



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EDUARDO LUÃ FERNANDES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA DINÂMICA DO BANCO DE
SEMENTES DO SOLO EM UM BREJO DE ALTITUDE NA PARAÍBA**

AREIA

2025

EDUARDO LUÃ FERNANDES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA DINÂMICA DO BANCO DE
SEMENTES DO SOLO EM UM BREJO DE ALTITUDE NA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia, do
Centro de Ciências Agrárias, da Universidade
Federal da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dra. Edna Ursulino Alves

Coorientador: Prof.^o Dr. ^o Valdemir Fernando
da Silva

AREIA

2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586i Silva, Eduardo Luã Fernandes da.

Influência da variabilidade climática na dinâmica do banco de sementes do solo em um Brejo de Altitude na Paraíba / Eduardo Luã Fernandes da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2025.

35 f. : il.

Orientação: Edna Ursulino Alves.

Coorientação: Valdemir Fernando da Silva.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Efeito de legado. 3. Mata Atlântica. 4. Resiliência ecológica. 5. Sazonalidade. 6. Semiárido. I. Alves, Edna Ursulino. II. Silva, Valdemir Fernando da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

EDUARDO LUÃ FERNANDES DA SILVA

**INFLUÊNCIA DA VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA DINÂMICA DO BANCO DE
SEMENTES DO SOLO EM UM BREJO DE ALTITUDE NA PARAÍBA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 15 / 12 / 2025

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **EDNA URSULINO ALVES**
Data: 22/12/2025 01:11:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^a. Edna Ursulino Alves
Orientadora - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **VALDEMIR FERNANDO DA SILVA**
Data: 22/12/2025 12:20:53-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Valdemir Fernando da Silva Co-
Orientador - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **ANGELINE MARIA DA SILVA SANTOS**
Data: 22/12/2025 11:54:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Angeline Maria da Silva Santos
Examinadora - UFPB

Documento assinado digitalmente
 **JOAO HENRIQUE CONSTANTINO SALES SILVA**
Data: 22/12/2025 09:03:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

MSc. João Henrique Constantino Sales Silva
Examinador - UFPB

À criança que, mesmo sob caminhos tempestuosos, nunca abandonou o desejo de sonhar e de conhecer o mundo. Que guardou uma coragem pequena, mas teimosa, e caminhou mesmo quando o horizonte parecia distante.

A todas as pessoas que, nessa jornada, foram sustento, incentivo e ombro amigo quando o peso da caminhada se fez maior do que eu poderia suportar sozinho.

E a todos que sonham e têm coragem de lutar pelo que acreditam:
a vocês, dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pela força necessária para estar aqui hoje. Por ter sido meu guia em todos os momentos dessa jornada e por ter dado forças e determinação àquela criança pequena para que nunca desistisse dos seus sonhos. Os caminhos não foram fáceis, mas o Senhor me ensinou que cada pedra no trajeto poderia se tornar um instrumento para moldar quem sou hoje e me ajudar a conquistar tudo o que sempre sonhei.

À minha família, tias e primas, que sempre apoiaram meus estudos e me incentivaram a ser uma pessoa melhor. Em especial à minha mãe, Fabiana Maria da Silva, que nunca deixou que me faltasse nada, por mais difíceis que as condições estivessem. Foi a senhora quem segurou minha mão nos momentos de incerteza e dor, desfazendo-se e refazendo-se para que eu me sentisse sempre amado e acolhido, independentemente das circunstâncias. Mãe, com seu amor incondicional, a senhora me ensinou a nunca desistir, a manter a cabeça erguida diante das dificuldades e a lutar pelos meus sonhos com garra e humildade. Cada palavra sua foi um incentivo, cada gesto de carinho foi um alento, e cada sacrifício seu, uma lição silenciosa de amor e entrega.

Às minhas irmãs, Luana Fernandes, Maria Fernanda Fernandes e Thayse Fernandes, que sempre foram parte essencial de quem sou e de quem me tornei. Vocês são a lembrança viva de que nunca estou sozinho, pois tudo o que conquistei e vou conquistar tem um pedaço de vocês.

Ao meu namorado, Lucas Galdino, meu companheiro de todos os momentos e meu amor. Obrigado por sempre acreditar em mim, mesmo quando eu estava cansado e desacreditado. Nossa relação foi construída à base de trocas de vida importantíssimas, e sei que quem me tornei hoje tem total contribuição de tudo o que construímos juntos.

Aos meus sogros, Maria César Galdino e Suedney Silva, que me acolheram como um filho e nunca me deixaram faltar um conselho, incentivo, carinho e boas risadas. Serei eternamente grato por todo amor e por me permitirem fazer parte dessa família.

Aos meus amigos de vida, Ana Paula Albino, Iasmim Albuquerque, Sara Aymê Marinho e João Victor Moura, que estiveram comigo nos momentos difíceis e foram meu amparo e força para não desistir. Choramos juntos, crescemos juntos e hoje não vejo uma vida onde não nos tornássemos amigos. Vocês sempre serão parte especial de mim.

Aos amigos que a universidade me proporcionou, saibam que cada um de vocês foi especial nessa jornada, ajudando-me a dar boas risadas e a desopilar dos problemas do cotidiano. Vocês foram lembretes constantes de que a vida se torna mais leve quando se tem amigos para compartilhar as dores e as conquistas.

Ao Laboratório de Sementes, por todas as oportunidades, além dos amigos e colegas que esse lugar me trouxe. Todos foram muito especiais e tornaram cada campo mais leve com suas risadas e brincadeiras, não deixando o sol escaldante e o trabalho árduo serem insuportáveis. Em especial, agradeço a Guilherme Pádua e Joyce Naiara, por me apresentarem a pesquisa com todo carinho e paciência. Vocês me mostraram a beleza da ciência, incentivando ainda mais o meu gosto pelo curso. Agradeço também a Severino Francisco dos Santos, carinhosamente chamado de “Seu Biu”, peça fundamental em todos os campos e no nosso dia a dia.

Agradeço imensamente à minha orientadora, Edna Ursulino Alves, por confiar em mim e no meu trabalho, dando-me a chance de conhecer tantas pessoas maravilhosas e abrindo portas para o pesquisador que estou me tornando. Ao meu coorientador, Valdemir Fernando da Silva, que me acolheu e ajudou em cada etapa da escrita deste trabalho, não me deixando desamparado e oferecendo o direcionamento necessário para sua realização.

A todos os professores que foram incentivo e fonte de carinho durante toda a minha jornada acadêmica. Em especial, dedico minha profunda gratidão à professora Aline Pereira Rodrigues, peça fundamental para que eu chegasse até aqui. Ela enxergou um potencial em mim que nem eu mesmo sabia que existia e, por acreditar nesse futuro, foi a responsável por realizar minha inscrição no Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Aquele gesto abriu as portas para todas as conquistas subsequentes e para a pessoa que sou hoje. Serei eternamente grato por sua confiança, pelo carinho e por ter sido a educadora maravilhosa que foi, a senhora mudou a minha história.

Por fim, agradeço à Universidade Federal da Paraíba, em especial ao Centro de Ciências Agrárias, e aos órgãos de fomento à pesquisa, por todas as oportunidades oferecidas e por cada experiência adquirida.

RESUMO

Os Brejos de Altitude constituem refúgios de Mata Atlântica inseridos no semiárido nordestino, cuja resiliência ecológica depende de mecanismos de regeneração ainda pouco compreendidos em escalas temporais longas. A investigação desse reservatório biológico justifica-se pela sua capacidade de revelar estratégias adaptativas da vegetação, servindo como subsídio fundamental para o desenvolvimento de novas metodologias de manejo e para a recuperação de áreas degradadas. Este estudo analisou a dinâmica e a resiliência sazonal do banco de sementes do solo no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro (Areia-PB), visando preencher a lacuna sobre a resposta deste ecossistema à variabilidade climática. O monitoramento foi conduzido durante anos consecutivos (2022 a 2024), com coletas de solo realizadas em 12 parcelas permanentes antes (AEC) e após (DEC) o período chuvoso, submetidas ao método de emergência de plântulas em casa de vegetação. A estrutura da comunidade foi avaliada pelos índices de Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J'), enquanto as variações espaço-temporais e climáticas foram testadas via ANOVA, teste de Tukey ($p < 0,05$) e Correlação de Pearson. Os resultados evidenciaram uma forte influência da sazonalidade, onde o período pré-chuva (AEC) apresentou densidade e riqueza significativamente superior ao pós-chuva (DEC), confirmando a precipitação como estímulo para o recrutamento e consequente redução do estoque no solo. Foram contabilizados 1.487 indivíduos distribuídos em 58 táxons e 24 famílias, com predominância de Malvaceae, caracterizando uma comunidade dominada por espécies nativas pioneiras. A análise interanual revelou um pico de emergência em 2023 (449 indivíduos AEC) seguido de redução em 2024, comportamento que corroborou a hipótese do Efeito de Legado (*Legacy Effect*), onde a abundância de sementes é determinada pelo volume pluviométrico acumulado no ano anterior. Adicionalmente, verificou-se correlação negativa entre insolação e diversidade, sugerindo que a alta radiação no experimento atuou como filtro ambiental para espécies ombrófilas. O banco de sementes atua como um sistema funcional de armazenamento, cuja dinâmica é regida pela sazonalidade climática e pelos pulsos de precipitação, garantindo a resiliência da floresta frente à imprevisibilidade ambiental.

