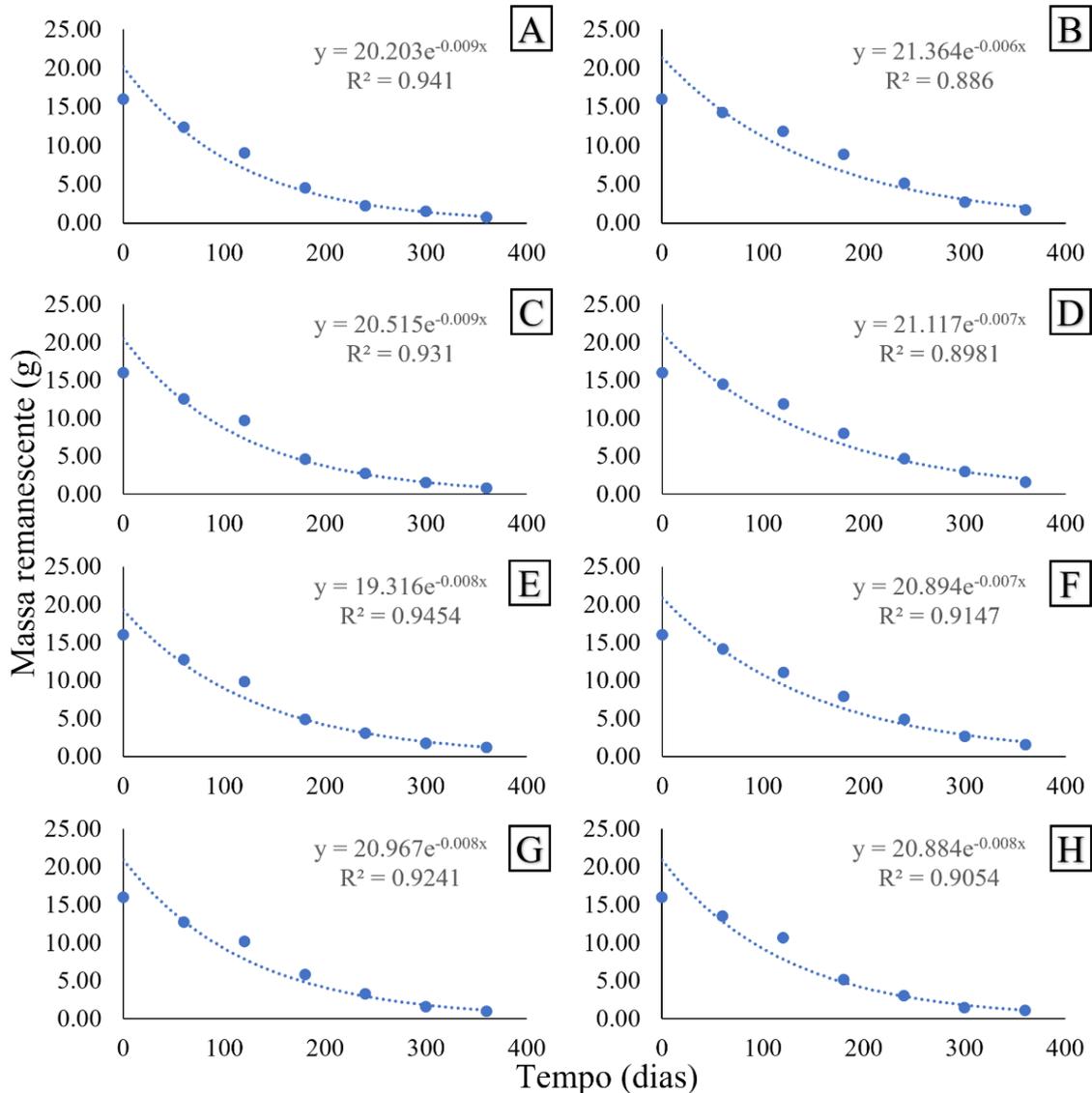
Esse aumento da decomposição pode estar relacionado à ocorrência de precipitações significativas, que contribuiriam para o incremento do conteúdo de água no solo, favorecendo o umedecimento do solo e do material vegetal, facilitando a digestão deste pela biota do solo. No processo de decomposição da biomassa vegetal, destacam-se duas fases: na primeira ocorre a perda de compostos solúveis quando a velocidade de decomposição é elevada demasiadamente; na segunda ocorre o ataque dos compostos estruturais que podem permanecer por anos, dependendo da qualidade do material.

O papel essencial da pluviosidade no processo de decomposição e, conseqüentemente, no ciclo de nutrientes (Zhou *et al.*, 2018) fortalece a ideia de que a água é um recurso extremamente importante para os ecossistemas semiáridos.

O posicionamento da sacola em um local mais ou menos sombreado ou a influência da ação microbiana e da fauna edáfica por causa da interação com a umidade e temperatura podem interferir na velocidade de decomposição, visto que alguns autores (HOLANDA *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2020) afirmaram que as atividades decompositoras sofrem forte atuação dos fatores ambientais.

Na figura 7, é observada a constante de decomposição foliar da espécie estudada, para os diferentes tratamentos, com diferentes profundidades e distâncias do tronco, verificando-se que a taxa de decomposição foi mais rápida nos primeiros 120 dias (duas primeiras coletas), possivelmente em virtude do registro de picos pluviométricos, associado ao aumento da temperatura do solo durante esse período. Associado a isto, Holanda *et al.* (2015) explicam que a composição química foliar também é fator determinante para o processo de decomposição, onde a relação C/N é um indicador importante que explica a velocidade de decomposição do material vegetal, considerando que o tempo de decomposição é proporcional a esta relação.

**Figura 7** - Curvas de decomposição de material foliar de *Spondias cytherea* Sonn. ajustadas por meio de modelo exponencial para a obtenção da constante (k) em diferentes profundidades e distancias do tronco no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022). Em que: (A) 1,25 m enterrada; (B) 1,25 m superficial; (C) 2,50 m enterrada; (D) 2,50 m superficial; (E) 3,75 m enterrada; (F) 3,75 m superficial; (G) 5,0 m enterrada; (H) 5,0 m superficial.

Acredita-se também que nos meses iniciais as taxas de decomposição foram maiores devido à perda de material solúvel, havendo menos resistência à biodegradação. De julho a novembro, a maior taxa de decomposição foi observada no tratamento T2 (Figura B), no qual a massa remanescente decaiu de 100% para 77,50%, seguindo para 56,75% em novembro, respectivamente (Tabela 3). Esse resultado pode ser explicado pelas condições favoráveis encontradas nesse tratamento, no qual o conteúdo de água do solo e o ataque dos agentes decompositores influenciaram nessa maior decomposição.

**Tabela 3** – Percentual de massa remanescente de material foliar de *Spondias cytherea* Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.

Mês	Julho	Setembro	Novembro	Janeiro	Março	Maior	Julho
T (dias)	0	60	120	180	240	300	360
<b>T1 (MR 1,25 s)</b>	100	89,38	73,94	55,56	32,32	17,07	10,50
<b>T2 (MR 1,25 e)</b>	100	77,50	56,75	28,56	14,06	9,37	4,68
<b>T3 (MR 2,50 s)</b>	100	90,50	74,18	49,94	29,19	18,82	9,94
<b>T4 (MR 2,50 e)</b>	100	78,43	61,13	29,00	17,19	9,50	5,13
<b>T5 (MR 3,75 s)</b>	100	88,32	69,00	49,50	30,69	16,68	9,56
<b>T6 (MR 3,75 e)</b>	100	79,75	62,38	30,38	19,31	11,00	7,56
<b>T7 (MR 5,00 s)</b>	100	84,56	66,82	32,12	18,94	9,25	6,87
<b>T8 (MR 5,00 e)</b>	100	79,68	63,44	36,44	20,32	9,94	6,06

Fonte: Autora (2022). T= tempo; MR= massa remanescente

Verifica-se que inicialmente ocorre rápida perda da maioria dos hidrossolúveis e que, com o passar do tempo, reduz de forma lenta os compostos hidrossolúveis fenólicos e hemiceluloses, ocorrendo aumento relativo do conteúdo de lignina, o que torna a taxa de decomposição mais lenta, em virtude do material mais resistente possuir maiores ligações de C (anéis aromáticos), necessitando de agentes decompositores mais especializados.

Outra possível explicação é o tamanho do material vegetal (folíolos relativamente pequenos), tendo como resultado maior área superficial específica para ataque de microrganismos e também por serem membranosas, finas e flexíveis, facilitando esse ataque.

De acordo com Cunha Neto *et al.* (2013), as tipologias de folhagens com menor área facilitam a ação da mesofauna do solo e, conseqüentemente, aceleram o processo de decomposição e ciclagem nutricional, diferentemente, portanto, do observado no presente estudo.

Nos períodos subsequentes, houve redução das taxas de decomposição, verificando-se menores decréscimos da massa remanescente a partir de 240 dias (Tabela 3). Esses resultados corroboram outros estudos que também observaram maiores taxas de decomposição nos primeiros meses de avaliação (PINTO *et al.*, 2016; GRUGIKI *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2020). A maioria dos estudos com taxa de decomposição é com a decomposição de serrapilheira de espécies florestais e serrapilheira, sendo pouco encontrados na literatura trabalhos mais atuais com espécies frutíferas (SOARES *et al.*, 2008).

