



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

ISAAC LUCENA DE AMORIM

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTA TROPICAL SECA NO BRASIL

AREIA

2022

ISAAC LUCENA DE AMORIM

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTA TROPICAL SECA NO BRASIL

Trabalho de Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Jacob Silva Souto

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A524r Amorim, Isaac Lucena de.

Restauração ecológica em floresta tropical seca no
Brasil / Isaac Lucena de Amorim. - Areia:UFPB/CCA,
2022.

115 f. : il.

Orientação: Jacob Silva Souto.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA-Areia.

1. Agronomia. 2. Semiárido. 3. Recuperação
ambiental. 4. Regeneração natural. 5. Nucleação. 6.
Poleiros artificiais. I. Souto, Jacob Silva. II. Título.

UFPB/CCA-AREIA

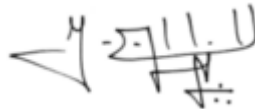
CDU 631/635(043.2)

ISAAC LUCENA DE AMORIM

RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA EM FLORESTA TROPICAL SECA NO BRASIL

Trabalho de Tese apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Agronomia.

Aprovado em: 18 / Fevereiro / 2022



Prof. Dr. Jacob Silva Souto (Orientador)
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



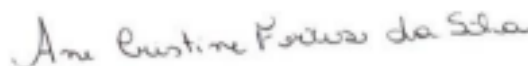
Prof. Dr. Djail Santos
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)



Profª. Drª. Cheila Deisy Ferreira
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Profª. Drª. Patrícia Carneiro Souto
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)



Profª. Drª. Ane Cristine Fortes da Silva
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

Dedico esta Tese à minha família:

Esposa, Filhas e Neto

Mãe, pai,

Irmãos e irmãs,

que sempre acreditaram no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

A Deus, espírito supremo que me deu mais uma oportunidade de crescer nessa encarnação.

Aos meus pais, Alonso Campos (*In memoriam*) e Maria da Guia, pela missão cumprida.

À Universidade Federal de Rondônia, por ter permitido meu afastamento, e aos colegas professores do Departamento de Agronomia que me substituíram por esse tempo.

À UFPB, que através do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, me proporcionou mais um *up grade* acadêmico, profissional e financeiro.

Ao meu amigo, genial e incansável, Professor Dr. Jacob Silva Souto pela paciência e orientações.

À UFCG, que colaborou com os serviços de Laboratórios, Herbário e de transporte.

Ao Engº. Agrônomo Mário Damasceno, por ter cedido sua propriedade para o desenvolvimento dos experimentos.

A todos os colegas do Laboratório de Nutrição do solo pela amizade, ajuda nas coletas de campo, atividades de laboratório e troca de conhecimento.

Ao meu irmão Ismael, que me cedeu sua moto durante todo o doutorado.

Ao meu amigo Professor Dr. Arliston Pereira Leite, pela amizade, ajuda nas análises estatística, sugestões e boa vontade em sempre servir.

Aos amigos Biólogos Manoel Messias Pereira Franco e Antônio Wesley, pela ajuda na identificação taxonômica das plantas.

Aos membros da banca examinadora: Prof. Dr. Djail Santos, Profª Drª. Cheila Deisy Ferreira, Profª Drª Patricia Carneiro Souto e Profª Drª Ane Cristine Fortes Silva, pela importante colaboração na lapidação desta obra.

Enfim, a todos os familiares, amigos, técnicos e professores da UFPB/CCA e UFCG/CSTR, que direta e indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho.

*“Nós não somos a Espécie inteligente.
Nós somos parte de um Sistema inteligente.
A partir do momento que a gente aceitar isso,
a nossa inteligência tem chance de aumentar exponencialmente.
Porque nós vamos ganhar a inteligência de todo o sistema”.*

Ernst Götsch

Criador da Agricultura Sintrópica

RESUMO GERAL

A cada ano aumenta a expansão das áreas degradadas, principalmente nos biomas submetidos à influência dos climas áridos, semiáridos e subúmidos secos. Esta problemática fez surgir a Ciência da Ecologia da Restauração, fundamentada nos conhecimentos ecológicos, agronômicos e silviculturais para o desenvolvimento e aplicação de teorias e modelos ecológicos nas práticas de restauração de ecossistemas degradados. Com base nesta ciência, duas técnicas de restauração foram avaliadas em uma área degradada do semiárido Paraibano, na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, município de Várzea: Regeneração Natural (RN) e Nucleação Passiva (NP), com os seguintes objetivos: RN, conhecer a composição florística, a estrutura fitossociológica e a biomassa da comunidade herbáceo-subarbusciva em regeneração, cujos dados serão importantes para se monitorar a sucessão ao longo do tempo; NP, verificar as potencialidades nucleadoras de galhadas e poleiros como atrativos para dispersores de sementes e estabelecimento de plantas. Para o estudo da RN comunidade herbáceo-subarbusciva foram demarcadas 20 parcelas de 2,0 m × 2,0 m, e cada parcela foi subdividida em quatro subparcelas de 1,0 m² (uma para coleta da biomassa na estação chuvosa, outra para coleta da biomassa na estação seca, a terceira para realizar o levantamento florístico/fitossociológico e a quarta subparcela para coleta de solo, visando análise química). Este estudo foi desenvolvido no ano de 2020. Para o estudo da nucleação passiva foram avaliados 04 tratamentos (diferentes distâncias entre núcleos), em blocos ao acaso, com 04 repetições, tendo as galhadas dimensões de 0,7 m³ e os poleiros com cerca de 2,0 m de altura, constituídos por ramos fixados a uma coluna de madeira e na base uma tela sombrite de 1,0 m² para coleta mensal das excretas dos pássaros. Este estudo ocorreu ao longo de dois anos (agosto de 2019 a julho de 2021). Como resultados, na área em RN foram identificadas 35 espécies de plantas herbáceas/subarbuscivas, das quais 23 % pertencendo à família Fabaceae. Embora única representante da família Poaceae, o capim panasco (*Aristida adscensionis*) foi a mais abundante e com maior Valor de Importância. A comunidade vegetal apresentou um índice de diversidade (H') de 1,82 (nats ind⁻¹) e uma riqueza de espécies da ordem de 3,61 (ln ind)⁻¹ indivíduos em relação ao número de espécies. Foi constatado que a biomassa produzida na estação chuvosa foi reduzida em mais de 90% na estação seca. Nos tratamentos com NP, foi observado que as galhadas proporcionaram abrigo para a fauna e ainda favoreceram acúmulo de matéria orgânica no solo; já os poleiros artificiais foram atrativos importantes de dispersores da avifauna, sendo os mais distantes entre si os mais visitados pelas 22 espécies de aves identificadas. Portanto, para as condições de semiárido nordestino, as técnicas de restauração ecológica testadas se mostraram promissoras, apesar de seus sucessos estarem diretamente dependentes das características da estação chuvosa.

Palavras-chave: semiárido; recuperação ambiental; regeneração natural; nucleação.

ABSTRACT

Every year the expansion of degraded areas increases, especially in biomes subject to the influence of arid, semi-arid and dry subsumed climates. This problem gave rise to the Science of Restoration Ecology, based on ecological, agronomic and silvicultural knowledge for the development and application of ecological theories and models in the practices of restoration of degraded ecosystems. Based on this science, two restoration techniques were evaluated in a degraded area of the semi-arid region of Paraíba, at San Porfirio Waterfall Farm, municipality of Várzea: Natural Regeneration (RN) and Passive Nucleation (NP), with the following objectives: RN, to know the floristic composition, phytosociological structure and biomass of the regenerating herbaceous-subshrub community, whose data will be important to monitor succession over time; NP, to verify the nucleating potential of antlers and perches as attractants for seed dispersers and plant establishment. For the study of the RN herbaceous-subshrub community, 20 plots of 2.0 m × 2.0 m were demarcated, and each plot was subdivided into four subplots of 1.0 m² (one for biomass collection in the rainy season, another for of biomass in the dry season, the third to carry out the floristic/phytosociological survey and the fourth subplot for soil collection, aiming at chemical analysis). This study was developed in the year 2020. For the study of passive nucleation, 04 treatments were evaluated (different distances between nuclei), in randomized blocks, with 04 repetitions, with the antlers measuring 0.7 m³ and the perches with about 2.0 m in height, consisting of branches fixed to a wooden column and at the base a 1.0 m² shade screen for monthly collection of bird excreta. This study took place over two years (August 2019 to July 2021). As a result, in the area in RN, 35 species of herbaceous/subshrub plants were identified, of which 23% belong to the Fabaceae family. Although the only representative of the Poaceae family, panasco grass (*Aristida adscensionis*) was the most abundant and with the highest Importance Value. The plant community presented a diversity index (H') of 1.82 (nats ind⁻¹) and a species richness of the order of 3.61 (ln ind)⁻¹ individuals in relation to the number of species. It was found that the biomass produced in the wet season was reduced by more than 90% in the dry season. In the treatments with NP, it was observed that the antlers provided shelter for the fauna and also favored the accumulation of organic matter in the soil; the artificial perches were important attractions for bird dispersers, with the most distant ones being the most visited by the 22 species of birds identified. Therefore, for the northeastern semi-arid conditions, the ecological restoration techniques tested proved to be promising, although their successes are directly dependent on the characteristics of the rainy season.

Keywords: semiarid; environmental recovery; natural regeneration; nucleation.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II - FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E FITOMASSA DE UMA ÁREA DEGRADADA, NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA, BRASIL

Tabela 1 – Famílias botânicas e espécies da flora herbácea encontrada em um fragmento de Caatinga, em restauração, no município de Várzea, Paraíba, Brasil.....63

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das dez espécies mais abundantes no estrato herbáceo de um fragmento de Caatinga, em restauração, no município de Várzea, Paraíba, Brasil68

CAPÍTULO III - USO DE TÉCNICAS NUCLEADORAS NA RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA – PB

Tabela 3 – Atributos químicos dos solos com e sem galhadas em uma área em restauração na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea – PB.....93

Tabela 4 – Aves registradas na área de estudo, localizada na Faz. Cachoeira de São Porfírio, Várzea – PB99

Tabela 5 – Valores médios, em gramas, das excretas coletadas sobre poleiros instalados na Faz. Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.....102

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I - ASPECTOS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Figura 1 – Sequência de tempo de quatro estratégias para restauração da cobertura florestal	41
Figura 2 – Poleiro confeccionado com galho preso à extremidade de uma base de madeira	42
Figura 3 – Leiras de galhos (A) e excretas acumuladas por animais que se abrigam nelas (B)	43
Figura 4 – Transposição de solo e banco de sementes visando restauração de área degradada	44
Figura 5 – Técnica Bocaj com transposição de solo em covas de 20 cm de profundidade, por 15 cm de diâmetro.	45
Figura 6 – Agrupamento de Anderson na nucleação aplicada, em (A) quincôncio ou em (B) grupo de cinco plantas	47
Figura 7 – Ilhas de plantas facilitadoras ou enfermeiras, na nucleação aplicada.....	48

CAPÍTULO II - FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E FITOMASSA DE UMA ÁREA DEGRADADA, NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA, BRASIL

Figura 8 – Área de estudo, em um fragmento de Caatinga, município de Várzea, Paraíba.	60
Figura 9 – Número de espécies herbáceo-subarbustivas, por famílias botânicas, em um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba.....	66
Figura 10 – Dez espécies de maior valor de importância (V.I.), no estrato herbáceo de um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba.....	69
Figura 11 – Fitomassa herbácea (kg ha ⁻¹) nos picos das estações chuvosa e seca do ano de 2020, de um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba	71

CAPÍTULO III - USO DE TÉCNICAS NUCLEADORAS NA RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA – PB

Figura 12 – Área de estudo, em um fragmento de Caatinga, município de Várzea, Paraíba.	83
Figura 13 – Zoneamento ambiental da Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – Paraíba	84

Figura 14 – Aspecto da área em restauração na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	85
Figura 15 – Croqui da área experimental, ilustrando a disposição dos tratamentos em cada bloco, na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB	85
Figura 16 – Aspecto de como estão arranjados os poleiros e as galhadas em cada parcela, conforme a distância em cada tratamento na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB	86
Figura 17 – Instalação das galhadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB	86
Figura 18 – Instrumentos para medição da altura (A) e captura de imagens de visitantes (B) nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB	87
Figura 19 – Modelo de poleiro artificial instalado na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.	88
Figura 20 – Aspecto da decomposição da base das galhadas, 24 meses depois de instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	91
Figura 21 – Dados climáticos (Agosto/2019 – Julho/2021) para o município de Várzea – PB	92
Figura 22 – Excretas observadas dentro e ao lado de galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB	94
Figura 23 – Efeito de borda das galhadas sobre as plantas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB	95
Figura 24 – Abrigos de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	96
Figura 25 – Frames de vídeos que registram a presença de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB	96
Figura 26 – Cobra corre-campo (<i>Philodryas nattereri</i>), avistada próxima às galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	97
Figura 27 – Indícios da presença de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	97
Figura 28 – Abrigos e ninho entre as galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	98
Figura 29 – Espécies mais frequentes nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.	101
Figura 30 – Pluviosidade e valores médios de excretas coletadas em cada poleiro instalado na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	103
Figura 31 – Massa (g) de excretas acumulada, após 24 meses, nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	104

Figura 32 – Composição dos resíduos coletados nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	105
Figura 33 – Excretas de aves carnívoras (A) e insetívoras (B, C) e algumas sementes de herbáceas (D, E, F) encontradas nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	105
Figura 34 – Sementes encontradas nos coletores de poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	106
Figura 35 – Formas e tamanhos de excretas de aves coletadas nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.	107

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO I - ASPECTOS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA.....	23
1 INTRODUÇÃO.....	24
2 TERMOS TÉCNICOS INERENTES À ECOLOGIA DA RESTAURAÇÃO.....	24
2.1 Área de referência.....	24
2.2 Área degradada ou danificada.....	25
2.3 Restauração, reabilitação, recuperação.....	25
2.4 Entropia e Sintropia.....	28
2.5 Sucessão Ecológica.....	28
2.6 Resiliência, Resistência e Estabilidade.....	29
3 CONHECIMENTOS A SEREM CONSIDERADOS NA RAD.....	30
3.1 Diagnóstico do ambiente degradado.....	30
3.2 Fatores limitantes em um ambiente degradado.....	32
3.3 Heterogeneidade espacial e os fragmentos vegetacionais remanescentes.....	33
3.4 Funções do solo na natureza.....	34
3.5 A interação animal-planta em RAD	34
3.6 A interação solo-planta na RAD.....	35
3.7 Estádios de uma sucessão secundária progressiva na caatinga.....	37
4 TÉCNICAS PARA RECUPERAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS.....	38
4.1 Técnica não intervencionista – Regeneração Natural.....	39
4.2 Técnicas de pouca intervenção – Nucleação Passiva.....	40
i. Poleiros artificiais.....	42
ii. Transposição de galhadas.....	43
iii. Transposição de solo.....	44
iv. Bocaj.....	45
v. Semeadura direta.....	46
4.3 Técnicas de média intervenção – Nucleação Aplicada.....	46
i. Agrupamento de Anderson.....	46
ii. Plantio em ilhas de plantas facilitadoras ou enfermeiras.....	47
4.4 Técnicas de alto grau de intervencionismo – Restauração Ativa.....	48
REFERÊNCIAS	49

CAPÍTULO II - FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E FITOMASSA DE UMA ÁREA DEGRADADA, NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA, BRASIL.....55

RESUMO.....56

ABSTRACT.....57

1 INTRODUÇÃO.....58

2 MATERIAL E MÉTODOS.....60

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....63

4 CONCLUSÃO.....73

5 REFERÊNCIAS.....74

CAPÍTULO III - USO DE TÉCNICAS NUCLEADORAS NA RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA – PB.....77

RESUMO.....78

ABSTRACT.....79

1 INTRODUÇÃO.....80

2 MATERIAL E MÉTODOS.....83

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....91

3.1 Avaliação das galhadas.....91

3.2 Avaliação dos poleiros.....99

4 CONCLUSÕES.....109

REFERÊNCIAS110

1 INTRODUÇÃO GERAL

As regiões secas, submetidas à influência dos climas árido, semiárido e subúmido seco, de acordo com a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNCCD) (ARAUJO e SOUZA, 2017), concentram 41,3% da superfície emersa do planeta¹ (PRAVALIE, 2016) e 35,5% da população global (CGEE, 2016). Em termos ambientais, caracterizam-se por: precipitações pouco frequentes, irregulares e imprevisíveis; grande diferença entre as temperaturas diurnas e noturnas; solos com pouca matéria orgânica e ausência de água disponível; e plantas e animais adaptados às variáveis climáticas (UNCCD, 2012).

A vegetação destas áreas, denominadas de florestas secas, formam os ecossistemas considerados como os mais explorados e degradados do mundo (CABRAL, et al., 2013; GONÇALVES, 2017; CRITCHLEY et al., 2021), e correspondem a aproximadamente 42% das florestas tropicais e subtropicais existentes.

No Brasil as terras secas compreendem partes da região Nordeste e do norte de Minas Gerais, constituindo uma área com mais de 1 milhão de km² (BRASIL, 2017) denominado Polígono das Secas. É nessa vasta região que se encontra o bioma Caatinga, denominação indígena que significa, em tupi-guarani, “mata branca”, devido a tonalidade clara da vegetação, predominante durante a estação de seca, onde quase todas as plantas perdem as folhas para diminuir a transpiração e evitar a perda de água armazenada.

A caatinga é uma vegetação xerófila, de fisionomia e florística variadas, resultante do ajuste das plantas às inúmeras condições de variação de deficiência hídrica, profundidade do solo, descontinuidades litológicas nos perfis, salinidade, relevo e constituição mineralógica das formações superficiais.

O bioma Caatinga configura-se, em função de suas peculiaridades, como o mais vulnerável à desertificação do Brasil. E vários fatores concorrem para isso como: baixos índices pluviométricos (entre 350 mm a 600 mm, ano), com chuvas irregulares e mal distribuídas; alta incidência de radiação solar (em média 2.800 horas/ano) e temperaturas elevadas o ano inteiro (acima de 28 °C), o que proporciona uma evaporação potencial de mais de 2.000 mm/ano (SILVA e CRUZ, 2018); solos rasos, com baixa capacidade de retenção de água e muito

¹ Da área total de aproximadamente 18 milhões km² da América do Sul, quase 30% (5,1 milhões km²) consiste em terras secas, a maioria das quais são encontrados na Argentina (2,2 milhões km², 80% da área do país), Brasil (1,2 milhões km², 14%), Bolívia (~ 0,5 milhões km², 48%), Chile e Peru (ambos abaixo de 0,4 milhões km², mas com percentuais de 48% e 28%) (PRAVALIE, 2016).

suscetíveis à erosão; vegetação rala, caducifólia, com reduzida capacidade de cobertura do solo (PEREIRA NETO, 2016; SILVA et al., 2017; SILVA e CRUZ, 2018).

Aliado a estes fatores edafobiobioclimáticos, existe a pressão antrópica sobre os recursos naturais, principalmente sobre a vegetação e solo (SÁ e ANGELOTTI, 2009; ALMEIDA et al., 2014; PEREIRA et al., 2015; CGEE, 2016; COSTA FILHO, 2019). As plantas lenhosas da caatinga são exploradas como fonte de energia e para a construção de cercas e casas de taipa²; já o solo sofre a ação de uma agricultura de subsistência praticada sem nenhuma técnica conservacionista. Segundo Gurjão (2020), cerca de 28 milhões de pessoas vivem, só no semiárido nordestino.

A retirada da vegetação, sem atender aos princípios do manejo florestal, seja para abertura de novas áreas agrícolas, seja para uso energético ou construtivo, abre caminho para a degradação do solo (CRITCHLEY, et al., 2021), que se caracteriza pela perda de suas qualidades químicas, físicas e biológicas. Essa degradação reflete diretamente na capacidade da vegetação em manter sua regeneração, estrutura e composição florística (SILVA e SIVA, 2015; ARAÚJO e SOUZA, 2017; GURJÃO, 2020), entrando em processo de desertificação.

Em muitas áreas da Caatinga a desertificação já se consolidou na formação de grandes núcleos de desertificação – locais onde se observam os níveis mais elevados de degradação com características a expandirem-se por áreas circunvizinhas aumentando o seu raio de influência (VASCONCELOS SOBRINHO, 2000).

Embora o Ecólogo pernambucano Vasconcelos Sobrinho já tenha alertado desde 1978 para a existência de seis áreas em avançados processos de degradação de solo e da cobertura vegetal, o Ministério do Meio Ambiente só considera, atualmente, quatro áreas como núcleos de desertificação ou áreas piloto: Núcleo de Irauçuba (Ceará), Núcleo de Gilbués (Piauí), Núcleo do Seridó (Rio Grande do Norte/Paraíba) e Núcleo de Cabrobó (Pernambuco) (SILVA e SILVA, 2015). Em todos eles, estudos realizados pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens e Satélites (Lapis) mostram que a desertificação se intensificou nos últimos 10 anos (GURJÃO, 2020).

O Núcleo de desertificação do Seridó (NDS) tem uma área de 2.987 km², onde vivem aproximadamente 260 mil habitantes. Ao todo, o núcleo é composto por nove municípios do Rio Grande do Norte³ e cinco da Paraíba⁴ (SILVA e SILVA, 2015). A origem e expansão do

² Taipa é um método construtivo que consiste no uso do barro e da madeira para criar moradias.

³ Currais novos, Cruzeta, Equador, Carnaúba dos Dantas, Acari, Parelhas, Jardim do Seridó, Ouro Branco, Santana do Seridó.

⁴ São Mamede, Santa Luzia, Várzea, São José do Sabugí e Junco do Seridó.

NDS está associada à combinação degradante dos eventos de seca, ou chuvas abaixo da média, com a exploração econômica predatória dos recursos naturais, iniciada com a pecuária extensiva e a cotonicultura, seguida da exploração indiscriminada da vegetação e da argila para atividade ceramista, a partir da década de 1980 (ARAÚJO e SOUZA, 2017). Atualmente a exploração da caatinga continua, não só abastecendo os fornos do complexo industrial da cerâmica vermelha (forte base econômica da região), como também das indústrias de panificação, caieiras, carvoarias, queijeiras, entre outras.

Estudiosos desse fenômeno sugerem, como forma de conter a expansão da desertificação na caatinga, manter áreas preservadas em pequenos territórios protegidos ou mesmo em Unidades de Conservação (UCs), conscientizar a população local para que compreenda as consequências do desmatamento da caatinga (PEREZ-MARIN et al., 2012), e, quando possível, recuperar áreas degradadas para uso produtivo. Neste sentido, estas áreas precisam submeter-se a um processo de recuperação da cobertura vegetal, através de métodos e técnicas que desencadeem e dinamizem os processos de regeneração natural.

Atualmente, a restauração de ambientes naturais degradados, apesar de representar um ativo ambiental para quem a executa, proporcionar mitigação das mudanças climáticas, restaurar os habitats para a biodiversidade e meios de subsistência sustentáveis para muitas pessoas (CHAZDON e GUARIGUATA, 2016 ; HOLL, 2017), na prática, entretanto, a restauração geralmente é difícil, demorada, cara e com orçamento limitado (CROUZEILLES, et al., 2020).

As regiões tropicais abrigam o maior número de projetos de restauração, conduzidos com diferentes métodos e técnicas em todo o mundo, desde as florestas tropicais chuvosas até as matas secas da caatinga, savana, cerrado e áreas costeiras (CROUZEILLES, et al., 2017; CRITCHLEY, et al., 2021). No Brasil, o Nordeste é a região com maiores níveis de degradação biofísica e também com maior número de estudos com restauração em desenvolvimento (BOANARES e AZEVEDO, 2014).

As características intrínsecas e peculiares do clima semiárido, aliadas à frágil estabilidade ecológica da região, exigem alternativas de recuperação ambiental que sejam econômicas, eficientes e muito ajustadas à dinâmica dos fenômenos e processos ecológicos locais. Neste sentido, as áreas degradadas podem ser recuperadas por meio da regeneração natural (pousio) e associadas a técnicas nucleadoras de restauração ecológica (SOUTO et al, 2017).

A escolha da(s) técnica(s) de recuperação de uma determinada área degradada depende de fatores como grau de degradação e histórico da área, disponibilidade de sementes e mudas,

solo, clima, máquinas e implementos agrícolas, e recursos financeiros disponíveis (FERRETI, 2002). É possível e recomendável utilizar diferentes modelos de restauração em um mesmo local, associando-os de forma a reduzir custos e acelerar a restauração. Entre as técnicas de baixo custo utilizadas na restauração de áreas degradadas, destacam-se o pousio para regeneração natural e as técnicas de nucleação.

No pousio da área elimina-se a fonte de degradação e espera-se que a regeneração natural aconteça de forma passiva, através da brotação de tocos e raízes, ou pela germinação de sementes do banco do solo e/ou trazidas por dispersores (MORAES et al., 2013, MARTINEZ-RAMOS et al., 2016). O tempo para restauração, nesse caso, varia bastante, dependendo das condições edafoclimáticas, eventos meteorológicos, interferência antrópica e da complexidade ecológica de cada local (ROZENDAAL et al., 2019).

Já as técnicas de nucleação envolvem princípios da facilitação (TRES et al., 2007; MIRANDA NETO et al., 2010), ou seja, criam-se focos de atração de dispersores ou promove-se a formação de núcleos de plantas facilitadoras, que propiciem melhoria ambiental, permitindo o aumento na probabilidade de ocupação desse ambiente por outras espécies de interesse ecológico. Esta técnica, idealizada por Yarranton e Morrison (1974), consiste em utilizar o potencial dos elementos naturais disponíveis localmente na formação de sítios nucleadores. Estudos têm demonstrado que o sucesso na implantação de técnicas de nucleadoras na comunidade dependerá de alguns fatores, tais como o grau de degradação da área e proximidade ou não de áreas menos impactadas que servem como suprimento de propágulos (OLIVEIRA, 2013; MARTINEZ-RAMOS, et al., 2016; ROZENDAAL, 2019).

Apesar do crescente aumento das pesquisas científicas referentes às técnicas de restauração da vegetação (GRANI, 2017), os estudos aplicando estratégias de nucleação ainda são poucos no mundo todo. As técnicas de regeneração e plantations são mais implementadas principalmente em áreas desmatadas da floresta tropical (BOANARES e AZEVEDO, 2014; GONÇALVES et al., 2017).

Nas florestas secas a nucleação tem ganho destaque em função da melhor relação custo benefício e efetividade como gatilho ecológico para o star da sucessão vegetal nesses ambientes. Neste sentido, o Brasil se destaca como o país onde mais tem sido desenvolvidas pesquisas a partir deste princípio, em todos os seus biomas ((BECHARA, 2006; BOCCHESI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010; OLIVEIRA, 2013; DIAS et al., 2014; FERREIRA, 2014; PINTO, 2014; GOMES, 2015; SILVEIRA et al., 2015; ATHIÊ e DIAS, 2016; NASCIMENTO NETO, 2016; GONÇALVES, 2017; SOUTO et al, 2017; MORES e BOBROWSKI, 2018; SOUSA et al., 2020).

Portanto, considerando o potencial da cobertura herbáceo-subarbustiva para proteção e melhoria do solo e das técnicas nucleadoras para recuperação da cobertura vegetal arbóreo-arbustiva, esta pesquisa teve como objetivo geral, descrever o status quali-quantitativo da cobertura herbácea-subarbustiva e verificar as potencialidades nucleadoras de galhadas e poleiros para restauração de uma área degradada no semiárido paraibano.

Os objetivos específicos foram: avaliar a regeneração natural do estrato herbáceo-subarbustivo por meio da composição florística, riqueza e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo-subarbustivo, bem como sua biomassa nas estações seca e chuvosa; averiguar o efeito da transposição de galhadas como nicho para fauna e melhoria da qualidade do solo e avaliar o uso de poleiros pela avifauna e sua contribuição na chuva de sementes.

Esta tese encontra-se estruturada em três capítulos: o primeiro consiste em uma revisão bibliográfica destacando a importância da Ciência da Restauração Ecológica e os dois últimos apresentam estudos com técnicas nucleadoras, que vêm sendo realizados em uma área em restauração no Município de Várzea – PB, há mais de 15 anos, sob a orientação do Prof. Dr. Jacob Silva Souto, da Universidade Federal de Campina Grande.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D. S.; SOUZA, S. D. G.; SOUZA, A. C. N.; SOUSA, M. L. M. Cenário da desertificação no território brasileiro e ações de combate à problemática no Estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Edição especial, v. 55, p. 673-696, 2020.

ALMEIDA, H.A.; AGUIAR, D. B.; SILVA, J. N.; DAMASECENO, J. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da microrregião do Seridó ocidental da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol.07, n.05, p. 784-797, 2014

ARAÚJO, J. A.; SOUZA, R .F. Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no Rio Grande do Norte. **Geosul**, Florianópolis, v. 32, n. 65, p. 122-143, set./dez. 2017.