Palavras-Chave: efeito de legado; Mata Atlântica; resiliência ecológica; sazonalidade; semiárido.

ABSTRACT

The "Brejos de Altitude" constitute Atlantic Forest refugia within the Northeastern Brazilian semiarid region, whose ecological resilience depends on regeneration mechanisms that remain poorly understood over long temporal scales. The investigation of this biological reservoir is justified by its ability to reveal adaptive vegetation strategies, serving as a fundamental basis for developing new management methodologies and for the recovery of degraded areas. This study analyzed the dynamics and seasonal resilience of the soil seed bank at the Mata do Pau-Ferro State Park (Areia, PB), aiming to fill the gap regarding this ecosystem's response to climate variability. Monitoring was conducted over consecutive years (2022 to 2024), with soil samples collected in 12 permanent plots before (AEC) and after (DEC) the rainy season, subjected to the seedling emergence method in a greenhouse. Community structure was evaluated using Shannon's Diversity (H') and Pielou's Evenness (J') indices, while spatio-temporal and climatic variations were tested via ANOVA, Tukey's test ($p < 0.05$), and Pearson's Correlation. The results evidenced a strong influence of seasonality, where the pre-rain period (AEC) presented significantly higher density and richness than the post-rain period (DEC), confirming precipitation as a trigger for recruitment and the consequent reduction of soil stock. A total of 1,487 individuals were recorded, distributed across 58 taxa and 24 families, with a predominance of Malvaceae, characterizing a community dominated by native pioneer species. Interannual analysis revealed a peak in emergence in 2023 (449 AEC individuals) followed by a reduction in 2024, a behavior that corroborated the Legacy Effect hypothesis, where seed abundance is determined by the accumulated rainfall volume of the previous year. Additionally, a negative correlation was found between insolation and diversity, suggesting that high radiation in the experiment acted as an environmental filter for ombrophilous species. The seed bank acts as a functional storage system, whose dynamics are governed by climatic seasonality and precipitation pulses, ensuring forest resilience in the face of environmental unpredictability.

Keywords: Atlantic Forest; ecological resilience; legacy effect; seasonality; semiarid.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. METODOLOGIA	11
2.1. Área do experimento	11
2.2. Coleta das amostras de solo e instalação do experimento	12
2.3. Dados climatológicos	13
2.4. Análise de Dados	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1. Antes da estação chuvosa (2022, 2023 e 2024)	15
3.2. Depois da estação chuvosa (2022, 2023 e 2024)	19
3.3. Frequência absoluta	23
3.4. Plantulas emergidas.....	24
3.5. Análise de Variância, diversidade e correlação de Pearson	25
4. CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS.....	33

1. INTRODUÇÃO

Os Brejos de Altitude constituem refúgios ecológicos singulares no Nordeste brasileiro, localizados em enclaves de matas úmidas cercados pela Caatinga. Essas áreas abrigam uma biodiversidade única, mesclando espécies da Mata Atlântica e da Caatinga. Contudo, apesar de sua importância biológica e histórica, persiste uma lacuna significativa no conhecimento acerca da dinâmica ecológica desses ambientes no estado da Paraíba. Compreender os processos naturais que sustentam a vida nessas "ilhas" de floresta é urgente para orientar a preservação de ecossistemas que resistem à semiaridez circundante (Cordeiro; Flores, Souza, 2020; Cordeiro *et al.*, 2023).

Nesse contexto, a análise da sucessão ecológica torna-se fundamental, sendo o banco de sementes do solo um dos principais aliados para desvendar os arranjos biológicos estabelecidos naturalmente (Wang *et al.*, 2020). O banco de sementes consiste em uma reserva formada pelo acúmulo de propágulos das espécies atuais e passadas, permitindo sua perpetuação no espaço e no tempo (Souza; Rodrigues; Joly, 2017; Zida *et al.*, 2020). A quantidade e a viabilidade dessas sementes dependem de interações complexas, como síndromes de dispersão, fenologia e mecanismos de dormência, que impedem a germinação sincronizada e garantem a sobrevivência às adversidades ambientais (Hillerislambers, 2012; Benvenuti; Mazzoncini, 2021).

Arelado a esses mecanismos biológicos, as condições climáticas exercem influência direta na viabilidade do banco de sementes. Em ambientes sazonais, a ocorrência de chuvas e a disponibilidade hídrica atuam como estímulos essenciais para que as sementes quiescentes ou dormentes completem seu ciclo bioquímico e germinem (An; Zhao; Ma, 2020). A irregularidade do regime pluviométrico, típica de zonas de transição, faz com que a dinâmica de emergência esteja intrinsecamente ligada aos pulsos de precipitação, tornando o banco de sementes um indicador sensível da resposta da floresta às variações climáticas (Santos *et al.*, 2020).

Essa influência ambiental reflete-se diretamente no estoque de propágulos disponíveis no solo, determinando a densidade e a diversidade do banco e, consequentemente, a quantidade de indivíduos emergidos. Embora estudos anteriores em áreas de transição indiquem que a dinâmica do banco de sementes possa variar conforme o sombreamento (Moraes *et al.*, 2022) ou a competição com espécies exóticas (Gomes-Junior *et al.*, 2022), o monitoramento de como o banco de sementes dos Brejos de Altitude responde à variabilidade climática ao longo do tempo permanece uma lacuna necessária para o diagnóstico de sua resiliência.

Áreas protegidas que preservam condições naturais singulares tornam-se laboratórios naturais estratégicos para investigações científicas integradas. Um cenário particularmente relevante para essa investigação é o Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, localizado em Areia-PB. Este fragmento protegido desempenha um papel crucial na conservação regional, tendo sua persistência favorecida pela configuração do Planalto da Borborema, cujas escarpas captam ventos úmidos do oceano (Cordeiro *et al.*, 2023). Essa característica orográfica cria um microclima singular que permite testar diretamente a interação entre a atmosfera e o solo.

Diante disso, a correlação entre a dinâmica do banco de sementes e a variabilidade climática anual torna-se essencial para avaliar a capacidade de regeneração deste refúgio ecológico e a reposição de seus bancos de semente ao longo das variações climáticas anuais. O monitoramento contínuo ao longo de três anos (2022 a 2024) permite quantificar o recrutamento de indivíduos banco de sementes relacionado a variação dos fatores abióticos. Assim, os objetivos desta pesquisa foram: 1) quantificar a densidade absoluta (DA) de plântulas emergidas no banco de sementes antes (AEC) e após (DEC) o período chuvoso, comparando a variação sazonal e interanual; e 2) determinar se a intensidade dos índices pluviométricos anuais influencia o recrutamento do banco de sementes, correlacionando o volume de chuvas com a redução da densidade e da diversidade no período pós-chuva.

2. METODOLOGIA

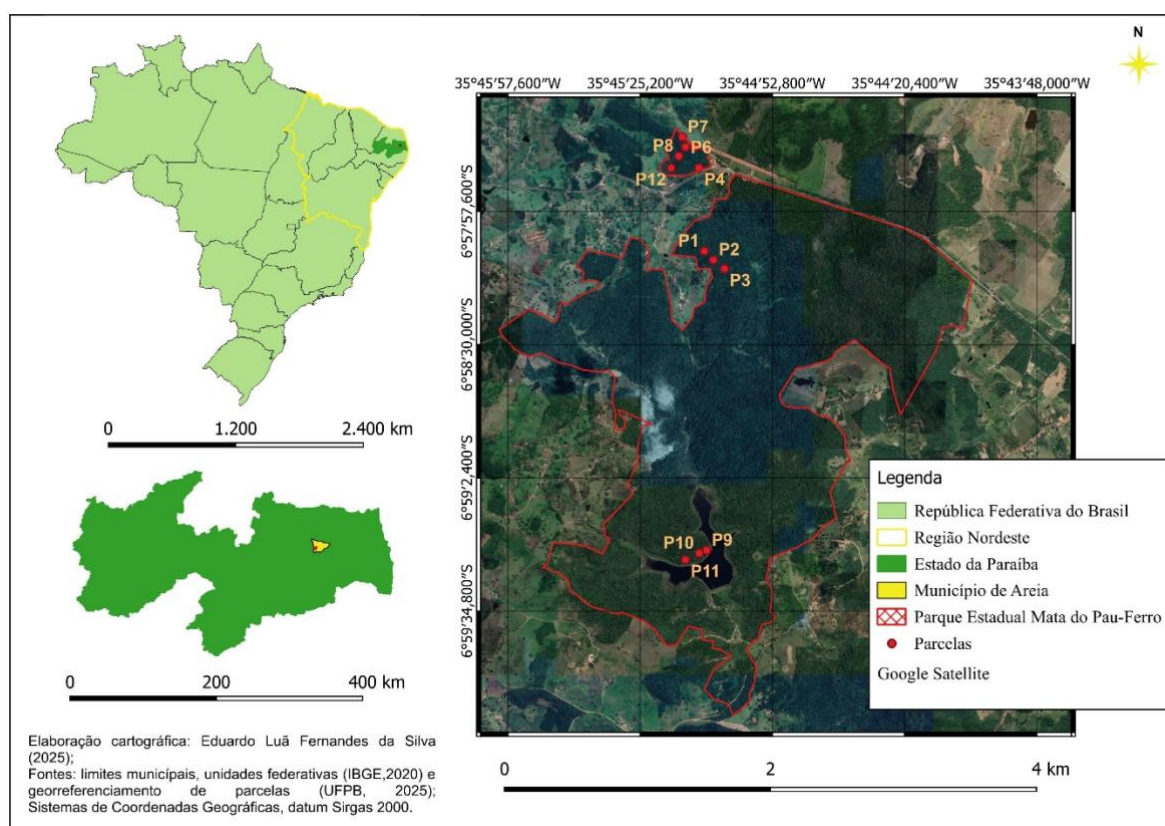
2.1. Área do experimento

O estudo foi desenvolvido a partir de amostras de solo coletadas no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro (Figura 1), situado no município de Areia, Paraíba, abrangendo um período de monitoramento de três anos consecutivos (2022, 2023 e 2024).