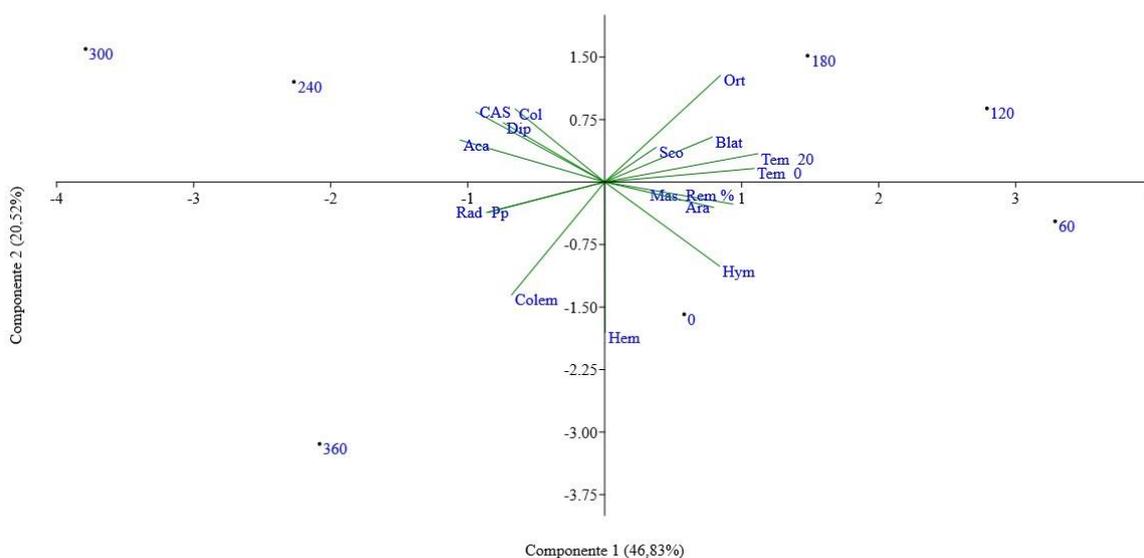
Porém, existem alguns trabalhos com espécies pertencentes à família Anacardiaceae, como a espécie observada nesse estudo. Arato *et al.* (2017), estudando a decomposição de resíduos de folha de árvore selecionada da mata atlântica espécies, observaram que a espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi, popularmente conhecida como aroeira vermelha

(Anacardiaceae), também apresentou rápida taxa de decomposição foliar nos primeiros 100 dias, corroborando os resultados encontrados nesse estudo.

A análise dos componentes principais (ACP), realizada para compreender a similaridade da taxa de decomposição, as variáveis ambientais e os indivíduos da fauna edáfica (dados discutidos no capítulo 1), em períodos climáticos distintos, evidenciou que os fatores de estudo explicaram 67,35% da variabilidade total dos dados, sendo que o componente principal 1 (CP1) explicou 46,83% da variabilidade e o componente principal 2 (CP2) explicou 20,52% (Figura 8).

Ao analisar a figura 8, observa-se que nos primeiros 60 dias a taxa de decomposição sofreu mais influência dos organismos da macrofauna, que atuaram como agentes fragmentadores do material vegetal, destacando-se as ordens *Hemiptera*, *Hymenoptera* e *Araneae*.

**Figura 8** - Diagrama de ordenação da análise de componentes principais (ACP) para influência da taxa de decomposição, das variáveis ambientais e indivíduos da fauna edáfica, nos períodos seco e chuvoso no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

Cerca dos 120 dias até aproximadamente 180 dias, a taxa de decomposição foi muito influenciada pela variável temperatura do solo, tanto em superfície quanto em profundidade (época em que se registrou maiores médias), atuou diretamente sobre a taxa de decomposição. As demais ordens da macrofauna edáfica (*Blattodea*, *Orthoptera*, *Scorpionida*) também estiveram exercendo ação nesse processo.

A perda de massa remanescente mais rápida nos primeiros dias é uma tendência típica atribuída à perda de componentes mais facilmente decompostos, associada ao processo de fotodegração, registros pluviométricos (aumento do conteúdo de água e umidade do solo), fragmentação do material vegetal por agentes da meso e macrofauna do solo e ao ataque microbiano (FREITAS *et al.*, 2019).

Aos 240 dias, observou-se incremento do conteúdo de água no solo, relacionada à época chuvosa (janeiro e maio), quando a taxa de decomposição sofreu maior efeito, em conjunto com a ação dos agentes decompositores (organismos da mesofauna edáfica). Nesse período, o conteúdo de água está associado a essa maior interação.

É importante ressaltar que o posicionamento do material vegetal, com maior ou menor sombreamento, sofre efeito direto dos agentes decompositores, por causa da influência dos fatores ambientais, a citar, ações da temperatura e do conteúdo de água no solo (HOLANDA *et al.*, 2015; SOUSA *et al.*, 2020). Acredita-se que a espécie estudada tende a contribuir com um processo de ciclagem de nutrientes eficaz, com maior taxa de decomposição do material vegetal, o que pode ocasionar maior agilidade na liberação de nutrientes para o solo e melhorar sua absorção pelas plantas, fato também explicado por Cunha Neto *et al.* (2013).

O conteúdo de água no solo proporciona maior taxa de decomposição, que, por sua vez, influencia em uma maior absorção de nutrientes pelas plantas.

#### 4 CONCLUSÕES

- 1 A taxa de decomposição foliar de *Spondias cytherea* Sonn. estimada neste estudo foi mais acentuada onde as sacolas de náilon estavam enterradas a 1,25 m, mostrando, dessa forma, a atuação da fauna edáfica associada às variáveis climáticas.
- 2 A maior taxa de decomposição ocorreu nos primeiros 120 dias, compreendendo os meses do período seco, quando a precipitação pluviométrica, associada às temperaturas mais elevadas, demonstrou grande influência.
- 3 A radiação solar exerce papel preponderante na decomposição do material foliar de *Spondias cytherea* Sonn., tendo em vista que o material disposto na superfície se decompôs mais rapidamente à medida que estavam mais afastados do tronco (maior incidência dos raios solares).
- 4 O material que se encontrava enterrado e mais próximo ao tronco se decompôs mais rapidamente, em virtude de melhores condições de umidade, temperatura e agentes decompositores.

## REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Precipitação Pluviométrica para o Município de Patos**: junho de 2019 a julho de 2021. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- ALMEIDA, M. A. X.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C. Composição e sazonalidade da mesofauna edáfica do solo do semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 214-222, 2013.
- ARATO, H. D.; DIAS, L. E.; ASSIS, I. R.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; SCHAEFER, C. E. G. R. Leaf residue decomposition of selected atlantic forest tree species. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 2017.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; JÚNIOR, E. P. Dinâmica da mesofauna edáfica em função das estações seca e chuvosa em áreas de caatinga sob pastejo. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium**, v. 4, n. 2, p. 663-679, 2013.
- ARAUJO, K. D.; DANTAS, R. T.; ANDRADE, A. P.; PARENTE, H. N.; SILVA, E. E. Grupos taxonômicos da macrofauna edáfica encontrados em São João do Cariri (PB). **Revista Geografia**, v. 21, n. 1, p. 005-018, 2012.
- BARBOSA, V.; GARCIA, P. B.; RODRIGUES, E. G.; PAUOLA, A. Biomassa, carbono e nitrogênio na serapilheira acumulada de florestas plantadas e nativa. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-9, 2017.
- BARETTA, D.; SANTOS, J.; SEGAT, J. C.; GEREMIA, E. V. Fauna edáfica e qualidade do solo. **Tópicos Ciência do Solo**, v. 7, n. 1, p. 119-170, 2011.
- BARROS, Y. J.; MELO, V. F.; SAUTTER, K. D.; BUSCHLE, B.; OLIVEIRA, E.; AZEVEDO, J. C. R.; SOUZA, L. C. P.; KUMMER, L. Indicadores de qualidade de solos de área de mineração e metalurgia de chumbo. II – mesofauna e plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 1413-1426, 2010.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1986.
- BERUDE, M. C.; GALOTE, J. K. B.; PINTO, P. H.; AMARAL, A. A. A mesofauna do solo e sua importância como bioindicadora. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 14, 2015.
- BORGES, C. H. A.; SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; COSTA, R. M. C.; NOVAIS, D. B.; BARROSO, R. F. Artrópodes edáficos em fragmento de floresta ombrófila aberta na Paraíba, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 26-32, 2016.
- CALHEIROS, A. R.; SILVA, C. A. R.; ACIOLI, T. G.; ARAUJO, K. D.; SOUZA, M. A. Relação da umidade do solo com a diversidade de organismos da mesofauna edáfica, Alagoas. **Braz. J. Anim. Environ. Res.**, v. 2, n. 6, p. 1924-1929, 2019.

- CARVALHO, H. F. S.; MOURA, M. S. B.; SILVA, T. G. F. Fluxos de Radiação e Energia em Caatinga Preservada e Cana-de-Açúcar no Semiárido. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 452-458, 2018.
- CASTALDELLI, A. P. A.; SAMPAIO, S. C.; TESSARO, D.; HERRMANN, D. R.; SORACE, M. Meso e macrofauna de solo cultivado com milho e irrigado com água residuária da suinocultura. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 905-917, 2015.
- CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; Acúmulo e decomposição da serrapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013.
- DIAS, D. S.; LIMA, R. W. S.; SILVA, C. A. R.; ARAUJO, K. D. Mesofauna invertebrada na interface solo+serapilheira, em Maceió-Alagoas. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 1, online, 2019.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (org.). **Manual de métodos de análises de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011.
- FERNANDES, M. M.; MAGALHAES, L. M. S.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; BRITO, R. J.; MOURA, M. R. Influência de diferentes coberturas florestais na fauna do solo na Flona Mário Xavier, no município de Seropédica, RJ. **Floresta**. v. 41, n. 3, p. 533-540, 2011.
- FERREIRA, R. N. C.; WEBER, O. B.; CRISÓSTOMO, L. A. Produced water irrigation changes the soil mesofauna community in a semiarid agroecosystem. **Environ Monit Assess**, v. 187, n. 1, p. 187- 520, 2015.
- FREIRE, L. R.; ARAÚJO, E. S.; BERBARA, R. L. L. Tempo de captura de organismos da mesofauna do solo e seus reflexos na interpretação de índices da comunidade edáfica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 1282-1291, 2015.
- FREITAS, M. S. C.; SOUTO, J. S.; GONÇALVES, M.; ALMEIDA, L. E. S.; SALVIANO, A. M.; GIONGO, V. Decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura na cultura da manga no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 43, n.1, p. 1-21, 2019.
- GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de cerradão e mata mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG. **Revista Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 669-680, 2012.
- GRUGIKI, M. A.; ANDRADE, F. V.; PASSOS, R. R.; FERREIRA, A. C. F. Decomposição e atividade microbiana da serapilheira em coberturas florestais no sul do Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 1-12, 2017.
- HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serrapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de Caatinga na paraíba. **Revista Árvore**, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.
- JAPIASSÚ, A.; SOUTO, J. S.; MESQUITA, F. O.; SOUTO, P. C.; PEREIRA, K. E. V.; AGRA, P. F. M.; ROLIM, A. B.; OLIVEIRA, J. N. N. Dinâmica da formação de serrapilheira

e fauna do solo no semiárido paraibano. **INTESA-Informativo Técnico do Semiárido**, v. 12, n. 1, p. 01-14, 2018.