ATHIÊ, S.; DIAS, M. M. Use of perches and seed dispersal by birds in an abandoned pasture in the Porto Ferreira state park, southeastern Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 76, n. 1, p. 80-92, 2016.

BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006, 249 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). ESALQ, Universidade de São Paulo - Piracicaba - SP, 2006.

BOANARES D.; AZEVEDO C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. **Brazilian Journal of Nature Conservation**, v. 12, n. 2, p. 93 – 98, 2014.

BOCCHESE, R. A.; OLIVEIRA, A. K. M.; FAVERO, S.; GARNÉS, S. J. S.; LAURA, V. A. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas a partir da utilização de árvores isoladas e poleiros artificiais por aves dispersoras de sementes, em área de cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 16, n. 3, p. 207-213, 2008.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional (MIN). **Resolução Nº 115, de 23 de novembro de 2017**: nova delimitação do semiárido. Disponível em: RESOLUÇÃO Nº 115, DE 23 de novembro de 2017 - Imprensa Nacional (in.gov.br). Acesso em: 08 nov. 2021.

CABRAL, G. A. de L.; SAMPAIO, E. V. de S. B.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. de A. Estrutura espacial e biomassa da parte aérea em diferentes estádios sucessionais de Caatinga, em Santa Terezinha, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, nº 3, p. 566 – 574, 2013.

CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252 p.

CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 716 – 730, 2016.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do estado do Ceará: casos de Irauçuba e Tauá.** 2019, 100 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2019.

CRITCHLEY, W.; HARARI, N.; MEKDASCHI-STUDER, R. **Restoring Life to the Land: The Role of Sustainable Land Management in Ecosystem Restoration.** UNCCD and WOCAT. 2021. Disponível em: <https://www.unccd.int/publications>. Acesso em: 04 out. 2021.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L.; IRIBARREM, A.; LATAWIEC, A. E. STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, p. 1 - 7, 2017.

CROUZEILLES, R.; BEYER, H. L.; MONTEIRO, L. M.; BARBIERI, R. F.; PESSÔA, A. C. M.; BARROS, F. S. M.; LINDENMAYER, D. B.; LINO, E. D. S. M.; GRELLE, C. E. V.; CHAZDON, R. L.; MATSUMOTO, M.; ROSA, M.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. **Conservation Letters**, v. 13, p 1 – 9, 2020.

DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Ciência Florestal**. v. 24, n. 2, p. 501-507, 2014.

FERREIRA, G. A. **Poleiros artificiais como núcleos de dispersão de sementes e fatores que influenciam este processo em área de Cerrado *sensu stricto* no Triângulo Mineiro.** 2014, 40 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014.

FERRETI, A. R. Modelos de plantio para a restauração. In.: GALVÃO, A.P.M.; MEDEIROS, A.C.S. (Editores Técnicos). **A restauração da mata atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural.** Colombo: EMBRAPA Floresta, 2002. P. 35.-43.

GOMES, R. V. **Aplicação da técnica “Bocaj” e condições microclimáticas em área degradada no Seridó da Paraíba.** 2015, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2015.

GONÇALVES, M. da P. M. **Técnicas de recuperação florestal em áreas perturbadas na caatinga, Ceará.** 2017. 170 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE, 2017.

GRANI, R. A restauração ecológica e as ações nucleadoras nos projetos de recuperação de áreas degradadas - PRAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIA, XIX, 2017, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu – PR, 2017. P. 1 – 18.

GURJÃO, N. de O. **Avanços da degradação ambiental na região Nordeste do Brasil.** 2020, 105 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2020.

HOLL, K. D. Restoring tropical forests from the bottom up. **Science**, v. 355, n. 6324, p. 455 – 456, 2017.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; PINGARRONI, A.; RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; TOLEDO-CHELALA, L.; ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; BONGER, F. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 745 – 757, 2016.

MIRANDA NETO, A.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 6, p.1035 - 1043, 2010.

MORAES, L. F. D. de; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 84 p.

MORES, G. J.; BOBROWSKI, R. Efeitos da presença e distância de poleiros artificiais na dispersão de sementes de uma área degradada em Irati, Paraná. **Acta Biológica Catarinense**. v. 5, n. 2, p. 106 - 117, 2018.

NASCIMENTO NETO, J. H. **Aplicação de técnica restauradora em área de caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil**. 2016, 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2016.

OLIVEIRA, A. J. F. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013, 116 p. Tese (Doutorado, Publicação PPGEFL). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília – DF, 2013.

PEREIRA, D. S; PEREIRA, N. S.; GONÇALO FILHO, F. Desertificação: diagnóstico e monitoramento. **Terra**, V. 1, p. 1073-1079, 2015.

PEREIRA NETO, M. C. **Predisposição à desertificação no núcleo Seridó (RN - Brasil): Geoecologia de Paisagens Semiáridas**. 2016, 197 p. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE, 2016.

PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. de M. B; MEDEIROS, S. S. de; TINÔCO L.B. de M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87-106, 2012.

PINTO, M. G. C. **Avaliação da técnica nucleadora “Bocaj” na restauração de áreas degradadas no Seridó da Paraíba**. 2014, 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2014.

PRAVALIE, R. Drylands extent and environmental issues. A global approach. **Earth-Science Reviews**, v. 161, p. 259 – 278, 2016

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 65 - 73, 2010.

ROZENDAAL, D. M. A.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ALVAREZ-DÁVILA, E.; ASCARRUNZ, N.; BALVANERA, P.; BECKNELL, J. M. et al. Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. **Science Advances**, v. 5, n. 3, p. 1 - 10, 2019.

SÁ, I. B.; ANGELOTTI, F. Degradação ambiental e desertificação no Semiárido brasileiro. In: ANGELOTTI, F.; SÁ, I. B.; MENEZES, E. A.; PELLEGRINO, G. Q. (Ed.). **Mudanças climáticas e desertificação no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido, cap. 4, p, 53 – 76, 2009.

SILVA, K. de O.; SILVA, H. P. de B. O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó – Pernambuco - Brasil. **Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP**. Macapá, v. 8, n. 1, p. 203-215, jan.-jun. 2015. Disponível em: <http://periodicos.unifap.br/index.php/pracs> ISSN 1984-4352. Acesso em: 25 abr. 2019.

SILVA, K. S.T.; ALMEIDA, A. A.; SILVA, T. S. F. Influência de determinantes ambientais na vegetação da caatinga. **Sociedade e Território**. v. 29, nº 1, p. 83 – 198, 2017.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 35, p. 113 – 120, 2018.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 164 - 170, 2015.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.; SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120 - 50138, 2020.

SOUTO, J. S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora “BOCAJ” em área de Caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semi Árido**, v. 13, n. 2, p. 154 - 161, 2017.

TRES, D. R.; SANT’ANNA, C. S.; BASSO, S.; LANGA, R.; RIBAS Jr, U.; REIS, A. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 312 - 314, 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.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Desertificação no Nordeste brasileiro**: sua formação e sua contenção. Recife: Ministério da Educação e Cultura, 2000. 64 p

YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v. 62, n. 2, p. 417 - 428, 1974.

CAPÍTULO I - ASPECTOS DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA



1 INTRODUÇÃO

As pesquisas com restauração de áreas degradadas vêm aumentando após o surgimento da ciência da ecologia da restauração (SER, 2004; COLE, et al., 2010; BOANARES e AZEVEDO, 2014; REIS et al., 2014). Esta ciência, que tem como base conhecimentos ecológicos, agronômicos e silviculturais, trata do desenvolvimento e da aplicação de teorias e modelos ecológicos nas práticas envolvidas com a restauração de ecossistemas degradados, danificados ou destruídos (SER, 2004, CHAZDON, 2017), gerando conceitos, testando hipóteses, modelando processos e tecendo previsões mediante os fatores atuantes e as técnicas aplicadas à restauração (ARONSON et al., 2011). Na medida em que as pesquisas com restauração ambiental vão se ampliando, no mundo todo, os resultados vão retroalimentando esta ciência tão dinâmica.

Neste capítulo serão abordadas questões inerentes à ecologia da restauração: termos técnicos mais aplicados no vocabulário da Ecologia da Restauração; conhecimentos básicos necessários para definir as estratégias de restauração, monitoramento, condução das práticas, e a interpretação dos resultados ao longo do tempo; principais técnicas de restauração ambiental existentes: suas peculiaridades, procedimentos e benefícios.

2 TERMOS TÉCNICOS INERENTES À ECOLOGIA DA RESTAURAÇÃO

Ao longo das últimas décadas, a restauração de áreas degradadas tem evoluído, desde iniciativas isoladas até a sua consolidação como uma linha de pesquisa científica (OLIVEIRA, 2013). Pelo seu aspecto multidisciplinar, a ciência da Ecologia da Restauração é rica em terminologias, exigindo, de quem a estuda ou a pratica, um amplo conhecimento sobre termos técnicos e processos ecológicos. O uso correto dos conceitos, ajuda no entendimento daquilo que se estuda e na difusão do conhecimento gerado. Portanto, a seguir, apresenta-se alguns conceitos que são comuns no vocabulário científico da Ecologia da Restauração e necessários para a compreensão desta ciência aplicada.

2.1 Área de referência

Área conservada, representativa de uma fitofisionomia, que pode servir de modelo ou alvo para o planejamento da restauração ecológica (CROUZEILLES et al., 2017). Pode ser obtido a partir de um conjunto de áreas naturais remanescentes, descrições ecológicas de

ecossistemas previamente existentes ou presumidos a partir das condições de solo e clima da região (ARONSON et al., 2011).

O conhecimento sobre as áreas de referência envolve basicamente informações sobre a vegetação (fisionomia, composição e estrutura), solo (características bioquímicas nas áreas não antropizadas e estáveis) e fauna (composição e formas de interação com a flora) (DUARTE e BUENO, 2006; CHAZDON, 2017; JAKOVAC et al., 2021).

2.2 Área degradada ou danificada

Segundo o decreto federal 97.632/89, degradação ambiental é definida como o aglomerado de processo resultante de danos ao meio ambiente, pelo quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos naturais (BRASIL, 1989). Portanto, os danos ambientais, seja resultante de fatores naturais ou antrópicos, são as causas que tornam uma área dita degradada ou danificada.

A área é chamada degradada, quando apresentam alterações ambientais severas, com redução de sua biodiversidade e dos fluxos de bens e serviços ecossistêmicos (SILVA et al., 2018; CRITCHLEY et al., 2021). Dependendo do nível de degradação, ações visando a restauração ecológica são necessárias para reverter a situação (ARONSON et al., 2011). Isto porque estas áreas não possuem mais a capacidade de repor as perdas de matéria orgânica do solo, nutrientes, biomassa, estoque de propágulos etc. (DUARTE e BUENO, 2006).

As áreas danificadas, ou perturbadas, caracterizam-se pela ocorrência de pequenos distúrbios ou perturbações que alteram sua fisionomia natural. Nestas áreas ainda é possível, em curto ou médio prazo, ver-se a recuperação natural acontecer (DUARTE e BUENO, 2006).

2.3 Restauração, reabilitação, recuperação

A legislação ambiental brasileira em vários níveis deixa dúvidas e contradições sobre as definições exatas dos termos recuperação, reabilitação e restauração, que em muitos casos são apontados como diferentes, e em outros, como sinônimos (TRES et al., 2007). De modo geral os termos se referem ao caminho inverso à degradação.

Estes termos são abstrações que, pela ambiguidade no entendimento dos seus significados, terminam mais complicando do que facilitando a leitura dos textos técnicos-científicos ou informativos. Ademais, essa falta de consenso no uso desses termos gera discussões indesejáveis na comunicação entre estudiosos, profissionais e destes com o público em geral (ARONSON et al., 2011). Estes autores citam como exemplo o uso descriterioso dos

termos “restauração” e “reabilitação em políticas, projetos e pesquisas envolvendo “recuperação de áreas degradadas”. Por exemplo, em MINTER/IBAMA (1990), reabilitação é definida como sendo o resgate da estabilidade ecológica e da resiliência do ambiente degradado a uma situação alternativa e estável, a qual possa-se atribuir-lhe uma função adequada ao uso humano.

Para ALMEIDA (2016), o termo restauração é apenas um marco teórico, na prática consegue-se apenas a reabilitação do ecossistema. Já Moraes et al. (2013) citam que a escolha do termo vai depender do objetivo. Segundo estes autores, o termo mais geralmente empregado é Recuperação de Áreas Degradadas, adotado quando a meta é basicamente recuperar a função da vegetação, como, por exemplo, o controle da erosão do solo, sem preocupação com a composição florística. A Restauração (ou Revegetação) visa ao restabelecimento dos processos naturais, responsáveis por retornar a vegetação ao mais próximo possível da sua condição anterior à degradação (MORAES et al., 2013).

Os autores supracitados seguem a definição dada na Lei Federal 9.985/2000 (que estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação — SNUC) para estes termos e que segundo Nery et al. (2013) é a única norma da Legislação ambiental brasileira que apresenta uma definição para estes termos. No artigo 2, incisos XIII e XIV, respectivamente, aparecem as definições para recuperação e restauração:

Artigo 2.

XIII. **Recuperação** é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original

XIV. **Restauração** é a restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original

(BRASIL, 2000, p.1)

Para a Sociedade para Restauração Ecológica (Society for Ecological Restoration- SER) a restauração é definida como “a ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e no funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais” (SER, 2004; OLIVEIRA, 2013).

Nery et al. (2013), analisando o conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira, observaram que, em geral, não há consenso sobre o significado e o uso deste conceito; para alguns, **restaurar** significa restabelecer aspectos da estrutura característicos do ecossistema alterado, bem como os processos ecológicos necessários para a automanutenção das populações: ciclagem de matéria e energia, características do solo, qualidade da água etc., sem pretensão de retorná-lo a uma condição florística original (TRES et al., 2007); para outros, **a restauração** é o retorno da área degradada às características ecológicas e à diversidade biológica do passado, isto é, devolver ao ecossistema a sua estrutura e paisagem original. Para Duarte e Bueno (2006), esta é uma hipótese remota e até mesmo utópica, especialmente em situações de alto nível de degradação ou com restrições de recursos.

Já o termo recuperação, conforme é definida pela Lei Federal 9985/2000, que criou o SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação), refere-se ao processo que busca criar as condições básicas para desencadear a sucessão natural, que poderá culminar na reabilitação ou restauração do ambiente antes degradado. Duarte e Bueno (2006) citam que o objetivo das práticas de recuperação ambiental é a “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”. Portanto, as práticas de recuperação almejam resgatar a resiliência perdida e dar condições para que, sozinho, o ecossistema retorne às condições de funcionamento, com a restauração da sua estrutura (composição em espécies e complexidade) e reabilitação das funções ecológicas (ciclagem de nutrientes e biomassa).

Diante de tais entendimentos do que seja restauração, reabilitação ou recuperação, faz-se necessário que, antes de tudo, o projeto apresente o significado do termo adotado. Isso ajudará na compreensão do projeto: sua concepção, suas metas, as técnicas utilizadas, o monitoramento das ações e, conseqüentemente, avaliar se o objetivo foi alcançado ou não (NERY et al., 2013).

No entanto, independentemente da denominação dada às correções das intervenções humanas, em seus vários métodos e técnicas, todas buscam fundamento nos mecanismos da sucessão natural. Conhecendo as peculiaridades de cada ecossistema, estas práticas têm como princípio reproduzir os processos estruturais e funcionais que conduzem à estabilidade ecológica e a sua auto sustentabilidade, o que ocorrerá quando apresentar recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais.

Neste estudo a restauração será entendida como processo auxiliar na recuperação de uma área degradada, danificada ou destruída (CORBIN e HOLL, 2012; CROUZEILLES et al., 2017).

2.4 Entropia e Sintropia

Entropia e sintropia, embora sejam conceitos físicos da termodinâmica, também encontraram interpretações em áreas distintas do conhecimento, tais como a Teoria da Informação, a Fisiologia, a Economia e a Ecologia (PASINI, 2017) – cada qual contextualizando este conceito físico em processos que ocorrem e são estudados em cada uma destas ciências.

Na ecologia a sintropia define situações em que o sistema ou ambiente está ganhando energia e dirigindo-se para uma situação de equilíbrio e capacidade máxima de produção (clímax). Já a entropia se caracteriza quando se observa degradação dos fatores de produção e perda de produtividade – degradação. Portanto, ocorre sintropia quando há mais ganhos do que perdas e entropia quando há mais perda do que ganhos.

A sintropia se relaciona diretamente com a sucessão natural, sendo-lhe sua expressão. “As plantas são altamente sintrópicas já que uma de suas principais características é a capacidade de transformar, organizar e otimizar fatores como água, minerais, raios solares/energia em sistemas de vida” (GÖTSCH, 1992, citado por PASINI, 2017)

A entropia está relacionada à desordem de um dado sistema, associada com a degradação de energia. Desse modo, quanto maior for a desordem e a dissipação de energia, maior será a entropia do sistema. Esse fenômeno é mais comum em sistemas fechados.

Como o ambiente natural é um sistema aberto, que tem perdas de energia, mas também ganhos através da entrada de energia solar, água, nutrientes, propágulos etc., existe a possibilidade de, através, da intervenção humana, conduzir uma área degradada para uma situação de sintropia. É o que norteia as práticas de recuperação de áreas degradadas.

2.5 Sucessão Ecológica

Duarte e Bueno (2006) a define como movimentos que geram o desenvolvimento do ecossistema; um processo que envolve mudanças na composição e estrutura de espécies e nos processos ecológicos que condicionam a vida de uma comunidade ao longo do tempo.

A sucessão ecológica se dá pela mudança do ambiente físico em função das interações deste com os elementos da biota (ALMEIDA, 2016). Ela pode iniciar-se em habitats recém-formados (sucessão primária) ou em habitats já formados e perturbados (sucessão secundária). A cada etapa da sucessão as condições físicas vão mudando (luminosidade, calor, nutrientes, umidade), assim como a composição das espécies, que vão ficando cada vez mais

especializadas e competitivas (DUARTE e BUENO, 2006). A flora, interagindo com o solo, vai tornando-o mais maduro, mais fértil e, por conseguinte, a reciprocidade (sinergias) de efeitos edafoclimáticos se manifestam no comportamento fenológico das plantas ajustadas a um sistema mais estável (ODUM, 1997). Quando o ambiente atinge a sua capacidade máxima de suporte, a biota se estabiliza; constituindo-se numa floresta, numa savana ou mesmo um campo rupestre (FERNANDES, 2000).

As práticas de restauração visam, portanto, reativar, promover e acelerar a sucessão ecológica em um ambiente que foi degradado. O tempo necessário para que a sucessão ecológica culmine com um ambiente o mais próximo possível de suas condições originais, vai depender principalmente do grau de degradação da área, das condições climáticas, da qualidade inicial do solo e da existência de fontes de propágulos (banco de sementes do solo e fragmentos florestais) (MARTÍNEZ-RAMOS et al., 2016; JAKOVAC, et al., 2021).

Para a caatinga, onde a instabilidade pluvial e a grande variabilidade fitogeográfica caracterizam o bioma, a dinâmica e o tempo do processo de sucessão secundária se tornam muito imprevisíveis e de difícil generalização. No entanto, para as condições gerais da caatinga, Araújo Filho (2013) estima que, após iniciado o período de pousio de uma área antropizada, o estrato herbáceo dominará nos três primeiros anos; o arbustivo estará formado em até dezoito anos; o arbustivo-arbóreo após o vigésimo ano; e o estrato arbóreo atingirá seu ápice após 45-50 anos.

2.6 Resiliência, Resistência e Estabilidade

Resiliência é a capacidade de recuperação de um ambiente ou corpo vivo, após sofrer um distúrbio. Já a resistência é medida pela capacidade deste mesmo ambiente ou corpo sofrer um distúrbio e não alterar sua integridade funcional e estrutural. Duarte e Bueno (2006) associam a resistência à estabilidade ecológica. Para estes autores, a estabilidade de um ambiente é medida pela sua capacidade de absorver o impacto sofrido, ajustando-o aos seus processos ecológicos. Isto em ecologia é denominado de poder homeostático. Quando os distúrbios vão além da capacidade homeostática do ambiente, a resistência diminui, a resiliência enfraquece e o ecossistema entra em colapso, com processos, muitas vezes irreversíveis, de degradação.

No ambiente semiárido a vegetação é muito resiliente, uma vez que se observa sua rápida restauração foliar logo após as primeiras chuvas. No entanto, o mesmo não se pode dizer do seu solo. Raso, pedregoso e de pouca cobertura vegetal, apresenta baixa resistência aos processos erosivos dos ventos e das chuvas, sendo facilmente degradado; conferindo-lhe pouca

estabilidade pedológica, principalmente em função da pouca incorporação de matéria orgânica, a qual sofre combustão seca decorrente das altas temperaturas e pouca presença de água (SANTOS, 2017).

3 CONHECIMENTOS A SEREM CONSIDERADOS NA RAD

As práticas para recuperação de áreas degradadas (RAD) devem ser realizadas a partir de métodos⁵ e técnicas⁶ que se baseiem nos fundamentos dos processos naturais (REIS et al., 2003; CORBIN e HOLL, 2012). Almeida (2016), destaca que o conhecimento da dinâmica natural e da estrutura do ecossistema a ser restaurado é fundamental no desenvolvimento de modelos de recuperação, mesmo sabendo que não será atingido o retorno à condição original. Esse conhecimento será imprescindível para que as intervenções humanas em ambientes em desequilíbrio ambiental, possam respeitar a capacidade de resposta dos processos ecológicos e o poder de resiliência ainda existente. Neste sentido, o histórico de uso do ambiente a ser recuperado e a compreensão da estrutura básica e do funcionamento do ecossistema, bem como da dinâmica e dos fatores interrelacionados em cada processo ecológico, se fazem imprescindíveis para a escolha das técnicas de restauração, bem como o monitoramento e tomadas de decisões ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2013; BOANARES e AZEVEDO, 2014).

3.1 Diagnóstico do ambiente degradado

Em uma área a ser recuperada, o primeiro passo é ter conhecimento de como é aquele ambiente em condições de equilíbrio, em seu estado natural, clímax, sem antropização. A partir daí, independente do objetivo da recuperação de uma área degradada, o passo seguinte será fazer uma avaliação das condições da área, através de um diagnóstico, que deve levar em conta o histórico de uso da área, para se conhecer as causas da degradação; identificar os indicadores de degradação junto à biodiversidade remanescente e às características do solo e recursos hídricos; potencial auto-regenerativo das áreas, bem como a existência de fragmentos de vegetação nativa que possa servir como fonte de propágulos (DUARTE e BUENO, 2006; JAKOVAC et al., 2021).

5 O **método** mostra como se deve conduzir o pensamento, assim como a ação, para que determinado objetivo seja alcançado com eficiência.

6 A **técnica** apresenta como se deve agir para *utilizar* o **método**

Através do diagnóstico pode-se avaliar o grau de degradação ambiental, identificar as dificuldades e traçar estratégias (MARTINEZ-RAMOS et al., 2016). Também é importante, em uma área que apresente variações ou mosaicos fisionômicos, fazer um zoneamento prévio para que seja definido um plano de recuperação específico para cada ambiente.

Com relação à flora é importante descrever sua fisionomia (a aparência que a vegetação exibe, resultante das formas de vida presentes nas plantas predominantes) e composição florística. Nos trabalhos de restauração ecológica a diversidade de espécies é um dos assuntos mais debatidos. O levantamento florístico permitirá identificar as espécies ocorrentes; já a análise fitossociológica, será importante para se conhecer as espécies dominantes, árvores emergentes (estrutura vertical), fenologia, o estágio de sucessão em que se encontra, densidade e o grau de cobertura do solo (RODAL, et al., 2013). O conhecimento dos diferentes estratos da vegetação (herbáceo, arbustivo e arbóreo), é importante, pois, em função do estágio de degradação da área a ser recuperada, faz-se necessário a recomposição a partir de estratos inferiores (herbáceos).

Identificar os elementos da meso e macrofauna também é necessário para a compressão das possibilidades de aproveitamento destes animais como coadjuvantes nos processos de dispersão, polinização e decomposição da matéria orgânica. Os levantamentos de fauna devem seguir o mesmo raciocínio espacial aplicado ao levantamento florístico, isto é, deve-se ter uma perfeita caracterização da composição faunística de cada estágio sucessional, o que vai fornecer subsídios para futuros trabalhos de monitoramento – acompanhar o componente fauna na recuperação (VERGILIO, et al., 2013) .

Quanto ao solo, analisar as características físicas, químicas e biológicas a partir da abertura de perfis e coleta de solo ao longo dos horizontes, principalmente para se conhecer a textura, o grau de compactação e fertilidade (VILLEGAS et al., 2020). Outras informações importantes são referentes ao banco de sementes do solo, banco de plântulas ou juvenis oriundas de rebrotas (Ramets) ou de sementes (Genets) e a cobertura morta (serapilheira). Detectar a existência de processos erosivos, seu tipo e intensidade, além de um indicador biológico de degradação do solo, permitirá escolher métodos e técnicas que melhor se ajustem a cada situação.

Por fim, todas as informações do diagnóstico servirão de base para a escolha do método e da técnica mais racional para cada situação. E qualquer que seja o plano de recuperação adotado, este deve estar fundamentado no conhecimento ecológico da área, tendo como base o conjunto de fatores bióticos e abióticos, direto e indiretamente envolvidos nas práticas implementadas em cada método.

3.2 Fatores limitantes em um ambiente degradado

A Lei da tolerância ou Lei de Shelford diz que para cada espécie existem amplitudes de tolerância aos fatores ecológicos, com limites máximos e mínimos. Para o ecólogo Victor Ernest Shelford (2013), existe uma faixa ótima no qual o desempenho biológico dos indivíduos da espécie é máximo. Acima ou abaixo desta faixa ótima os seres passam a sofrer estresse e os fatores ecológicos estressantes passam a ser os limitantes à sobrevivência (BRANDIMARTE e SANTOS, 2014).

Odum (1997) define fatores limitantes como aqueles que são essenciais para que os processos ecológicos aconteçam e sem os quais os ciclos biogeoquímicos são interrompidos. Geralmente são de origem edáfica (pH, disponibilidade de nutrientes, nível do lençol freático, profundidade efetiva do solo, pedregosidade) ou climática (temperatura, concentração de O₂, radiação fotossinteticamente ativa, pluviosidade).

Em ambientes naturais conservados, os fatores limitantes promovem pressão de seleção forçando as espécies a se ajustarem àquele ambiente (DUARTE e BUENO, 2006). Segundo Pasini (2017) esse ajuste pode ser definido como resiliência ou resistência e se dá através de mecanismos fisiológicos, morfológicos, genéticos ou comportamentais; já em ambientes degradados, os fatores limitantes se associam e/ou se intensificam – normalmente relativos ao solo, vegetação e fauna. Segundo Moraes et al. (2013), em áreas com vegetação degradada, estes fatores passam a constituir barreiras que impedem a regeneração natural acontecer.

Segundo Oliveira (2013) a maioria dos solos brasileiros apresenta limitações ao desenvolvimento de plantas. De fato, estudos têm mostrado que os grandes biomas apresentam um ou mais fatores que são limitantes. Pode-se citar como exemplos: no bioma Amazônia a acidez do H provocada pela lixiviação das bases que acidificam o solo; no cerrado destaca-se a acidez provocada pelo excesso de Al⁺, que leva a vegetação ao escleromorfismo oligotrófico; no pantanal são os alagamentos da vasta planície durante a estação chuvosa; nos biomas temperados os incêndios sazonais devido à grossa camada de serapilheira resinosa; nas regiões polares a neve, o frio excessivo e a baixa pluviosidade; nas regiões áridas os longos períodos sem chuvas e os ventos quentes e secos; no Semiárido brasileiro a deficiência hídrica originada da irregularidade pluvial, das altas taxas de evapotranspiração potencial (em geral, ultrapassando os 2.000 mm ano⁻¹), associados aos Neossolos com baixa capacidade de armazenamento de água (RODAL et al., 2013).

Diante de um fator limitante que não se pode interferir, por se tratar de um fenômeno climático, resta elencar o solo como o segundo fator limitante no ambiente da Caatinga. Raso e

geralmente pedregoso, este apresenta baixa capacidade de retenção de água e muito susceptível à erosão, principalmente porque a cobertura vegetal, nas áreas degradadas, praticamente não existe, tornando-o exposto aos ventos da estação seca e às chuvas torrenciais da curta estação chuvosa. Estes eventos naturais promovem a perda de solo, nutrientes, matéria orgânica e biomassa.

O grande desafio, então, passa a ser reestabelecer a qualidade do solo através da recomposição da cobertura vegetal, a partir de práticas que promovam a incorporação de matéria orgânica, cobertura ao solo e entrada de propágulos, criando condições para que a regeneração natural possa acontecer, se intensificar e se transformar num longo processo de sucessão vegetal.