A área experimental constitui um enclave de floresta úmida inserido em uma matriz semiárida, cuja persistência deriva de condicionantes geológicas e climáticas singulares. O clima local é classificado como BSh (semiárido quente) segundo Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013), contudo, a região apresenta uma precipitação média anual em torno de 1.500 mm e temperatura média de 23°C, com um período chuvoso concentrado entre abril e setembro e uma estação seca ocorrendo de outubro a março (Climatedata, 2025).

As unidades amostrais de coleta do banco de semente do solo foram distribuídas aleatoriamente no parque, cobrindo o gradiente da borda ao interior da mata, capturando assim a heterogeneidade ambiental que favorece o recrutamento de espécies tanto da Caatinga quanto da Mata Atlântica.

Figura 1. Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, um fragmento de refúgio ecológico caracterizado como um enclave de matas úmidas dentro da matriz semiárida da Caatinga, no município de Areia/PB. UFPB, 2025.



Fonte: Autor, 2025.

2.2. Coleta das amostras de solo e instalação do experimento

Para a avaliação do banco de sementes, foram instaladas 12 parcelas fixas de 100 m² (Gonçalves *et al.*, 2011; Souza, 2016; Sousa *et al.*, 2017). As coletas de solo foram realizadas em duas épocas distintas (pré-chuva em março e pós-chuva em novembro) ao longo dos três anos. Em cada parcela, foram coletadas 5 subamostras em áreas de 1 m² (distribuídas nas laterais e no centro), utilizando-se um gabarito de ferro vazado (25 × 16 × 3 cm) para padronizar a coleta até a profundidade de 3 cm, incluindo a serapilheira. O material foi acondicionado em sacolas plásticas e transportado ao Laboratório de Análise de Sementes da UFPB (Campus II), onde as amostras foram uniformizadas e dispostas para germinar em bandejas plásticas (30 × 22 × 7,5 cm) perfuradas, seguindo o método da emergência de plântulas (Brown, 1992).

O experimento ocorreu em casa de vegetação, com irrigação média manual diária padronizada em 0,5 L por bandeja (Andrade *et al.*, 2015; Santos *et al.*, 2020), sendo as avaliações de emergência realizadas continuamente ao longo do experimento, durante 4 meses, onde os indivíduos eram contabilizados e classificados quanto a espécie, gênero e família

(Lazzari *et al.*, 2015; Lousada; Esteves, 2017). Onde a identificação taxonômica dos indivíduos foi realizada por meio da comparação com exsicatas do Herbário Jaime Coelho (CCA), consulta a bibliografia específica e o auxílio do botânico Joel Maciel P. Cordeiro. Essa identificação ocorreu a medida que as plântulas emitiam estruturas específicas de suas taxonomias que favorecessem sua identificação (estruturas morfológicas e reprodutivas).

2.3. Dados climatológicos

Visando correlacionar a dinâmica biológica do banco de sementes com a variabilidade abiótica, foram compilados os dados meteorológicos integrais referentes aos três anos de estudo (2022, 2023, 2024). As séries históricas de precipitação, temperatura, umidade e insolação foram obtidas junto à Estação Meteorológica do Centro de Ciências Agrárias (CCA/UFPB), localizada no município de Areia (Figura 2). Adicionalmente, realizou-se o monitoramento microclimático das condições experimentais, registrando-se a temperatura (máxima e mínima) e a umidade média no interior da casa de vegetação durante todo o período de análise das plântulas.

Figura 2. Análise climatológica, obtida através da estação meteorológica do CCA, dos anos de 2022, 2023 e 2024 em duas épocas de coleta (antes e depois do período chuvoso). UFPB, 2025.

Ano	Período	Temperatura do ar (°C)	Umidade (%)	Precipitação (mm)	Insolação (h)
2022	AEC	25,3	74,8	285	538,4
2022	DEC	22,8	85,1	1029,4	957,4
2023	AEC	24,9	79,7	430,4	1084,2
2023	DEC	22,6	85,5	845,5	1083,4
2024	AEC	20,6	66,7	351,8	1003,7
2024	DEC	23,1	82,9	648,1	1085,8

Fonte: Autor, 2025.

2.4. Análise de Dados

A análise quantitativa do banco de sementes foi expressa mediante a contagem de indivíduos, identificação e cálculo da densidade absoluta (DA), sendo utilizado o teste *t* para comparar as duas condições de amostragem. Para as espécies mais abundantes foi calculada a

frequência absoluta para cada condição (período seco e chuvoso). Determinou-se a diversidade florística por meio do índice de diversidade de Shannon (H') (Townsend; Begon; Berger, 2006; Scoti, 2012) e de Equitabilidade de Pielou (Begon; Townsend; Harper, 2007).

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{n} * \ln \frac{n_i}{n} \right)$$

$$J =: \frac{H'}{S_{max}}$$

O delineamento utilizado foi em blocos ao acaso. Os dados referentes ao número de plântulas emergidas e densidade absoluta foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para testar as diferenças entre os anos e época de coleta. Para atender às proposições da ANOVA, as variáveis resposta foram submetidas ao teste de homogeneidade de variância (teste de Levene). Assim, os dados foram transformados por $\log(X + 1)$ para prosseguir com o teste de homogeneidade. Posteriormente, o teste de Tukey a 5% foi utilizado para identificar as diferenças significativas entre os grupos.

Para investigar as relações entre as variáveis climáticas e a riqueza do banco de sementes, foi realizada uma análise de correlação de Pearson. Os resultados são representados em matrizes de correlação com coeficientes (r) e valores de significância ($p < 0,05$) e visualizados com gradientes de cores para facilitar a interpretação.

As análises estatísticas foram realizadas no *software* R versão 4.4.2 (R Core Team, 2024) utilizando os pacotes *reshape2* (Wickham, 2025), *ggplot2* (Wickham *et al.*, 2025) e *Hmisc*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O monitoramento da dinâmica do banco de sementes no solo, conduzido ao longo de três anos consecutivos, resultou na contabilização de 1.487 indivíduos, distribuídos em uma riqueza florística consolidada de 58 táxons (entre espécies e morfoespécies), 39 gêneros e 24 famílias botânicas. Dentre os grupos taxonômicos, a família Malvaceae destacou-se pela maior representatividade específica (8 táxons) A predominância dessa família botânica corrobora com dados encontrados por Sanou *et al.* (2023), que ao estudarem bancos de sementes nas savanas da África ocidental, apontaram essa família, juntamente com Fabaceae e Rubiaceae, como grupos mais persistentes encontrados, o que reafirma sua plasticidade ecológica em ecossistemas de transição e bordas de mata.

3.1. Antes da estação chuvosa (2022, 2023 e 2024)

Ao examinarmos a dinâmica sazonal, referente ao período anterior à estação chuvosa (AEC), registrou-se a maior riqueza do estudo, totalizando 45 táxons (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies registradas no banco de sementes do solo antes do período chuvoso (março) dos anos de avaliação, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia/PB. UFPB, 2025.

Família	Nome científico	Nome popular	Origem	FV	GE	Ano
Asteraceae	<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson.	Serralhinha	Na	Herb	PI	2
	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.	Falsa serralha	N	Herb	PI	1
	<i>Eupatorium prasiifolium</i> Griseb.	Mentrasto	N	Herb	PI	2
Bignoniaceae	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S.O.Grose	Pau-d'-arco-amarelo	N	Árv	SI	3
Cannabaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	Crista-de-galo	N	Herb	PI	1
	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Esporão-de-galo	N	Árv	SA	1,3

Caricaceae	<i>Trema micranthum</i> (L.) Blume	Crindiúva	N	Árv	PI	3
	<i>Carica papaya</i> L.	Mamão	Na	Árv	PI	2
Convolvulaceae	<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	Jitirana	N	Lia	SI	2
Curcubitaceae	Sp. 1	-	-	Lia	-	1
	<i>Cyperus</i> sp.	Tiririca	Na	Herb	PI	1
	<i>Cyperus compressus</i> L.	Junquinho	N	Herb	PI	1, 3
	Sp. 2	-	-	Lia	-	2, 3
	Sp. 3	-	-	-	-	2, 3
	<i>Scleria</i> sp.	Capim-Piri	N	Herb	PI	3
	<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Calopogônio	N	Lia	SI	3
	<i>Crotalaria micans</i> Link	Chocalho-de- cascavel	N	Sub	PI	2, 3
Heliotropiaceae	<i>Senna aversiflora</i> (Herb.) H.S.Irwin & Barneby	Fedegoso	N	Arb	SI	1, 2
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Erva- lombrigueira	N	Herb	SI	1, 3
Lygodiaceae	<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Abre-caminho	N	Lia	PI	3
	Sp. 6	-	-	-	-	3
	<i>Herissantia tiubae</i> (K.Schum.) Brizicky	Mela-bode	Na	Arb	PI	2
	<i>Malvastrum</i> <i>coromandelianum</i> (L.) Garcke	Malva	N	Sub	PI	3
	<i>Sida cordifolia</i> L.	Malva branca	N	Sub	PI	3
	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma	N	Sub	SI	1
	<i>Sida</i> sp.	Guanxuma	N	Sub	PI	1
	<i>Sida urens</i> L.	Vassourio	N	Sub	PI	2
	<i>Waltheria indica</i> L.	Malva-Branca	N	Sub	PI	1
Melastomataceae	Sp. 9	-	-	-	-	1, 2