MARISCO, G.; XAVIER, R.; ASSUNÇÃO, R.; AMORIM, M.; SOUZA, R.; PUNGARTNIK, C. Biotechnological activity of *Spondias purpurea* L.: Screening for antimicrobial activity and toxicity. **Textura**, v. 14, n. 2, p. 1-13, 2021.

MORAIS, J. W.; OLIVEIRA, F. G. L.; BRAGA, R. F.; KORASAKI, V. Mesofauna. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STÜRMER, S. L. (org.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal** Editora da UFLA. Lavras. 2013, p. 185-200.

NASCIMENTO, J. A. M.; SOUTO, J. S.; CALVACANTE, L. F.; MEDEIROS, S. A. S.; PEREIRA, W. E. Produção de melancia em solo adubado com esterco bovino e potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 122-127, 2017.

NUNES, E. N.; ANSELMO, M. G. V.; ALVES, F. A. L.; HOLANDA, A. E. R. Análise da taxa de decomposição da serrapilheira na Reserva Ecológica Mata do Pau-Ferro. Areia-PB. **Revista Gaia Scientia**, v. 6, n. 1, p. 01-06, 2012.

OLIVEIRA, A. M.; GARCIA, P. A. B. B.; NOVAES, A. B.; CARVALHO, F. F.; MEIRELES, I. E. S. Decomposição da serrapilheira foliar em plantios de bambu, nim indiano e eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 845-855, 2020.

PINTO, H. C. A.; BARRETO, P. A. B.; RODRIGUES, E. F. G.; OLIVEIRA, F. G. R. B.; PAULA, A.; AMARAL, A. A. Decomposição da serrapilheira foliar de floresta nativa e plantios de *Pterogyne nitens* e *Eucalyptus urophylla* no sudoeste da Bahia. **Revista Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 1141-1153, 2016.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análises químicas para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC/FUNDAG, 2001. 285 p.

SANTOS, J. E. B.; NASCIMENTO, A. M. A.; SANTOS, G. R.; SILVA, A. B.; ARAUJO, K. D. Mesofauna do solo em remanescente de caatinga. Santana do Ipanema. Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 13-17, 2017.

SILVA, A. C. F.; NOBREGA, C.; ARAUJO, L. H.; PINTO, M. G.; SANTANA, J. A. Macrofauna edáfica em três diferentes usos de solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 21-31, 2014.

SOUZA, I. R. L.; PAULETTO, D.; LOPES, L. S. S.; RODE, R.; PELEJA, V. L.; FREITAS, B. B. Taxa de decomposição foliar de espécies utilizadas em sistemas agroflorestais. **Revista verde**, v. 15, n. 2, p. 118-126, 2020.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semiárido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 32, p. 151-160, 2008.

SOUZA, F. X.; PORTO FILHO, F. Q.; MENDES, N. V. R. **Umbu-Cajazeira: descrição e técnicas de cultivo**. Mossoró: Editora da UFERSA, 2020.

SOUZA, J. T. A.; FARIAS, A. A.; FERREIRA, R. C. C.; OLIVEIRA, S. J. C.; CALVACANTE, L. F.; FIGUEIREDO, L. F.; CORREIA, F. G. Macrofauna edáfica em três ambientes diferentes na região do Cariri Paraibano, Brasil. **Revista Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 94-99, 2016.

SOUZA, J. T. A.; OLIVEIRA, S. J. C.; NAPOLES, F. A. M.; SOUZA, M. S.; MEDEIROS, M. R. Diversidade de macrofauna edáfica em diferentes ambientes de cultivo no agreste da Paraíba, Brasil. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 3, p. 55-60, 2017.

SOUZA, M. A.; CALHEIROS, A. R.; ARAUJO, K. D.; GOMES, D. L.; LIRA, E. S.; SANTOS, E. M. C. Contribuição da decomposição da serapilheira e das folhas de *Byrsonima gardneriana*. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 1, p. 1-10, 2019.

SWIFT, M. J.; BIGNELL, D.; MOREIRA, F. M. de S.; HUISING, J. O inventário da biodiversidade biológica do solo: conceitos e orientações gerais. In: MOREIRA, F. M. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015 131 S.; S.; HUISING, E. J.; BIGNELL, D. E. (Eds.). Manual de biologia dos solos tropicais: amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras: Editora da UFLA, p. 23-41, 2010.

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudos dos insetos**: Tradução de Borror and Delong's introduction to the study of insects. 7. ed. São Paulo, SP: Cengage Learning, 2011.

### CAPÍTULO 3

---

#### CONCENTRAÇÃO E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NOS DIFERENTES ESTÁDIOS FOLIARES DE *Spondias cytherea* Sonn.



## RESUMO

A espécie *Spondias cytherea* Sonn ainda é cultivada de forma extrativista por pequenos produtores rurais, entretanto diante das suas boas características de adaptação vem demonstrando potencial produtivo na região Nordeste. Conhecer a redistribuição interna de nutrientes (mobilidade de nutrientes dos tecidos mais velhos para os tecidos mais jovens) é uma estratégia essencial para a ciclagem de nutrientes, que depende de fatores como a espécie, idade, condições edafoclimáticas e as práticas de manejo adotadas. Estudos avaliando essa redistribuição são ferramentas importantes para entender a nutrição de plantas frutíferas, especialmente a espécie em estudo, que apresenta incipientes relatos na literatura. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar os teores e a redistribuição de macronutrientes e sódio em diferentes estádios (idades) de folhas de *Spondias cytherea* Sonn., no Assentamento Campo Comprido, município de Patos, semiárido da Paraíba. O delineamento estatístico adotado foi inteiramente casualizado, em diferentes estádios foliares, divididos em quatro tratamentos equivalentes a folhas jovens, intermediárias, maduras e decíduas, em cinco repetições e quatro plantas por repetição. Foram determinados os teores médios de macronutrientes e sódio em folhas e a percentagem de redistribuição nos nutrientes das folhas intermediárias para as jovens (S1), das folhas maduras para as jovens (S2) e das folhas decíduas para as maduras (S3). Os maiores teores de N, P, K e Mg ocorreram nas folhas jovens, demonstrando maior mobilidade destes nutrientes nas plantas. A maior percentagem de redistribuição de N, P, K ocorreu das folhas decíduas para as maduras (S3) e do Mg e Na das folhas maduras para as jovens (S2), demonstrado em função da grande exigência e do bom aproveitamento desses nutrientes por essa cultura.

**Palavras-chave:** Anacardiaceae; *Spondias cytherea* Sonn; ciclagem bioquímica.

### ABSTRACT

Internal redistribution of nutrients (mobility of nutrients from older tissues to younger tissues) is an essential strategy for nutrient cycling, which depends on factors such as species, age, edaphoclimatic conditions and management practices adopted. Studies evaluating this redistribution are important tools to understand the nutrition of fruit plants, especially potential species from the Northeast region. Thus, the objective of this study was to evaluate the levels and redistribution of macronutrients and sodium at different stages (ages) of leaves of *Spondias cytherea* Sonn., in the Campo Comprido Settlement, in the municipality of Patos, semi-arid region of Paraíba. The statistical design adopted was completely randomized, at different leaf stages, divided into four treatments equivalent to young, intermediate, mature and deciduous leaves, in five replications and four plants per replication. The average levels of macronutrients and sodium in leaves (plant material) were determined, as well as the percentage of nutrient redistribution from intermediate leaves to young ones (S1), from mature leaves to young ones (S2) and from deciduous leaves to mature ones (S3). The highest levels of N, P, K and Mg occurred in young leaves, demonstrating greater mobility of these nutrients in plants. The highest percentage of N, P, K redistribution occurred from deciduous to mature leaves (S3); and Mg and Na from mature leaves to young ones (S2), demonstrated due to the great demand and good use of these nutrients by this crop.

**Keywords:** Anacardiaceae; *Spondias cytherea* Sonn; Biochemical cycling.

## 1 INTRODUÇÃO

A cajaneira (*Spondias cytherea* Sonn.) é uma espécie frutífera e nativa da região Nordeste, pertencente à família Anacardiaceae. Essa espécie apresenta boa adaptação às condições edafoclimáticas da região semiárida, ainda que seu cultivo ocorra de forma extrativista e subespontânea em quintais e pomares domésticos; com reduzida adubação e poucos tratos culturais, vem demonstrando potencial produtivo, sendo fonte de renda para produtores de comunidades rurais (DONATO *et al.*, 2019).

Segundo Parenta *et al.* (2011), a diagnose foliar é realizada a partir da execução de diversas etapas, constituindo ferramenta adequada para a identificação do estado nutricional das plantas estudadas, verificando-se que a concentração de alguns nutrientes nas folhas aumenta ao passo que outros reduzem.

Além do mais, os teores de nutrientes nas folhas não dependem exclusivamente da disponibilidade do elemento no solo, podendo sofrer influência de fatores como a posição da folha no ramo, variedade, o genótipo da espécie, idade das folhas, condições edafoclimáticas, características do solo e práticas de manejo adotadas (MARQUES *et al.*, 2018). Dessa forma, o conhecimento dos teores de nutrientes nas folhas possibilita analisar o estado nutricional da cultura e organizar estratégias eficientes de manejo da adubação visando à obtenção de maiores produtividades.

Um importante mecanismo de aproveitamento de nutrientes é a ciclagem no interior dos tecidos vegetais, também conhecida como ciclagem bioquímica, translocação ou redistribuição de nutrientes. De acordo com Malavolta; Vitti; Oliveira (1997), o ciclo bioquímico envolve a retranslocação de determinado nutriente de um local (órgão) para outro, podendo ser de uma folha madura para uma folha jovem. Essa transferência de nutrientes durante a senescência foliar é um processo fisiológico essencial para a retenção de nutrientes na planta para suas possíveis necessidades, uma vez que as plantas reciclam parte dos nutrientes, tanto por meio do ciclo bioquímico quanto biogeoquímico (SOUZA *et al.*, 2018).

O entendimento do mecanismo da retranslocação de nutrientes pode promover benefícios às plantas, permitindo o conhecimento dos teores de nutrientes nas folhas, o que possibilita analisar o estado nutricional da cultura e organizar estratégias eficientes de manejo da adubação visando à obtenção de altas produtividades (CAVALCANTE *et al.*, 2016).

O cultivo comercial em larga escala dessa frutífera e sua propagação no mercado nacional ainda são vigentes, pois não existem investimentos adequados nas etapas de cultivo, tampouco exploração e divulgação

do produto final. Entretanto, na região Nordeste as características do fruto como aroma e sabor agradáveis, é significativo para o consumo *in natura* e também dos subprodutos do fruto (fabricação de polpa da fruta, doces, geleias, cachaças).