3.3 Heterogeneidade espacial e os fragmentos vegetacionais remanescentes

Este é um aspecto muito relevante no planejamento de ações visando a recuperação de áreas degradadas. O bioma Caatinga é um verdadeiro mosaico de diferentes fitofisionomias geradas a partir de variações nos padrões climáticos e orográficos de grande escala, bem como variações de pequena escala, como os diferentes tipos de solo, variações de profundidade, as discontinuidades litológicas nos perfis, a salinidade, a constituição mineralógica das formações superficiais e características topográficas locais (RODAL et al., 2013; SILVA et al., 2017). Para Rodal et al., (2013) estas variações são responsáveis pela diversificação na composição e na fisionomia da vegetação, retratada principalmente na estratificação horizontal e vertical das comunidades. Devido a esta variabilidade, o termo caatinga vem sendo usado, por muitos, no plural – as Caatingas.

Portanto, o zoneamento, buscando identificar e separar áreas com características fisionômicas distintas, ajuda na definição das melhores estratégias para potencializar o uso dos fatores bióticos e abióticos que compõem cada paisagem, aumentando as chances da sucessão se expressar.

3.4 Funções do solo na natureza

O solo é a base da vida na terra. Todos os seres vivos dependem direta ou indiretamente das funções que ele exerce. Também, para se formar, o solo conta com a colaboração dos seres vivos – principalmente os vegetais e os microrganismos. É uma relação de coexistência: solo sem planta, desaparece; planta sem solo, não cresce. De modo que atualmente, muitas práticas e técnicas agrícolas são implementadas visando manter ou melhorar a qualidade do solo.

Essa preocupação com a qualidade do solo toma protagonismo a partir da década de 90, quando a comunidade científica, consciente da importância do solo para a qualidade ambiental, começou a abordar, nas publicações, a preocupação com a degradação dos recursos naturais, a sustentabilidade agrícola e a função do solo nesse contexto (ARAÚJO et al., 2012).

De acordo com os limites de cada ecossistema, o solo é responsável por nutrir a flora, que alimenta a fauna; e de forma indireta, ajuda a manter ou até aumentar a qualidade do ar e da água, de modo a promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens (ODUM, 1997). Isto porque o solo exerce as seguintes funções na natureza: funciona como meio para o crescimento das plantas; regula e compartimentaliza o fluxo de água no ambiente; estoca e promove a ciclagem de elementos na biosfera; e serve como tampão ambiental na formação, atenuação e degradação de compostos prejudiciais ao ambiente (KARLEN et al., 2001). Para conservar suas propriedades um solo precisa estar bem protegido pela cobertura vegetal. Caso contrário sofrerá ação dos agentes erosivos e entrará em processo de degradação.

Sem cobertura vegetal, o sistema solo, que é resultado de uma rede de relações não lineares entre os minerais, as plantas e os organismos edáficos conectados com o ambiente, reduz sua capacidade de reter energia e matéria orgânica (VEZZANI e MIELNICZUK, 2009). Com isso, o solo passa a sofrer: deterioração da estrutura; erosão hídrica e eólica; lixiviação de nutrientes e compostos orgânicos e inorgânicos; liberação de CO₂ para atmosfera; diminuição da biota do solo; diminuição da diversidade do sistema solo; e redução da resistência a perturbações e da resiliência (SANTOS, 2017).

Portanto, é fundamental que em projetos de recuperação de áreas degradadas, busque-se, prioritariamente, restaurar as funções vitais do solo.

3.5 A interação animal-planta em RAD

Barbosa (2006) cita que as relações entre plantas e animais envolvidas nos processos de regeneração da cobertura vegetal são ainda pouco conhecidas, haja vista a complexidade destas interações, principalmente em comunidades tropicais. A riqueza de espécies, tanto animais quanto vegetais, proporciona a existência de incontáveis síndromes em processos de polinização, dispersão e de relações bióticas (predação, competição, mutualismo etc.). Para Almeida (2016), os dois mutualismos mais importantes na natureza, reunindo animais e plantas, são a polinização e a dispersão de sementes.

Numa área degradada a participação da fauna no processo de recuperação do ambiente será cada vez maior, na medida em que a cobertura vegetal for aumentando e o solo for recuperando suas funções. Pasini (2017) chama de “sintropia” este processo de aumento na

biodiversidade de um ambiente, assim como na interatividade entre os fatores bióticos e abióticos. Na sintropia, o sistema, mesmo sendo aberto, apresenta mais ganho do que perda de energia e massa; ao mesmo tempo que se consolida uma teia alimentar muito mais complexa, onde os processos ecológicos (polinização, dispersão, controle biológico) se tornam cada vez mais intensos e interativos.

Neste sentido, a participação dos elementos da fauna nos processos de polinização, dispersão e controle biológico, são fundamentais para a sucessão da comunidade vegetal (ALMEIDA, 2016). Segundo Moraes et al. (2013), a grande maioria das espécies vegetais tropicais é alógama e são polinizadas por animais, especialmente insetos, aves e morcegos; estima-se ainda que de 75 % a 95 % dessas espécies têm seus frutos e sementes dispersos por animais (FERRETI, 2002; ALMEIDA, 2016). Finalmente, a prática da herbivoria é um importante instrumento regulador da reprodução e regeneração da vegetação.

No entanto, esta interação será mais dinâmica e acontecerá com maior facilidade quando existe disponibilidade de propágulos e condições ambientais adequadas para suportar a fauna e as plantas estabelecidas (RODRIGUES e GANDOLFI, 1996; MARTINEZ-RAMOS e al., 2016). Portanto, a existência de fragmentos de vegetação preservada e corredores ecológicos, próximos às áreas degradadas, aumentarão as possibilidades da interação da fauna com a área em restauração. Assim sendo, as áreas em recuperação passarão a conviver com maior participação da avifauna, de reptéis, mamíferos, macro e mesofauna, à medida que a cobertura vegetal for se expandindo e se diversificando (DEPRÁ e GAGLIANONE, 2018). Esta dinâmica estará muito dependente das características locais: condição edafoclimática, diversidade de fauna e flora e intensidade da degradação.

3.6 A interação solo-planta na RAD

A cobertura vegetal de uma área está diretamente relacionada com as condições edafoclimáticas locais. Pode-se dizer que existe uma reciprocidade entre solo e vegetação, na medida em que o solo fornece as condições nutritivas, hídricas e de fixação da planta, e esta, lhe confere proteção contra erosão, ciclagem de nutrientes, melhoria e manutenção de suas qualidades físicas e biológicas.

Nas regiões tropicais os solos são geralmente pobres em minerais (DUARTE e CASAGRANDE, 2006) e a vegetação natural depende basicamente da ciclagem de nutrientes. Quando a vegetação é retirada e o ciclo é interrompido, a única reserva é a do solo, que não terá mais a adição de nutrientes e matéria orgânica, sofrendo, assim, perdas por erosão e lixiviação.

Com o empobrecimento químico do solo, a vegetação passa a perder capacidade de regeneração e de cobertura, abrindo espaço para a erosão laminar e a perda da camada superficial do solo. O subsolo, agora na superfície, praticamente sem matéria orgânica, perde significativamente a capacidade de reter água e disponibilizar nutrientes. E a degradação se configura com a perda da resiliência da cobertura vegetal. Nestas condições, espécies resistentes e adaptadas a solos degradados, vão ocupando o espaço e dominando a comunidade vegetal. São plantas que apresentam vários tipos de ajustes fisiológicos, bioquímicos, morfológicos, estruturais e fenológicos para sobreviverem aos estresses do ambiente degradado.

Estas espécies desempenham um papel muito importante na recuperação da capacidade produtiva do solo; na medida em que o protege da erosão e disponibiliza matéria orgânica, e, com isso, devolvendo suas funções de fornecer nutrientes e reter água (DUARTE e CASAGRANDE, 2006). Pioneiras, estas plantas desencadeiam um processo de sucessão vegetal que culmina com o estabelecimento de novas espécies que vão diversificando a flora e aumentando os nichos para fauna local reocupar seu papel ecológico. Portanto, a interação solo-planta constitui-se no fenômeno mais importante e ativo na restauração de áreas degradadas.

Esta interação entre solo e planta deve ser dinamizada através de estratégias de recuperação que promovam a evolução da sucessão vegetal e se obtenha a máxima biomassa, teias alimentares mais complexas e a maior biodiversidade possível para as condições climáticas ou edáficas locais (DUARTE e BUENO, 2006). Estas características conferirão ao ecossistema sua estabilidade, restaurando sua resiliência. Quanto ao tempo necessário para tudo isso ocorrer, vai depender da natureza do clima e da qualidade inicial do solo (TOWNSEND et al., 2006; ODUM, 1997; SANTOS, 2017). Dentre os fatores do clima, a pluviosidade é o mais impactante, uma vez que a dinâmica da água é a principal variável de controle dos processos que determinam as transformações dos nutrientes no solo e sua disponibilidade para as plantas em condições principalmente de semiárido (CASSUCE, 2013). Já Almeida (2016) destaca a importância da existência de um banco de sementes que proporcione a autorrenovação da cobertura vegetal.

3.7 Estádios de uma sucessão secundária progressiva na caatinga.

A vegetação da caatinga encontra-se, em sua maior parte, em estádios de sucessão secundária (ARAÚJO FILHO, 2013). Para o autor, esta sucessão é progressiva nas capoeiras ou áreas de pousio e regressiva nas áreas em processo de degradação. Em áreas submetidas à restauração ecológica os tratamentos devem induzir a ocorrência de uma sucessão progressiva da cobertura vegetal, na seguinte sequência de estádios:

a) Estádio herbáceo/semi-arbustivo: composto de plantas, em grande maioria, anuais e, em menor proporção, de plantas perenes semi-arbustivas. A composição florística, dominância/densidade e frequência das espécies dependerá de diversos fatores ambientais, incluindo o histórico do uso da área. Alterações na estrutura da comunidade herbácea, bem como, variações nas taxas de crescimento, são comuns neste estágio sucessional; em função, principalmente, das oscilações pluviais ao longo dos anos. As espécies mais comuns são capins panasco (*Aristida adscensionis* L.), ervaço (*Froelichia humboldtiana* (Roem. & Schult.) Seub), malva branca (*Sida galheirensis* Ulbr.) alfazema (*Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze), malvinha (*Waltheria operculata* Rose), mata pasto (*Diodella teres* (Walter) Small), poaia do campo (*Borreria capitata* (Ruiz & Pav.) DC.), chanana (*Turnera subulata* Sm.), estrelinha azul (*Evolvulus cressoides* Mart.) (BORGES, 2012; CASSUCE, 2013), entre outras. Em geral, as espécies pioneiras, tolerantes a solos degradados, são as mais abundantes.

b) Estádio arbustivo: quando espécies de porte acima de 1 m de altura e consistência lenhosa se estabelecem, com diversidade e densidade variando de acordo com as condições edafoclimáticas e fontes de propágulos. Araújo Filho (2013) estima que os arbustos pioneiros podem alcançar até 20.000 plantas na⁻¹. Marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema preta (*Mimosa tenuifolia*) são os mais importantes arbustos pioneiros. No entanto, outros se destacam, principalmente em áreas muito degradadas, como o velame (*Croton campestris*), a malva branca (*Sida* sp.), o pinhão branco (*Jathropha* sp.) e a flor de seda (*Calotropis procera*). Nesta fase, as espécies arbustivas favorecem a estrada de propágulos por via zoocórica, bem como atuam como plantas enfermeiras ou cuidadoras, criando condições microclimáticas favoráveis para o estabelecimento das espécies arbóreas.

c) Estádio arbustivo-arbóreo: quando espécies arbóreas começam a se destacar acima do dossel do estrato arbustivo predominante. Araújo Filho (2013), estima que esta fase tenha início a partir de, aproximadamente, 20 anos após o começo do pousio. Com o passar do tempo, as espécies arbustivas (pioneiras), de ciclo de vida curto, vão diminuindo em abundância, passando a compor o banco de sementes do solo. A densidade total das espécies lenhosas tende a cair; porém, os percentuais da cobertura permanecem elevados (ARAÚJO FILHO, 2013).

d) Estádio arbóreo-arbustivo: caracterizado pela dominância das espécies arbóreas, essa fase constitui o clímax de alguns tipos da caatinga e é alcançada por volta dos 45 a 50 anos após o início do pousio. A população de arbustos pioneiros está reduzida a umas poucas centenas de indivíduos por hectare e o estrato herbáceo, quando presente, é extremamente rarefeito e composto por umas poucas espécies botânicas (ARAÚJO FILHO, 2013).

e) Estádio arbóreo puro: onde indivíduos herbáceos e arbustivos só são vistos em locais de clareiras e bordas de fragmentos de mata. Estádio raro que poderá ser atingido apenas em locais com solos profundos e índices de chuvas no limite superior da precipitação pluvial do bioma – topos de serras (na face barlavento) e de chapadas de embasamento sedimentar. Segundo Araújo Filho (2013), apenas cerca de 10% das áreas do Semiárido são favoráveis à formação do estágio arbóreo.

4 TÉCNICAS PARA RECUPERAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL EM ÁREAS DEGRADADAS

A cobertura vegetal constitui-se no componente mais importante de um ecossistema, haja vista suas funções na recuperação e estabilidade da qualidade do solo, bem como seu papel mantenedor da fauna e dos recursos hídricos. Portanto, em áreas degradadas, a sua recuperação torna-se prioridade para a restauração da estabilidade e integridade biológica do ambiente.

Segundo Boanares e Azevedo (2014), as técnicas de restauração ambiental evoluíram e deram origem à ciência “Ecologia da Restauração”, que tem como princípio o manejo de áreas degradadas sob uma visão mais holística, conforme as leis da sucessão vegetal (CHAZDON, 2017).

Dentre as técnicas de restauração ambiental existentes, as que se baseiam na formação de núcleos de colonização estão sendo bastante testada em várias partes do mundo, pelo seu baixo custo e eficiência ecológica, e podem ser utilizadas, com variados níveis tecnológicos, graus de investimentos e metas (REIS et al, 2003, 2006, 2010; BOANARES e AZEVEDO, 2014). Os núcleos podem ser instalados plantando-se mudas de espécies selecionadas em função do seu potencial de estabelecimento e função ecológica, denominado de nucleação ativa; ou estes núcleos podem ser estimulados a surgirem de forma natural criando-se condições para atrair dispersores e proporcionar condições microclimáticas que favoreçam a germinação e estabelecimento de espécies pioneiras colonizantes, a denominada nucleação passiva.

As pesquisas com nucleação ativa são mais estudadas em regiões tropicais sub-úmidas a úmidas (TRES et al., 2007; TOMAZI et al., 2010; CORBIN e HOLL, 2012; MARCUZZO et al., 2013; MORAES et al, 2013; ATHIÊ e DIAS, 2016; MARTINEZ-RAMOS et al., 2016; CROUZEILLES et al., 2017, 2020; MORES e BOBROWSKI, 2018; JAKOVAC et al., 2021).

Nas regiões com estação seca mais severa, como nos biomas Cerrado e Caatinga, a nucleação passiva apresenta melhor relação custo-benefício (CROUZEILLES et al., 2020), e

as pesquisas visam testar a eficiência de várias técnicas como os poleiros, galhadas e as transposições de solo, serapilheira e chuva de sementes (BECHARA, 2006; BOCCHESI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010; OLIVEIRA, 2013; DIAS et al., 2014; FERREIRA, 2014; PINTO, 2014; GOMES, 2015; SILVEIRA et al., 2015; ATHIÊ e DIAS, 2016; NASCIMENTO NETO, 2016; GONÇALVES, 2017; SOUTO et al., 2017; SILVA et al., 2018b; SOUSA et al., 2020).

A decisão sobre qual estratégia e técnica são mais adequadas para a restauração ecológica do ambiente, vai depender do conhecimento do ecossistema, dos recursos disponíveis e, principalmente, da análise da situação local (intensidade da degradação) (GRANI, 2017). Esta última influenciará diretamente o tempo necessário para que sejam reestabelecidos os processos ecológicos e a auto-sustentabilidade do ambiente. Quanto aos custos e nível tecnológico, as estratégias vão desde as mais baratas e simples, como o isolamento da área para regeneração natural, até as que aplicam técnicas mais caras e complexas, como o plantio de espécies florestais (CORBIN e HOLL, 2012; MORAES et al., 2013), conforme se observa na figura 1).

4.1 Técnica não intervencionista – Regeneração natural

A regeneração natural é o modo como a natureza restaura os ecossistemas depois de um distúrbio (CHAZDON, 2017), seja de origem antrópica ou natural. Consiste basicamente na eliminação da fonte de degradação e esperar que os fluxos naturais entre matéria e energia e as relações tróficas entre as espécies (produtores, consumidores, decompositores) conduzam o ambiente a um novo estado de equilíbrio (REIS et al., 2003, 2006, 2014). Portanto, depende de características da paisagem que possam favorecer a regeneração, como a proximidade de florestas remanescentes e o banco de sementes do solo (MORAES et al., 2013, MARTINEZ-RAMOS et al., 2016), condições edáficas capazes de garantir a sobrevivência e o crescimento das plantas (ROZENDAAL et al., 2019) e estar livre da pressão antrópica (CROUZEILLES et al., 2021).

Com o simples isolamento da área, espera-se que a revegetação ocorra de forma espontânea; é o que Corbin e Holl (2012) denominam de restauração passiva; uma estratégia que pode levar várias décadas e que resulta em taxas de recuperação e rotas sucessionais altamente variáveis e imprevisíveis (CHAZDON, 2017; JAKOVAC et al., 2021). Em locais onde fatores edafoclimáticos não sejam limitantes, a regeneração natural supera a restauração ativa (plantios) em alcançar o sucesso da recomposição da cobertura vegetal (CROUZEILLES et al., 2017).

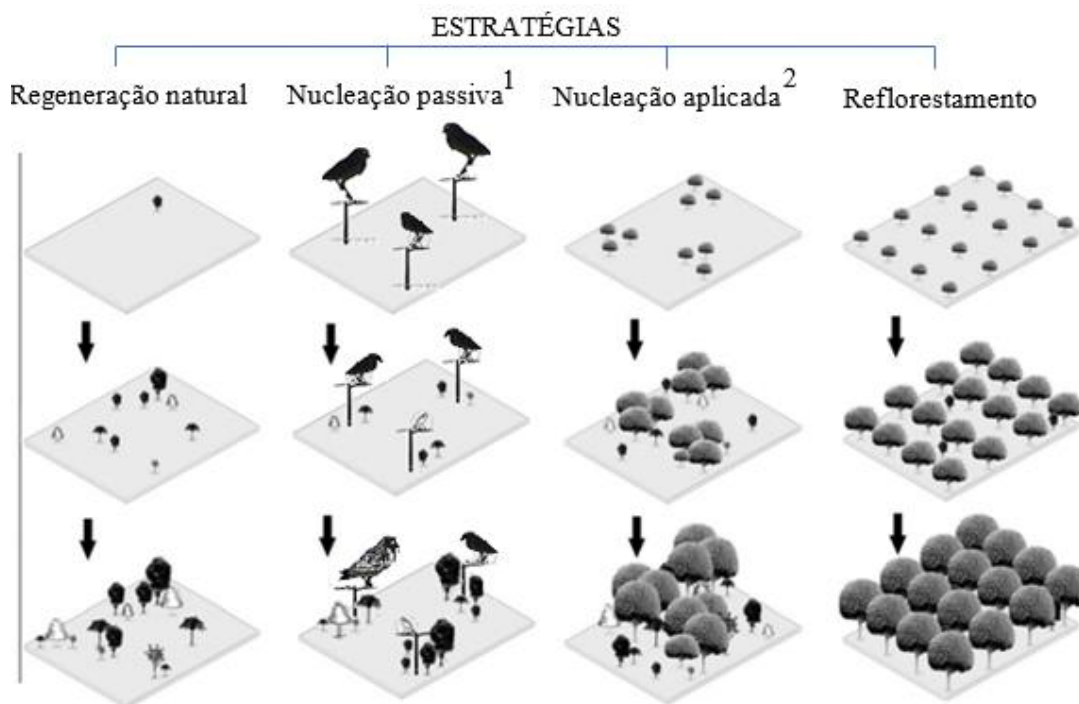
Estes autores realizam uma metanálise envolvendo 133 estudos de restauração em florestas tropicais, e o resultado demonstrou que a regeneração natural superou a restauração ativa, em 34 a 56 % no aumento da biodiversidade (plantas, pássaros e invertebrados) e em 19 a 56 % na melhoria da estrutura da vegetação (cobertura, densidade, serapilheira, biomassa e altura).

4.2 Técnicas de pouca intervenção – nucleação passiva

Estas técnicas caracterizam-se por serem de baixo nível tecnológico e de baixo custo de implantação, uma vez que se baseiam no uso de insumos existentes próximos à área degradada e não exigir práticas de manejo como plantio, adubação, irrigação, etc. O princípio básico da nucleação passiva é atuar como gatilhos ecológicos (REIS et al., 2010) que estimulam e facilitam a formação de focos de atração de propágulos e de regeneração natural, capazes de aumentar a resiliência das áreas degradadas (GRANI, 2017), bem como promover a formação de pequenas ilhas de vegetação, a partir das quais a cobertura vegetal se expandirá (MORAES et al., 2013). Representa um espaço para o imprevisível, gerando fenômenos eventuais e aleatórios, permitindo a chegada de espécies vegetais de todas as formas de vida e a formação de uma rede de interações entre os organismos.

É denominada de nucleação passiva porque o reestabelecimento do equilíbrio ecológico dependerá, basicamente, das condições edáficas locais e da ação dos fenômenos naturais encontrados no ambiente (SOUTO et al., 2017). Essa estratégia, embora resulte em taxas de recuperação altamente variáveis que pode levar várias décadas (CORBIN e HOLL, 2012), tende a facilitar os processos de sucessão natural, pois envolve produtores, consumidores e decompositores, tornando-a extremamente eficaz (BOANARES e AZEVEDO, 2014), uma vez que provoca “gatilhos ecológicos” para a formação de uma diversidade de rotas alternativas sucessionais (SILVEIRA et al., 2015).

Figura 1 – Sequência de tempo de quatro estratégias para restauração da cobertura florestal



1- Técnicas: Poleiros artificiais, pilhas de galhadas, transposição de solo, Técnica Bocaj

2- Técnicas: Agrupamento de Anderson, Ilhas de plantas enfermeiras (facilitadoras)

Fonte: Adaptado de Corbin e Holl, (2012).

Embora seja um processo de remediação lento, é o que mais se assemelha ao que acontece numa condição de sucessão natural, onde se observa a ocorrência de diversos tipos de interações ecológicas, de processos reprodutivos de plantas, de polinização e dispersão de sementes etc., requerendo o mínimo de entrada artificial de energia e ainda, promovendo o aumento da biodiversidade do ambiente degradado, em virtude dos núcleos formados (OLIVEIRA, 2013, GRANI, 2017).

Os núcleos formados tenderão a se expandir até formarem grandes aglomerados e, por fim, toda a área estará com a cobertura vegetal recuperada. O tempo que este processo levará dependerá das condições do solo, de fatores climáticos e das espécies envolvidas na sucessão. Para que haja um fechamento mais rápido da cobertura vegetal, independente da técnica de nucleação, Reis et al. (2010) recomendam que os núcleos formados ocupem em média 5% do total de área. Se possível, recomenda-se o uso combinado de várias técnicas (ARAÚJO et al., 2012b), uma vez que cada uma possui uma funcionalidade e particularidade para o ambiente e o conjunto das técnicas contribuirá para a restauração da área na forma mais natural e mais próxima possível do que era antes (REIS, et al., 2010).

Diversas técnicas nucleadoras passivas vêm sendo testadas na restauração ambiental de áreas degradadas, de forma isolada ou integrada: poleiros artificiais, transposição de galhadas,

transposições de solo, técnica Bocaj e semeadura direta (BECHARA, 2006; TRES et al., 2007; MIRANDA NETO et al., 2010; TOMAZI et al., 2010; ARAÚJO et al., 2012; OLIVEIRA, 2013; SILVEIRA et al., 2015; GRANI, 2017; SOUTO et al., 2017, SOUSA et al., 2020).

i. Poleiros artificiais

São estruturas confeccionadas com diversos materiais, como por exemplo, restos de madeira ou galhos de plantas presas a uma base de madeira (Figura 2).

Figura 2 – Poleiro confeccionado com galho preso à extremidade de uma base de madeira



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

A grande vantagem dessa técnica está no fato de que a composição florística da vegetação que cobrirá a área será semelhante à das áreas adjacentes, pois os propágulos serão provenientes dessas áreas. O seu baixo custo representa outra grande vantagem. Como desvantagens da técnica, podem-se citar: lenta cobertura do local pela vegetação, necessidade de uma fonte de sementes próxima e necessidade da presença de dispersores de sementes no local.

Tomazi et al. (2010) apontam os seguintes pressupostos para o uso dessa técnica: grande proporção de plantas é dispersa por animais; as aves defecam empoleiradas e são considerados agentes efetivos na dispersão de sementes; muitas espécies de aves possuem comportamento preferencial por árvores mortas e altas para o pouso. Por isso, os poleiros devem apresentar ramificações terminais onde as aves possam pousar, serem relativamente altos para proporcionar boa visibilidade e serem esparsos na paisagem (MELO, 1997; BECHARA 2006; ZAHAWI et al., 2013; FERREIRA, 2014; ATHIÊ e DIAS, 2016). As aves os utilizam para repouso ou forrageamento de presas (muitas aves são onívoras e, enquanto caçam, depositam sementes).

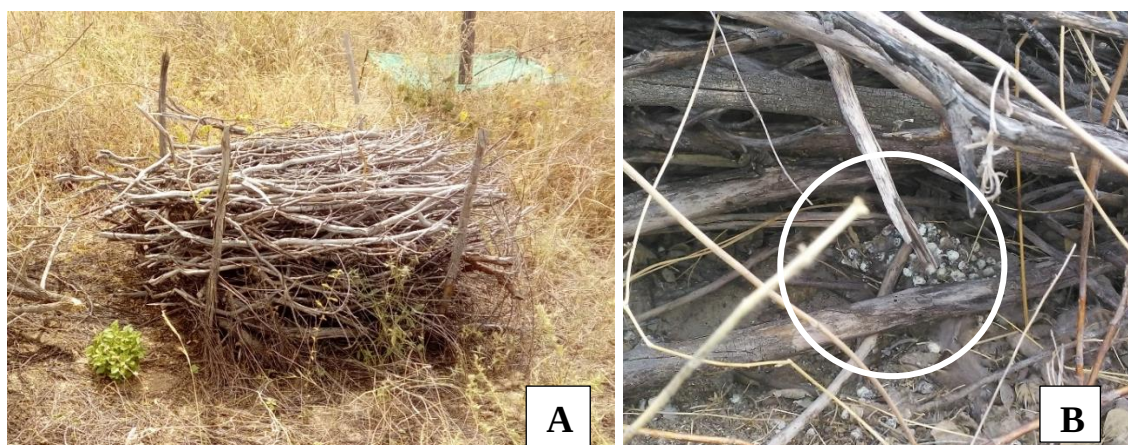
A inserção de poleiros artificiais em áreas degradadas, auxilia no aumento de propágulos no substrato (dispersos principalmente por pássaros de matas próximas) para acelerar a sucessão vegetal (BOANARES e AZEVEDO, 2014; ALMEIDA, 2016; GRANI, 2017), uma vez que resultam em núcleos de diversidade ao redor dos poleiros que, com o tempo, irradiam-se por toda a área degradada (REIS et al., 2010). Por ser uma técnica de baixo custo, pode-se, opcionalmente, maximizar sua função, propiciando um ambiente favorável para que as sementes depositadas sob os poleiros possam germinar e produzir plantas nucleadoras.

Bechara (2006) sugere a instalação de cabos aéreos ligando os poleiros, aumentando a área de deposição de sementes devido ao pouso de aves sob o cabo. Já Ferreti (2002) destaca a importância do aproveitamento, como poleiros naturais, de árvores e arbustos que crescem espontaneamente ou são remanescentes na área degradada. Para evitar competição dessas espécies espontâneas com as espécies introduzidas através dos pássaros, Grani (2017) recomenda o anelamento delas para que morram e permaneçam em pé com a função de poleiros seco.

ii. Transposição de galhadas

As galhadas criam um nicho de abrigo e alimentação que atrai aves, répteis, mamíferos e outros animais da macro e mesofauna do solo (OLIVEIRA, 2013); consiste na formação de pilhas de galhos de diversas espécies pioneiras (Figura 3), contendo folhas e frutos, preferencialmente, para criar um microclima em seu interior, favorável ao estabelecimento de plântulas, atração de dispersores e fonte de matéria orgânica.

Figura 3 – Leiras de galhos (A) e excretas acumuladas por animais que se abrigam nelas (B)



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Oliveira (2013) destaca que em área sem cobertura arbórea, as galhadas se tornam importantes refúgios para a fauna, proporcionando um microclima agradável que estimula e aumenta a frequência e a permanência de animais como roedores, répteis, anfíbios e artrópodes,

além de proporcionar locais propícios para o desenvolvimento de larvas de coleópteros e fungos decompositores.