	<i>Miconia crenata</i> (Vahl) Michelang.	Pixirica	N	Arb	PI	1
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	Tapeiçava	N	Sub	PI	1
	Sp. 5	-	-	-	-	2
Poaceae	<i>Lasiacis ligulata</i> Hitchc. & Chase	Taquari	N	Arb	SI	1
	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Guarda-Sereno	N	Herb	PI	2, 3
Polygonaceae	<i>Triplaris gardneriana</i> Wedd.	Novateiro- preto	N	Árv	SI	3
Rubiaceae	<i>Spermacoce</i> <i>scabiosoides</i> (Cham. & Schltdl.) Kuntze	Cavaçú	N	Her	SI	1
	<i>Spermacoce confusa</i> Rendle	Vassourinha- de-Botão	N	Herb	PI	1
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Tamanqueira	N	Árv	SA	3
	<i>Cestrum axillare</i> Vell.	Olho-de- pombo	N	Arb	SI	1, 2, 3
	<i>Solanum asperum</i> Rich.	Jurubeba	N	Arb	PI	1
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jorubeba verdadeira	N	Arb	PI	1, 2, 3
	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Joá-bravo	N	Arb	SI	1,3
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Imbaúba	Na	Árv	PI	1
	<i>Cecropia palmata</i> Willd.	Imbaúba vermelha	N	Árv	PI	1
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	Na	Arb	PI	2, 3

Nota: Sp = Espécie; N = Nativa; NA = Naturalizada; FV = Forma de Vida; Herb = Herbáceo; Árv = Arbóreo; Arb = Arbustivo; Sub = Subarbustivo; Lia = Liana; GE = Grupo Ecológico; PI = Pioneira; SI = Secundária Intermediária; SA = Secundária Avançada. Fonte: Autor, 2025.

Foi possível observar no ano de 2022 para AEC (Figura 3), o registro de 348 indivíduos distribuídos em 28 espécies, 16 gêneros e 15 famílias. Neste período, houve um destaque singular para o hábito arbóreo, seguido por arbustivos e lianas, constituindo uma comunidade formada majoritariamente por espécies nativas de caráter pioneiro. Tal composição se

estruturou sob condições abióticas específicas, caracterizadas por uma temperatura média do ar de 20,8 °C, precipitação acumulada de 285 mm e insolação acumulada de 538,4 h.

Figura 3. Parâmetros bióticos e abióticos avaliados Antes da Estação Chuvosa (AEC), nos anos de 2022, 2023 e 2024. UFPB, 2025.

Parâmetro Avaliado	2022	2023	2024
Bióticos			
Nº Indivíduos	348	449	268
Espécies	28	22	19
Gêneros	16	17	17
Famílias	15	15	13
Hábito Predominante	Arbóreo	Herbáceo	Herbáceo
Abióticos			
Temp. Média do Ar (°C)	20,8	24,9	20,6
Precipitação Acum. (mm)	285	430,4	351,8
Insolação Acum. (h)	538,4	1084,2	1003,7

Fonte: Autor, 2025.

Em 2023, os dados indicam um aumento expressivo na densidade absoluta, totalizando 449 indivíduos, associado a uma redução na riqueza para 22 espécies e 17 gêneros distribuídos em 15 famílias. Diferente do ano anterior, destacou-se o hábito herbáceo, seguido pelo arbóreo, com a emergência de espécies nativas pertencentes aos grupos ecológicos de pioneiras e secundárias. Esse pico de abundância coincidiu com condições climáticas distintas, marcadas por uma temperatura média de 24,9 °C, insolação acumulada de 1084,2 h e uma precipitação acumulada de 430,4 mm.

Essa tendência estrutural manteve-se no terceiro ano (2024), onde foram registrados 268 indivíduos distribuídos em 19 espécies, 17 gêneros e 13 famílias. Neste último ano, reafirmou-se a predominância do hábito herbáceo sobre os subarbustivos e arbóreos, bem como a persistência de espécies nativas, principalmente pioneiras e secundárias. A flutuação observada na densidade e na riqueza específica evidencia a plasticidade do banco de sementes frente às variações interanuais, estruturando-se neste ano sob médias de temperatura do ar de 20,6 °C, precipitação de 351,8 mm e insolação acumulada de 1003,7 h.

3.2. Depois da estação chuvosa (2022, 2023 e 2024)

A avaliação do banco de sementes realizada depois da estação chuvosa (DEC), conforme disposto na Tabela 2, evidenciou uma dinâmica distinta de recrutamento e densidade, onde ocorreu a presença de três famílias exclusivas e uma redução de 1065 para 422 indivíduos registrados.

Tabela 2. Espécies registradas no banco de sementes do solo depois do período chuvoso (março) dos anos de avaliação, no Parque Estadual Mata do Pau-Ferro, Areia/PB. UFPB, 2025.

Família	Nome científico	Nome Vulgar	Origem	FV	GE	Ano
Asteraceae	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC. ex Wight	Falsa serralha	N	Herb	PI	1,2
Boraginaceae	<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Diane & Hilger	Crista-de-Galo	N	Herb	PI	3
Cannabaceae	<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	Esporão-de-galo	N	Árv	SA	1,2
Convolvulaceae	<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	Algodão-bravo	N	Vol	SI	1,2,3
	<i>Jacquemontia</i> sp.	Trepadeira-céu-azul	N	Vol	SI	2
	Sp. 12	-	-	Vol	-	1,2
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i> L.	Melão-de-são-caetano	NA	Lia	PI	1,3
Cyperaceae	<i>Cyperus compressus</i> L.	Junquinho	N	Herb	PI	3
	<i>Cyperus</i> sp.	Tiririca	N	Her	PI	1
Euphorbiaceae	<i>Dalechampia pernambucensis</i> Baill.	Urtiga-cipó	N	Vol	SI	1

	<i>Crotalaria micans</i> Link.	Chocalho-de-cascavel	Na	Sub	PI	1, 2, 3
	<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Colopogônio	N	Lia	SI	3
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá	N	Árv	SI	1
Fabaceae	<i>Indigofera suffruticosa</i> Mill.	Anileira	N	Arb	PI	1
	<i>Macropsychanthus grandiflorus</i> (Mart. ex Benth.) L.P.Queiroz & Snak	Mucunã	N	Lia	PI	3
	<i>Senna aversiflora</i> (Herb.) H.S.Irwin & Barneby	Pau-de-besouro	N	Arb	PI	1
Lamiaceae	<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	Erva-de-cobra	N	Sub	PI	1
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	Erva-lombrigueira	N	Herb	SI	2
	<i>Sida cordifolia</i> L.	Guanxuma	N	Sub	PI	1, 2, 3
	<i>Sida linifolia</i> Cav.	Vassourinha	N	Sub	PI	1
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Guanxuma ²	N	Sub	PI	1
	<i>Sida</i> sp.	Guanxuma	N	Sub	PI	3
	Sp. 15	-	-	Sub	-	1
	<i>Waltheria indica</i> L.	Malva-veludo	N	Sub	PI	1
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Pixirica	N	Arb	PI	3
Myrtaceae	Sp. 14	-	-	Arb	-	1
	<i>Lasiacis ligulata</i> Hitchc. & Chase	Taquari	N	Arb	SI	1,2
Poaceae	<i>Panicum trichoides</i> Sw.	Guarda-Orvalho	N	Herb	PI	3
	Sp. 3	-	-	Herb	PI	1, 2
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Juva	N	Árv	SI	1, 2, 3
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill	Erva-Moura	Na	Arb	PI	1

	<i>Solanum paniculatum</i> L.	Jurubeba verdadeira	N	Arb	SI	1, 2
	<i>Solanum rhytidoandrum</i> Sendtn.	Jurubeba falsa	N	Arb	PI	1
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul.	Embaúba-branca	N	Árv	PI	1
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Lantana	NA	Arb	PI	1,2

Nota: Sp. = Espécie; N = Nativa; NA = Naturalizada; FV = Forma de Vida; Herb = Herbáceo; Árv = Arbóreo; Arb = Arbustivo; Sub = Subarbustivo; Lia= Liana; GE = Grupo Ecológico; PI = Pioneira; SI = Secundária Intermediária; SA = Secundária Avançada. Fonte: Autor, 2025.

No ano de 2022, depois do período chuvoso, foram contabilizados 124 indivíduos distribuídos em 30 táxons (sendo 21 em nível específico e 4 em nível de família), agrupados em 23 gêneros e 15 famílias (Figura 4). Neste período, a análise das formas de vida destacou a predominância dos hábitos subarbustivo e arbóreo, seguidos por arbustivos e volúveis, mantendo-se o padrão ecológico de domínio das espécies pioneiras. Tais resultados foram registrados sob condições de elevada pluviosidade, com acumulados de 1.029,4 mm, temperatura média de 22,7 °C e insolação acumulada de 957,4 h.