Embora apresente grande importância social e econômica para região, ainda são escassas as pesquisas desenvolvidas para subsidiar informações sobre as técnicas de cultivo, composição nutricional e dinâmica dos nutrientes em *Spondias cytherea* Sonn., especialmente em condições de campo, uma vez que esses estudos são relevantes no impulsionamento da expansão dessa cultura, principalmente na região Nordeste, onde as condições climáticas são favoráveis ao seu cultivo.

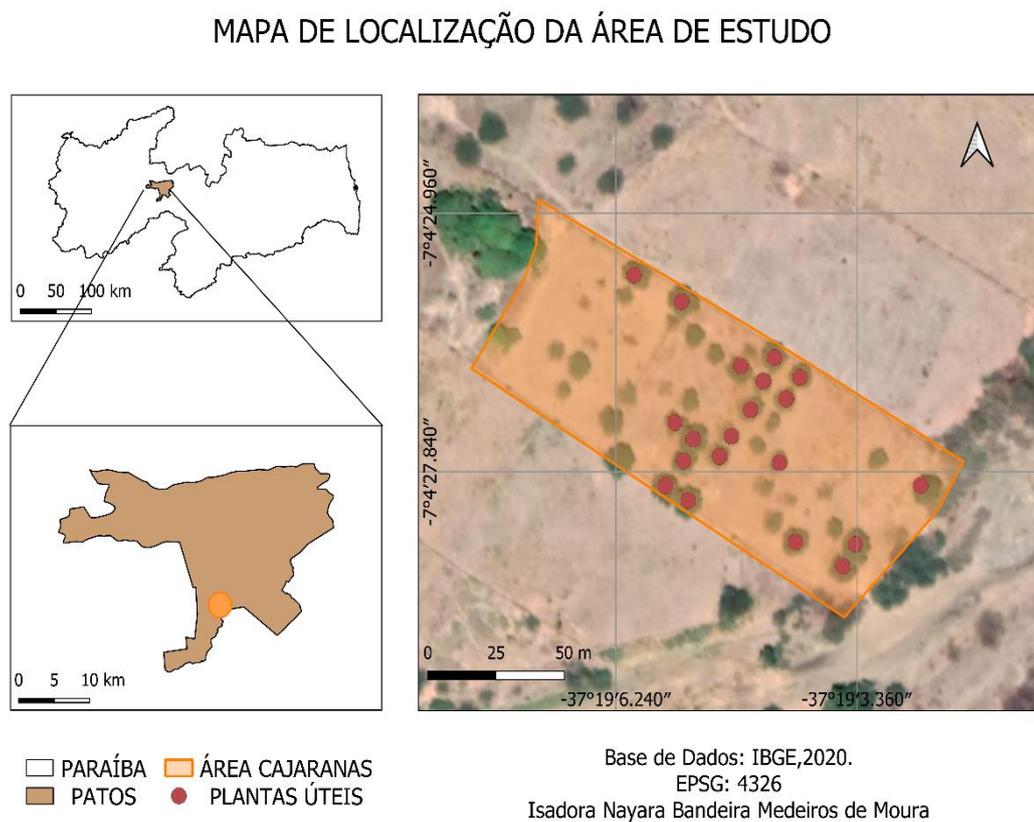
Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar os teores e a redistribuição de macronutrientes e sódio em diferentes estádios (idades) de folhas de *Spondias cytherea* Sonn., no Assentamento Campo Comprido, município de Patos, semiárido da Paraíba.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma propriedade rural no Assentamento Campo Comprido, localizada no município de Patos-PB, situada entre as coordenadas  $07^{\circ} 07'04''27,66''$  S e  $37^{\circ}19'4,64''$  O, possuindo área total de aproximadamente quatro hectares (Figura 1).

**Figura 1** - Mapa de localização das áreas de coleta no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (ÁLVARES *et al.*, 2014), enquadra-se no tipo BSh, semiárido, apresentando médias térmicas anuais superiores a  $28^{\circ}\text{C}$  com distribuição de chuvas irregulares, tendo início no mês de janeiro, perdurando até o mês de junho, atingindo média anual menor que 900 mm de acordo com Agência executiva de gestão das águas (AESAs) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Patos-PB. A vegetação natural da área é do tipo Caatinga hiperxerófila.

O estudo (coleta do material) foi realizado no período de março de 2021, em uma área de pomar de *Spondias cytherea* Sonn., com cerca de 45 plantas adultas (doze anos de idade), com espaçamentos entre plantas de 10,0 m x 10,0 m (Figura 2).

**Figura 2** - Pomar de *Spondias cytherea* Sonn. no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

## 2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, no qual foram determinados quatro tratamentos: folhas jovens (FJ), folhas intermediárias (FI), folhas maduras (FM) e folhas decíduas (FD), dos três terços dos ramos produtivos (frutíferos) da parte mediana da copa das plantas (MARQUES *et al.*, 2018). Para cada tratamento, foram adotadas cinco repetições, com quatro plantas por repetição, totalizando 20 plantas de *Spondias cytherea* Sonn.

De acordo com a figura 3, foram denominadas de folhas jovens aquelas dispostas na parte superior (terminal ou lateral) dos ramos, as folhas intermediárias na parte mediana dos ramos, as folhas maduras localizadas nos ramos mais próximos ao caule e as folhas decíduas (recém-caídas).

**Figura 3** - Redistribuição de nutrientes em quatro distintos tratamentos de folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

### 2.3 Caracterização físico-química da área

O solo da área foi classificado como Neossolo Flúvico, derivado de ambientes com sedimentação aluvial (NASCIMENTO *et al.*, 2017). A determinação dos atributos químicos do solo foi feita por meio da coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm. Foram coletadas 15 amostras simples, posteriormente homogeneizadas para a retirada de uma amostra composta. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Água do CSTR/UFCG/Campus de Patos-PB.

De forma prévia, foi feita a limpeza da superfície do solo para evitar qualquer tipo de contaminação no material coletado, e as amostras foram retiradas das camadas de 0 a 20,0 cm com o auxílio de um enxadeco. As análises seguiram a metodologia proposta pela Donagema (2011), sendo determinados os seguintes atributos químicos do solo: pH, teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), hidrogênio + alumínio (H + Al). De posse dos resultados, foram calculadas a soma de bases, CTC total e a saturação por bases (Tabela 1).

**Tabela 1** - Caracterização química do solo da área de pomar localizada no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.

Período Seco								
pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			-----			%
5,3	51,4	3,0	1,0	0,38	0,32	1,5	6,2	75,8

Período chuvoso								
pH	P	Ca	Mg	K	Na	H + Al	T	V
5,6	40,7	5,0	2,8	0,34	0,22	1,1	9,46	88,4
CaCl <sub>2</sub> 0,01M	mg dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%

Fonte: Autora (2022). pH=potencial hidrogeniônico; P=fósforo disponível; Ca=cálcio trocável; Mg=magnésio trocável; K=potássio trocável; Na=sódio; H+Al=acidez potencial; T=soma de bases; V=saturação por bases.

#### 2.4 Coleta e preparação das amostras foliares de *Spondias cytherea* Sonn.

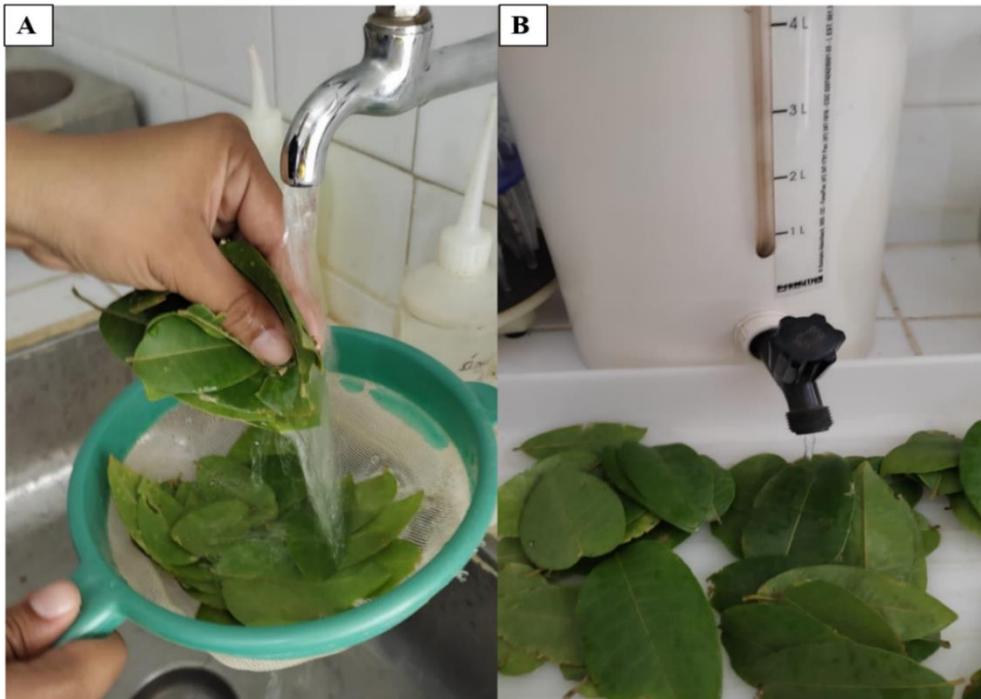
Para avaliar a diagnose nutricional das plantas de *Spondias cytherea* Sonn., foram escolhidas 20 plantas (com características semelhantes de altura e diâmetro de copa) em todo o pomar. Foram coletadas dez folhas de cada tratamento, no terço mediano da copa das árvores nos quatro pontos cardiais, em pleno florescimento, fase mais indicada para a diagnose nutricional em Anacardiaceae (MARQUES *et al.*, 2018).

As folhas coletadas não apresentavam indícios de qualquer tipo de necrose ou doença. Posteriormente, foram misturadas, formando uma amostra composta para cada estágio de desenvolvimento. A coleta foi realizada com a ajuda de um podão e uma tesoura de poda. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel e conduzidas para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da CSTR/UFCG. As amostras foram identificadas quanto ao número do tratamento correspondente e da respectiva repetição.

Antes de serem analisadas quimicamente, as amostras passaram por quatro etapas. A primeira etapa realizada foi a descontaminação das amostras por meio da lavagem em água corrente na torneira e posteriormente em água destilada (Figuras 4 A e B).