Em áreas com solo muito degradado, seja pela queima ou pela erosão, as galhadas, além de incorporar matéria orgânica no solo constitui-se num ambiente com potencial de rebrota e germinação de espécies vegetais que necessitem de condições adequadas, como um maior sombreamento e umidade (REIS et al., 2010).

iii. Transposição de solo

Um dos aspectos mais importantes na restauração de uma área degradada é a condição em que se encontra o solo do local. Muitas vezes os horizontes superficiais, mais férteis e no qual se encontra o banco de sementes, foi removido ou encontra-se muito alterado (GRANI, 2017). Nesse contexto, a transposição de porções de solo não degradado (Figura 4) representa grandes probabilidades de introdução de nutrientes, sementes e propágulos de espécies vegetais pioneiras, além da recolonização da área com microorganismos (fungos decompositores e associações micorrízicas) que são essenciais para o estabelecimento das plântulas recrutadas do banco e posterior desenvolvimento da vegetação (MIRANDA NETO et al., 2010, GRANI, 2017, SOUSA, 2020). A hipótese é de que a partir da transposição de núcleos de solo de fragmentos preservados, um novo ritmo sucessional será internalizado na área, resgatando parte dos atributos e funções de um solo originalmente conservado e as interações entre organismos (REIS et al., 2010).

Figura 4 – Transposição de solo e banco de sementes visando restauração de área degradada



Fonte: SOUSA et al. (2020).

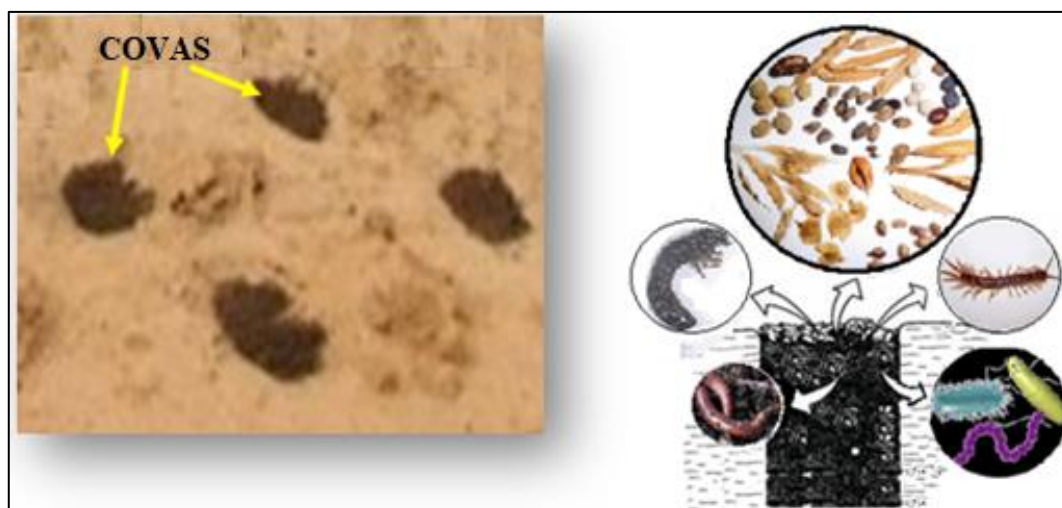
O solo introduzido na área degradada deve ser proveniente de áreas que estejam em níveis sucessionais diferentes, pois os níveis micro, meso e macro terão grande variabilidade em relação aos organismos presentes no solo, facilitando a restauração do ecossistema a ser restituído (REIS et al., 2003; GRANI, 2017). Para compor cada núcleo recomenda-se um volume de solo em torno de 100 dm³ (cerca de 1,0 m² com 10 cm de profundidade) coletado, de preferência, sob a copa das árvores (TRES et al, 2007).

Quando o “novo” banco de sementes é disposto na área degradada, grande parte das sementes de espécies pioneiras que originalmente estavam enterradas no solo ficam na superfície e tendem a germinar, já que em geral são fotoblásticas positivas (GRANI, 2017). As sementes que após a transposição continuarem enterradas e não germinarem irão compor o novo banco de sementes na área degradada.

iv. Bocaj

Esta técnica, idealizada pelo professor Dr. Jacob Silva Souto da UFCG, tem o mesmo princípio da transposição de solo. Nela, pequenas porções de solo e serapilheira, coletadas sob o dossel da vegetação de áreas remanescentes conservadas, são colocadas em covas (covas de 20 cm de profundidade e 15 cm de diâmetro) feitas na área degradada, com objetivo também de introduzir sementes, matéria orgânica e microrganismos ao solo (SOUTO et al., 2017). Esta técnica tem a vantagem de que, os pequenos volumes de solo podem ser mais facilmente transportados para a área em restauração e as covas não são submetidas à irrigação. Nesta técnica quanto maior a quantidade de covas abertas na área a ser restaurada maiores as probabilidades de sucesso na introdução de espécies pioneiras (Figura 5).

Figura 5 – Técnica Bocaj com transposição de solo para covas de 20 cm de profundidade, por 15 cm de diâmetro.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

v. Semeadura direta

Bechara (2006) cita ainda a semeadura direta como técnica nucleadora visando a recomposição da cobertura herbáceo-arbustiva nativa. Esta técnica, embora possibilite a escolha de espécies e a seleção de sementes com qualidade germinativa, tem como ponto negativo a alta taxa de mortalidade das plântulas, seja pela predação ou pela mortalidade em função da competição com as espécies espontâneas durante a estação chuvosa.

4.3 Técnicas de média intervenção – nucleação aplicada

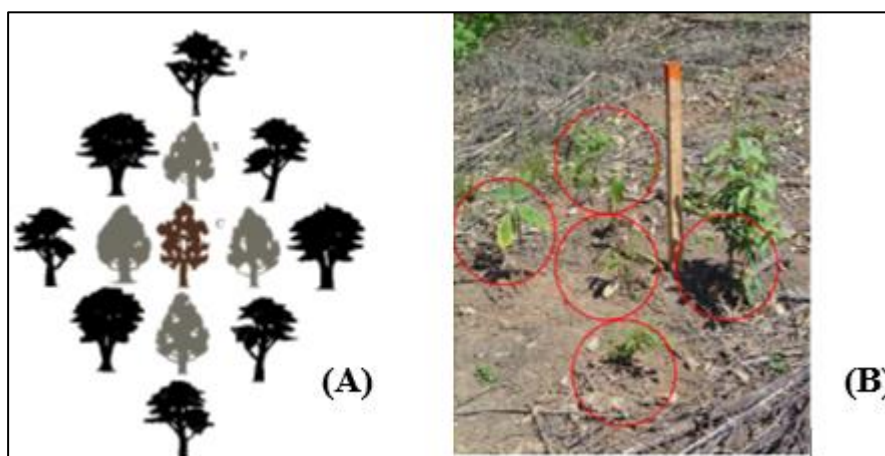
Consiste no estabelecimento de pequenas manchas de arbustos e/ou árvores para servir como áreas focais para recuperação. É uma estratégia que usa princípios de colonização de paisagens para restaurar a cobertura florestal (CORBIN e ROLL, 2012), combinando elementos da sucessão natural e restauração ativa para influenciar a direção e a taxa de sucessão natural.

A nucleação aplicada busca acelerar o processo de revegetação da área degradada a partir da formação de núcleos criados com o plantio adensado de mudas. Considerando que nem todas as plantas são úteis como nucleadoras (BOANARES e AZEVEDO, 2014), é preciso definir as espécies adequadas e produzir as mudas, bem como preparar as covas e seguir um monitoramento e cuidados silviculturais até que as plantas estejam estabelecidas. Existem duas modalidades de nucleação aplicada:

i. Agrupamento de Anderson

Este método consiste no plantio adensado de mudas de árvores-chave, pioneiras e secundárias (aquelas que ocorrem naturalmente na área), auxiliando no aumento da variabilidade genética (CORBIN e HOLL, 2012; BOANARES e AZEVEDO, 2014). O agrupamento pode ser em sete combinações possíveis, de acordo com os grupos ecológicos e número de mudas, na maior parte dos casos, formando um quincôncio (Figura 6 A) ou um quadrado perfeito (Figura 6 B) (OLIVEIRA, 2013).

Figura 6 – Agrupamento de Anderson na nucleação aplicada, em (A) quincôncio ou em (B) grupo de cinco plantas.



Fonte: BECHARA (2006)

Estes núcleos reduzem as limitações bióticas e abióticas para o estabelecimento de outros indivíduos, pois podem desempenhar um papel significativo na melhoria de microclimas severos, estabilização do solo e fornecimento de material orgânico durante a sucessão primária (CORBIN e HOLL, 2012).

ii. Plantio em ilhas de plantas facilitadoras ou enfermeiras

Com o mesmo princípio do agrupamento de Anderson, esta técnica utiliza para a formação dos núcleos, espécies de distintas formas de vida (ervas, arbustos, lianas e árvores) e que apresentam precocidade para florirem e frutificarem, de modo a atraírem predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados (OLIVEIRA, 2013); além do que certas plantas podem proporcionar a disponibilidade de nitrogênio no solo (rizobiontes) e o compartilhamento de recursos por meio de redes de micorrizas. Isso gera, rapidamente, condições de adaptação e reprodução de outros organismos mais exigentes (PADILLA e PUGNAIRE, 2006). Essas espécies, Ricklefs (2010) denominou-as como espécies facilitadoras (companheiras, enfermeiras ou cuidadoras), as quais em uma fase inicial tende a proporcionar alterações das condições ambientais de uma comunidade, de modo que as espécies subsequentes tenham maior facilidade de estabelecimento (Figura 7).

Figura 7 – Ilhas de plantas facilitadoras ou enfermeiras, na nucleação aplicada.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

4.4 Técnicas de alto grau de intervencionismo – reflorestamento (Restauração Ativa)

Os plantios mistos de espécies arbóreas nativas e exóticas foram os precursores dos projetos de recuperação de áreas degradadas, em diferentes épocas e regiões (BOANARES e AZEVEDO, 2014). Embora seja uma técnica que exige investimento alto no preparo do solo, produção de mudas e manejo ao longo da fase de estabelecimento das plantas, esta é uma prática que atualmente ainda se utiliza quando se pretende uma reconstituição rápida do ambiente florestal (OLIVEIRA, 2013).

Além da escolha correta das espécies a serem plantadas, que devem ser resistentes às condições de solos degradados, é preciso definir bem uma estratégia de plantio e um design que estimule a sucessão ecológica, atraindo a fauna local e a entrada de propágulos de áreas remanescentes vizinhas. Para redução de custos e maiores chances de sucesso, este tipo de prática é recomendável para regiões onde a disponibilidade de recursos hídricos seja abundante.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3ª ed. Na. Ilhéus, BA: Editus, 2016, 200 p. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/8xvf4/pdf/almeida-9788574554402.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2020.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p. 187 – 206, 2012.
- ARAÚJO, R. B; OLIVEIRA, A. A. J; FUKUMOTO, C. T. **Aplicação da técnica de transposição de galharia na restauração da mata ciliar de uma nascente em Nantes – SP**. São Paulo, 2012b. 57 p.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p.
- ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. **Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica**. São Paulo: Instituto Federal – Série Registros, N. 44, agosto, 2011.
- ATHIÊ, S.; DIAS, M. M. Use of perches and seed dispersal by birds in na abandoned pasture in the Porto Ferreira state park, southeastern Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 76, n. 1, 2016, p. 80 – 92.
- BARBOSA, K. C. A importância da interação animal-plantas na recuperação de áreas degradadas. In.: BARBOSA, L. M. coord. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006, p. 42 – 51.
- BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006, 249 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais). ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2006.
- BOANARES, D.; AZEVEDO, C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: bibliometric analysis. **Natureza & Conservação. Brazilian Journal of Nature Conservation**, n. 12, v.2, p. 93 – 98, 2014.
- BOCCHESE, R. A.; OLIVEIRA, A. K. M.; FAVERO, S.; GARNÉS, S. J. S.; LAURA, V. A.. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas a partir da utilização de árvores isoladas e poleiros artificiais por aves dispersoras de sementes, em área de cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 16, n. 3, p. 207 – 213, 2008.
- BORGES, A. Q. **Estrutura e dinâmica dos estratos herbáceos e subarbustivo em áreas de caatinga e sua relação com os pulsos de precipitação pluvial**. 2012, 106 p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2012.

BRANDIMARTE, A. L.; SANTOS, D. Y.A.C. Ocorrência e distribuição dos seres vivos como resultado das pressões ambientais. In: LOPES, S. G. B. C.; VISCONTI, M. A. (Coords.). **Diversidade biológica, História da vida na Terra e Bioenergética**. São Paulo: USP/Unesp/Edusp, 2014.

BRASIL.1989. **Decreto nº 97.632/89, de 10 de abril de 1989**. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 26 jan. 2021.

_____. 2000. **Lei Federal 9.985/2000, de 18 julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: **L9985 (planalto.gov.br)**. Acesso em: 10 nov. 2020.

CASSUCE, M. R. **Fitossociologia e composição Bromatológica de espécies herbáceas e subarbustivas em áreas de caatinga sob pastejo**. 2013. 88 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia - PB, 2013.

CHAZDON, R. L. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 02, p. 251 – 257, 2017.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; ZAHAWI, R. A. Seed rain under tree islands planted to restore degraded lands in a tropical agricultural landscape. **Ecological Applications**, v. 20, n. 5, p. 1255 – 1269, 2010.

CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, v. 265, fev., p. 37 – 46, 2012.

CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L.; IRIBARREM, A.; LATAWIEC, A. E. STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, p. 1 – 7, 2017.

CROUZEILLES, R.; BEYER, H. L.; MONTEIRO, L. M.; BARBIERI, R. F.; PESSÔA, A. C. M.; BARROS, F. S. M.; LINDENMAYER, D. B.; LINO, E. D. S. M.; GRELE, C. E. V.; CHAZDON, R. L.; MATSUMOTO, M.; ROSA, M.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. **Conservation Letters**, v. 13, p. 1 – 9, 2020.

CROUZEILLES, R.; MAURENZA, D.; PRIETO, P. V.; BARROS, F. S. M.; JAKOVAC, C.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R.; LINDENMAYER, D. B.; BRANCALION, P. H. S.; CECCON, E.; ADAMS, C.; CHAVERO, E. L.; MONTEIRO, L.; JUNQUEIRA, A. B.; STRASSBURG, B. B. N.; GUARIGUATA, M. R. Associations between socio-environmental factors and landscape-scale biodiversity recovery in naturally regenerating tropical and subtropical forests. **Conservation Letters**, v. 14, p. 1 – 9, 2021.

DEPRÁ, M. S.; GAGLIANONE, M. C. Interações entre plantas e polinizadores sob uma perspectiva temporal. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 1, p. 1 – 16, 2018.

DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Ciência Florestal**. v. 24, n. 2, p. 501-507, 2014.

DUARTE, R. M. R.; BUENO, M. S. G. Fundamentos ecológicos aplicados à RAD para matas ciliares do interior paulista. In.: BARBOSA, L.M. coord. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 30 – 41, 2006.

DUARTE, R. M. R.; CASAGRANDE, J. C. A interação solo–vegetação na recuperação de áreas degradadas. In.: BARBOSA, L.M. coord. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, p. 52 – 69, 2006.

FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira**. Fortaleza, CE: Multigraf. 2000. 340 p.

FERREIRA, G. A. **Poleiros artificiais como núcleos de dispersão de sementes e fatores que influenciam este processo em área de Cerrado *sensu stricto* no Triângulo Mineiro**. 2014, 40 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014.

FERRETI, A. R. Modelos de plantio para a restauração. In.: GALVÃO, A. P. M.; MEDEIROS, A. C. de S. (Editores Técnicos). **A restauração da mata atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo, PR: EMBRAPA Floresta, 2002.

GOMES, R. V. **Aplicação da técnica “Bocaj” e condições microclimáticas em área degradada no Seridó da Paraíba**. 2015, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2015.

GONÇALVES, M. da P. M. **Técnicas de recuperação florestal em áreas perturbadas na caatinga, Ceará**. 2017. 170 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2017.

GRANI, R. A restauração ecológica e as ações nucleadoras nos projetos de recuperação de áreas degradadas – PRAD. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIA, XIX, 2017, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu – PR, 2017. P. 1 – 18.

JAKOVAC, C. C.; JUNQUEIRA, A. B.; CROUZEILLES, R.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R. C. G.; BONGERS, F. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. **Biological Reviews**, v. 96, p. 1114 – 1134, 2021.

KARLEN, D. L.; ANDREWS, S. S.; DORAN, J. W. Soil quality: Current concepts and applications. **Advances in Agronomy**, n. 74, p. 1 – 40, 2001.

MARCUZZO, S. B.; GANADE, G.; ARAÚJO, M. M.; MUNIZ, M. F. B. Comparação da eficácia de técnicas de nucleação para restauração de área degradada no sul do Brasil. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 39 – 48, 2013.

MARTÍNEZ-RAMOS, M.; PINGARRONI, A.; RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; TOLEDO-CHELALA, L.; ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; BONGER, F. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 745 – 757, 2016.

MELO, V. A. **Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no estado de Minas Gerais**. 1997, 39 p. Dissertação (Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1997.

MIRANDA NETO, A. M.; KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A.; SILVA, D. A. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.34, n. 6, p.1035 – 1043, 2010.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013, 84 p.

MORES, G. J.; BOBROWSKI, R. Efeitos da presença e distância de poleiros artificiais na dispersão de sementes de uma área degradada em Irati, Paraná. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 2, p. 106 – 117, 2018.

NASCIMENTO NETO, J. H. **Aplicação de técnica restauradora em área de caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil**. 2016, 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2016.

NERY, E. R. A.; SARAIVA, C. S.; CRUZ, L. M. S.; SOUZA, M. M. O. R.; GOMES, F. S.; EL-HANI, C. N.; MARIANO-NETO, E. O conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira. **Revista Caititu**, v. 1, n. 1, p. 43 – 56, 2013.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulberkian. 5ª ed. 1997. 927p.

OLIVEIRA, A. J. F. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013, 116 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013.

PASINI, F. dos S. **A Agricultura Sintrópica de Ernst Götsch: história, fundamentos e seu nicho no universo da Agricultura Sustentável**. 2017, 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Conservação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2017.

PADILLA, F. M.; PUGNAIRE, F. I. The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.4, n. 4, p.196 – 202. 2006.

PINTO, M. G. C. **Avaliação da técnica nucleadora “Bocaj” na restauração de áreas degradadas no Seridó da Paraíba**. 2014, 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2014.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28 – 36, 2003.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A Nucleação como novo paradigma na restauração ecológica: “Espaço para o Imprevisível”. 2006, 17 p. Disponível em: **A Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica: Espaço para o Imprevisível – PDF Download grátis (docplayer.com.br)**. Acesso em: 07 jun. 2019.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, vol. 67, n. 2, p. 244 – 250, 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 6ª edição. Rio de Janeiro, RJ: Guanabara-Koogan. 2010. 546 p.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. (Orgs). **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico**: ecossistema caatinga. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil – SBB, 2013. 37 p.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.1, p. 65 – 73, 2010.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de Florestas Nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 2, n. 1, p. 4 – 15. 1996.

ROZENDAAL, D. M. A.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ALVAREZ-DÁVILA, E.; ASCARRUNZ, N.; BALVANERA, P.; BECKNELL, J. M. et al. Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. **Science Advances**, v. 5, n. 3, p. 1-10, 2019.

SANTOS, M. C. (Org.). **Cadernos do Semiárido**: Solos do semiárido do Brasil, 2ª ed., Recife, PE: EDUFRPE, v. 10, n. 10, 2017. 55 p.

SER – Society for Ecological Restoration International. **The SER primer on ecological restoration**. Society for Ecological Restoration International, Science and Policy Working Group, 2004. Disponível em: **www.ser.org**. Acesso em: 20 jun. 2019.

SILVA, K. S. T.; ALMEIDA, A. A.; SILVA, T. S. F. Influência de determinantes ambientais na vegetação da caatinga. **Sociedade e Território**, Natal, RN, v. 29, n. 1, p. 83 – 198, 2017.

SILVA, J. L. C.; VIDAL, C. A. S.; BARROS, L. M.; FREITA, F. R. V. Aspectos da degradação ambiental no nordeste do Brasil. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p.180 – 191, 2018.

SILVA, J. M.; LEITE, A. P.; SILVA, W. T. M.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. S. Eficácia de técnica nucleadora enleiramento de galhada para restauração de área degradada no semiárido da Paraíba. In.: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS PARA PRODUÇÃO

VEGETAL NO SEMIÁRIDO, 3º, 2018, Campina Grande – PB. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: UEPB, 2018. Disponível em:
<http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/40401>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no Semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 164 – 170, 2015.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.; SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120 – 50138, 2020.

SOUTO, J. S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora “BOCAJ” em área de Caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semi Árido**, v. 13, n. 2, p. 154 – 161, 2017.

TOMAZI, A. L.; ZIMMERMANN, C. E.; LAPS, R. R. Poleiros artificiais como modelo de nucleação para restauração de ambientes ciliares: caracterização da chuva de sementes e regeneração natural. **Biotemas**, v. 23, n. 3, p. 125 – 135, 2010.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Porto Alegre: Artmed. 2006. 592 p.

TRES, D. R.; SANT’ANNA, C. S.; BASSO, S.; LANGA, R.; RIBAS Jr, U.; REIS, A. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 312 – 314, 2007.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, n. 33, p. 743 – 755, 2009.

ZAHAWI, R. A., HOLL, K. D., COLE, R. J.; REID, L. Testing 54pplied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 1, p. 88 – 96, 2013.

**CAPÍTULO II - FLORÍSTICA, FITOSSOCIOLOGIA E FITOMASSA DE UMA ÁREA
DEGRADADA, NO SEMIÁRIDO DA PARAÍBA, BRASIL**



RESUMO

A cobertura vegetal desempenha importante função na recuperação e manutenção da qualidade do solo. Nesse contexto, visando acompanhar a dinâmica sucessional de uma área degradada, em pousio, no semiárido paraibano, este estudo objetivou descrever a composição florística, estrutura fitossociológica e fitomassa do estrato herbáceo/subarbustivo da área. Para tal, foram demarcadas 20 parcelas de 2,0 m × 2,0 m, as quais foram subdivididas em quatro subparcelas de 1,0 m²: uma para levantamento florístico, outra para estudo fitossociológico e as outras duas para quantificação da fitomassa nas estações chuvosa e seca. As espécies foram classificadas de acordo com o Sistema APG IV – 2016. O estudo fitossociológico analisou: densidades absoluta e relativa, frequências absoluta e relativa, valor de importância e os índices de riqueza (Whittaker) e diversidade (Shannon-Weaver). Foram identificados 15.992 indivíduos, de 35 espécies e 17 famílias. Fabaceae, Malvaceae, Convolvulaceae e Euphorbiaceae agrupam mais da metade (57%) das espécies da área. A maioria das famílias (64,7%) foi representada por apenas uma espécie. *Aristida adscensionis*, Poaceae, foi a espécie de maior densidade (59,4 %) e frequência (7,09 %) relativa. *Froelichia humboldtiana*; *Chamaecrista supplex* e *Evolvulus ovatus* também se destacaram em termos de Frequência relativa, mas com Valores de Importância pequeno, em função da baixa densidade relativa. A comunidade apresentou índices de riqueza de 3,61 (ln ind)⁻¹ e diversidade 1,82 (nats ind)⁻¹. A biomassa seca produzida na estação chuvosa foi de 2.767,7 kg ha⁻¹; no final da estação seca reduziu-se em mais de 90 %.

Palavras-chave: caatinga; desertificação; restauração; estrato herbáceo.

ABSTRACT

Vegetation cover plays an important role in the recovery and maintenance of soil quality. In this context, aiming to follow the successional dynamics of a degraded area, in fallow, in the semi-arid region of Paraíba, this study aimed to describe the floristic composition, phytosociological structure and phytomass of the herbaceous/subshrub layer of the area. To this end, 20 plots of 2.0 m × 2.0 m were demarcated, which were subdivided into four subplots of 1.0 m²: one for floristic survey, another for phytosociological study and the other two for quantification of phytomass in the seasons. rainy and dry. The species were classified according to the APG IV System – 2016. The phytosociological study analyzed: absolute and relative densities, absolute and relative frequencies, importance value and the indices of richness (Whittaker) and diversity (Shannon-Weaver). A total of 15,992 individuals from 35 species and 17 families were identified. Fabaceae, Malvaceae, Convolvulaceae and Euphorbiaceae group more than half (57%) of the species in the area. Most families (64.7%) were represented by only one species. *Aristida adscensionis*, Poaceae, was the species with the highest density (59.4%) and relative frequency (7.09%). *Froelichia humboldtiana*; *Chamaecrista supplex* and *Evolvulus ovatus* also stood out in terms of Relative Frequency, but with small Importance Values, due to the low relative density. The community presented richness indices of 3.61 (ln ind)⁻¹ and diversity of 1.82 (nats ind)⁻¹. The dry biomass produced in the rainy season was 2,767.7 kg ha⁻¹; at the end of the dry season it was reduced by more than 90%.

Keywords: caatinga; desertification; restoration; herbaceous stratum.

1 INTRODUÇÃO

Em uma área degradada, especialmente pela atividade agropecuária, o pousio é a alternativa mais simples para que o solo restaure suas qualidades químicas, físicas e biológicas (ARAÚJO-FILHO, 2013; OLIVEIRA-FILHO et al., 2019), o qual é uma prática de recuperação assistida que consiste basicamente em eliminar a fonte de degradação. Embora seja uma alternativa barata de restauração de um solo degradado, demandará um tempo que dependerá, principalmente, da taxa de recomposição da sua cobertura vegetal ao longo do pousio (CROUZEILLES et al., 2017), e que é função da intensidade do desgaste do solo e da vegetação, da existência de fontes de propágulos no sítio e circunvizinhança e dos eventos climáticos (SANTOS et al., 2013; SOUSA et al., 2020; JAKOVAC, 2021).

Nas condições climáticas da Caatinga com Neossolos, geralmente, distróficos e rasos, e pluviosidade com variabilidade espacial e temporal (SILVA et al., 2015), a restauração da vegetação de uma área degradada, a partir da regeneração natural, precisa ser tecnicamente monitorada. Para acompanhar este processo, ao longo dos anos, informações sobre composição florística, a estrutura fitossociológica da comunidade vegetal que se desenvolve e a fitomassa produzida, são essenciais para se fazer intervenções de gerenciamento que podem ajudar a aumentar as taxas de recuperação e manipular vias sucessionais (ARAÚJO-FILHO, 2013; ROZENDAAL et al., 2019; JAKOVAC et al., 2021).

A composição florística de uma área degradada pela atividade agropastoril, consiste, inicialmente, de espécies herbáceas, pioneiras e tolerantes às condições de um solo com carências nutricionais, compactado e sem horizonte orgânico (SANTOS et al., 2013; OLIVEIRA-FILHO et al., 2019). Portanto, identificar as espécies que estão se estabelecendo e acompanhar a evolução da biodiversidade ao longo do tempo é importante para que se possa ter noção da riqueza do banco de sementes e das condições edáficas locais, uma vez que algumas espécies são indicadoras de certas deficiências químicas e físicas do solo.

A análise da estrutura fitossociológica da comunidade vegetal permite descrever o padrão de distribuição das espécies na área, identificar as dominantes e mais frequentes, bem como o grau de cobertura do solo por elas proporcionado; aspectos importantes para o monitoramento de uma área em restauração, uma vez que a cobertura morta favorece a conservação do solo e cria condições microclimáticas favoráveis à microbiota edáfica (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013).

A estimativa de biomassa consiste em um parâmetro chave na caracterização do *input* de matéria orgânica no solo e um indicador biológico da evolução do processo de restauração (BRAND, 2017). Desta forma, a fitomassa produzida em uma área refletirá a capacidade da vegetação, em um dado período e condições edafoclimáticas, em acumular matéria orgânica e melhorar as características físico-químicas e biológicas do solo (SANTOS et al., 2013; RIBEIRO-FILHO et al., 2015), atendendo, assim, ao propósito da restauração ecológica.

Portanto, para acompanhar a dinâmica sucessional de uma área em pousio, no núcleo de desertificação do Seridó, no município de Várzea, PB, este estudo teve como objetivo coletar dados sobre a composição florística, estrutura fitossociológica e fitomassa do estrato herbáceo/subarbustivo da área em regeneração natural, visando monitoramento deste processo ao longo dos anos subsequentes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Fazenda Cachoeira de São Porfírio (58 ha), município de Várzea, Paraíba, (06° 48' 18" S e 36° 57' 10" W), dentro do Núcleo de Desertificação do Seridó (Figura 8), onde o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh, semiárido, com temperatura média anual de 30,7 °C (SILVEIRA et al., 2015). O regime de precipitação de verão-outono, com as chuvas concentrando-se entre janeiro e abril e índices pluviométricos entre 350 e 800 mm, com média histórica de 600 mm (SOUSA et al., 2020); solos rasos, pedregosos e com afloramentos rochosos; vegetação do tipo Caatinga Hiperxerófila aberta, com aspecto arbustivo-arbóreo, em avançado processo de degradação (SOUTO et al., 2017).