Figura 4. Parâmetros bióticos e abióticos avaliados Depois da Estação Chuvosa (DEC), nos anos de 2022, 2023 e 2024. UFPB, 2025.

Parâmetro Avaliado	2022	2023	2024
Bióticos			
Nº Indivíduos	124	163	135
Espécies	30	19	24
Gêneros	23	12	11
Famílias	15	12	9
Hábito Predominante	Subarbustivo/ Arbóreo	Subarbustivo	Lianas
Abióticos			
Temp. Média do Ar (°C)	22,7	22,6	23,1
Precipitação Acum. (mm)	1.029,40	840,5	648,1
Insolação Acum. (h)	957,4	1.083,40	1.085,80

Fonte: Autor, 2025.

No ano seguinte (2023), os dados indicaram um aumento na densidade para 163 indivíduos, com uma redução na riqueza específica para 16 espécies (e três morfoespécies) distribuídas em 12 gêneros e 12 famílias. Assim como no ano anterior, destacou-se quantitativamente o hábito subarbustivo, seguido pelo arbóreo e arbustivo. A composição continuou a refletir uma forte presença de espécies pioneiras, sugerindo a manutenção da estratégia de rápida ocupação do solo após os pulsos de precipitação. Neste período, as variáveis ambientais apresentaram temperatura média de 22,6 °C, insolação acumulada de 1083,4 h e precipitação de 840,5 mm.

Por fim, no terceiro período de avaliação (2024), verifica-se uma redução na abundância para 135 indivíduos. A riqueza restringiu-se a 12 espécies identificadas, 11 gêneros e 9 famílias, somadas a 12 morfoespécies não determinadas. Diferentemente dos anos anteriores, onde subarbusos dominavam, neste último ano destacaram-se as lianas como a forma de vida com maior riqueza, seguidas pelas herbáceas. Essa alteração na predominância das formas de vida sugere uma variabilidade na resposta do banco de sementes frente às condições climáticas acumuladas, finalizando este período com temperatura média de 23,1 °C, insolação acumulada de 1085,8 h e uma redução na precipitação acumulada para 648,1 mm.

Os dados apresentados na Figura 3 e Figura 4 demonstram que, além da variação quantitativa na densidade, a sazonalidade promoveu uma alteração qualitativa significativa na composição florística do banco de sementes. O período antes da estação chuvosa (AEC) caracterizou-se pelo registro exclusivo de seis famílias botânicas (Bignoniaceae, Caricaceae, Lygodiaceae, Plantaginaceae, Polygonaceae e Rubiaceae). A ausência desses táxons no levantamento subsequente sugere um eficaz recrutamento (germinação) desencadeado pela precipitação ou a perda de viabilidade desses propágulos durante o armazenamento no solo.

Em contrapartida, o período depois da estação chuvosa (DEC), apesar de apresentar menor riqueza total, revelou o surgimento de três famílias exclusivas: Euphorbiaceae, Lamiaceae e Myrtaceae. O aparecimento destes táxons apenas após o aporte hídrico indica a existência de mecanismos de dormência específicos ou estratégias fenológicas de dispersão (como a zoocoria tardia) sincronizadas com o final da estação chuvosa, evidenciando a rotação de espécies como estratégia de manutenção da biodiversidade local (Sanou *et al.*, 2023).

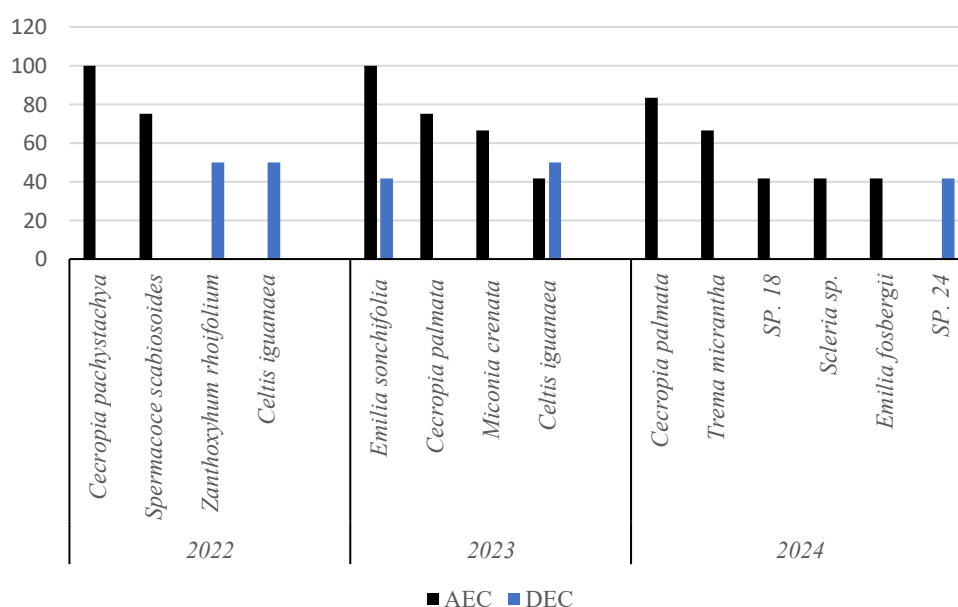
Estudos recentes mostram um padrão semelhante, conforme observado por Gomes-Junior *et al.* (2022) e Moraes *et al.* (2022), que identificaram maior deposição e estocagem de sementes, predominantemente anemocóricas e autocóricas, nos meses de estiagem. Biologicamente, esse fenômeno se explica pela adaptação das comunidades vegetais à sazonalidade, a maioria das espécies dispersa seus diásporos no final da estação seca para

garantir que, com a chegada das primeiras chuvas, o banco de sementes esteja abastecido para uma colonização imediata. Consequentemente, verifica-se uma redução natural do estoque de propágulos no período pós-chuva, visto que grande parte do banco latente foi convertida em plântulas ou deteriorada pela umidade excessiva no ambiente natural.

3.3. Frequência absoluta

A análise da frequência de ocorrência das espécies no banco de sementes (Figura 5) permitiu identificar os táxons de maior importância estrutural em cada período anual. No primeiro ano de monitoramento (2022), durante o período anterior a estação chuvosa (AEC), as espécies *Cecropia pachystachya* e *Borreria humifusa* apresentaram as maiores frequências absolutas, ocorrendo em 100% e 75% das amostras, respectivamente. A predominância destas espécies evidencia a intensa atividade de dispersão ornitófila na área, corroborando com Silva (2015), que destaca o papel das aves generalistas como vetores essenciais na restauração de áreas degradadas, conectando fragmentos florestais através do fluxo de sementes. Além disso, a onipresença de *Cecropia* sinaliza um potencial de regeneração vigoroso, visto que espécies deste gênero atuam como facilitadoras em processos sucessionais, atraindo fauna e melhorando as condições edáficas ao seu redor (Mesquita *et al.*, 2001).

Figura 5. Frequência absoluta para as espécies mais abundantes do banco de sementes do solo durante os anos de 2022, 2023 e 2024 em duas épocas de coleta (antes e depois do período chuvoso). UFPB, 2025.



Fonte: Autor, 2025.

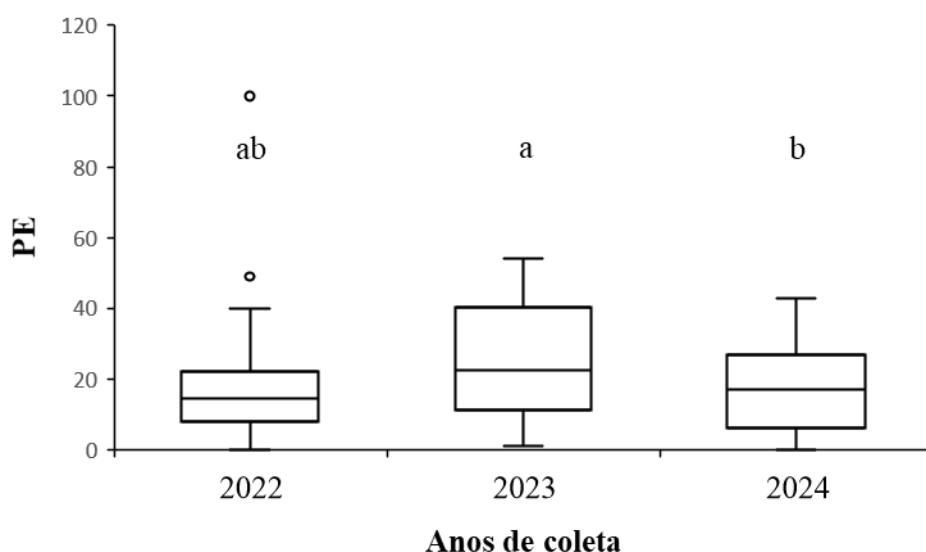
No ano seguinte (2023), a composição das espécies mais frequentes no período AEC diversificou-se, mantendo-se o destaque para *Cecropia palmata* e *Celtis iguanaea* (ambas com frequências entre 75-100%), mas com a adição expressiva de *Emilia sonchifolia* e *Clidemia hirta*. Este cenário reflete a complementaridade de síndromes de dispersão: enquanto *E. sonchifolia* é favorecida pela anemocoria, indicando abertura do dossel ou ventos incidentes, as demais espécies reforçam a importância da zoocoria. Neste contexto, conforme ressaltado por Santos (2022), a quiropteroecoria (dispersão por morcegos) assume papel central, especialmente para *Cecropia* e *Celtis*, animais que são fundamentais na manutenção de ecossistemas tropicais e na aceleração da sucessão secundária. No período pós-chuva (DEC) deste mesmo ano, a persistência limitou-se significativamente a *E. sonchifolia* e *C. iguanaea*, sugerindo maior tolerância destas ao encharcamento ou estratégias de dormência.