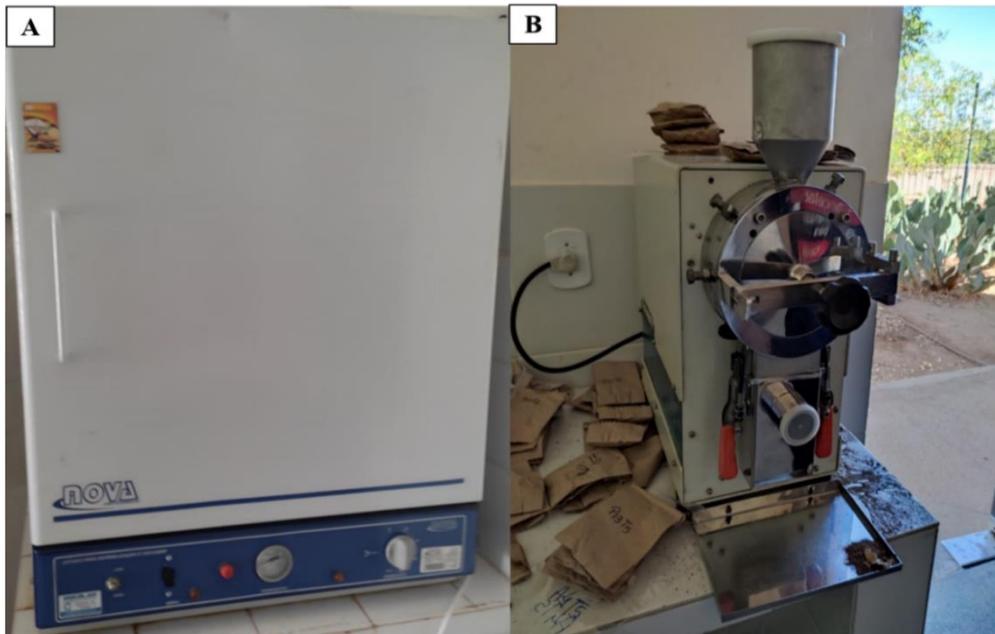
Após o procedimento de descontaminação, as folhas foram colocadas em sacos de papel e levadas à estufa com circulação forçada de ar a uma temperatura de 65 °C por cerca de 72 horas, até atingir peso constante (Figura 5 A). Após a secagem, as amostras foram encaminhadas para moagem no Laboratório de Nutrição Animal da CSTR/UFCG, onde foi utilizado moinho do tipo Willey, com facas de aço inoxidável, passando em peneira de 1,0 mm de malha (Figura 5 B).

**Figura 4** - Lavagem de folhas de *Spondias cytherea* Sonn. em água corrente (A) e em água destilada (B) coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

**Figura 5** - Estufa utilizada para secagem do material (A). Moinho tipo Willey utilizado na moagem de folhas (B) coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

Após a realização destes procedimentos, as amostras foram armazenadas em frascos plásticos de polietileno, devidamente identificadas pelo respectivo tratamento e repetição e encaminhadas para a análise no Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta – LASAPSA, localizado na Universidade Federal Rural do Semiárido, no município de Mossoró-RN.

### 2.5 Digestão Nítrica das amostras

As amostras de tecido vegetal foram digeridas em forno micro-ondas (sistema fechado), utilizando HNO<sub>3</sub> 65% (ácido nítrico). Foram pesados 0,5 g da amostra em vaso de Teflon fechado e adicionados 5 mL de HNO<sub>3</sub> 65% a 170 °C por dez minutos (Figura 6). Após o resfriamento das amostras, o extrato foi completado até o volume de 25 mL com água deionizada (DONAGEMA, 2011). Os elementos determinados foram: N, P, K, Ca, Mg e Na.

A redistribuição de macronutrientes e Na foi calculada pela fórmula proposta por Negi; Sharma (1996) e adaptada por Chuyong *et al.* (2000), levando em consideração a redistribuição do Ca como referência, por este ser um nutriente de baixa mobilidade na planta:

$$\text{Red (\%)} = 100 \times [1 - (x \div y)] \dots\dots\dots(1)$$

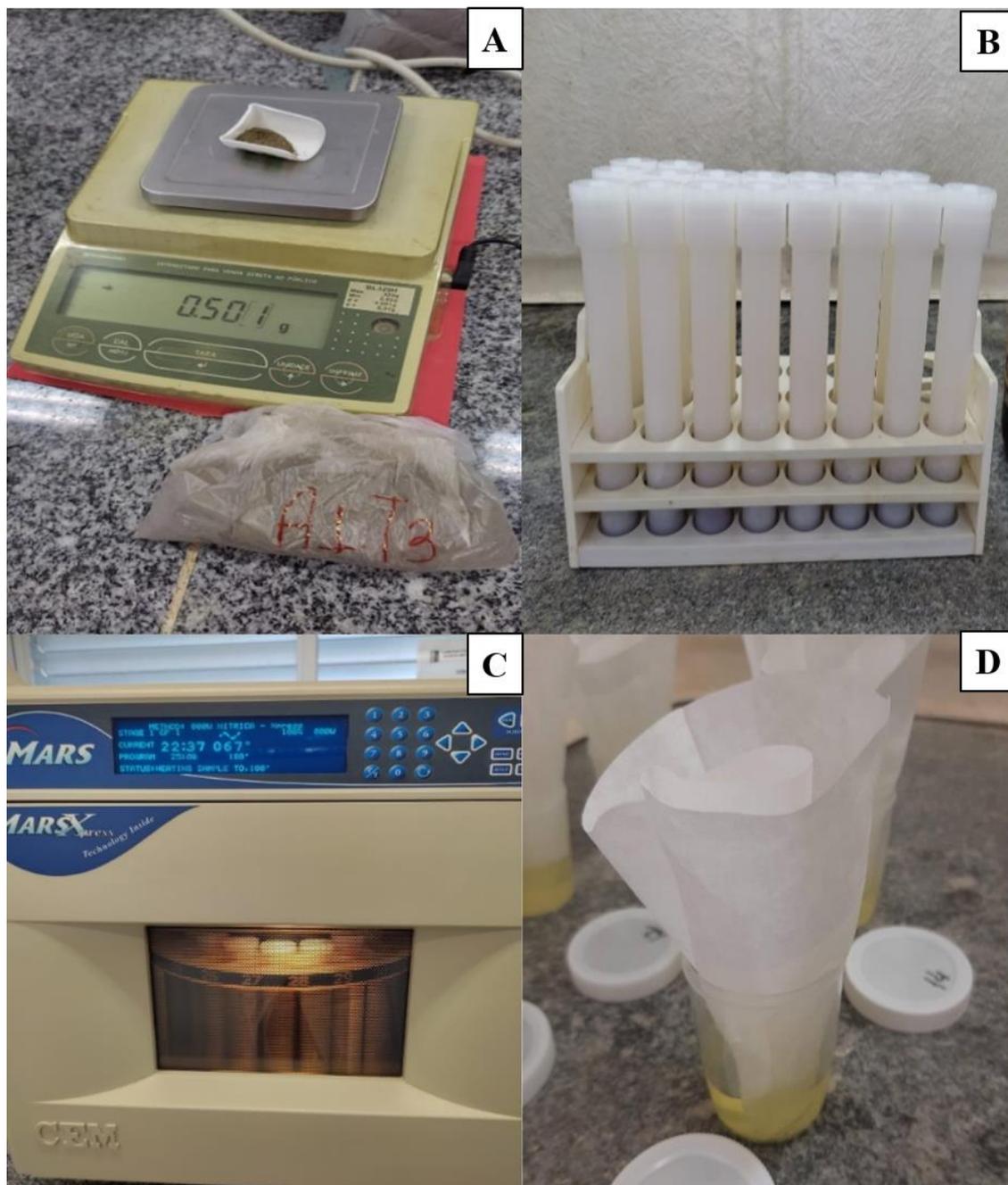
onde: Red (%) = Redistribuição dos nutrientes (%)

$$X = \frac{\text{teor do nutriente em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}{\text{teor do Ca em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}$$

$$Y = \frac{\text{teor do nutriente em folhas maduras (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}{\text{teor do Ca em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}$$

Para a avaliação da taxa de translocação de nutrientes nas folhas, foram determinados três estádios, sendo o estágio S1 a translocação das folhas intermediárias para folhas jovens, o estágio S2 a translocação das folhas maduras para as folhas jovens e o estágio S3 a translocação das decíduas para as maduras.

**Figura 6** - Preparação para a digestão nitroperclórica das amostras do Assentamento Campo Comprido, Município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022).

## **2.6 Análise estatística dos dados**

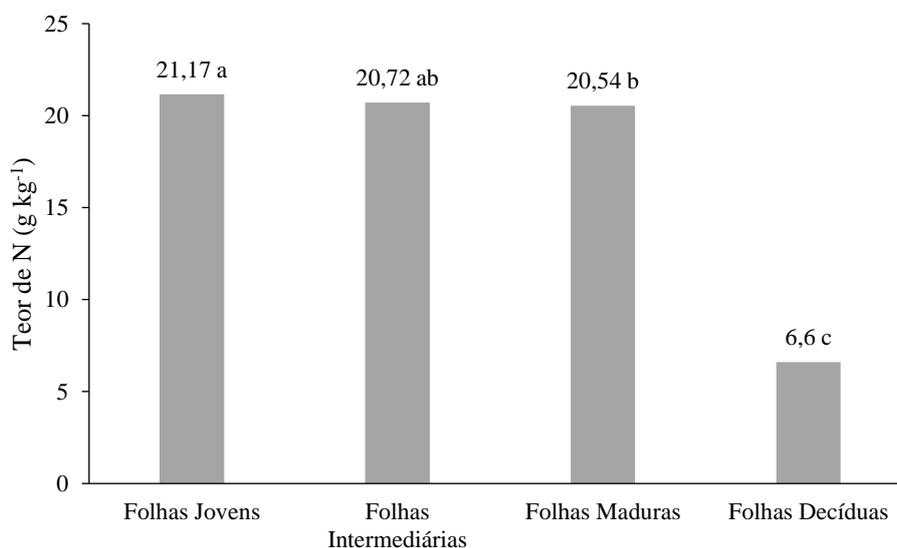
Para a realização das análises estatísticas, foi utilizado o programa SAS/STAT 9.3 (2011), sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Teores de macronutrientes e sódio nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn.