Figura 8 – Área de estudo, em um fragmento de Caatinga, município de Várzea, Paraíba.



Limites da Fazenda Cachoeira de São Porfírio - (06° 48' 18,5" S e 36° 56' 58,9" W)

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

O experimento foi instalado em uma área de 9,05 ha, com altitude de 291 m e relevo plano (< 2% declividade); Neossolo flúvico Ta distrófico típico (RYd); moderadamente profundo (0,50 a 1,00 m), textura arenosa, pouco pedregoso e permeável (SOUSA et al., 2020).

Observa-se no local, intensos sinais de degradação do solo e da vegetação, resultantes do modelo predatório de exploração agrícola e pecuária vigentes na região entre os anos 50 e 80 no auge da cotonicultura, seguido do sobrepastoreio exercido pela caprinocultura até final dos anos 90 (MATTOS et al. , 2020). Atualmente a área encontra-se cercada em pousio há 12 anos, e coberta por uma vegetação com predomínio o hábito herbáceo e subarbustivo e poucos representantes arbóreo/arbustivos das espécies *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret, *Jatropha curcas* Linneu e *Cnidoscolus quercifolius* (Müll. Arg.) Pax. & Hoffm (SILVEIRA et al., 2015).

Para o estudo da comunidade vegetal foram demarcadas 20 parcelas de 2,0 × 2,0 m, fazendo-se uma adaptação do modelo proposto por Oliveira-Filho et al. (2019), onde cada parcela foi subdividida em quatro subparcelas de 1 m²: uma para coleta da biomassa na estação

chuvosa, outra para coleta da biomassa na estação seca, a terceira para realizar o levantamento florístico e a quarta para o estudo fitossociológico.

Em função da uniformidade da fitofisionomia, as parcelas foram alocadas aleatoriamente, a uma distância mínima de 10 metros umas das outras, conforme sugerido por Freitas e Magalhães (2012). Para evitar efeito de borda, as parcelas ficaram a 10 m de distância da cerca que isolava a área em pousio.

A coleta de material botânico foi realizada nas subparcelas e entorno ao longo da estação chuvosa (conforme metodologia aplicada por Oliveira et al., 2018), visando obter ramos reprodutivos para identificação taxonômica em 2020 entre os meses de fevereiro e junho. Das espécies que foram encontradas apenas fora das parcelas coletou-se amostras para identificação e para fazerem parte da lista florística da área. As espécies foram coletadas e prensadas ainda em campo e herborizadas para realizar a identificação no Herbário da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus de Patos - PB, com o auxílio de chaves taxonômicas, bibliografia especializada e por comparações com exsicatas. Todo o material foi incorporado ao acervo do Herbário CSTR Rita Baltazar de Lima, UFCG - Campus de Patos. As espécies foram classificadas de acordo com o Sistema Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016) e a confirmação da grafia e da autoria foi realizada a partir de consulta ao banco de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil 2020 em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br>.

Para o estudo fitossociológico, a contagem dos indivíduos de cada espécie ocorreu no mês de abril de 2020, considerando todos os que se encontravam dentro das subparcelas, bem como aqueles que estavam nos limites de dois dos lados do quadrado. Foi considerado como único indivíduo, toda planta que não tinha conexão com outra, a nível do solo e no caso de indivíduos com eixos aéreos múltiplos (perfilhos), não individualizados a nível do solo, foram contabilizados cada perfilho (OLIVEIRA et al., 2012). Foi considerada como tendo hábito herbáceo/subarbustivo toda planta de porte inferior a 1,0 m de altura, caule verde com baixo nível de lignificação.

Para a análise da estrutura horizontal foram considerados os seguintes parâmetros fitossociológicos: densidade absoluta e relativa (DA e DR), frequência absoluta e relativa (FA e FR) (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013) e o valor de importância (VI), adaptado para comunidades de plantas herbáceas: $VI = DR + FR$ (ANDRADE et al., 2009).

Também foram calculadas a diversidade de espécies, usando o índice de Shannon-Weaver (H'), e a riqueza, usando o índice de Whittaker, que é obtido pelo quociente do número de espécies dividido pelo logaritmo natural (neperiano) do número total de plantas (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013).

A coleta da biomassa para avaliação da matéria seca foi realizada no mês de abril (estação chuvosa) e de outubro (estação seca), de 2020, em 20 subparcelas de 1,0 m², onde toda vegetação herbácea contida foi cortada rente ao solo com auxílio de uma tesoura de poda. O material coletado foi pesado ainda fresco e picado para proporcionar uma boa homogeneização e, posteriormente, retirado 20 subamostras de aproximadamente 500 g, que foram mantidas em estufa a 65 °C para obtenção do peso de massa seca. Nas subamostras, foram determinadas a umidade e matéria seca de acordo com as equações 1 e 2:

$$U \% = \frac{P_{ua} - P_{sa}}{P_{ua}} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$MS = P_{ua} - \left[\frac{P_{ua} * U \% total}{100} \right] \quad \text{Equação 2}$$

Em que: P_{ua} - peso úmido da amostra (g); P_{sa} - peso seco da amostra em estufa a 65°C (g); U % - percentagem de umidade em cada amostra avaliada a 65°C; MS - quantidade de matéria seca das amostras (g).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A flora herbácea esteve representada por 17 famílias, distribuídas em 31 gêneros e 35 espécies (Tabela 1). Dentre as espécies listadas cinco só foram identificadas em nível de gênero.

Tabela 1 – Famílias botânicas e espécies da flora herbácea encontrada em um fragmento de Caatinga, em restauração, no município de Várzea, Paraíba, Brasil. Her = Herbáceo; Her/SA = herbáceo/subarbutiva; Her/P = herbáceo/prostrada; Her/Sc = herbáceo/suculenta; Th = trepadeira herbácea.

Família	Hábito	Nº coleta
Espécie (Nome vulgar)		
1. AMARANTHACEAE		
1. <i>Froelichia humboldtiana</i> (Roem. & Schult.) Seub. (Ervão ou nateira)	Her	CHSO 010
2. ASTERACEAE		
2. <i>Stilpnopappus</i> sp. (Sete sangria, azulão)	Her	CHSO 011
3. CACTACEAE		
3. <i>Tacinga inamoena</i> (K.Schum.) N.P.Taylor & Stuppy (Quipá, palmatória miúda)	Her/Sc	CHSO 012
4. CLEOMACEAE		
4. <i>Physostemon guianense</i> (Aubl.) Malme (Não há nomes comuns associados a este táxon)	Her	CHSO 013
5. CONVULVACEAE		
5. <i>Cuscuta partita</i> Choisy (Cuscuta parasita)	Her	CHSO 014
6. <i>Evolvulus ovatus</i> Fernald (Begô)	Her	CHSO 015
7. <i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn. (Estrelinha-azul, trepadeira-do-campo)	Th	CHSO 016
8. <i>Jacquemontia gracilima</i> (Choisy) Hallier f. (Jetirana)	Her/P	CHSO 017
6. CYPERACEAE		
9. <i>Cyperus rotundus</i> L. (Tiririca)	Her	CHSO 018
7. EUPHORBIACEAE		
10. <i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll.Arg (Bernardia)	Her	CHSO 019
11. <i>Croton campestris</i> A. St. Hil. (Velame)	Her/SA	CHSO 044
12. <i>Euphorbia hyssopifolia</i> L. (Leiteira, erva de santa luzia)	Her	CHSO 020
8. FABACEAE		
13. <i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth. (Centrosema, jequitirana, cunhã)	Th	CHSO 021

Tabela 1. Continuação.

14. <i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene (Mata pasto)	Her	CHSO 037
15. <i>Chamaecrista pilosa</i> (L.) Greene (Palma do campo)	Her	CHSO 022
16. <i>Chamaecrista supplex</i> (Mart. ex Benth.) Britton & Rose ex Britton & Killip (Acacia rasteira, palma do campo)	Her	CHSO 023
17. <i>Indigofera hirsuta</i> L. (Anileira)	Her	CHSO 024
18. <i>Macroptilium lathyroides</i> (L.) Urb. (Feijão-de-rolinha)	Th	CHSO 038
19. <i>Stylosanthes viscosa</i> (L.) Sw. (Melosa, estilosante)	Her/P	CHSO 025
20. <i>Tephrosia purpurea</i> (L.) Pers. (Anil bravo)	Her/SA	CHSO 026
9. IRIDACEAE		
21. <i>Alophia drummondii</i> (Graham) R.Foster (Não há nomes comuns associados a este táxon)	Her	CHSO 027
10. LAMIACEAE		
22. <i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze (Alfazema brava, bamburral)	Her	CHSO 028
11. MALVACEAE		
23. <i>Corchorus</i> sp. (Caruru da Bahia, juta do campo)	Her	CHSO 039
24. <i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav. (Corda de viola, guaxuma rasteira)	Her/P	CHSO 040
25. <i>Sida galheirensis</i> Ulbr. (Malva branca cabeluda, malva de vassoura)	Her/SA	CHSO 029
26. <i>Waltheria operculata</i> Rose (Malva douradinha)	Her	CHSO 030
27. <i>Waltheria rotundifolia</i> Schrank (Malva, guanxuma)	Her/SA	CHSO 031
12. POACEAE		
28. <i>Aristida adscensionis</i> L. (Capim panasco)	Her	CHSO 041
13. POLYGALACEAE		
29. <i>Asemeia violacea</i> (Aubl.) J.F.B.Pastore & J.R.Abbott (Leiteira, erva de santa luzia)	Her	CHSO 032
14. PORTULACACEAE		
30. <i>Portulaca halimoides</i> L. (Beldroega)	Her	CHSO 033
15. RUBIACEAE		
31. <i>Mitracarpus</i> sp. (Poaia)	Her	CHSO 042
32. <i>Spermacoce</i> sp. (Cordão de frade, cabeça de velho)	Her	CHSO 035

Tabela 1. Continuação.

16. TURNERACEAE			
33. <i>Turnera subulata</i> Sm.			
(Xanana)	Her		CHSO 043
34. <i>Piriqueta</i> sp.			
(Piriqueta)	Her		CHSO 034
17. VERBENACEAE			
35. <i>Stachytarpheta microphylla</i> Walp.			
(Ervão, vassourinha-de-botão)	Her/SA		CHSO 036

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

A composição florística da área (35 espécies) esteve dentro da faixa de riqueza de espécies registradas em áreas antropogênicas da Caatinga, entre 15 e 75 espécies (ARAÚJO et al., 2005; MARACAJÁ e BENEVIDES, 2006; ANDRADE et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA; TAVARES; CORTEZ, 2012; OLIVEIRA; PRATA; FERREIRA, 2013; FERREIRA et al, 2014; SILVA et al., 2015; COSTA et al., 2016; MELO et al., 2016).

Em áreas degradadas há tendência de uma menor riqueza, principalmente porque algumas poucas espécies, oportunistas, localmente adaptadas e com maior habilidade em explorar o ambiente (CROUZEILLES et al., 2017), formam uma população grande, criando barreiras para o estabelecimento de outras espécies (OLIVEIRA-FILHO et al., 2019). Importante destacar que a área em estudo, em pousio há mais de 12 anos, esteve submetida ao sistema de pastejo por vários anos e, segundo Martínez-Ramos et al. (2016), áreas degradadas pelo pastejo, principalmente por longos anos, tendem a apresentar um banco de sementes de espécies nativas reduzido, bem como um solo compactado, que cria barreiras para as espécies menos competitivas.

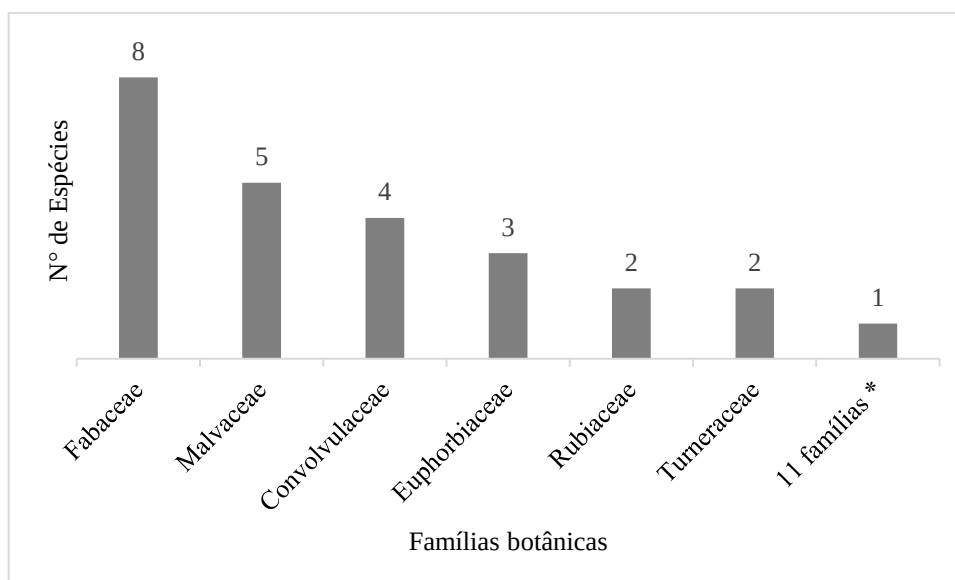
Embora a riqueza de espécies herbáceas observada nessa pesquisa seja pequena, em comparação a dados de outras áreas de Caatinga, é preciso enfatizar que a coleta se fez em uma área pequena (2,0 ha) e, mesmo assim, chegou-se a identificar até 20 espécies em 1,0 m², com média de 13 espécies m⁻². Silva et al. (2015) identificaram em três ambientes de Caatinga de Petrolândia, PE, riquezas variando de 11 a 15 espécies m⁻².

A grande variabilidade na riqueza de espécies herbáceas, registrada em diferentes áreas de Caatinga, pode ser decorrente de fatores como métodos de amostragem (nível de inclusão, p.ex.), abrangência da área amostral e variação do esforço amostral (OLIVEIRA; PRATA; FERREIRA, 2013). Além disso, é sabido que a riqueza florística de um local específico, dentro da Caatinga, está associada às variações edáficas e pluviométricas locais, bem como ao grau de interferência antrópica (RODAL; SAMPAIO; FIGUEIREDO, 2013; SANTOS et al., 2013). Silva et al. (2015) sugeriram que até fatores microclimáticos, como sombreamento pelas copas

de árvores e arbustos, bem como cobertura de serapilheira, podem contribuir para maior riqueza e diversidade de herbáceas, em comparação a áreas a pleno sol.

Em relação à diversidade hierárquica, observou-se que a maioria das famílias – 64,7%, esteve representada por apenas uma espécie (Figura 9), sendo que quatro famílias, Fabaceae, Malvaceae, Convolvulaceae e Euphorbiaceae, responderam por mais da metade (57%) dos táxons da flora herbácea encontrada. Em áreas de Caatinga nos estados de Sergipe (MACHADO; PRATA; MELLO, 2012; OLIVEIRA; PRATA; FERREIRA, 2013), Paraíba (SILVA; TAVARES; CORTEZ, 2012; MELO et al., 2016), Pernambuco (SILVA et al., 2015) e Rio Grande do Norte (OLIVEIRA et al., 2012; COSTA et al., 2016) estas famílias também foram as mais representativas, porém em diferentes ordens de importância.

Figura 9 – Número de espécies herbáceo-subarbustivas, por famílias botânicas, em um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba.



*Amaranthaceae, Asteraceae, Cactaceae, Cleomaceae, Cyperaceae, Iridaceae, Lamiaceae, Poaceae, Polygalaceae, Portulacaceae, Verbenaceae.

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Isto corrobora com os dados do Brazil Flora Group, que mostra as famílias Fabaceae, Malvaceae e Euphorbiaceae entre as dez mais importantes da flora brasileira, não só em termos de diversidade, mas também de endemismo (BFG, 2015).

Fabaceae foi a família com maior biodiversidade. Suas oito espécies responderam por 23% das espécies da comunidade estudada; o gênero *Chamaecrista* foi o mais bem representado, com três espécies (*C. diphylla*, *C. pilosa* e *C. supplex*). Como a área se encontra em processo de restauração, em pousio há mais de 12 anos, essa é uma constatação que demonstra que a melhoria da qualidade do solo está em curso, haja visto que as leguminosas

exercem um papel restaurador das condições químicas do solo, por intermédio da ação rizomatosa de suas raízes, que funcionam como um mecanismo de retenção e transferência de nutrientes. O aumento no número de espécies da família Fabaceae pode ser uma tendência positiva na sucessão vegetal desta área degradada. Oliveira-Filho et al. (2019) constataram, em uma área sob pousio há 17 anos, na Caatinga cearense, aumento na taxa de regeneração e biomassa acima do solo, com a predominância de Fabaceae e Euphorbiaceae.

No entanto, essa dominância das Fabaceae se deu ao longo do período chuvoso, quando estas recobrem o solo, principalmente através dos gêneros *Stylosanthes*, *Chamaecrista* e *Centrosema*. Com o término do estágio reprodutivo, após a deiscência dos frutos, que ocorre até o início da estação seca, estas espécies terófitas vão desaparecendo da fitofisionomia, prostrando-se sob o solo e dando visibilidade às Malvaceae (principalmente, *Sida galheirensis* – malva branca, *Waltheria rotundifolia* - malva), *Euphorbiaceae* (*Croton campestris* - velame) e Poaceae (*Aristida adscensionis* - capim panasco). Segundo Araújo-Filho (2013), são todas indicadoras de áreas degradadas.

As famílias Malvaceae, Convolvulaceae e Euphorbiaceae, com cinco, quatro e três espécies, respectivamente, também aparecem bem representadas em outros estudos realizados em áreas de Caatinga degradada (ANDRADE et al., 2009; MACHADO; PRATA; MELLO, 2012; OLIVEIRA et al., 2012; OLIVEIRA; PRATA; FERREIRA, 2013).

Das 11 famílias com apenas uma espécie, a Poaceae se destacou com *A. adscensionis* que respondeu por mais da metade dos indivíduos da comunidade. Em outros estudos desenvolvidos em áreas degradadas de Caatinga esta família esteve representada por várias espécies (SILVA; TAVARES; CORTEZ, 2012; SANTOS et al., 2013; SILVA et al., 2015).

A organização da comunidade herbácea pôde ser entendida através dos parâmetros fitossociológicos. Conforme se observa na Tabela 2, para as dez espécies mais abundantes, *Aristida adscensionis* foi a espécie com maior densidade absoluta (estimada em cerca de 475 ind m⁻²), chegando a ter de 10 a 30 vezes mais ind m⁻² que as demais, respondendo por 59,4 % dos indivíduos da comunidade. A dominância do *A. adscensionis* sobre as demais espécies herbáceas também foi observado nos estudos de Maracajá; Benevides (2006); Andrade (2009); Oliveira-Filho et al. (2019). Vale ressaltar que o capim panasco forma touceiras e, para facilitar o trabalho de campo, os perfilhos foram contados como indivíduos. Segundo Fabricante (2013), cada touceira do capim panasco produz em média $27,7 \pm 6,1$ perfilhos.

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das dez espécies mais abundantes no estrato herbáceo de um fragmento de Caatinga, em restauração, no município de Várzea, Paraíba, Brasil. Densidade absoluta (d.a.); densidade relativa (d.r.); frequência absoluta (f.a.), frequência relativa (f.r.).

Espécie	Família	d.a. (ind m ⁻²)	d.r. (%)	f.a. (%)	f.r. (%)
<i>Aristida adscensionis</i>	Poaceae	475.0	59.40	100	7,09
<i>Stylosanthes viscosa</i>	Fabaceae	44.1	5.51	85	6.03
<i>Froelichia humboldtiana</i>	Amaranthaceae	42.5	5.32	90	6.38
<i>Chamaecrista supplex</i>	Fabaceae	39.2	4.90	80	5.67
<i>Evolvulus ovatus</i>	Convolvulaceae	34.8	4.35	80	5.67
<i>Centrosema brasilianum</i>	Fabaceae	22.3	2.79	70	4.96
<i>Stilpnopappus sp.</i>	Asteraceae	17.3	2.16	40	2.84
<i>Waltheria rotundifolia</i>	Malvaceae	16.2	2.03	80	5.67
<i>Mitracarpus baturitensis</i>	Rubiaceae	15.2	1.89	65	4.61
<i>Spermacoce sp.</i>	Rubiaceae	12.4	1.55	55	3.90
Demais espécies			10.10		47.18
			100.00		100.00

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Esta alta densidade relativa (59,40%) da *A. adscensionis* também foi registrada em outras fitofisionomias de Caatinga, variando de 47 a 97% (MARACAJÁ; BENEVIDES, 2006; ANDRADE et al., 2009), onde observou-se sua tolerância a ambientes degradados e abertos, comportando-se como uma espécie generalista e muito resiliente (SILVA; TAVARES; CORTEZ, 2012; SILVA et al., 2015).

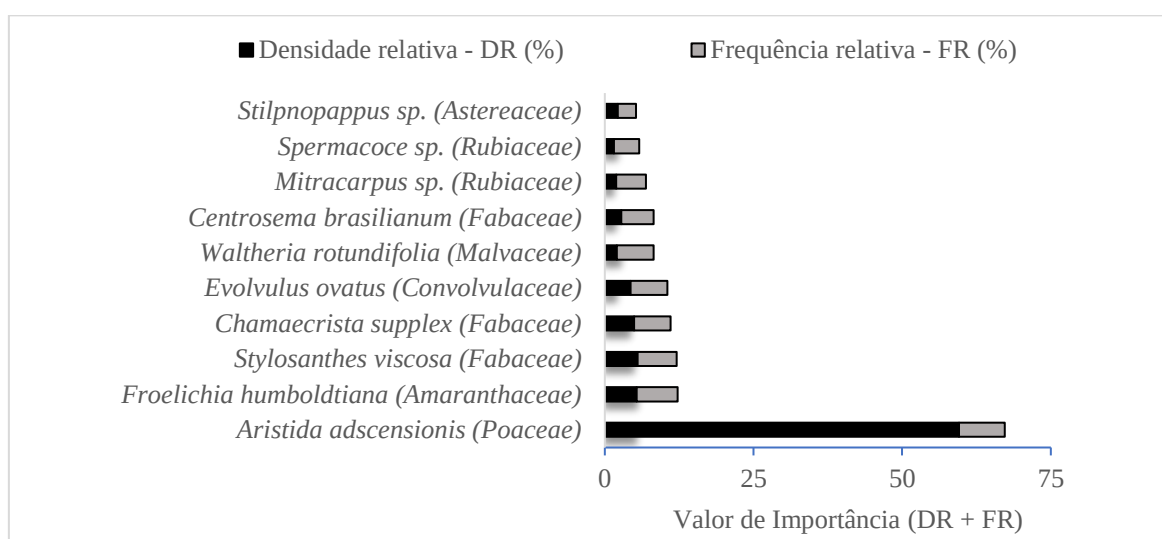
Santos et al. (2013) observaram comportamento semelhante em *Delilia biflora* Kuntze, (Asteraceae), em área de Caatinga em Caruaru; enquanto Oliveira-Filho et al. (2019) registraram o domínio da *Urochloa plantaginea* (Link) R.D. Webster (Poaceae) em pastagem degradada do semiárido cearense. Esta característica de poucas espécies com populações numerosas é recorrente em habitats degradados (ARAÚJO et al., 2005) e são resultado de um modelo hierárquico de sucessão baseado na teoria de filtragem ecológica (JAKOVAC et al., 2021), onde espécies com grande plasticidade adaptativa se estabelecem rapidamente em novos nichos (MARTÍNEZ-RAMOS et al., 2016; CROUZEILLES et al., 2017).

A cobertura do solo pela comunidade herbácea foi dominada pela *A. adscensionis* que ocupa toda área (FA 100%). As frequências relativas das seis primeiras espécies têm pouca discrepância, o que indica que elas têm um padrão de distribuição parecido; em conjunto, respondem por quase 40% das espécies ocorrentes no ambiente. O *A. adscensionis* se destaca na paisagem em função da altura de suas panículas, que chegam a alcançar 1,2 m. No entanto, com exceção da *Froelichia humboldtiana* (ervaço) e da *Waltheria rotundifolia* (malva) que também se projetam a mais de 50 cm do solo, as demais espécies apresentadas na tabela 2 crescem prostradas ou decumbentes próximas à superfície do solo.

Outras espécies se destacaram pela altura que alcançam, mas são pouco visíveis devido sua baixa frequência relativa são: *Chamaecrista pilosa*, *C. diphylla*, *Tephrosia purpurea* e *Indigofera hirsuta* (Fabaceae); *Turnera subulata* (Turneraceae), *Waltheria operculata* (Malvaceae) e a *Mesosphaerum suaveolens* (Lamiaceae).

Em termos de valor de importância (V.I.) *A. adscensionis* se destacou como a de maior V.I (67,4 %), em função de sua elevada densidade e frequência. Para Santos et al. (2013) isto significa que esta espécie tem uma população maior e mais bem distribuída que as demais. Na sequência aparecem as espécies das famílias Amaranthaceae, Fabaceae, Convolvulaceae e Malvaceae (Figura 10).

Figura 10 – Dez espécies de maior valor de importância (V.I.), no estrato herbáceo em um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022)

O alto valor de importância da *A. adscensionis*, representa vantagens e desvantagens para a comunidade de herbáceas da área. Positivamente, a gramínea C4 exerce importante papel na cobertura do solo, principalmente na estação seca, controlando a erosão eólica; em função

da sua estrutura mais fibrosa, seus perfilhos mortos permanecem fixos ao solo resistindo à ação dos ventos e à fotodegradação. As demais espécies, eudicotiledôneas, também exercem papel positivo na cobertura do solo, mas sua ação remediadora, na área degradada, se dá pela fixação de nitrogênio atmosférico (espécies da família Fabaceae) e pela reposição do estoque de matéria orgânica do solo (ARAÚJO-FILHO, 2013), bem como fonte de alimento e néctar para a fauna local (MAIA-SILVA et al., 2012), durante o curto período chuvoso.

Negativamente, *A. adscensionis* pode estar impondo barreiras para o crescimento dos indivíduos de outras espécies que, mesmo estando no banco de sementes do solo, não conseguem germinar, ou mesmo germinando não se estabelecem. A dominância desta espécie também foi registrada em outros estudos em áreas com solo degradado (SILVA et al., 2015; SILVA; TAVARES; CORTEZ, 2012). Sua fácil e rápida ocupação do solo reduzem as chances de espécies menos agressivas se estabelecerem e, com isso, concorre para a redução da riqueza e diversidade da área.

A comunidade vegetal apresentou um índice de diversidade (H') de 1,82 (nats ind⁻¹) e uma riqueza de espécies da ordem de 3,61 (ln ind)⁻¹ indivíduos em relação ao número de espécies. Por se tratar de uma área que esteve por anos sob uso agrícola e pecuária, é de se esperar que estes índices sejam baixos, pelo empobrecimento que o banco de sementes sofre ao longo dos anos em que tais espécies foram tratadas como daninhas.

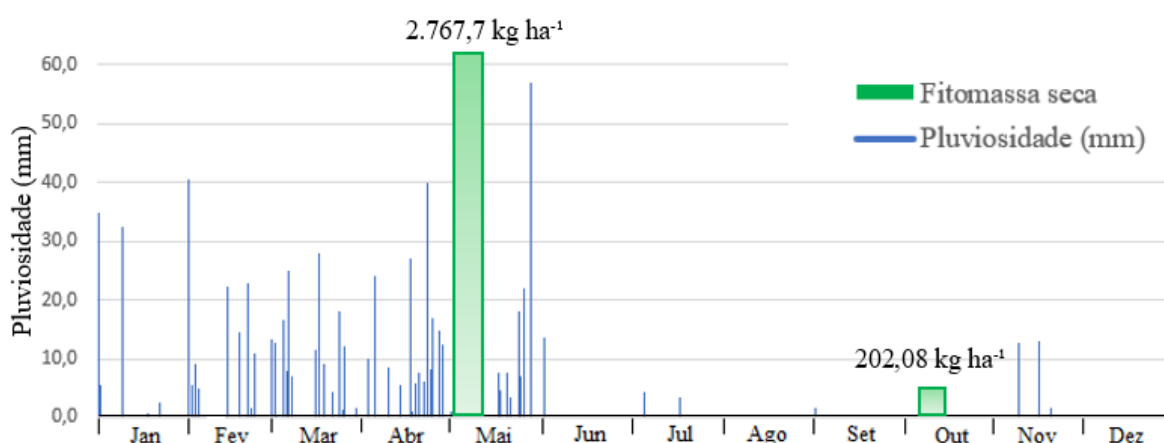
Estudos mostram que em áreas mais conservadas os índices de diversidade são maiores, conforme relatam Araújo et al. (2005); Maracajá; Benevides (2006) e Andrade et al. (2009), em estudos em Caatinga de diferentes condições. Estudos feitos por Ferreira et al. (2014) e Sousa et al. (2020), em banco de sementes de solo degradado em sete microrregiões da Paraíba, observaram índices de diversidade variando entre 1,71 e 3,34. (nats ind⁻¹), em função do grau de degradação da área.