Por fim, em 2024, no período AEC evidenciou a predominância de espécies arbóreas pioneiras, especificamente *Cecropia palmata* (83%) e *Trema micrantha* (67%). A alta frequência destas espécies lenhosas de rápido crescimento demonstra a funcionalidade do banco em fornecer os indivíduos resilientes para os estágios iniciais da sucessão, criando microclimas favoráveis para o estabelecimento posterior de espécies secundárias (Mendes *et al.*, 2015). Paralelamente, o estrato herbáceo manteve-se representado por *Scleria* sp., *Emilia fosbergii* e pela morfoespécie 18 (todas com 42%), cuja função ecológica, segundo Wang *et al.* (2020), é crucial para a cobertura imediata do solo, manutenção da umidade e controle de processos erosivos, garantindo a resiliência física do ambiente em regeneração.

3.4. Plantulas emergidas

Em relação ao número de plântulas emergidas (PE), foram constatadas diferenças estatísticas apenas para os anos de 2023 e 2024. Isso sugere que o estoque de propágulos também respondeu diretamente ao histórico das condições abióticas nos anos avaliados (Figura 6).

Figura 6. Número de plântulas emergidas no banco de sementes coletados nos anos de 2022, 2023 e 2024. UFPB, 2025. Letras minúsculas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).



Fonte: Autor, 2025.

Esses resultados validam os dados descritivos (Figuras 2 e 3) e confirmam que o potencial de regeneração da floresta é modulado pela precipitação pretérita, atuando o banco de sementes da Mata do Pau-Ferro como um sistema de armazenamento dependente das chuvas do ano anterior. O pico de emergência registrado no período seco de 2023 (449 indivíduos) foi uma resposta direta ao expressivo acumulado pluviométrico de 2022 (1.029,4 mm), o qual otimizou o esforço reprodutivo e resultou em uma intensa chuva de sementes, corroborando a premissa de que a precipitação acumulada no ano anterior é determinante para a produção de biomassa reprodutiva (Dudney et al., 2017; Sanou et al., 2023). Inversamente, a redução significativa observada em 2024 reflete a diminuição desse subsídio hídrico nos períodos antecedentes, limitando a capacidade de recarga do banco.

3.5. Análise de Variância, diversidade e correlação de Pearson

A validação estatística desse processo é evidenciada na Tabela 3. Quando analisado o fator parcela foi constatada o efeito significativo para todas as variáveis analisadas. Em relação ao fator Ano, observou-se efeito significativo apenas para o número de plântulas emergidas (PE). A análise revelou que o fator Período exerceu efeito altamente significativo para as variáveis PE, D e H'. A interação entre os fatores (Ano*Período) não demonstrou significância estatística para nenhuma das variáveis resposta. Os coeficientes de variação (CV) obtidos foram de 20,1% para PE e 18,1% para a densidade, indicando adequada precisão experimental.

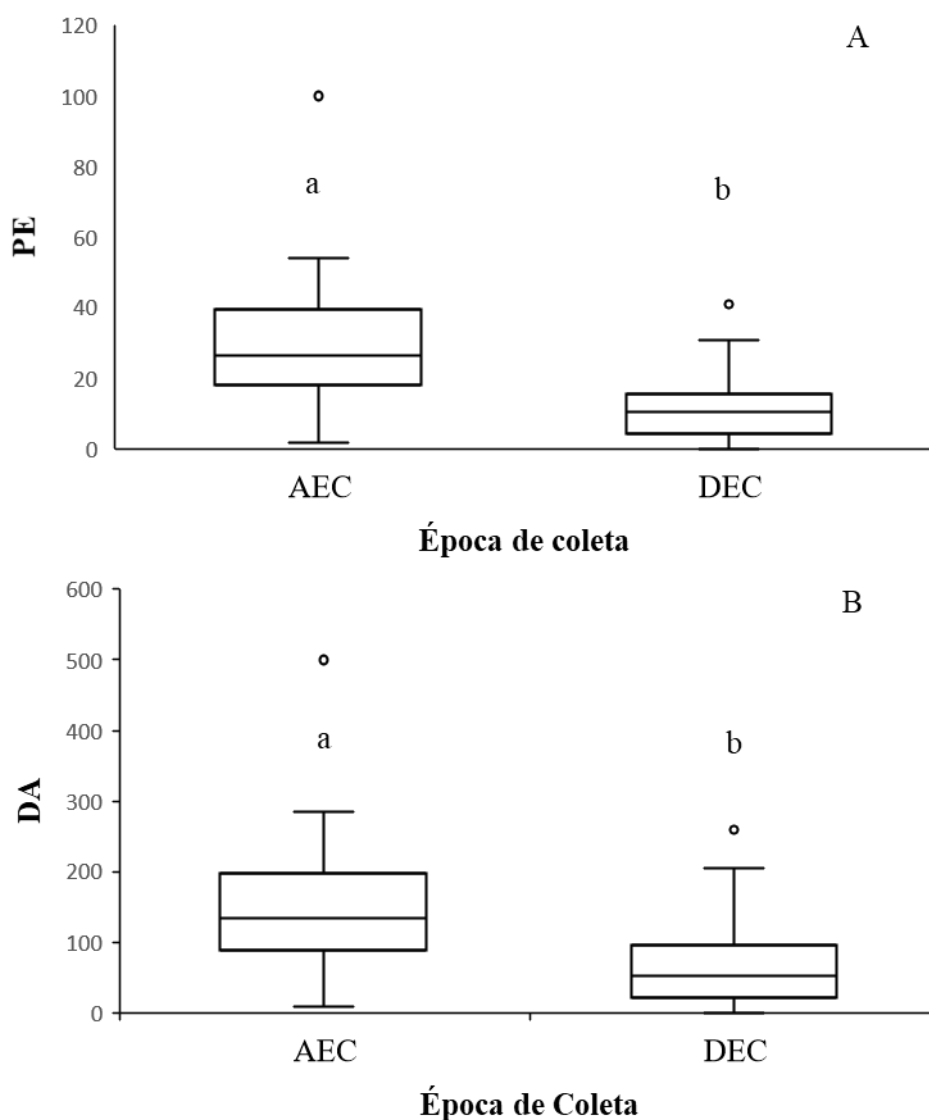
Tabela 3. Análise de Variância para o número de plântulas emergidas (PE), densidade absoluta (D), Índice de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J') do banco de sementes do solo durante os anos de 2022, 2023 e 2024 em duas épocas de coleta (antes e depois do período chuvoso). UFPB, 2025.

Fator de variação	Quadrado médio				
	GL	PE	D	H'	J'
Parcela	11	0,3012**	0,4427**	0,044**	0,009*
Ano	2	0,3012*	0,4331 ^{ns}	0,025 ^{ns}	0,004 ^{ns}
Período	1	3,5289**	4,0470**	0,192**	0,009 ^{ns}
Ano*Período	2	0,0275 ^{ns}	0,0522 ^{ns}	0,016 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Resíduo	55	0,0737	0,1423	0,009	0,004
CV (%)		20,1	18,1	27,2	38,4

** e * indicam significância a 1% e 5%, respectivamente, pelo teste F. Os dados foram transformados utilizando a fórmula $\log(X + 1)$. Autor, 2025.

Essa influência da sazonalidade sobre o potencial regenerativo do banco de sementes é evidenciada na Figura 7, onde se verifica uma clara distinção entre os períodos de coleta. A análise estatística demonstrou diferenças significativas ($p \leq 0,05$) tanto para o número de plântulas emergidas (A) quanto para a densidade absoluta (B), com o período anterior à estação chuvosa (AEC) apresentando valores superiores aos registrados depois das chuvas (DEC).

Figura 7. Número de plântulas emergidas (A) e densidade absoluta (B) no banco de sementes em duas épocas de coleta (antes e depois do período chuvoso). Letras minúsculas indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). UFPB, 2025.



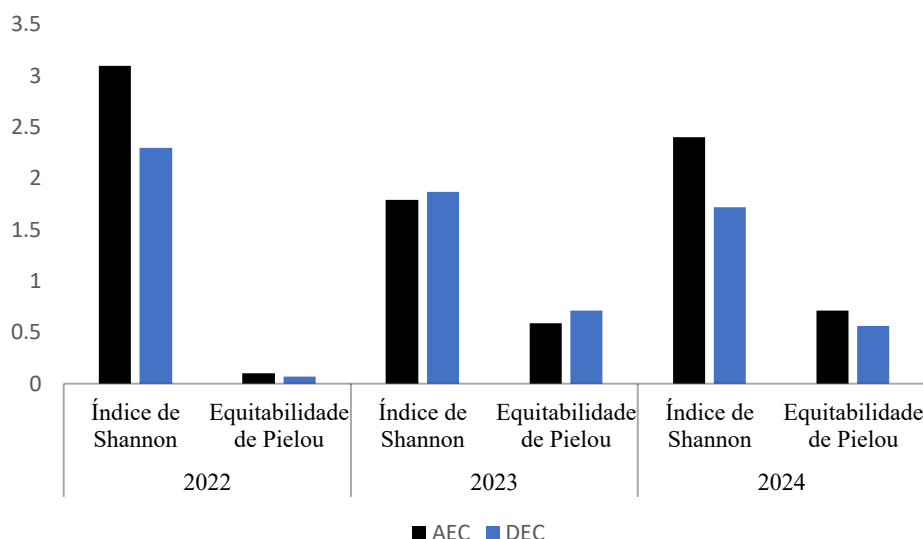
Autor: 2025.