Houve diferenças significativas nos teores de N entre os estádios das folhas. Os maiores teores foram encontrados nas folhas jovens e intermediárias de *Spondias cytherea* Sonn., reduzindo com a idade das folhas. Esse resultado pode ser explicado em virtude da mobilidade deste elemento que, por ser considerado móvel, é redistribuído fisiologicamente das folhas mais velhas para as folhas mais novas na planta, de acordo com sua necessidade para formação e crescimento de novas folhas (Figura 7).

**Figura 7** - Teores de N ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos -PB.



Fonte: Autora (2022).

Taiz *et al.* (2017) afirmam que N é um dos elementos minerais requeridos em maior quantidade pelas plantas e o que mais pode limitar seu crescimento. Esse nutriente atua como constituinte de inúmeros componentes celulares vegetais, incluindo clorofila, aminoácidos e ácidos nucleicos.

De acordo com Neves; Carvalho (2019), o estágio de crescimento das plantas tem influência direta sobre os teores dos nutrientes. Neves *et al.* (2005) determinaram teores médios variando de 25,7 e 29,5  $\text{g kg}^{-1}$  em folhas de mudas de umbuzeiro. Esses valores não podem ser comparados como referência com os resultados obtidos neste estudo, uma vez que se trata de

plantas adultas (acima de 12 anos de idade) e em condições de campo. Entretanto, estudos com essa espécie são quase inexistentes, o que demonstra a importância dos dados obtidos.

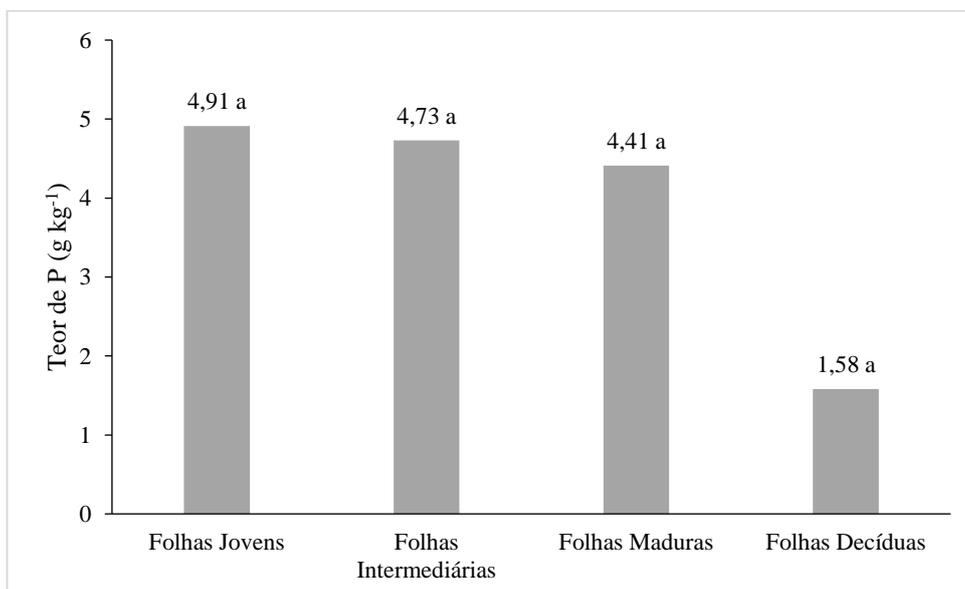
Comparando os teores encontrados com outros autores em espécies da família Anacardiaceae e outras frutíferas, percebe-se conformidade nos resultados. Oliveira *et al.* (2013), estudando a cultura do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), encontraram teor médio de 22,6 de N g kg<sup>-1</sup> em folhas jovens. Marques *et al.* (2018), estudando a diagnose foliar de graviola (*Annona muricata* L.), encontraram valores mais elevados de N, com maiores teores nas folhas jovens (25,5 g kg<sup>-1</sup>), corroborando nossos resultados.

O gênero *Spondias* sp., por apresentar característica de caducifólia, perde suas folhas na época mais seca do ano, aumentando o aporte de serrapilheira no solo, influenciando os maiores valores de N nas folhas, já que teores de matéria orgânica elevadas promovem a absorção de nitrogênio pelas plantas, após a mineralização do material orgânico (COSTA *et al.*, 2016).

Considera-se, portanto, que os teores médios de N encontrados nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn. estão dentro da média estimada para este nutriente em espécies frutíferas, uma vez que N é encontrado no solo em várias formas, incluindo amônia, nitrato, aminoácidos e formas insolúveis complexas.

Para os teores de P nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn., houve diferenças significativas entre os tratamentos estudados (Figura 8), onde os teores de P apresentaram comportamento semelhante ao N, com menores teores nas folhas decíduas.

**Figura 8** - Teores de P (g kg<sup>-1</sup>) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos -PB.



Fonte: Autora (2022)

De acordo com Viera e Schumacher (2009), assim como o nitrogênio, P tem alta mobilidade dentro da planta e, dessa forma, tende a concentrar-se especialmente nas folhas jovens, onde sua redistribuição ocorre de acordo com as exigências das plantas.

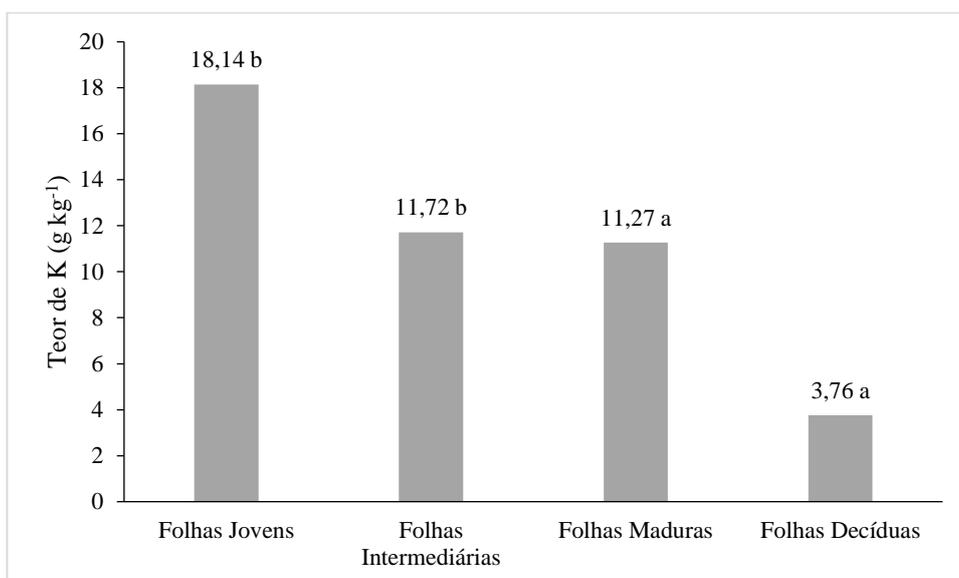
Na maioria das plantas, os teores foliares de P ocorrem em concentrações inferiores às encontradas para nitrogênio e potássio (TISDALE *et al.*, 1993).

Oliveira *et al.* (2013), estudando espécies da mesma família deste estudo, encontraram valores inferiores ao observado neste estudo. Os autores verificaram o teor médio de P em *Anacardium occidentale* L. de 1,6 g kg<sup>-1</sup> em folhas jovens. Por sua vez, Marques *et al.*, (2018) determinaram em plantas adultas de *Annona muricata* L. o maior teor de P em folhas jovens (2,3 g kg<sup>-1</sup>). Esses resultados evidenciam que a espécie *Spondias cytherea* Sonn. deste estudo apresentou teores superiores, com o teor médio de 5,0 g kg<sup>-1</sup> em folhas jovens.

Costa *et al.* (2016) afirmam que a maior influência do teor de fósforo foliar das culturas está diretamente ligado à profundidade e qualidade dos solos. Assim sendo, é provável que o aporte de serrapilheira observado no pomar da espécie estudada tenha contribuído para a quantidade de P encontrado no solo (51, 4 mg dm<sup>-3</sup>). Os teores elevados de matéria orgânica (resíduo vegetal) no solo podem aumentar a mineralização do P orgânico e, conseqüentemente, a oferta de fósforo solúvel (MEDEIROS *et al.*, 2015), e com isso ocorre aumento dos teores foliares. Assim como outros elementos essenciais às plantas, o fósforo é indispensável ao desenvolvimento de espécies, desempenhando inúmeras funções metabólicas, como a síntese de açúcares e fosfolipídios (TAIZ *et al.*, 2017).

Houve diferenças significativas entre os tratamentos adotados para o teor de K nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn. (Figura 9). O maior teor de K foi encontrado nas folhas jovens, comportamento já observado para N e P. Isso se justifica porque o potássio é um elemento altamente móvel, sendo sua maior concentração percebida nos órgãos mais novos, tendendo à diminuição à medida que vão ficando mais velhos (MALAVOLTA, 1989).

**Figura 9** - Teores de K (g kg<sup>-1</sup>) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Município de Patos -PB.



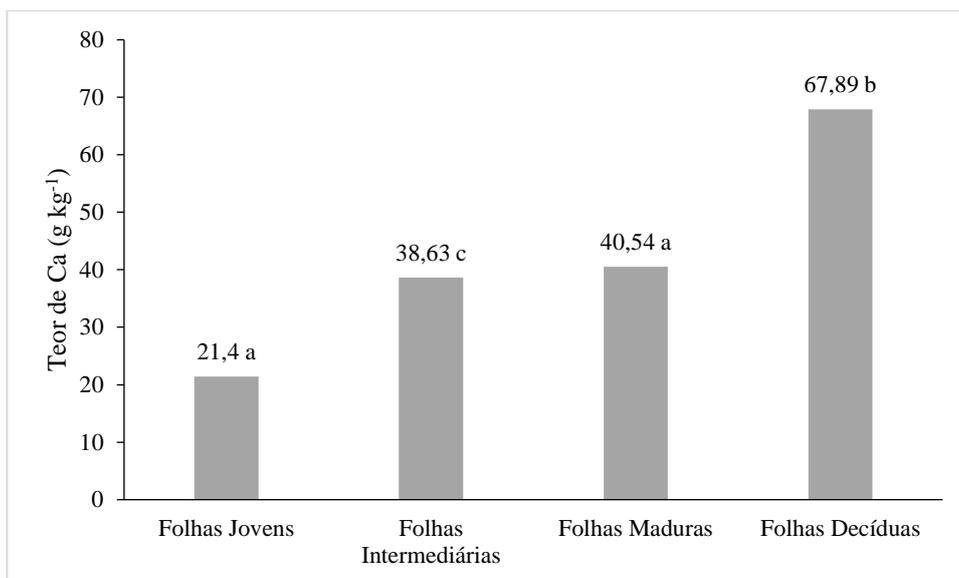
Fonte: Autora (2022)

De acordo com Taiz *et al.* (2017), o potássio é o principal responsável pela regulação osmótica das células vegetais, além de ativar muitas enzimas envolvidas na respiração e processo de fotossíntese. Por ser um elemento altamente móvel, a maior proporção de K encontra-se nos órgãos vegetativos, sendo sua maior concentração percebida nos órgãos mais novos, tendendo à diminuição à medida que vão ficando mais velhos (MALAVOLTA, 1989).