Já o índice de riqueza está dentro das faixas que vêm caracterizando o componente herbáceo de áreas abertas e degradadas de Caatinga. Em sua maioria são espécies terófitas que escapam da estação seca no banco de sementes do solo, mas que ressurgem no manto herbáceo na estação chuvosa seguinte. No entanto, espera-se que a riqueza, a composição florística e a estrutura da comunidade herbácea variem, de ano para ano, em resposta às variações interanuais na precipitação total.

A fitomassa seca, produzida na estação chuvosa de 2020 foi de 2.767,7 kg ha⁻¹. Após seis meses, ao final da estação seca, a fitomassa foi reduzida para 202,08 kg ha⁻¹ (Figura 11). A fitomassa medida na estação chuvosa foi comparável com dados obtidos em outros estudos na Caatinga. Ribeiro-Filho et al. (2015) encontraram uma produção de 2.083 kg ha⁻¹ em uma

Caatinga conservada e 3.817 kg ha^{-1} em uma Caatinga raleada, no estado do Ceará. Entretanto, Oliveira-Filho et al. (2019) também na Caatinga cearense, obtiveram uma biomassa seca de 700 kg ha^{-1} . Estes estudos compartilham a mesma tese de que o fator precipitação é determinante para a produtividade do ambiente (SANTOS et al., 2013; RIBEIRO-FILHO et al., 2015; CROUZEILLES et al., 2017).

Figura 11 – Fitomassa herbácea (kg ha^{-1}) nos picos das estações chuvosa e seca do ano de 2020, de um fragmento de Caatinga em restauração, no município de Várzea, Paraíba.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Conforme se observa na figura 11, a fitomassa reduziu-se em 92,7 % ($202,08 \text{ kg ha}^{-1}$) na estação seca, dado muito próximo ao observado por Ribeiro Filho (2015) em área de caatinga do Rio Grande do Norte, que quantificou uma redução de 80% na fitomassa na estação seca.

Como é de se esperar em comunidades de plantas anuais, após a frutificação e dispersão dos diásporos, ocorre a senescência e morte da planta; comumente após o término da estação chuvosa (ARAÚJO-FILHO, 2013). Esta fitomassa morta, então, passa a ser reduzida pela ação da herbivoria, intemperismo (foto-oxidação) pela ação do calor e ventos secos, bem como decomposição parcial da matéria orgânica pela mesofauna (SOUTO et al., 2013). Neste estudo, com exceção da *Aristida adscensionis*, *Sida galheirensis*, *Waltheria rotundifolia*, *Mesosphaerum suaveolens*, *Chamaecrista pilosa*, *Indigofera hirsuta* e *Tephrosia purpurea*, as demais espécies listadas na Tabela 1 não são mais encontradas no pico da estação seca.

Em uma área em pousio espera-se, ao longo da sucessão, observar um aumento tanto da produção de fitomassa quanto da biodiversidade; no entanto, estudos têm demonstrado que o aumento da riqueza de espécies, é um processo mais lento, uma vez que está relacionado à complexidade dos processos sucessionais, denominado de filtros ecológicos (JAKOVAC et al., 2021). Segundo estes autores, isso faz com que, em geral, a biomassa se recupere cerca de três vezes mais rápido do que a riqueza de espécies.

Neste sentido, é de esperar que nas áreas degradadas, sob processo de restauração, a evolução no acúmulo de fitomassa e aumento da riqueza de espécies ao longo do tempo, representa um sinal biológico importante, pois indica que o sítio está em processo de sintropia.

Neste estudo, a existência de sete espécies de leguminosas na comunidade herbácea, representa um sinal promissor para incremento de nitrogênio (N) no solo; uma vez que, segundo Oliveira-Filho et al. (2019), a entrada de N no sistema é necessária para uma restauração eficiente e para a formação de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo. Já a proteção ao solo é proporcionada, principalmente, pela *A. adscensionis* (Poaceae), herbácea que, ao longo de todo o ano, resiste à ação dessecante do calor e dos ventos secos. As demais espécies, eudicotiledôneas, são herbivoradas, se decompõem e/ou simplesmente se desintegram pelo dessecamento.

Infelizmente, nas condições climáticas da caatinga, a fitomassa produzida na estação chuvosa não é suficiente para promover uma cobertura morta adequada à proteção do solo, nem manter um nível adequado de matéria orgânica (ARAÚJO-FILHO, 2013). A taxa de incorporação de matéria orgânica é baixa, pois grande parte do material orgânico produzido, ao entrar em processo de decomposição não se incorpora ao solo e termina sendo destruída pela radiação solar e levada pelo vento (SOUTO et al., 2017). Além disso, as altas temperaturas aumentam o dessecamento do solo e do material, promovendo o intemperismo que chega a consumir, anualmente, cerca de 90% da serrapilheira (ARAÚJO-FILHO, 2013).

4 CONCLUSÃO

A área em estudo, apresenta um número pequeno de espécies vegetais (35), comparadas a outras áreas antropogênicas da caatinga. *Aristida adscensionis* é a espécie com maior frequência e densidade relativas, caracterizando seu poder de resiliência e adaptabilidade às condições de solo degradado. Oito espécies da família Fabaceae representam grande potencial para melhoria das condições químicas do solo. A biomassa produzida na área, durante a estação chuvosa, chega a reduzir-se em cerca de 90 % na estação seca, o que diminui a proteção do solo frente aos fenômenos da erosão e as possibilidades de incorporação da matéria orgânica na estação chuvosa seguinte.

Inserida no Núcleo de desertificação do Seridó, e em pousio há mais de 12 anos, este estudo reforça ainda mais a necessidade da continuidade de acompanhamento do processo de restauração em curso. A manutenção e enriquecimento da diversidade da flora herbácea predominante, é de extrema importância para a sustentação das diversas interações ecológicas existentes entre a fauna e este tipo de vegetação, o que colabora para a melhoria da qualidade do solo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. V. M.; ANDRADE, A. P.; SILVA, D. S.; BRUNO, R. L. A.; GUEDES, D. S. Levantamento florístico e estrutura fitossociológica do estrato herbáceo e subarborescente em áreas de caatinga no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 1, p. 229-237, 2009.
- APG IV - Angiosperm Phylogeny Group IV. An update of the Angiosperm Phylogeny Group Classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>. Acessado em 21 jan. 2021.
- ARAÚJO, E. L.; SILVA, K. A.; FERRAZ, E. M. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVA, S. I. Diversidade de herbáceas em microhabitats rochoso, plano e ciliar em uma área de caatinga, Caruaru, PE, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 19, n. 2, p. 285-294, 2005.
- ARAÚJO-FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife, PE: Projeto Dom Helder Câmara, 2013. 200 p.
- BFG - Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v. 66, n. 4, p. 1085 - 1113, 2015.
- BRAND, M. A. Potencial de uso da biomassa florestal da caatinga, sob manejo sustentável, para geração de energia. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 117 - 127, 2017.
- CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L. et al.. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, p. 1 - 7, 2017.
- COSTA, D. F. S.; SENA, V. R. R.; OLIVEIRA, A. M.; ROCHA, R. M. Análise da diversidade da vegetação herbácea em reservatório no semiárido brasileiro (açude Itans - RN). **Biotemas**, v. 29, n. 1, p. 25-36, 2016.
- FABRICANTE, J. R. **Plantas exóticas e exóticas invasoras da Caatinga**. v. 2. Florianópolis: Bookess, 2013. 50 p.
- FERREIRA, C. D.; SOUTO, P. C.; LUCENA, D. S.; SALES, F. C. V.; SOUTO, J. S. Florística do banco de sementes no solo em diferentes estágios de regeneração natural de Caatinga. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. v.9, n.4, p.562-569, 2014.
- FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p.520-540, 2012.
- JAKOVAC, C. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. **Biological Reviews**, v. 96, p. 1114-1134, 2021.

- MACHADO, W. J.; PRATA, A. P. N.; MELLO, A. A. Floristic composition in areas of Caatinga and Brejo de Altitude in Sergipe state, Brazil. **Check List**, v. 8, n. 6, p. 1089-1101, 2012.
- MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. 1.ed. Fortaleza, CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012.
- MARACAJÁ, P. B.; BENEVIDES, D. S. Estudo da flora herbácea da Caatinga no município de Caraúbas no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista de biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, p. 165-175, 2006.
- MATTOS, J. L. C.; BLACKBURN, R.; SANTIAGO, F. S.; MENEZES NETO, J. B. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 556-580, 2020.
- MARTÍNEZ-RAMOS, M.; PINGARRONI, A.; RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; TOLEDO-CHELALA, L. et al. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica** v. 48, n. 6, p. 745-757, 2016.
- MELO, J. I. M.; ARAÚJO, H. C. S.; QUEIROZ, W. A.; COSTA, M. J. P.; COSTA, F. C. P.; SILVA, T. S. Composição florística de um afloramento rochoso na mesorregião agreste do Estado da Paraíba, Brasil. In.: ANDRADE, M. J. G.; NOGUEIRA, E. M. S.; SANTOS, C. A. B. (Org.). **Ecologia e biodiversidade do semiárido nordestino**. v. 1, Botânica. Paulo Afonso: SABEH, 2016. Cap. 1, p. 13-34.
- OLIVEIRA, E. V. S.; PRATA, A. P. N.; PINTO, A. S. Caracterização e atributos da vegetação herbácea em um fragmento de Caatinga no Estado de Sergipe, Brasil. **Hoehnea**, v.45, n. 2, p. 159-172, 2018.
- OLIVEIRA, A. C. P.; PENHA, A. S.; SOUZA, R. F.; LOIOLA, M. I. B. Composição florística de uma comunidade savânica no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 3, p. 559-569, 2012.
- OLIVEIRA-FILHO, J. S.; VIEIRA, J. N.; SILVA, E. M. R.; OLIVEIRA, J. G. B.; PEREIRA, M. G.; BRASILEIRO, F. G. Assessing the effects of 17 years of grazing exclusion in degraded semi-arid soils: Evaluation of soil fertility, nutrients pools and stoichiometry. **Journal of Arid Environments**, v. 166, p. 11-10, 2019.
- OLIVEIRA, D. G.; PRATA, A. P.; FERREIRA, R. A. Herbáceas da Caatinga: composição florística, fitossociologia e estratégias de sobrevivência em uma comunidade vegetal. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, p. 623-633, 2013.
- RIBEIRO-FILHO, J. C.; PALÁCIO, H. A. Q.; ANDRADE, E. M.; BRASIL, J. B.; ARAÚJO-NETO, J. R. Produtividade de fitomassa herbácea em diferentes manejos no semiárido cearense. **Revista Agro@mbiente online**, v. 9, n. 4, p. 386-396, 2015.
- RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S. B.; FIGUEIREDO, M. A. (Orgs). **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico: ecossistema caatinga**. Brasília: Sociedade Botânica do Brasil - SBB, 2013. 37 p.

ROZENDAAL, D. M. A.; BONGERS, F.; AIDE, T. M.; ALVAREZ-DÁVILA, E.; ASCARRUNZ, N.; BALVANERA, P.; BECKNELL, J. M. et al. Biodiversity recovery of Neotropical secondary forests. **Science Advances**, v. 5, n. 3, p. 1-10, 2019.

SANTOS, J. M. F. F.; SANTOS, D. M.; LOPES, C. G. R.; SILVA, K. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, E. L. Natural regeneration of the herbaceous community in a semiarid region in Northeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, n. 10, p. 8287-302, 2013.

SILVA, K. A.; SANTOS, J. M. F. F.; SANTOS, D. M.; ANDRADE, J. R.; FERRAZ, E. M. N.; ARAÚJO, E. L.. Interactions between the herbaceous and shrubby-arboreal components in a semiarid region in the Northeast of Brazil: competition or facilitation? **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 157-165, 2015.

SILVA, B. L. R.; TAVARES, F. M.; CORTEZ, J. S. A. Composição florística do componente herbáceo de uma área de caatinga - Fazenda Tamanduá, Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 29, n. 3, p. 54 - 64, 2012.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 164-170, 2015.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.; SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120-50138, 2020.

SOUTO, J. S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora “BOCAJ” em área de Caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil. **Agropecuária Científica no Semi Árido**, v. 13, n. 2, p. 154-161, 2017.

CAPÍTULO III - USO DE TÉCNICAS NUCLEADORAS NA RESTAURAÇÃO DE UMA ÁREA DEGRADADA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA – PB



RESUMO

No semiárido brasileiro, a insustentabilidade dos sistemas de produção agrícola, aliados aos constantes efeitos negativos do clima, tem conduzido a região à deterioração do solo e da sua biodiversidade. Ante esta realidade, ações para conter este processo e recuperar as áreas degradadas são urgentes e necessárias. Neste sentido, as técnicas nucleadoras têm se mostrado promissoras como focos de atração de dispersores e sementes, importantes para regeneração da cobertura vegetal. Assim, visando contribuir com a ciência da restauração ecológica no bioma Caatinga, esta pesquisa teve o objetivo de verificar as potencialidades nucleadoras de galhadas e poleiros na restauração de uma área degradada no semiárido paraibano. A pesquisa foi conduzida em delineamento em blocos ao acaso, quatro tratamentos (diferentes distâncias entre unidades nucleadoras: 5×5 m, 10×10 m, 15×15 m e 20×20 m) em quatro repetições. Nas galhadas foram avaliados seus efeitos sobre o solo e vegetação do entorno, bem como a redução na altura e seu uso como abrigo pela fauna. Nos poleiros avaliou-se a chuva de excretas e a avifauna visitante. Observou-se que após 24 meses a altura das galhadas reduziu em média 30,2 cm na altura e no solo abaixo delas houve aumento no aporte de matéria orgânica e nutrientes; ao longo desse período foi registrado a presença de várias espécies animais utilizando-as como refúgio ou abrigo. Já os poleiros mais distanciados entre si (20×20 m) foram os mais preferidos pela avifauna, pois apresentaram as maiores massas de excretas em seus coletores, tendo diferido significativamente dos demais tratamentos. Foram identificadas 22 espécies de aves visitantes. Apenas sementes de plantas herbáceas foram encontradas nas excretas. No entanto, sementes de Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*), Pinhão manso (*Jatropha curcas*), Mulungu (*Erythrina velutina*) e Umburana de cambão (*Commiphora leptophloeos*) foram levadas aos poleiros através da dispersão estomatocórica. Em ambas as técnicas nucleadoras o histórico pluviométrico da estação chuvosa de cada ano, tem grande influência na decomposição das galhadas, na produção de alimentos para a fauna e, portanto, na atividade dos dispersores e na efetividade dos núcleos como gatilhos para a sucessão vegetal.

Palavras-chave: degradação do solo; poleiros artificiais; galhadas; gatilhos ecológicos.

ABSTRACT

In the Brazilian semiarid region, the unsustainability of agricultural production systems, combined with the constant negative effects of the climate, has led the region to the deterioration of the soil and its biodiversity. Given this reality, actions to contain this process and recover degraded areas are urgent and necessary. In this sense, nucleation techniques have shown to be promising as focus of attraction for dispersers and seeds, important for the regeneration of plant cover. Thus, aiming to contribute to the science of ecological restoration in the Caatinga biome, this research aimed to verify the nucleating potential of antlers and perches in the restoration of a degraded area in the semi-arid region of Paraíba. The research was carried out in a randomized block design, four five treatments (different distances between nucleating units: 5×5 m, 10×10 m, 15×15 m and 20×20 m) in four replications. In the antlers, its effects on the soil and surrounding vegetation were evaluated, as well as the reduction in height and its use as a shelter by the fauna. On the perches, the rain of excreta and the visiting avifauna were evaluated. It was observed that after 24 months the height of the antlers reduced by an average of 30.2 cm in height and in the soil below them there was an increase in the contribution of organic matter and nutrients; throughout this period, the presence of several animal species was recorded using them as a refuge or shelter. The most distant perches (20×20 m) were the most preferred by the avifauna, as they had the highest excreta masses in their collectors, which differed significantly from the other treatments. Twenty two species of visiting birds were identified. Only herbaceous plant seeds were found in the excreta. However, seeds of *Cnidoscolus quercifolius*, *Jatropha curcas*, *Erythrina velutina* and *Commiphora leptophloeos* were taken to the perches through stomatochoric dispersal. In both nucleation techniques, the rainfall history of the rainy season each year has a great influence on the decomposition of antlers, on the production of food for the fauna and, therefore, on the activity of the dispersers and on the effectiveness of the nuclei as triggers for plant succession.

Keywords: soil degradation; artificial perches; antlers; ecological triggers.

1 INTRODUÇÃO

As características do clima semiárido brasileiro, com uma estação chuvosa curta, incerta e com precipitações irregulares e mal distribuídas, seguido de uma estação seca longa e quente (SILVA e CRUZ, 2018); aliadas às condições de solo raso, com baixa capacidade de retenção de água e susceptível a ação dos agentes erosivos e dessecantes; bem como a uma vegetação com baixa capacidade de cobertura do solo; constituem o cenário de um ambiente que demonstra a fragilidade dos processos ecológicos (PEREIRA NETO, 2016) e muito desfavorável à regeneração natural da Caatinga (GONÇALVES, 2017). Nesse contexto, Vasconcelos Sobrinho (1982) chegou a escrever que extensas áreas do interior nordestino têm vocação natural para a desertificação.

Ademais, a região semiárida do Brasil é a mais populosa⁷ do mundo (GURJÃO, 2020), de modo que a pressão antrópica sobre os recursos naturais vem, há tempos, acelerando a degradação da vegetação e do solo (CGEE, 2016), fazendo com que a desertificação já se observe, em grandes proporções, em todos os estados que compõem o polígono das secas (PEREIRA NETO, 2016; GURJÃO, 2020). Na Paraíba, 93,3 % dos municípios se encontram em processo de desertificação (ALMEIDA et al., 2014). Em geral, são áreas com grandes manchas desnudas, presença ou não de cobertura vegetal herbácea e sinais claros de erosão laminar do solo (SILVEIRA et al., 2015).

No combate à desertificação, além das iniciativas para esclarecimento das pessoas para utilizarem de forma racional os recursos naturais disponíveis, são necessárias e urgentes ações para recuperação das áreas degradadas. No entanto, o conhecimento sobre restauração de florestas secas, nas mais diversas regiões do mundo ainda é muito incipiente (CORBIN e HOLL, 2012; BOANARES e AZEVEDO, 2014; CROUZEILLES et al., 2017; JAKOVAC et al., 2021), não só em relação ao conhecimento dos fatores que determinam as trajetórias sucessionais, mas também quanto à técnica que melhor dinamize a sucessão natural, conforme as peculiaridades bioedafoclimáticas de cada local (REIS et al., 2003; 2010).

Também, outro fator que norteia a escolha da técnica de restauração para uma determinada área é a relação custo/benefício (CROUZEILLES et al., 2020). Em ecossistemas degradados, mais com condições favoráveis ao estabelecimento da comunidade vegetal, os desafios para se chegar a uma técnica de restauração que se adéque às disponibilidades de tempo

7 O último censo de 2010 mostrava uma população de 22.581.687 habitantes. Levando em consideração a evolução temporal da taxa de crescimento populacional, Gurjão (2020) estimou uma população de 27.870.241 de habitantes em 2017, a partir de dados do Ministério da Integração Nacional (BRASIL, 2017).

e recurso são bem menores. Por exemplo, em áreas degradadas de Floresta Tropical, Mata Atlântica, Matas ciliares e outros ambientes tropicais úmidos, os desafios são menores para a condução de uma estratégia de restauração, quer seja monitorando e conduzindo uma regeneração natural ou plantios de mudas em agrupamentos de Anderson (nucleação ativa), ou mesmo conduzindo plantações de árvores de espécies mistas, como no modelo de Sistemas Agroflorestais (VILLEGAS et al., 2020).

Já em regiões semiáridas, as áreas degradadas ainda são consideradas um grande desafio para a restauração ecológica. Neste ambiente o fator limitante é a pluviosidade (quantidade, intensidade e duração), de modo que métodos silviculturais são praticamente inviáveis. Assim sendo, muitas pesquisas já foram conduzidas (BECHARA, 2006; BOCCHESI et al., 2008; RODRIGUES et al., 2010; OLIVEIRA, 2013; PINTO, 2014; GOMES, 2015; SILVEIRA et al., 2015; NASCIMENTO NETO, 2016; SOUTO et al., 2017; SILVA et al., 2018; SOUSA et al., 2020) visando testar métodos economicamente viáveis, e que favoreçam os processos ecológicos locais, através da instalação de pontos de pouso (avifauna) e abrigo (animais terrestres) que atraiam dispersores, sendo as premissas dos modelos de nucleação.

Entre as diversas técnicas de nucleação propostas, poleiros artificiais é uma das mais estudadas, por apresentar baixo custo de instalação e alta eficiência nucleadora (BOANARES e AZEVEDO, 2014; DIAS et al., 2014; FERREIRA, 2014; SILVEIRA et al., 2015; ATHIÊ e DIAS, 2016; GONÇALVES, 2017; MORES e BOBROWSKI, 2018), o que tornou crescente sua utilização em projetos de restauração ecológica. Isto porque, além de serem facilmente construídos, utilizando recursos florestais locais, em uma paisagem aberta com pouca ou nenhuma árvore remanescente, a introdução de poleiros artificiais geralmente aumenta a complexidade estrutural do hábitat, tornando-o mais atrativo às aves dispersoras que frequentam a área.

A transposição de galhadas ou resíduos vegetais, é outra técnica nucleadora que responde bem à relação custo-benefício. Vários pesquisadores, em diferentes ecossistemas, vêm testando essa técnica e os resultados têm mostrado sua eficiência como gatilho ecológico para dinamizar a sucessão vegetal e promover a irradiação dos núcleos de restauração (REIS et al., 2006; BECHARA, 2006; OLIVEIRA, 2013; SILVEIRA et al., 2015; LEITE, 2016; SILVA et al., 2018). Construída com material vegetal da própria região, como restos de podas e ramos mortos retirados de fragmentos florestais remanescentes, as galhadas criam condições favoráveis para atrair animais, por ser fonte de abrigo, bem como, sua decomposição ajudar na incorporação de matéria orgânica ao solo. Embora sejam mais frequentemente construídas em forma de pilhas de galhos, elas também podem ser dispostas em linhas, ligando fragmentos

florestais, que podem servir de corredor ecológico para a mastofauna, principalmente (BECHARA, 2006).

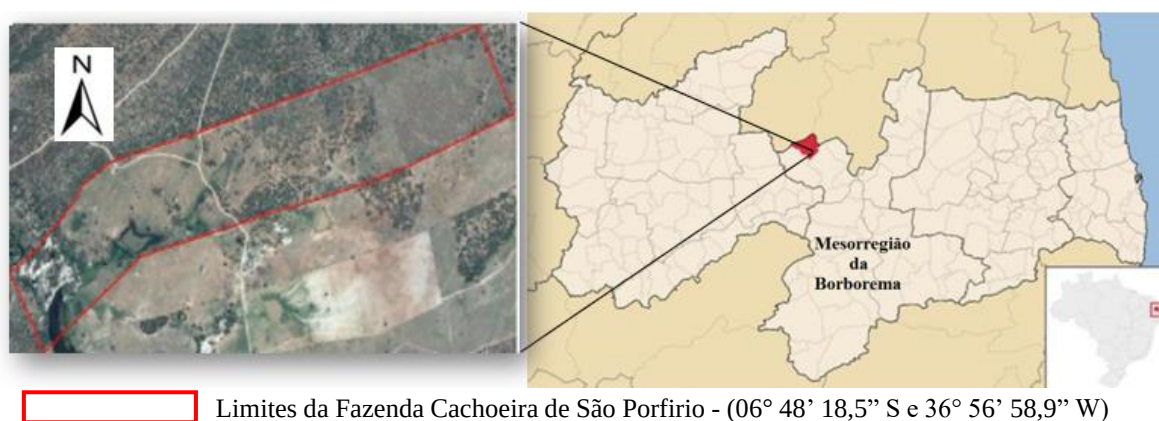
Assim, visando contribuir com a ciência da restauração ecológica no bioma Caatinga, esta pesquisa teve o objetivo de verificar as potencialidades nucleadoras de galhadas e poleiros artificiais na restauração de uma área degradada no semiárido do Estado da Paraíba, de modo que estas possam servir de propostas ajustadas às realidades econômica e ecológica da região inserida no Núcleo de Desertificação do Seridó.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental

A pesquisa foi realizada na Fazenda Cachoeira de São Porfírio (FCSP), localizada no município de Várzea, Paraíba, inserido no Núcleo de Desertificação do Seridó, Mesorregião Sertão Paraibano (Figura 12). O clima é do tipo BSh semiárido (Anexo 1), segundo a classificação de Köppen (ALVAREZ et al., 2014). A pluviometria varia entre 350 e 800 mm, com distribuição irregular e temperatura média anual superior a 28 °C (SILVEIRA et al., 2015). Apresenta solos rasos, pedregosos e com afloramentos rochosos (SOUTO et al., 2017). A vegetação é uma caatinga hiperxerófila aberta, de porte baixo, com diferentes fitofisionomias, variando desde áreas de pastagem nativa a fragmentos arbóreo-arbustivos de sucessão secundária tardia (SOUSA et al, 2020).

Figura 12 – Área de estudo, em um fragmento de Caatinga, município de Várzea, Paraíba.



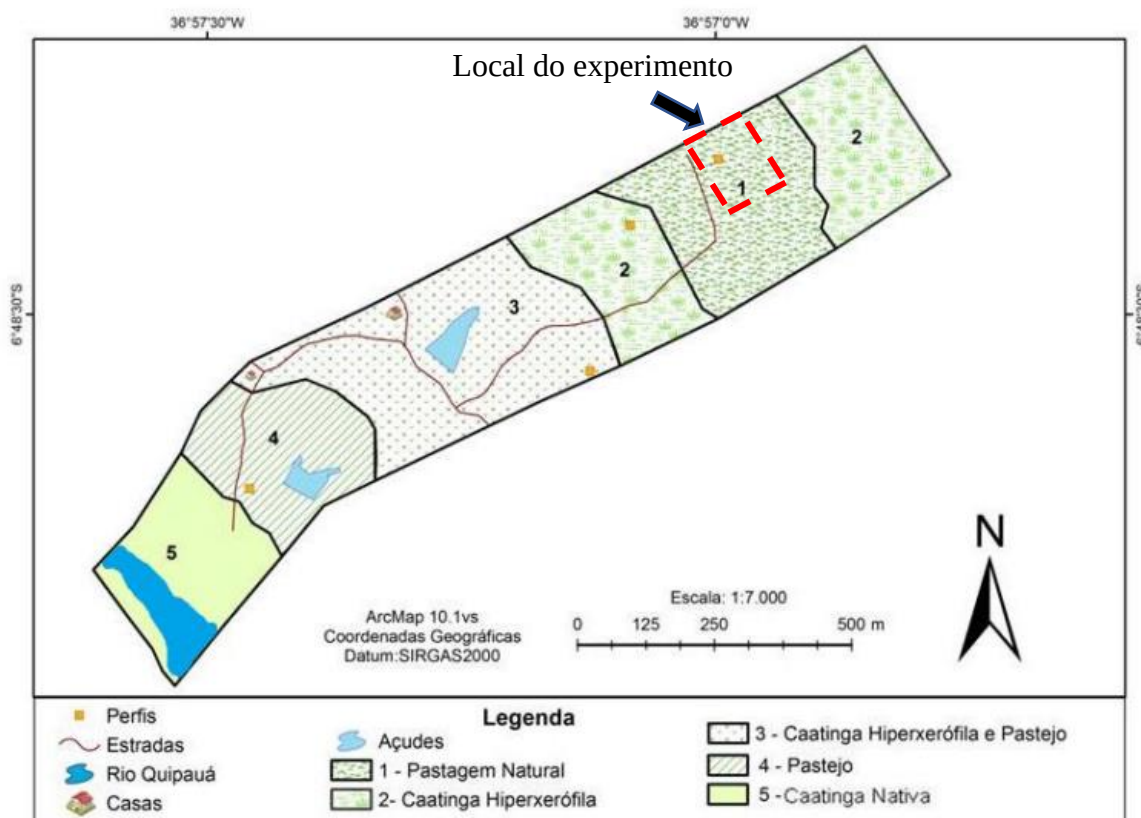
Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Maia (2017) analisando a capacidade de uso da terra da FCSP, com base nos limites da altitude e as diferentes fitofisionomias, dividiu a propriedade em cinco áreas (Figura 14), tendo sido a área 1, pastagem natural em regeneração, onde o experimento foi instalado. Esta área tem relevo plano e altitude de 291 m. O solo é um Neossolo flúvico Ta distrófico típico (RYd); moderadamente profundo (0,50 a 1,00 m), textura arenosa, pouco pedregoso e permeável (SOUSA et al., 2020).