Observando a distribuição dos dados no *boxplot*, notou-se que o período AEC não apenas obteve medianas mais elevadas, mas também uma maior amplitude interquartílica, indicando um estoque de propágulos acumulado e robusto durante a estiagem. A ocorrência de *outliers* superiores neste período, atingindo picos próximos a 100 plântulas por amostra e densidades de 500 ind/m⁻², sugere uma distribuição espacial agregada, típica de áreas com intensa chuva de sementes prévia a coleta.

Corroborando com os dados descritos, Gutiérrez e Meserve (2003) apontaram que em ambientes semiáridos, a densidade do banco de sementes chega a multiplicar-se após eventos de alta pluviosidade, atuando como um reservatório de resiliência. Portanto, a redução estatística observada em 2024 reflete, biologicamente, que o déficit climático evidenciou a dependência do banco de sementes dos impulsos de precipitação.

A complexidade estrutural do banco de sementes foi avaliada através dos índices de Diversidade de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J'), conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8. Análise de diversidade, através do Índice de Shannon e Diversidade de Pielou, do banco de sementes do solo durante os anos de 2022, 2023 e 2024 em duas épocas de coleta (antes e depois do período chuvoso). UFPB, 2025.



Autor, 2025.

Na época AEC (2022), observou-se o maior índice de diversidade do estudo no período pré-chuva (AEC), atingindo 3,1. Contudo, esse alto valor de Shannon foi acompanhado por uma Equitabilidade de Pielou extremamente baixa ($J' \sim 0,1$), indicando que, embora a riqueza fosse alta, a comunidade estava distante da uniformidade, sendo dominada numericamente por poucas espécies (como observado na frequência de *Cecropia*). Este padrão difere do relatado por Vieira (2004) em florestas em restauração, onde índices de diversidade menores (1,58) geralmente estão associados a uma equitabilidade moderada (0,43). Aqui, a alta diversidade foi impulsionada pela riqueza de espécies raras, mas a dominância ecológica foi marcante.

Já em 2023, a dinâmica inverteu-se sutilmente. De acordo com o Índice de Shannon, houve um ligeiro aumento na diversidade após o período chuvoso (DEC), variando de 1,79 (AEC) para 1,87 (DEC), acompanhado por um incremento na Equitabilidade de Pielou de 0,59 para 0,71. Esse aumento na equitabilidade indica que, embora a riqueza específica possa ter oscilado, a distribuição dos indivíduos entre as espécies restantes tornou-se mais uniforme após as chuvas. Esse comportamento corrobora com Souza (2021), ao demonstrar que a diversidade

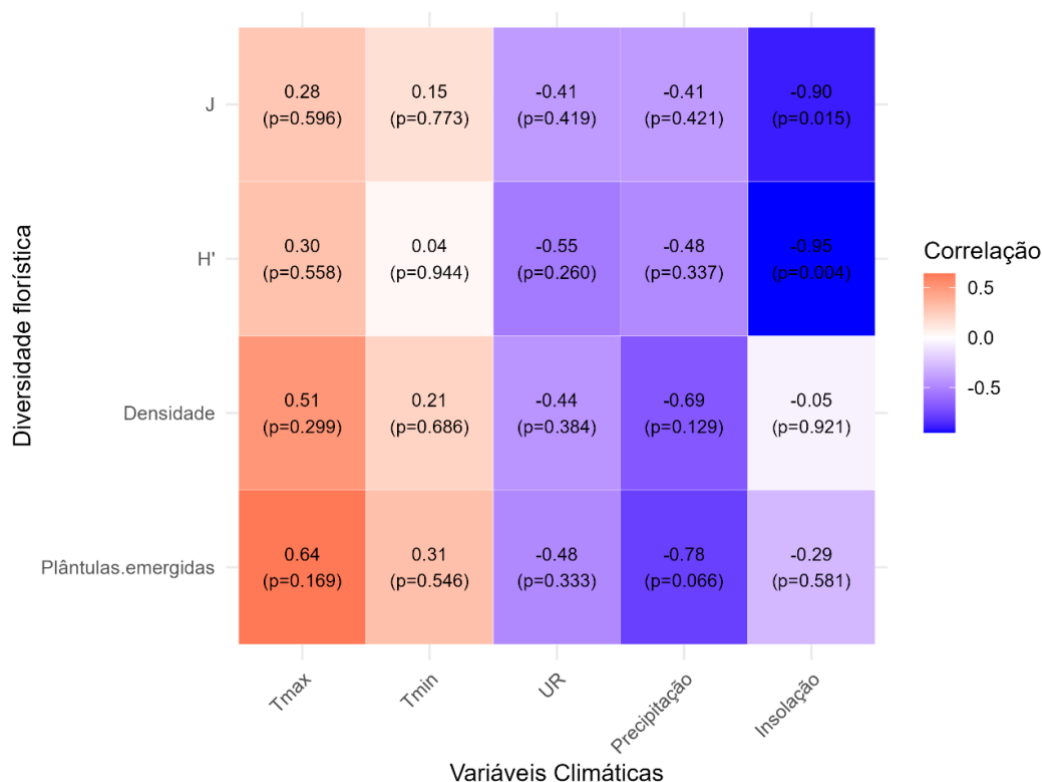
funcional de uma comunidade não depende apenas do número de espécies, mas da equidade de suas abundâncias.

Por fim, o ciclo de 2024 evidenciou o impacto severo da sazonalidade e da dominância específica. Tanto a diversidade quanto a equitabilidade sofreram reduções significativas após o período chuvoso. O índice de Shannon declinou de 2,4 para 1,7, e o de Pielou caiu de 0,71 para 0,55. Essa quebra na estrutura da comunidade reflete a "monodominância" observada nos dados de frequência, onde a Morfoespécie 24 passou a representar a maior parte da densidade pós-chuva. Tal simplificação estrutural pode estar associada à germinação massiva induzida pela umidade ou à perda seletiva de sementes por lixiviação e deterioração, processos comuns em ecossistemas tropicais que afetam a viabilidade do banco (Mendes *et al.*, 2015; Benvenuti e Mazzoncini, 2021; Zhao *et al.*, 2023).

Em síntese, a análise conjunta destes índices revela que o banco de sementes é mais diverso e ecologicamente equilibrado antes das chuvas (AEC), garantindo um potencial de regeneração multifuncional. Após o aporte hídrico, o banco torna-se mais restrito e dominado por poucos táxons resistentes, mantendo, contudo, sua função essencial de reservatório temporário para a continuidade do processo sucessional.

Por fim, a análise de correlação de Pearson (r), evidenciou uma correlação negativa significativa para o índice de diversidade de Shannon ($r = -0,95$; $p = 0,004$) e a Equitabilidade de Pielou ($r = -0,90$; $p = 0,015$) (Figura 9). Estes resultados evidenciam que com o aumento da insolação ocorrerá uma redução dos índices observados.

Figura 9. Análise de correlação de Pearson entre os fatores climáticos temperatura máxima e mínima, umidade relativa (%), precipitação (mm) e insolação (horas) e as variáveis relacionadas ao banco de sementes (Plântulas emergidas, densidade, Índice de Shannon (H') e Equitabilidade de Pielou (J)). UFPB, 2025.



Autor: 2025.

Essa forte correlação negativa entre insolação e diversidade instiga uma reflexão metodológica crucial sobre as condições de condução dos ensaios experimentais. O fato de o experimento ter ocorrido em casa de vegetação sem controle rigoroso de luminosidade (sombreamento artificial) pode ter imposto um filtro ambiental seletivo sobre as amostras. A elevada incidência de radiação direta provavelmente favoreceu a expressão de espécies heliófilas e pioneiras (naturalmente mais adaptadas à luz plena), em detrimento de espécies ombrófilas ou secundárias, que demandam o sombreamento intermediário característico do sub-bosque da mata para o seu estabelecimento.

Essa hipótese é reforçada pela observação *in loco* da mortalidade precoce de plântulas sensíveis, que apresentaram sinais de estresse térmico e necrose foliar antes de completarem seu desenvolvimento, sendo excluídas da identificação final. Portanto, é provável que a insolação excessiva tenha limitado a total expressão da riqueza potencial do banco de sementes. Diante disso, recomenda-se para estudos futuros a utilização de níveis controlados de sombreamento (ex: uso de telas do tipo *sombrite* a 50% ou 70%) que simulem as condições de clareira ou interior de mata, permitindo assim o recrutamento de grupos ecológicos mais sensíveis à dessecação e à fotoinibição.

4. CONCLUSÕES

A dinâmica do banco de sementes da Mata do Pau-Ferro é regida prioritariamente pela sazonalidade pluviométrica. A precipitação atua como um mecanismo duplo de regulação: funciona como gatilho imediato para o recrutamento, reduzindo drasticamente o estoque de propágulos no solo após o período chuvoso, e exerce um efeito de legado, onde o volume acumulado no ano anterior determina a abundância de sementes do ciclo seguinte.