Oliveira *et al.* (2013), Marques *et al.* (2018) e Medeiros *et al.* (2008) encontraram resultados que corroboram o deste estudo, sendo justificado pela idade das plantas estudadas, em condições diferentes, ou seja, condições de campo.

Os teores de Ca nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn. apresentaram diferenças significativas para os tratamentos avaliados neste estudo. As folhas decíduas apresentaram valores mais elevados para teor de cálcio, superiores a 66,0 g kg<sup>-1</sup>. Observou-se um incremento do Ca das folhas jovens para as folhas decíduas (Figura 10).

**Figura 10** - Teores de Ca (g kg<sup>-1</sup>) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

O cálcio foi o elemento encontrado em maiores teores entre todos os avaliados. Esse resultado deve-se principalmente à exigência deste nutriente pela cultura e pelos teores desse elemento no solo (3,0 a 5,0 cmolc dm<sup>-3</sup>), que podem ter influenciado na produção de massa seca da parte aérea e dos teores desse nutriente nas folhas (SILVA JUNIOR *et al.*, 2014).

Outra explicação para os resultados obtidos, além da idade das plantas estudadas, é que esse nutriente faz parte de compostos orgânicos e uma vez ligados nas estruturas celulares, de fato, não se redistribuem (MARQUES *et al.*, 2018).

De acordo com Taiz; Zeiger (2017), o cálcio desempenha papel estrutural, ligando-se a grupos ácidos de lipídios da membrana e a ligações cruzadas entre pectinas, além de fazer papel sinalizador, na forma de mensageiro secundário que inicia as respostas vegetais aos estímulos ambientais.

Taiz; Zeiger (2017) afirmaram que os teores ideais desse nutriente estão em torno de 50 g kg<sup>-1</sup> como componente vegetal. Diante disso, percebe-se que os teores encontrados neste estudo foram superiores. Entretanto, não foram observados sintomas de toxicidade nas folhas.

Menores teores de cálcio nas folhas podem apresentar mais benefícios do que teores elevados, uma vez que altas concentrações desse nutriente podem causar efeito citotóxico (SILVA JUNIOR *et al.*, 2014), afetando o movimento deste nutriente do citoplasma para a parede celular, devido à perda de energia pela redução de fosfato inorgânico, afetando as funções das membranas (MALAVOLTA, 2006).

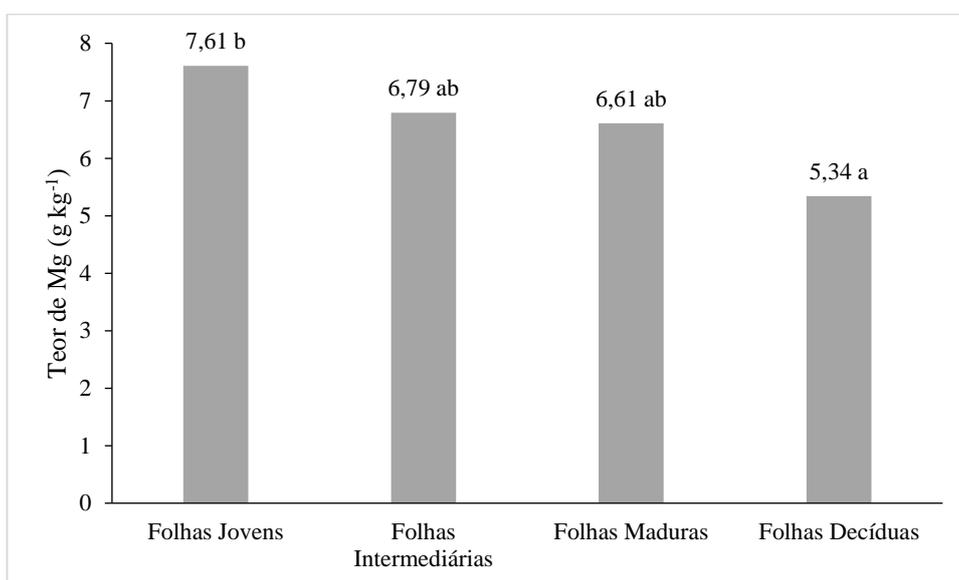
Os teores ideais de Ca podem estimular maior produção de pectatos de cálcio e de teores de lignina, que atuam como barreira física, reduzindo o ataque de patógenos. Outro benefício

do processo de lignificação é a indução de bloqueios ao crescimento de patógenos (TAIZ; ZEIGER, 2009; TAIZ *et al.*, 2017).

Marques *et al.* (2018) verificaram teor máximo de  $9,1 \text{ g kg}^{-1}$  em folhas decíduas de *Annona muricata* L.; por sua vez, Nasser *et al.* (2020), estudando teores foliares de nutrientes em aceroleira, encontraram teor médio foliar de  $18,92 \text{ g kg}^{-1}$ , valores inferiores aos encontrados no presente estudo.

Os teores médios de Mg encontrados nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn. diferiram estatisticamente, sendo o maior teor observado nas folhas jovens (Figura 11).

**Figura 11** - Teores de Mg ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.



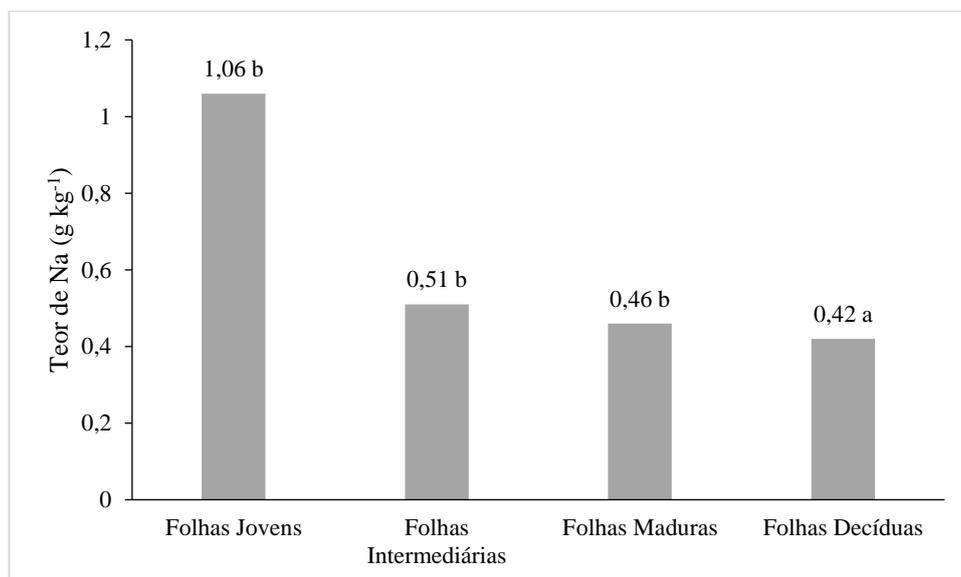
Fonte: Autora (2022)

De acordo com Malavolta (2006), o magnésio é um nutriente móvel, no entanto Larcher (2000) classifica a mobilidade do magnésio como restrita. Esta contradição entre trabalhos acerca da mobilidade do magnésio se deve à variação entre espécies. No presente estudo, observou-se que o Mg teve comportamento de translocação semelhante ao dos nutrientes móveis (N, P e K), com incremento das folhas decíduas para as folhas jovens.

Outra possibilidade para a alta redistribuição do magnésio para outras partes da planta pode estar ligada à capacidade destas espécies de suprir suas necessidades somente com as reservas oriundas do solo, pois a redistribuição desse nutriente é maior no período de menor precipitação, tendo em vista que a menor disponibilidade de água dificulta sua principal via de absorção, que, segundo Vitti *et al.* (2006), é por fluxo de massa.

Houve diferença significativa para os teores de Na nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn. O maior teor foi encontrado nas folhas jovens e o menor nas folhas decíduas (Figura 12).

**Figura 12** - Teores de Na ( $\text{g kg}^{-1}$ ) em folhas de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, município de Patos-PB.



Fonte: Autora (2022)

Na é um elemento requerido por algumas espécies de plantas e não é considerado nutriente essencial, mas benéfico. Porém, em altas concentrações pode apresentar sintomas de toxicidade em plantas. Mesmo não sendo um elemento essencial, desempenha funções benéficas nas plantas. Uma de suas funções primordiais é a substituição parcial deste elemento pelo nutriente K, podendo atuar na contribuição ao potencial do soluto (balanço da água) e, conseqüentemente, no turgor celular (PRADO, 2008).

De acordo com Fernandes (2006), as concentrações de Na em tecidos vegetais variam de 0,013 a 31,1  $\text{g kg}^{-1}$ , corroborando com os teores encontrados nesse trabalho.

Observa-se na figura acima que o teor de Na concentrou-se nas folhas jovens, resultado também obtido por Marques *et al.* (2018), estudando a outra espécie frutífera (graviroleira). Observou-se que os teores foliares encontrados neste estudo foram inferiores ao encontrado por esses autores. Porém, em ambos os trabalhos não foram constatados sintomas de toxicidade, caracterizados pelas queimaduras dos bordos foliares das folhas mais jovens e necroses no interior das folhas maduras.

Na auxilia facilitando a absorção de outros nutrientes (N, P, K) em algumas espécies, devido à permeabilidade das células aos sais. Favorece ainda o acúmulo de frutose e ajuda na conversão da frutose em glicose (FERNANDES, 2006).

### 3.2 Redistribuição de Macronutrientes e sódio nas folhas de *Spondias cytherea* Sonn.

A redistribuição ou retranslocação é uma estratégia essencial de aproveitamento de nutrientes pelas plantas, transferido determinado nutriente de um órgão mais velho (fonte) para um órgão mais novo ou drenos, antes da senescência dos tecidos mais velhos (CALDEIRA *et al.*, 2017).