Historicamente, a região deste estudo teve seus recursos naturais explorados através da pecuária extensiva, agricultura de subsistência e atividade ceramista. A agricultura e pecuária, hoje inviável em função do alto grau de degradação do solo, foram a base econômica até o final do século XX (MATTOS et al., 2020); representadas, respectivamente, pelo cultivo do algodão

arbóreo e criação de gado bovino e caprino. Já a atividade ceramista, persiste até os dias de hoje com forte impacto ambiental, principalmente sobre a vegetação remanescente, que é usada como lenha na fabricação de telhas e tijolos.

Figura 13 – Zoneamento ambiental da Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – Paraíba.



Fonte: MAIA (2017).

Em pousio há mais de 12 anos, apresenta uma vegetação constituída, principalmente, pelas herbáceas *Aristida adscensionis* (Capim Panasco), *Sida galheirensis* (Malva Branca) e *Waltheria* sp. (Malvinha); e, por poucas e esparsas plantas arbóreo-arbustivos das espécies, *Mimosa tenuiflora* (Jurema Preta), *Cnidoscolus quercifolius* (Faveleira), *Jatropha curcas* (Pinhão Manso) e *Cenostigma pyramidale* (Catingueira) (Figura 14).

2.2 Desenho experimental

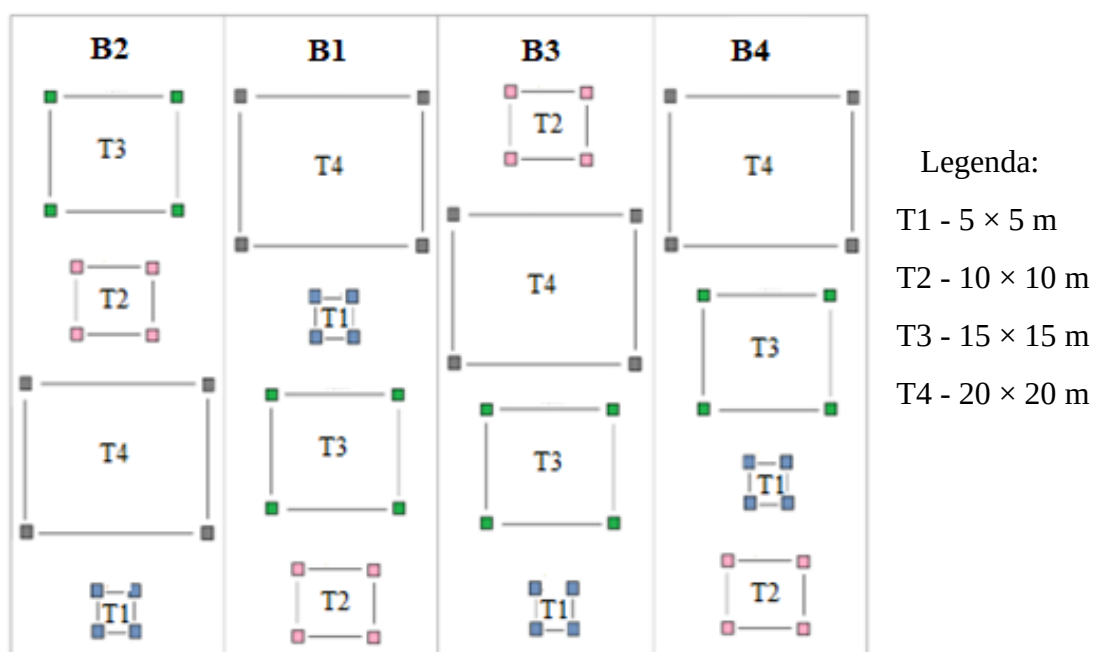
Para estudar o efeito das diferentes distâncias entre galhadas e poleiros artificiais foi aplicado o delineamento em blocos ao acaso, com quatro tratamentos em quatro repetições, distribuídos conforme esboçado na Figura 15. Foi adotado uma distância de 10 m entre blocos e 5 m entre tratamentos.

Figura 14 – Aspecto da área em restauração na Faz. Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Figura 15 – Croqui da área experimental, ilustrando a disposição dos tratamentos em cada bloco, na Faz. Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Foram testados os seguintes tratamentos: T1: 5,0 × 5,0 m; T2: 10,0 × 10,0 m; T3: 15,0 × 15,0 m; T4: 20,0 × 20,0 m. Cada parcela experimental foi composta por quatro galhadas e quatro poleiros (Figura 16).

Figura 16 – Aspecto de como foram arranjados os poleiros e as galhadas em cada parcela, conforme a distância em cada tratamento, na Faz. Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



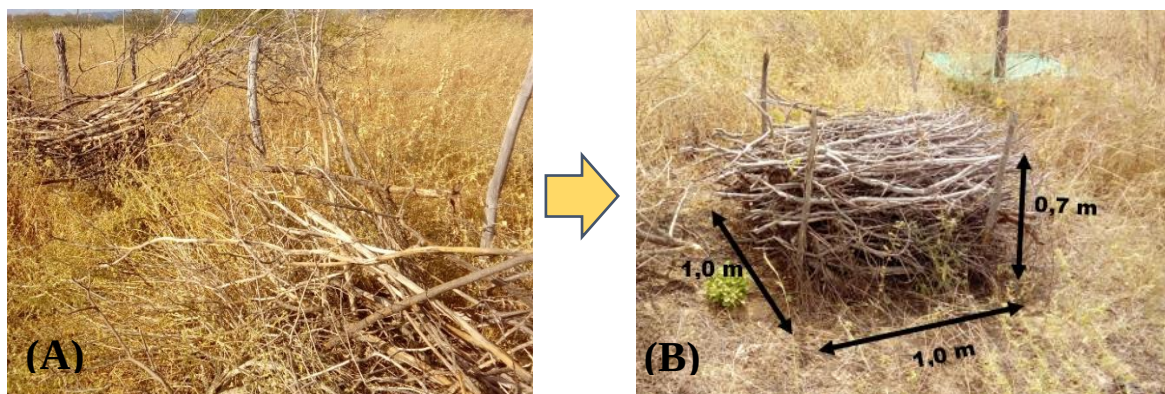
Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

2.3 Transposição de galhadas

2.3.1 Instalação das leiras de galhadas

As galhadas foram formadas por galhos e troncos de dimensões variadas, coletados na área adjacente (Figura 17), prevalecendo galhos da espécie *Croton blanchetianus* Baill. (Marmeleiro), por apresentar indivíduos mortos no local. Em função da pouca quantidade de resíduos florestais, as galhadas foram instaladas em pilhas de 1,0 m × 1,0 m × 0,7 m, apoiadas por quatro piquetes nas extremidades (Figura 17B).

Figura 17 – Instalação das galhadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

2.3.2 Características avaliadas

- Altura das galhadas

Para acompanhar o processo de acamamento natural das galhadas, devido ao desgaste e fragmentação do material lenhoso, foi medida mensalmente a altura das galhadas usando-se uma trena métrica (Figura 18 A). A avaliação da velocidade de redução das galhadas se deu a partir da taxa de redução na altura das galhadas (volume/meses) ao longo dos 24 meses de amostragem.

- Amostragem da fauna

Mensalmente, durante 24 meses, foram feitos registros fotográficos e anotações sobre a presença de animais no interior e sobre as galhadas. Duas câmeras com sensor de movimento e visão noturna foram instaladas em locais estratégicos para registro de imagens (Figura 18 B).

Figura 18 – Instrumentos para medição da altura (A) e obtenção de imagens de visitantes (B) nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

- Avaliação do incremento de matéria orgânica e nutrientes no solo sob as galhadas

Ao final do experimento, após 24 meses, foram coletadas 16 amostras de solo embaixo das galhadas (4 amostras por bloco), sendo uma amostra por tratamento. As amostras foram misturadas e retirada uma amostra composta. Para a coleta do solo e para visualização do processo de decomposição da galhada em contato com o solo, estas foram inclinadas em 45° com auxílio de um barrote de madeira. Outras 16 amostras de solo foram coletadas aleatoriamente em locais sem as galhadas, depois misturadas e retirada uma amostra composta.

As amostras foram retiradas até a profundidade de 20 cm. As duas amostras compostas foram acondicionadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e encaminhadas ao Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos, para análise química e de teor de matéria orgânica.

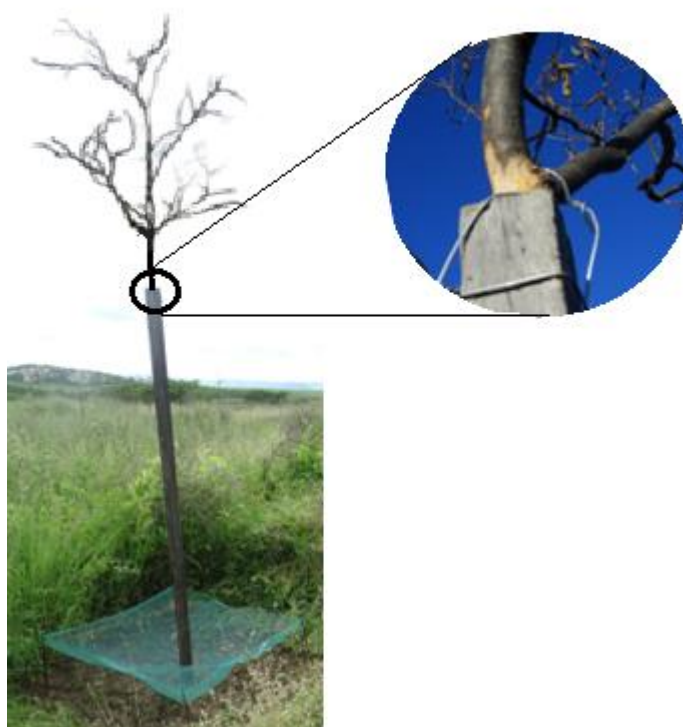
2.4 Poleiros artificiais

2.4.1 Instalação dos Poleiros

Para instalação dos poleiros foram utilizados barrotes de 2,5 m de comprimento, para servir de base para a fixação de galhos de árvores ou arbustos na sua extremidade, de modo a possibilitar um poleiro com altura entre 2,5 a 3,0 metros (Figura 19).

Abaixo de cada poleiro foi colocado um coletor de 1,0 m² feito de sombrite 60%, para a reter as excretas dos pássaros. Os coletores foram instalados a 25 cm de altura do solo, presos a piquetes de ferro fixados no solo. Para prender a tela sombrite utilizou-se em cada piquete arame liso, tomando-se o cuidado de se criar uma superfície côncava, com cerca de 10 cm de profundidade, a partir do centro.

Figura 19 – Poleiro artificial instalado na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

2.4.2 Características avaliadas

- Amostragem da fauna

As aves foram amostradas através de observações mensais, como utilizado por Bechara (2006), no início da manhã, durante o período experimental. O período matutino foi escolhido para realização dos levantamentos por ser o de maior atividade da avifauna, percorrendo-se a totalidade da área de estudo (Ver vídeo pelo link, <https://youtu.be/DkAJT8BTmxM>). Todos os registros foram realizados com câmera fotográfica, de forma a minimizar a interferência sobre os animais. Também foi feito o reconhecimento de algumas espécies pelo canto. Dúvidas na identificação de algumas espécies foram tiradas com auxílio do “Guia de aves da Estação Ecológica do Seridó” (PICHORIM et al., 2016) e dos registros fotográficos disponibilizados no facebook da Reserva Ecológica Verdes Pastos – uma área de conservação particular dentro do Núcleo de Desertificação do Seridó (<https://www.facebook.com/ReservaVerdesPastos/photos/1222312157956978>). A nomenclatura das espécies registradas foi realizada de acordo com a 2ª edição da listagem do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (PACHECO et al., 2021).

- Chuva de excretas e miscelâneas

A coleta do material depositado sobre os coletores sombrite, instalados abaixo dos poleiros, foi realizada mensalmente. Com auxílio de uma espátula, o material foi cuidadosamente descolado do sombrite, coletado e acondicionado em saco de papel previamente identificado. No laboratório, foi feita a triagem do material contido em cada amostra, e feita a separação das excretas, das sementes e de outros resíduos denominados de miscelânea. Em seguida, as excretas foram pesadas em balança de precisão e acondicionadas em local seco e sombreado, com temperatura ambiente. As sementes foram semeadas em bandejas de alumínio e mantidas no telado de náilon do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, da UFCG, campus de Patos, onde foram observadas até que as sementes germinadas atingissem porte suficiente para identificação.

Os dados coletados ao longo de 24 meses foram compilados em três períodos do ano: chuvoso (janeiro a abril), transição (maio a julho) e seco (agosto a dezembro).

2.5 Análise estatística

Os dados da massa de excreta coletados mensalmente foram submetidos à análise de variância para avaliação dos efeitos dos tratamentos. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Software – SAS/STAT 9.3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação das galhadas

3.1.1 Altura

Após 24 meses foi constatado que as pilhas de galhadas rebaixaram, em média, 30,2 cm o que pode ser entendido como resultado do desgaste natural do material lenhoso constituinte, pela ação da amplitude térmica da região e, principalmente, pela ação dos agentes decompositores sobre a galhada. Conforme se observa na figura 20 o material em contato com o solo está em pleno processo de decomposição.

Figura 20 – Aspecto da decomposição da base das galhadas, 24 meses depois de instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



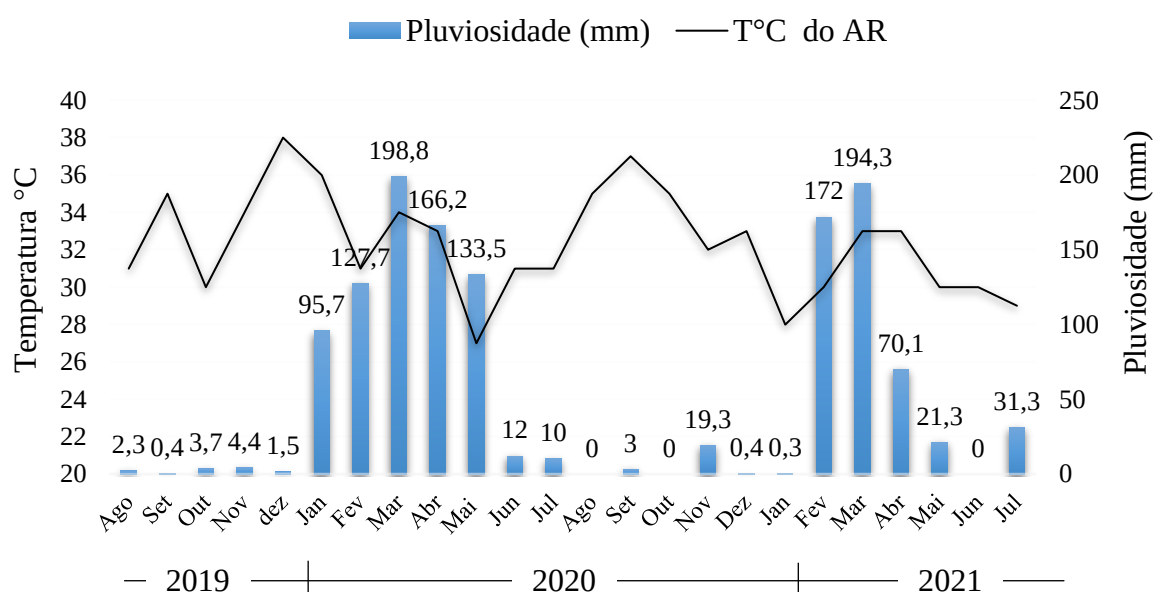
Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Nesta mesma área, após 12 meses, Silveira et al. (2015) e Leite (2016), constaram uma redução média de 40 e 15,34 cm, respectivamente.

A taxa, relativamente lenta na redução do volume das galhadas, era esperada para as condições semiáridas. Segundo Silva et al. (2018), as características climáticas dessa região são desfavoráveis à atividade decompositora dos agentes xilófagos e saprófitos. Existe ainda a influência da resistência à decomposição, do material constituinte da galhada – o *Croton blanchetianus*, cuja densidade da madeira de $0,673 \text{ g cm}^{-3}$ é considerada alta, segundo Vitorio (2013). De fato, estudos têm mostrado que a taxa de redução das galhadas varia de acordo com o tipo e dimensões do material que as constitui (BECHARA, 2006; REIS et al, 2014; SILVEIRA et al., 2015), com o volume e formato da galhada e, principalmente, com as condições meteorológicas durante o período estudado (LEITE, 2016).

É importante relacionar a decomposição das galhadas ao histórico meteorológico do período estudado. Durante a realização do experimento duas estações secas e duas chuvosas influenciaram a dinâmica da decomposição das galhadas (Figura 21). A estação chuvosa de 2020 (755 mm), com chuvas mais bem distribuídas entre janeiro a julho, pode ter favorecido a decomposição das galhadas. Isso não se pode dizer para 2021, quando se registrou menor volume precipitado (489,2 mm) com chuvas mal distribuídas entre janeiro a julho.

Figura 21 – Dados climáticos (Ago./2019 – Jul./2021) para o município de Várzea – PB.



Fonte: AESA (<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>).

Como a umidade favorece a ação dos agentes decompositores, a duração da estação chuvosa e a intensidade e frequência da pluviosidade, influenciam diretamente a taxa de decomposição da matéria orgânica. Portanto, quanto mais bem distribuídas no tempo acontecerem as chuvas, maior será a permanência da umidade sobre a madeira e, portanto, mais facilitada será a ação dos agentes xilófagos.

Além disso, Silva et al. (2018) salientam que galhadas constituídas por materiais vegetais diversos, com diferentes densidades de madeira, aceleram a decomposição, de modo que é importante, a incorporação de vegetais que sejam mais fácil e rapidamente decompostos, para que se possa garantir mais rapidamente abrigo, refúgio e alimento para a fauna, bem como matéria orgânica para o solo. Portanto, incorporar na instalação das galhadas resíduos grossos e finos, com diferentes graus de lignificação, vai tornar essa técnica mais eficaz para os propósitos da restauração.

Nessa área estudada, existe grande quantidade de malva branca (*Sida galheirensis*), um subarbusto que poderia ser incorporado à galhada, misturada ao marmeleiro (*C. blanchetianus*), para dar mais rapidez à decomposição. Outra sugestão é, no momento de se instalarem as galhadas, colocar os galhos sempre no sentido contrário aos ventos dominantes, para dificultar a passagem da corrente de ar por entre os galhos, reduzindo assim a intensidade da evaporação.

3.1.2 Efeitos sobre a matéria orgânica (M.O.) do solo

Análises de solos coletados embaixo das galhadas e em áreas adjacentes, sem as galhadas, mostram que o teor de matéria orgânica sob as galhadas é quase o dobro em relação à sem galhadas, depois de 24 meses (Tabela 3).

Tabela 3 – Atributos químicos dos solos com e sem galhadas em uma área em restauração na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea – PB.

AMOSTRA	pH (CaCl ₂ 0,01M)	M.O. g.dm ⁻³	P Mg.dm ⁻³	Ca	Mg	K	Na	H+Al	T	V
				Cmol dm ⁻³						%
Solo sem as galhadas	5,1	18,42	5,2	2,0	1,2	0,16	0,14	1,3	4,8	72,9
Solo sob as Galhadas	4,8	33,27	54,5	3,0	1,4	0,45	0,21	1,6	6,66	76,0

Fonte: Laboratório de Solo e Água da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Patos (2021).

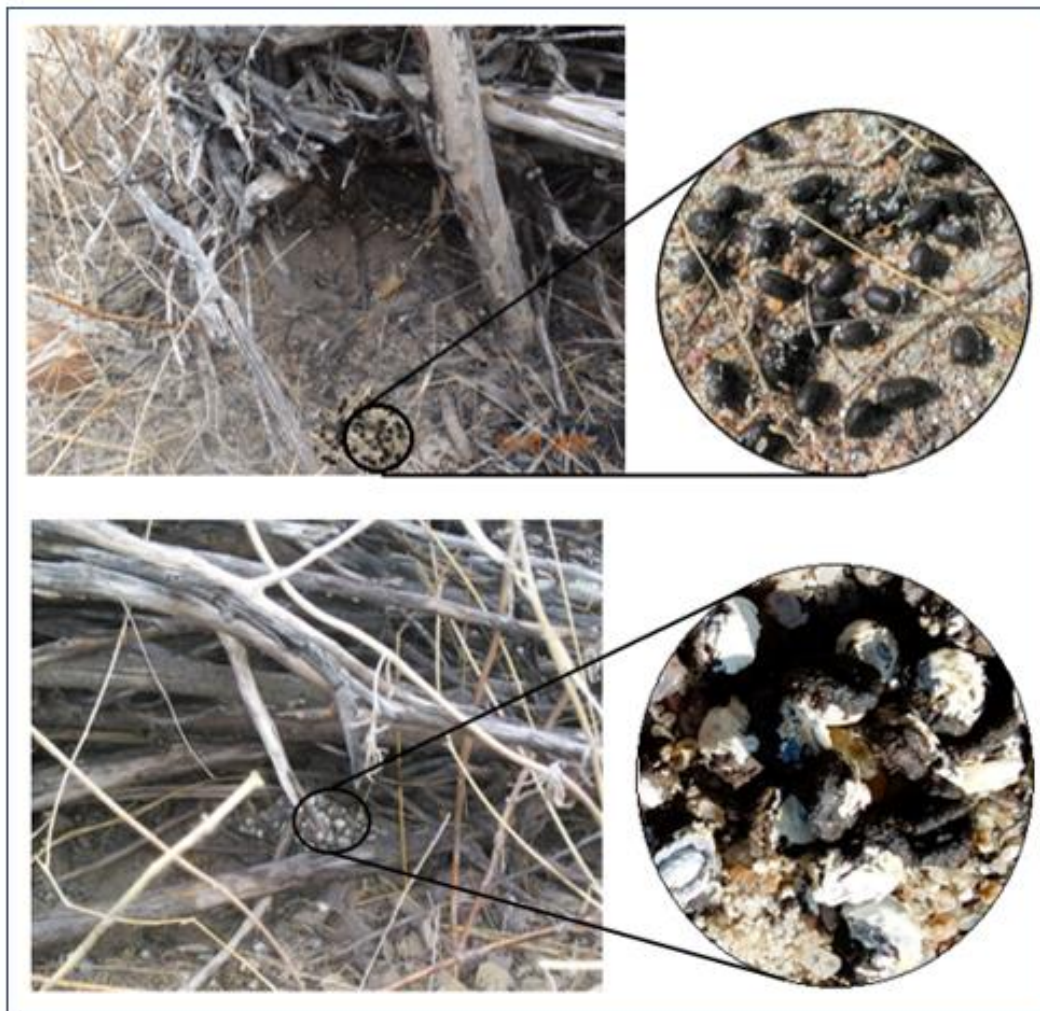
A tabela acima mostra efeito positivo das galhadas sobre os teores de nutrientes: o fósforo aumentou em mais de 10 vezes; o cálcio e o sódio em 50% e o potássio em 181 %. No entanto, o pH ficou mais ácido devido, provavelmente, às excretas das aves que apresentam geralmente elevados teores de sódio. Segundo Pichorim et al. (2016), as aves não possuem bexiga e, obviamente, não produzem urina, liberando urato e metabólitos, junto às fezes pastosas.

Embora a decomposição da galhada favoreça o aumento nas taxas de matéria orgânica no solo, como comprovado em outros estudos (BECHARA, 2006; OLIVEIRA, 2013; SILVEIRA et al., 2015; LEITE, 2016; SILVA et al., 2018), as excretas das aves que se abrigam nas galhadas são ricas em fósforo (ácido fosfórico), nitrogênio (amoníaco) e potássio (LIMA et al., 2019) tendo, com isso, influenciado nos teores destes nutrientes no solo sob as galhadas.

As deposições de excretas dentro e no entorno das galhadas (Figura 22) comprovam que as galhadas foram um refúgio para a fauna e um ambiente para uma intensa interação entre os

diferentes níveis tróficos da biota local, cujas excretas e resíduos alimentares deixados se tornam fonte de nutrientes para o solo após sua decomposição.

Figura 22 – Excretas observadas dentro e ao lado de galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Além de ser um loco para deposição de excretas e acúmulo de outros resíduos orgânicos no seu entorno e interior, as galhadas promovem a conservação desse material orgânico ao longo da estação seca, que fica protegido da ação dos ventos e da incidência direta da luz do sol, preservando-o mais eficientemente até a chegada da próxima estação chuvosa, que fará a lixiviação da ureia e propiciará a decomposição da matéria orgânica. Os nutrientes liberados poderão, então, ser incorporados ao solo ou percolados (durante os eventos de chuvas) para o entorno declivoso da galhada, favorecendo as plantas ali existentes.

3.1.3 Efeitos sobre a flora e a fauna

A influência positiva das galhadas sobre as plantas fica mais notória na estação chuvosa, quando se observa um maior crescimento da vegetação no seu entorno, principalmente na borda para onde ocorre o escoamento das águas (Figura 23).

Figura 23 – Efeito de borda das galhadas sobre as plantas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Vegetação favorecida
pelos efeitos da
galhada sobre a
umidade e matéria
orgânica do solo.

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Isto acontece devido a estrutura das leiras de galhos impedir a incidência direta da luz do sol sobre o solo e reduzir a velocidade dos ventos no seu interior, diminuindo a temperatura e a evaporação, que concorrem para manter um bem-estar térmico e prolongar o tempo de água disponível às plantas. Portanto, cria-se uma condição microclimática favorável ao estabelecimento de animais no seu interior e de plantas no seu entorno, de modo que esta sinergia, ao longo do tempo, se irradia segundo a concepção biocêntrica da nucleação explicada por Reis et al. (2014).

Foi observado ainda que as galhadas, em áreas com maior riqueza de espécies, favoreceram o estabelecimento, no seu entorno, daquelas mais exigentes; de modo que nem na superfície da área coberta pelas leiras, nem no seu entorno ocorreu invasão pelo capim panasco (*Aristida adscensionis*). Nesse sentido, Bechara (2006) considera uma técnica que ajuda na redução de espécies invasoras e oportunistas.

Enquanto o efeito das galhadas sobre a flora é mais visível na estação chuvosa, sobre a fauna elas exercem um papel ao longo de todo o ano, na medida em que se tornam refúgio e moradia de muitas espécies animais (Figuras 24).

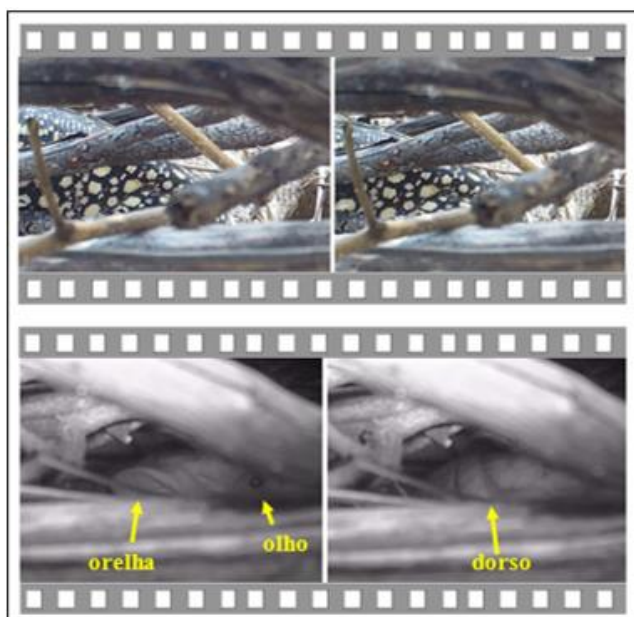
Figura 24 – Abrigos de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

As câmeras instaladas dentro das galhadas filmaram a presença de animais típicos da caatinga, como o Tejo (*Tupinambis merianae*) e o Tatu (*Euphractus sexcinctus*) (Figura 25), e uma cobra corre-campo (*Philodryas nattereri*) foi fotografada depois de sair de dentro de uma galhada (Figura 26).

Figura 25 – Frames de vídeos que registram a presença de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Tejo - *Tupinambis merianae*

Tatu – *Euphractus sexcinctus*

Fonte: AMORIM, Isaac (2022). Vídeos disponíveis em <https://youtu.be/ZdKfHoMxFbY> (tatu) e <https://youtu.be/OpHTML6iDKg> (tejo).

Figura 26 – Cobra corre-campo (*Philodryas nattereri*), avistada próxima às galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Registros de penas, resíduos alimentares e excretas nas bordas e interior das galhadas, comprovam a interação da fauna com as galhadas. Conforme se observa na Figura 27, insetos, pássaros, répteis e mamíferos frequentaram as galhadas, de forma permanente ou esporádica.