A comunidade estocada demonstrou alta resiliência e funcionalidade, sustentada pela predominância de espécies nativas pioneiras, com destaque para a família Malvaceae. Contudo, a forte correlação negativa entre insolação e diversidade indica que a expressão de espécies ombrófilas podem ter sido subestimada pelas condições experimentais *ex situ*. Recomenda-se que estratégias de restauração ecológica neste ecossistema considerem o período final da estação seca como o momento ideal para o manejo do banco de sementes, visando maximizar o aproveitamento do potencial regenerativo natural.

Nesse contexto, a compreensão da influência das variáveis climáticas posiciona o estudo do banco de sementes como uma ferramenta estratégica para a conservação dos Brejos de Altitude. Visto que a recarga do banco depende estritamente do regime pluvial pretérito, a instabilidade climática e as mudanças nos padrões de precipitação representam ameaças diretas à resiliência natural dessa floresta. Portanto, recomenda-se que ações de manejo e coleta de sementes para restauração sejam concentradas no final da estação seca. Essa janela temporal justifica-se por representar o momento de pico de estocagem de propágulos no solo (acumulados durante o ciclo anterior e ainda não exauridos pelo gatilho germinativo das primeiras chuvas), permitindo assim maximizar a captura da variabilidade genética necessária para a perpetuação deste refúgio ecológico.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AN, H.; ZHAO, Y.; MA, M. Precipitation controls seed bank size and its role in alpine meadow community regeneration with increasing altitude. **Global Change Biology**, v. 26, n. 10, p. 5767-5777, 2020.
- ANDRADE, A. L. S.; SOUSA, A. A. P.; OLIVEIRA, D. F.; MARACAJA, A. C. M. P. B. Mineração de caulim no município de Equador-RN Brasil: andragogia e percepção ambiental. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 27-47, 2015.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia**: de indivíduos a ecossistemas. 4. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 140, 2007.
- BENVENUTI, S.; MAZZONCINI, M. "Active" Weed seed bank: soil texture and seed weight as key factors of burial-depth inhibition. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 1 - 14, 2021.
- BROWN, D. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. **Canadian Journal of Botany**, v. 70, n. 2, p. 603-612, 1992.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Areia**: temperatura, tempo e dados do clima. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/paraiba/areia-43575/>. Acesso em: 10 de novembro de 2025.
- CORDEIRO, J. M. P.; FELIX, L. P.; SOUZA, B. I.; PESSOA, E. Florestas Estacionais Decíduas de Terras Baixas no Agreste da Paraíba, Brasil: Mata Atlântica, ecótono ou Caatinga?. **Iheringia Série Botânica**, v. 78, n. 1, p. 1-12, 2023.
- CORDEIRO, J. M. P.; FLORES, I.; SOUZA, B. I. Mastofauna da Reserva Ecológica Mata do Pau Ferro (Paraíba, Brasil): Avaliação de Impactos Ambientais e Considerações sobre a Biogeografia dos Brejos de Altitude. **Revista Continentes (UFRRJ)**, v. 9, n. 2017, p. 212-233, 2020.
- DUDNEY, J.; HALLETT, L. M.; LARIOS, L.; FARRER, E. N.; SPOTSWOOD, E. C.; SUDING, K. N. Lagging behind: have we overlooked previous-year rainfall effects in annual grasslands? **Journal of Ecology**, v. 105, n. 2, p. 484-495, 2017.
- GOMES-JUNIOR, J.; MENDONÇA, D. A.; REIS, D. O.; FABRICANTE, J. R. Estudo do banco de sementes de sítios de Mata Atlântica com condições biológicas distintas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 62-77, 2022.

- GONÇALVES, G. S.; ANDRADE, L. A.; XAVIER, K. R. F.; OLIVEIRA, L. S. B.; MOURA, M. A. Estudo do banco de sementes do solo em uma área de Caatinga invadida por *Parkinsonia aculeata* L. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 4, p. 428-436, 2011.
- GUTIÉRREZ, J. R.; MESERVE, P. L. El Niño effects on soil seed bank dynamics in north-central Chile. **Oecologia**, v. 134, n. 4, p. 511-517, 2003.
- HARRELL JR., F. E.; BECK, C.; DUPONT, C. Hmisc: Harrell Miscellaneous. R package version 5.1-4. 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.
- HILLERISLAMBERS, J. ADLER, P. B.; HARPOLE, W.S.; LEVINE, J. M.; MAYFIELD, M. M. Rethinking Community Assembly through the Lens of Coexistence Theory. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 43, p. 227-248, 2012.
- LAZZARI, L.; GEORGIN, J.; BORBA, W. F. Análise do banco de sementes do solo na floresta estacional decidual do Alto Uruguai - RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1462-1471, 2015.
- LOUSADA, L. L.; ESTEVES, B. S. Banco de sementes de plantas daninhas em áreas de cana de açúcar no norte Fluminense. **Revista FIMCA**, v. 4, n. 1, p. 49-58, 2017.
- MENDES, L. B.; SILVA, K. A.; SANTOS, D. M.; SANTOS, J. M. F. F.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L. What happens to the soil seed bank 17 years after clear cutting of vegetations? **Revista de Biología Tropical**, v. 63, n. 2, p. 321-332, 2015.
- MESQUITA, R. C. G. *et al.* Alternative successional pathways in the Amazon Basin. **Journal of Ecology**, v. 89, n. 4, p. 528-537, 2001.
- MORAIS, R. F.; MACEDO, M. T. S. M.; IBIAPINA, R. A.; SANTIAGO JUNIOR, L. C.; TEIXEIRA, J. S.; MORAIS, F. F.; SOUSA-JÚNIOR, J. R. Chuva de sementes em uma região ecotonal entre Cerrado e Caatinga no Piauí, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 32, n. 2, p. 673-697, 2022.
- R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing** (Version 4.4.2) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. 2024. <https://www.R-project.org/>.
- SANOU, L.; ZIDA, D.; SAVADOGO, P.; BOGNOUNOU, F.; THIOMBIANO, A. Dinâmica sazonal da composição e densidade do banco de sementes do solo em savanas-florestas da África Ocidental. **Rede de Pesquisa em Ciências Sociais**, v.1, n.1, p. 1-30, 2023.
- SANTOS, A. M. S.; BRUNO, R. L. A.; CRUZ, J. O.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. Variabilidade espacial do banco de sementes em área de Caatinga no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 542-555, 2020.
- SANTOS, S. G. S. **Contribuição ecológica da zoocoria na conservação do bioma cerrado**. 2022. 43 f. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília (UNB), Brasília, 2022.

- SCCOTI, M. S. V. **Dinâmica da vegetação em remanescente de Floresta Estacional Subtropical**. 177 f. 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.
- SILVA, F. R.; RIBEIRO, D. B.; ANDRADE, L. A.; VIEIRA, C. R.; CARVALHO, T. L.; PEREIRA, R. T. The restoration of tropical seed dispersal networks. **Restoration Ecology**, v. 6, n. 1, p. 852-860, 2015.
- SOUSA, F. Q.; ANDRADE, L. A.; SILVA, P. C. C.; SOUZA, B. C. Q.; XAVIER, K. R. F. Banco de sementes do solo de caatinga invadida por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 2, p. 220-226, 2017.
- SOUZA, L. G. F. **Efeito de ações antrópicas sobre o banco de sementes de uma mata ciliar em floresta tropical sazonal seca (Caatinga)**. 52f. 2016. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- SOUZA, M. P.; ALVES, A. R.; BAKKE, I. A.; LOPES, J. A.; SANTOS, W. S.; FERNANDES, E. M. P. Banco de sementes do solo de Caatinga submetida a plano de manejo florestal sustentável em Cuité-PB. **Scientia Forestalis**, v. 49, n. 130, p. 1-14, 2021.
- SOUZA, S. C. P. M.; RODRIGUES, R. R.; JOLY, C. A. O banco de sementes e suas implicações na diversidade da floresta ombrófila densa submontana no parque estadual Carlos Botelho, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 378-393, 2017.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; BERGER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, p. 592, 2006.
- VIEIRA, D. C. M. **Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemápolis (SP)**. 2004. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- WANG, N.; HE, X.; ZHAO, F.; WANG, D.; JIAO, J. Soil seed bank in different vegetation types in the Loess Plateau region and its role in vegetation restoration. **Restoration Ecology**, v. 28, A5-A12, 2020.
- WICKHAM, H.; CHANG, W.; HENRY, L.; LIN PEDERSEN, T.; TAKAHASHI, K.; WILKE, C.; WOO, K.; YUTANI, H.; DUNNINGTON, D.; VAN DEN BRAND, T.; Posit PBC. ggplot2: Create Elegant Data Visualisations Using the Grammar of Graphics. R package version 4.0.0, 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=ggplot2>.
- WICKHAM, H. reshape2: Flexibly Reshape Data: A Reboot of the Reshape Package. R package version 1.4.5, 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=reshape2>.
- ZIDA, D.; SANOU, L.; DIAWARA, S.; SAVADOGO, P.; THIOMBIANO, A. Herbaceous seeds dominates the soil seed bank after long-term prescribed fire, grazing and selective tree cutting in savanna-woodlands of West Africa. **Acta Oecologica**, v. 108, n. 1, p. 103607, 2020.