De maneira geral, observa-se na tabela 2 que os nutrientes com alta mobilidade no floema, como o N, P, K e Mg, e o elemento Na evidenciaram tendências claras de redução nos teores em relação às idades das folhas, ou seja, houve a mobilidade desses nutrientes das folhas decíduas para as mais jovens (MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 2011), demonstrando bom aproveitamento dos nutrientes pelas plantas.

**Tabela 2** - Teores de macronutrientes, sódio e redistribuição em diferentes estádios foliares de *Spondias cytherea* Sonn. coletadas no Assentamento Campo Comprido, Patos-PB.

Nutriente	Teor médio				Taxa de Redistribuição		
	FJ	FI	FM	FD	S1	S2	S3
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				----- % -----		
<b>N</b>	21,17 a	20,72 ab	20,54 b	6,6 c	45,78	48,78	80,81
<b>P</b>	4,91 a	4,73 a	4,41 b	1,58 c	46,63	49,15	80,05
<b>K</b>	18,14 a	11,72 b	11,27 b	3,76 c	64,21	67,20	80,08
<b>Ca</b>	21,4 c	38,63 b	40,54 b	67,89 a	0,00	0,00	0,00
<b>Mg</b>	7,61 a	6,79 b	6,61 b	5,34 c	49,91	53,54	51,76
<b>Na</b>	1,06 a	0,51 b	0,46 b	0,42 b	73,35	77,09	45,48

Fonte: Autora (2022). Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. FJ= folhas jovens; FI= folhas intermediárias; FM= folhas maduras; FD= folhas decíduas; S1= taxa de redistribuição de folhas intermediárias para folhas jovens; S2= taxa de redistribuição de folhas maduras para folhas jovens; S3= taxa de redistribuição de folhas de folhas decíduas para folhas maduras.

No caso do Ca (nutriente de baixa mobilidade) observou-se o contrário em relação aos de alta mobilidade. É sugerido que os efeitos da idade da folha no teor de um mesmo elemento podem se dever à cultivar, às condições climáticas e ao tipo de solo (PATHAK; PANDEY, 1976).

Do ponto de vista fisiológico, um órgão da planta é considerado como fonte quando é capaz de produzir fotossintatos acima de suas necessidades, como no caso das folhas maduras. Por sua vez, os tecidos considerados drenos, como as folhas jovens e/ou frutos, requerem

substâncias para o seu crescimento; além disso, uma folha, mesmo que imatura, deixa de ser dreno e passa a ser fonte quando está de 40 % a 50 % expandida (TAIZ *et al.*, 2017).

Grande parte dos nutrientes nas folhas é transferida durante seu crescimento e desenvolvimento; durante a senescência do tecido, os nutrientes são redistribuídos para os órgãos em crescimento ou reprodutivos.

Com relação à taxa de redistribuição dos macronutrientes (Tabela 2), observou-se que para os nutrientes N, P e K a taxa de redistribuição no estágio S3 variou em torno de 80%, sendo superior das folhas decíduas para as folhas maduras (S3), visto que esses nutrientes foram os mais reciclados pela cajaraneira, em virtude da grande exigência e do bom aproveitamento desses por essa cultura.

No presente estudo, foram observadas as seguintes redistribuições: das folhas maduras para as jovens (S2),  $\text{Na} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{N}$ , e das folhas decíduas para as folhas maduras (S3),  $\text{N} > \text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Na}$ .

Silva *et al.* (2002), estudando a exigência nutricional de umbuzeiro, verificaram que a sequência dos nutrientes que mais limitaram o desenvolvimento da cultura foi:  $\text{N} > \text{P} > \text{Ca} > \text{Zn} > \text{B} > \text{S} > \text{K} > \text{Mg}$ .

Neves; Sá; Carvalho (2004), observando a omissão de macronutrientes em solução nutritiva, constataram que, em ordem decrescente, os macronutrientes que mais limitaram a produção de matéria seca do umbuzeiro foram:  $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$ .

A sequência de redistribuição encontrada em *Spondias cytherea* Sonn. está de acordo com o definido por Malavolta *et al.* (1997), que afirmaram que os nutrientes de maior mobilidade nas plantas são N, P, K e Mg, sendo, portanto, os mais redistribuídos.

#### 4 CONCLUSÕES

1. Os maiores teores de N, P, K e Mg ocorreram nas folhas jovens, demonstrando maior mobilidade destes nutrientes nas plantas de *Spondias cytherea* Sonn.
2. Mesmo não sendo um elemento essencial às plantas, o teor de sódio foi maior em folhas jovens, demonstrando comportamento de mobilidade, ou seja, de redistribuição.
3. A maior percentagem de redistribuição de N, P, K ocorreu das folhas decíduas para as maduras (S3) e do Mg e Na das folhas maduras para as jovens (S2), demonstrado em virtude da grande exigência e do bom aproveitamento desses nutrientes pelas plantas de *Spondias cytherea* Sonn.

## REFERÊNCIAS

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Precipitação Pluviométrica para o Município de Patos**: junho de 2019 a julho de 2021. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>. Acesso em: 20 nov. 2021.
- ÁLVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BOTELHO, R. V.; MULLER, M. M. L. Redistribuição de nutrientes em fruteiras: Implicações fisiológicas. In: SRIVASTAVA, A. K.; HU, C. (org.). **Cultivo de frutas: Diagnóstico e Gerenciamento de Restrições de Nutrientes**. Elseiver. 2020. p. 33-46.
- CARVALHO, R. P. D.; CRUZ, M. D. C. M. D.; OLIVEIRA, A. F. D.; FAGUNDES, M. C. P. Teores de nutrientes de dois cultivares de oliveira durante o crescimento vegetativo e o florescimento. **Revista Ceres**, v. 60, n. 4, p. 569-576, 2013.
- CAVALCANTE, L. F.; ROCHA, L. F.; SILVA, R. A. R.; SOUTO, A. G. L.; NUNES, J. C.; CALVACANTE, I. H. L. Produção e qualidade da graviola sob irrigação e cobertura do solo com resíduo de sisal. **Magistra**, v. 28, n. 1, p. 587-597, 2016.
- CALDEIRA, M. V. W.; MOREIRA, F. L.; GONÇALVES, E. O.; CAMPANHARO, I. F.; CASTRO, K. C. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas de *Bixa arbórea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell. em área de restauração florestal. **Rev. Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, p. 305-317, 2017.
- COSTA, M. C. G.; MIOTTI, A. A.; FERREIRA, T. O.; ROMERO, R. E. Teor de nutrientes e viabilidade da bananicultura em Cambissolos com diferentes profundidades. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 335-343, 2016.
- DONATO, S. L. R.; FONSECA, N.; GONÇALVES, N. P.; MACHADO, C. F.; MATOS, F. S.; SATURINO, H. M.; RODRIGUES, M. G. V. Práticas de cultivo do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, v. 40, n. 307, p. 65-79, 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília, DF. 2015.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA, 2005.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de Plantas**. Viçosa: SBCS, 2006.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.

MARQUES, L. F.; SOUTO, J. S.; CALVACANTE, L. F.; MESQUITA, E. F.; NASCIMENTO, J. A. M. Composição mineral e redistribuição de nutrientes em gravioleira. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 23, e1521232018, 2018.

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3th ed. London: Academic Press, 2012.

MEDEIROS, E. V.; NOTARO, K. A.; SOUZA, B. M.; SILVA, A. O.; DUDA, G. P.; SILVA, M. M. População microbiana, disponibilidade de nutrientes e crescimento de umbuzeiro em substratos contendo resíduos orgânicos. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 47-53, 2015.

MEDEIROS, M. L. D.; SANTOS, R. V.; TERTULIANO, S. S. X.; Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no semiárido paraibano. **Caatinga**, v. 21, n. 3, p. 31-39, 2008.

NASCIMENTO, J. A. M.; SOUTO, J. S.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, S. A. S.; PEREIRA, W. E. Produção de melancia em solo adubado com esterco bovino e potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 122-127, 2017.

NASSER, M. D.; MONTES, R. M.; MONTAGNOLI, M. C. D.; KOHORI, C. B. Teores foliares de nutrientes em aceloreira cultivada com termofosfato e cobertura morta. **Research Society and Development**, v. 9, n. 11, e50891110112, 2020.

OLIVEIRA, V. H. de.; TANIGUCHI, C. A. K.; CRISÓSTOMO, L. A. **Nutrição mineral do cajueiro**. Brasília: Embrapa Agroindústria Tropical, 2013. 40 p. (Documentos, 14).

PARENT, L. E. Diagnosis of the nutrient compositional space of fruit crops. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 321-334, 2011.

PATHAK R. A.; PANDEY, R. M. Sampling for mineral content in leaves of mango cultivar 'dashehari'. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 5, p. 255-264, 1976.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011.

SÃO JOSÉ, A. B.; PIRES, M. M.; FREITAS, A. L. G. E.; RIBEIRO, D. P.; PEREZ, L. A. A. Atualidades e perspectivas das anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, p. 86-93, 2014. Edição especial.

SAS. SAS/STAT 9.3. **User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 8621 p. 2011.

SILVA JUNIOR, M. L.; SOUZA JUNIOR, J. C.; BRAGA, A. C. M.; OHASHI, O. S.; MELO, V. S.; SILVA, G. R.; PEDROSO, A. J. S.; VIEGAS, I. J. M.; SALDANHA, E. C. M. Crescimento de mogno-brasileiro e resistência a *Hypsipyla grandella* em função do cálcio e do boro. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1085-1094, 2014.

SILVA, A. C.; SANTOS, A. R.; PAIVA, A. V. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **Revista da Universidade de Alfenas**, v. 4, p. 11-18, 1998.

SILVA, R. A. R.; NUNES, J. C.; NETO, A. J. L.; CALVACANTE, L. F.; SILVA, M. R. M.; RODRIGUES, R. M. Lâminas de irrigação e cobertura do solo na produção e qualidade de frutos da gravioleira. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 3, p. 441-447, 2013.

SOUZA, M.; JARDIM, A. M. R. F.; JUNIOR, G. N. A.; SILVA, J. R. I.; LEITE, M. L. M. V.; TEIXEIRA, V. I.; SILVA, T. G. F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de pastagens tropicais. **Revista PUBVET**, v. 12, n. 5, p. 1-9, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D.; HAVLIN, J. L. **Soil fertility and fertilizers**. 5th. ed. New York: Macmillan, 1993.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. Concentração e retranslocação de nutrientes em acículas de *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 4, p. 375-382, 2009.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M. S. F. (org.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.