Figura 27 – Indícios da presença de animais nas galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



**Penas de
pássaros**

**Carça
de insetos**

**Ecdise
de um
réptil**

Fonte: AMORIM, Isaac (2022)

A despeito da ausência de registros fotográficos, várias espécies de insetos foram observadas durante as visitas mensais, principalmente na estação chuvosa: formigas (Himenóptera), besouros (coleóptero), aranhas (Araneae), gafanhotos e mané-magos (ortópteros). Estudando a fauna edáfica dessa mesma área, Medeiros (2015) observou a predominância dessas mesmas ordens de insetos, com destaque para a Hymenoptera com mais de 50% dos indivíduos capturados. A diversidade e abundância de insetos foi visivelmente maior na estação chuvosa, em função da maior disponibilidade de recursos (OLIVEIRA et al., 2014). Estes autores destacam que em áreas degradadas, em início de regeneração, ocorre a predominância de insetos herbívoros, principalmente coleópteros.

Os insetos são importantes bioindicadores ambientais, pois desempenham no ecossistema importantes funções como: a ciclagem de nutrientes, a decomposição, a polinização, o fluxo de energia, a predação, a dispersão de sementes, a regulação das populações de plantas e de outros organismos (OLIVEIRA et al., 2014) e são importantes fontes nutricionais para pássaros e répteis (BARBOSA, 2006). Dessa forma, as galhadas, ao tornarem-se um ambiente atrativo e propício para a vida de muitas espécies de insetos, indiretamente favorecem a sobrevivência de outros animais como aves e répteis que passam a se instalar dentro da área próximo aos núcleos de galharias (Figura 28).

Figura 28 – Abrigos e ninho entre as galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Todas essas evidências de que as galhadas estão atuando como gatilhos ecológicos, (REIS et al., 2006, BECHARA, 2006; REIS et al., 2010; OLIVEIRA, 2013; SILVA et al, 2018), se tratam de indicadores biológicos importantes, pois, estudos demonstram haver uma tendência de aumento na abundância e diversidade da macrofauna do solo, na medida em que mais recursos alimentares se tornam disponíveis e melhores condições microclimáticas surgem (GOMES, 2009; REIS, 2010; VERGÍLIO, et al., 2013).

3.2 Avaliação dos poleiros

3.2.1 Avifauna dos poleiros

Pousados nos poleiros e em árvores do entorno do experimento, foram identificadas 22 espécies de aves, pertencentes a 13 famílias (Tabela 4). A ordem Passeriformes foi a que apresentou maior número de famílias.

Tabela 4 – Aves registradas na área de estudo, localizada na Faz. Cachoeira de São Porfírio, Várzea – PB

ESPÉCIE (NOME POPULAR)	FAMÍLIA	ORDEM	DIETA *
<i>Guira guira</i> Gmelin (Anu-branco)	Cuculidae	Cuculiformes	GR, IN
<i>Zenaida auriculata</i> (Arribaça)	Columbidae	Columbiformes	GR, IN
<i>Myiozetetes similis</i> (Bem-te-vi)	Tyrannidae	Passeriformes	FR, IN
<i>Crotophaga ani</i> (Anu preto)	Cuculidae	Cuculiformes	GR, IN
<i>Sporophyla lineola</i> (Bigode)	Thraupidae	Passeriformes	GR, IN
<i>Sicalix flaveola</i> (Canário da terra)	Thraupidae	Passeriformes	GR, IN
<i>Cyanocorax cyanopogon</i> (Cancão)	Corvidae	Passeriformes	FR, IN
<i>Caracara plancus</i> (Carará)	Falconidae	Falconiformes	CA
<i>Pseudoseisura cristata</i> (Casaca de couro)	Furnariidae	Passeriformes	GR, IN
<i>Icterus jamaicii</i> (Concriz)	Icteridae	Passeriformes	FR, IN
<i>Athene cunicularia</i> (Coruja buraqueira)	Strigidae	Strigiformes	CA, IN
<i>Heterospizias meridionalis</i> (Gavião vermelho)	Accipitridae	Accipitriformes	CA
<i>Paroaria dominicana</i> (Galo-de-campina)	Thraupidae	Passeriformes	FR, IN

* Dieta segundo MELO (1997): IN – insetívoro, FR – frugívoro, GR – granívoro, CA – carnívoro

Tabela 4. Continuação.

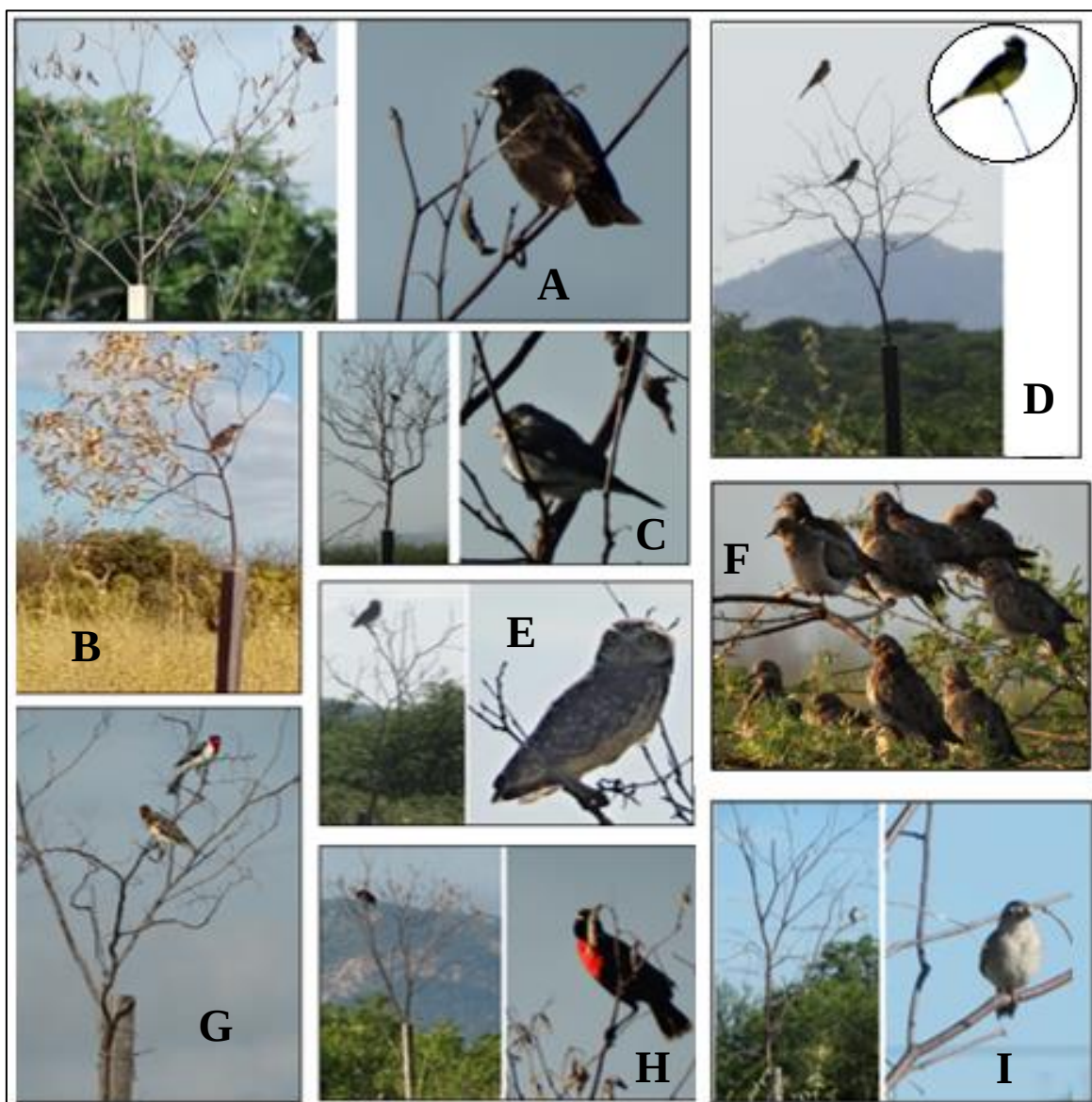
ESPÉCIE (NOME POPULAR)	FAMÍLIA	ORDEM	DIETA *
<i>Sporophila albogularis</i> (Golado)	Thraupidae	Passeriformes	GR, IN
<i>Megarynchus pitanga</i> (Neinei)	Tyrannidae	Passeriformes	FR, IN
<i>Leistes superciliaris</i> (Papa capim)	Icteridae	Passeriformes	GR, IN
<i>Mimus saturninus</i> (Papa sebo)	Mimidae	Passeriformes	GR, IN
<i>Eupsitulla cactorum</i> (Periquito da caatinga)	Psittacidae	Psittaciformes	FR
<i>Columbina talpacoti</i> (Rolinha-caldo-de feijão)	Columbidae	Columbiformes	GR, IN
<i>Columbina minuta</i> (Rolinha da peste)	Columbidae	Columbiformes	GR, IN
<i>Turdus rufiventris</i> (Sabiá)	Turdidae	Passeriformes	FR, IN
<i>Volatinia jacarina</i> (Tiziu)	Thraupidae	Passeriformes	GR, IN

* Dieta segundo MELO (1997): IN – insetívoro, FR – frugívoro, GR – granívoro, CA – carnívoro
 Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

É provável que muitas outras espécies existam e não puderam ser observadas nos momentos das visitas. A avifauna da região do Seridó tem bem mais espécies que as observadas neste estudo. Em áreas conservadas da Estação Ecológica do Seridó já foram identificadas 198 espécies (PICHORIM et al., 2016).

A figura 29 mostra as espécies mais constantemente avistadas sobre os poleiros.

Figura 29 – Espécies mais frequentes nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.



Legenda: A- Tiziu (*Volatinia jacarina*), B- Papa sebo (*Mimus saturninus*), C- Golado (*Sporophila albogularis*), D- Nei nei (*Megarynchus pitanga*), E- Coruja buraqueira (*Athene cunicularia*), F- Arribaça (*Zenaida auriculata*), G- Galo-de-campina (*Paroaria dominicana*), H- Papa capim (*Leistes supercilialis*), I- Rolinha (*Columbina* sp.).

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

3.2.2 Chuva de excretas e miscelâneas

Como pode ser observado na Tabela 5, houve diferença estatística significativa entre as médias dos tratamentos e períodos, ao nível de 5% probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 5 – Valores médios, em gramas, das excretas coletadas sobre poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB.

PERÍODOS	TRATAMENTOS (m)				Média (g) por período	Pluviosidade (mm)
	A 5 × 5	B 10 × 10	C 15 × 15	D 20 × 20		
SECO/19	1,34 Ba	0,56 Bb	0,69 Abab	0,73 Bab	0,838 BC	12,3
CHUVOSO/20	0,9 Aba	0,93 Ba	1,63 Ba	1,19 Ba	1,161 B	588,4
TRANSIÇÃO/20	3,24 Ac	4,59 Ab	4,89 Ab	6,07 Aa	4,700 A	156,0
SECO/20	0,32 Ba	0,45 Ba	0,47 Ba	0,74 Ba	0,492 C	22,9
CHUVOSO/21	0,25 Ba	0,45 Ba	0,39 Ba	0,40 Ba	0,374 C	436,6
TRANSIÇÃO/21	0,6 Aba	0,63 Ba	0,92 Aba	1,19 Ba	0,836 BC	52,6
Média (g) Tratam.	1,016 b	1,093 b	1,305 ab	1,478 a	1,223	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna (Períodos) e minúscula na linha (Tratamentos) não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

*SECO = Agosto a Dezembro; CHUVOSO = Janeiro a Abril; TRANSIÇÃO = Maio a Julho

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

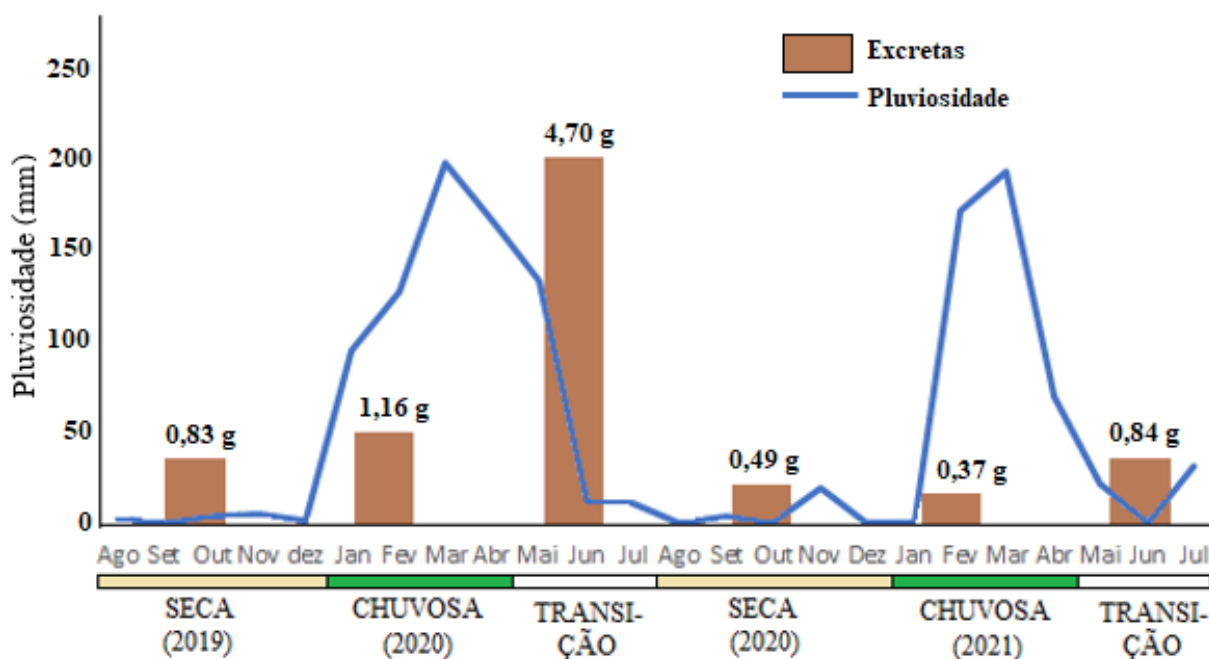
Após 24 meses de coleta foi constatado que, em média, os pássaros deixaram em cada poleiro 1,2 g de excreta. A maior quantidade foi registrada no período de transição entre as estações chuvosa e seca (maio a julho) de 2020, em todos os tratamentos (Tabela 3), com uma média de 4,7 gramas por poleiro; já a menor massa de excreta aconteceu na estação chuvosa de 2021 (0,4 g); redução que se iniciou na estação seca de 2020, em cujo período nenhuma excreta caiu nos coletores no mês de outubro. Novembro e dezembro continuaram a registrar pouco uso dos poleiros, tendo sido encontrado excretas em apenas 3 e 14 parcelas, respectivamente.

A pouca atividade dispersora da avifauna na estação seca é esperada devido à escassez de alimentos. Com a chegada das chuvas essa escassez tende a diminuir e a disponibilidade de alimentos estará plena no final da estação chuvosa (Figura 30). Isso explica as médias terem isso maiores em todos os tratamentos no período de transição do ano 2020. Já em 2021 a atividade da avifauna nos poleiros foi menor, reflexo de uma estação chuvosa mais curta, e com chuvas mal distribuídas (Figura 30).

A maior quantidade de excretas no período de transição é resultado de um maior número de espécies interagindo naquele espaço, alimentando-se, procriando-se e competindo pelos recursos abundantes daquele período. Melo (1997) destaca que quando a complexidade estrutural de um ecossistema vai aumentando, a dispersão de sementes nesses locais vai sendo

incrementada, de modo que os poleiros passam a atuar como catalisador da sinergia entre as aves e a vegetação.

Figura 30 – Pluviosidade e valores médios de excretas coletadas em cada poleiro instalado na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

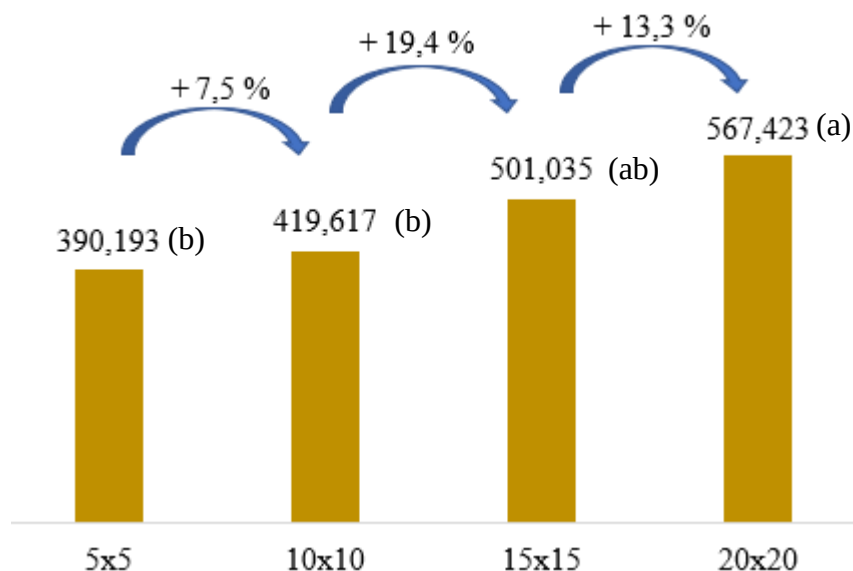
Conforme se observa na Tabela 5, a média da chuva de excretas nos tratamentos aumenta com o aumento das distâncias entre os poleiros (Figura 31). Isto pode estar relacionado ao fato de que, para se sentirem mais seguras, as aves preferem poleiros mais distantes uns dos outros; o que deve ter favorecido o tratamento 20 x 20 metros.

Na Figura 31 verifica-se que, em termos absolutos, existiu um aumento médio de 13% na quantidade de excretas com o aumento das distâncias entre os poleiros.

Importante salientar que as quantidades de excretas coletadas podem estar subestimadas, uma vez que, comumente, foi observado a estrutura de pouso das aves ter sido ligeiramente deslocada pelo vento, fazendo com que parte da área de pouso estivesse fora da área do coletor.

Nas coletas mensais, principalmente na estação chuvosa e na transição desta para a estação seca, grande quantidade de resíduos vegetais e animais (insetos) se misturaram às excretas. Nessa miscelânea de resíduos foram identificados diásporos, sementes, flores e folhas, como também resíduos de insetos consumidos por aves, em repouso no poleiro (Figura 32).

Figura 31 – Massa (g)** de excretas acumulada, após 24 meses, nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB



**Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Analisando o conteúdo das excretas foi observado ausência de sementes de espécies lenhosas, poucas sementes inteiras de herbáceas (Figuras 33 D, E, F) e grande quantidade de restos de insetos (Figura 33 B, C) e até pequenos pássaros (Figura 33 A). O link <https://youtu.be/fl3QeyGODQY> mostra o que compõe a excreta de um pássaro insetívoro. De fato, principalmente no início da estação chuvosa, os insetos constituem a dieta alimentar mais consumida pelas aves. Isto explica o porquê de 19 espécies, dentre as 22 listadas na Tabela 4, serem aves insetívoras.

Figura 32 – Composição dos resíduos coletados nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Legenda: A – Excretas; B – Restos de insetos; C – Restos vegetais; D – Sementes
Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Figura 33 – Excretas de aves carnívoras (A) e insetívoras (B, C) e algumas sementes de herbáceas (D, E, F) encontradas nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

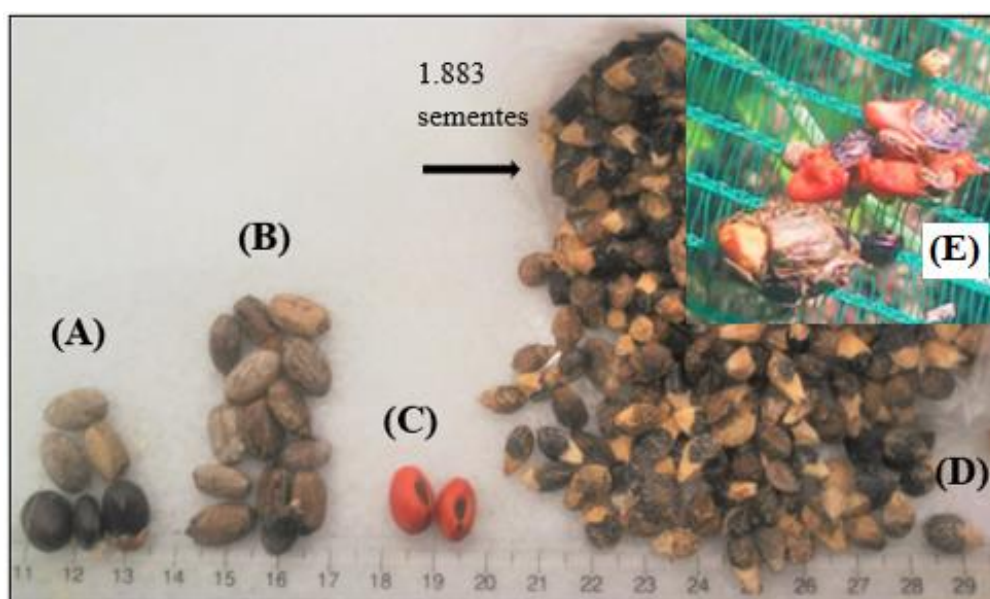
Ademais, 12 espécies insetívoras também são granívoras e muito comuns na estação seca, quando raleiam as populações de insetos e as sementes no solo passam a ser o atrativo alimentar de pássaros como: Anu-branco, Anu-preto, Casaca de couro, Golado, Papa capim, Papa sebo e Rolinhas. Observa-se que a dieta da avifauna se compõe principalmente de insetos na estação chuvosa e sementes de herbáceas na estação seca.

Sementes de plantas arbustivas e arbóreas foram ausentes nas excretas analisadas nos 24 meses de estudo. Um indicador biológico que demonstra que a endozoocoria não está eficiente, haja visto que, segundo Melo (1997), a endozoocoria ocorre quando os propágulos são transportados no interior do corpo do animal.

No entanto, isso é compreensível, na medida em que se considera a inexistência de uma boa fonte de propágulos nos fragmentos remanescentes, próximos à área degradada. Estudos têm demonstrado que a dispersão de sementes por aves parece estar diretamente relacionada com a complexidade estrutural da vegetação fonte de propágulos (MELO, 1997; REIS et al., 2003; MARTINEZ RAMOS et al., 2016; ROZENDAAL et al., 2019).

Nos coletores dos poleiros foram encontradas sementes de plantas arbóreas e arbustivas que não chegaram lá através da endozoocoria, pois se encontravam limpas de qualquer resíduo de excreta (Figura 34).

Figura 34 – Sementes encontradas nos coletores de poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Legenda: A – Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*), B – Pinhão manso (*Jatropha curcas*), C – Mulungu (*Erythrina velutina*), (D) – Umburana de cambão (*Commiphora leptophloeos*), (E) – detalhe do arilo na semente de umburana.

Foram sementes das espécies Faveleira (*Cnidoscolus quercifolius*), Pinhão manso (*Jatropha curcas*), Mulungu (*Erythrina velutina*) e Umburana de cambão (*Commiphora leptophloeos*). As duas primeiras podem ter sido lançadas de plantas existentes na área, uma vez que foram coletadas de poleiros próximos à borda de um fragmento de caatinga e nestas espécies ocorre a bolocoria; já as duas últimas devem ter sido trazidas por aves ou morcegos frugívoros que costumam terminar sua refeição empoleirados, deixando cair as sementes.

A grande quantidade de sementes de umburana (1.883) encontrada nos coletores, entre os meses de maio a setembro, indica um importante papel da dispersão estomatocórica praticada por aves e, provavelmente, morcegos frugívoros. Estas sementes apresentam um fruto (drupa) carnoso de polpa esverdeada e agridoce comestível quando maduro, contendo uma semente rugosa de coloração negra com arilo avermelhado (Figura 23 E) que atrai dispersores frugívoros.

Outra característica das aves que chamou atenção neste estudo são os tamanhos e formatos variados das excretas (Figura 35), o que poderia ser um indicador natural da diversidade de aves. Um aspecto que poderia ser estudado futuramente.

Figura 35. Formas e tamanhos de excretas de aves coletadas nos poleiros instalados na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB.



Fonte: AMORIM, Isaac (2022).

Os poleiros artificiais são, comprovadamente, eficientes focos de atração de dispersores da avifauna, como mostram vários estudos ((BOANARES e AZEVEDO, 2014; DIAS et al., 2014; FERREIRA, 2014; SILVEIRA et al., 2015; ATHIÊ e DIAS, 2016; GONÇALVES, 2017; MORES e BOBROWSKI, 2018), propiciando o input de sementes ao solo.

Neste estudo foi observado que maiores distâncias entre poleiros é preferida pelas aves por, provavelmente, lhes garantir mais segurança. Outro aspecto relevante desta pesquisa, foi a adoção de um modelo de poleiro que utilizou galhos de arbustos, simulando a copa de uma

árvore. E estudos tem demonstrado que poleiros com mais galhos ou pontos de pousos são mais visitados (MELO, 1997; BECHARA 2006; ZAHAWI et al., 2013; FERREIRA, 2014; ATHIÊ e DIAS, 2016).

Como um dos princípios da nucleação é ser um método com boa relação custo/benefício (REIS et al., 2010; CORBIN e HOLL, 2012; CROUZEILLES et al., 2020), a aplicação de recursos disponíveis e acessíveis na região é essencial para racionalização do projeto de restauração. Neste estudo o uso do marmeleiro (*Croton blanchetianus*) para montar a “copa” do poleiro foi muito eficaz, pois proporcionou amplo espaço para pouso das aves, devido a sua arquitetura simpodial, com muitas bases de pouso, e a resistência de seus galhos ao cisalhamento (VITORIO, 2013) que lhes garantiu vida útil prolongada.

4 CONCLUSÕES

As galhadas favorecem o input de matéria orgânica ao solo, diretamente através da decomposição do seu material constituinte e, indiretamente, servem de abrigo para animais que deixam ali suas excretas. As condições microclimáticas e de segurança no interior das galhadas atraíram vários animais como, aves, répteis e mamíferos. Para a flora gerou efeito de borda favorecendo o crescimento das plantas ao seu entorno, através da sua influência na redução das máximas termais, reduzindo ação nociva dos ventos quentes e sendo fonte direta de nutrientes.

Os poleiros também foram muito eficientes como gatilhos ecológicos, atraindo dispersores da avifauna de pelo menos 22 espécies, que preferiram aqueles mais distantes. Constatou-se que o período do ano de maior atividade dispersora das aves ocorre no período de transição entre a estação chuvosa e a seca, quando há maior disponibilidade de alimentos. No entanto, a eficiência da dispersão de sementes via excretas não foi verificada, mas observa-se dispersão por pássaros que vão se alimentar pousados nos poleiros.

Em ambas as técnicas nucleadoras, o histórico pluviométrico da estação chuvosa de cada ano, tem grande influência na efetividade da nucleação passiva, uma vez que afeta diretamente a decomposição das galhadas, a produção de alimentos para a fauna e, portanto, a atividade dos dispersores. Além disso, atua na germinação das sementes dispersadas e estabelecimentos das plantas, sendo responsável direto pela efetividade dos núcleos como gatilhos para a sucessão vegetal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A.; AGUIAR, D. B.; SILVA, J. N.; DAMASECENO, J. Indicadores hídricos do núcleo de desertificação da microrregião do Seridó ocidental da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.05, p. 784-797, 2014.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711–728, 2014.
- ATHIÊ, S.; DIAS, M. M. Use of perches and seed dispersal by birds in na abandoned pasture in the Porto Ferreira state park, southeastern Brazil. **Brazilian Journal Biology**, v. 76, n. 1, p. 80 – 92, 2016.
- BARBOSA, K. C. A importância da interação animal-planta na recuperação de áreas degradadas. IN.: BARBOSA, L.M. (Coord). **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo**: Matas Ciliares do Interior Paulista. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006, p. 42-51.
- BECHARA, F. C. **Unidades Demonstrativas de Restauração Ecológica através de Técnicas Nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006. Tese (Doutorado em Recursos Florestais), ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- BOANARES D.; AZEVEDO C. S. The use of nucleation techniques to restore the environment: a bibliometric analysis. **Natureza & Conservação. Brazilian Journal of Nature Conservation**, n. 12, v.2, n. 12, p. 93 – 98, 2014.
- BOCCHESE, R. A.; OLIVEIRA, A. K. M.; FAVERO, S.; GARNÉS, S. J. S.; LAURA, V. A. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas a partir da utilização de árvores isoladas e poleiros artificiais por aves dispersoras de sementes, em área de cerrado, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 16, n. 3, p. 207 – 213, 2008.
- BRASIL. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE (SUDENE). **Delimitação do semiárido**. 2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- CGEE – CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252 p.
- CORBIN, J. D.; HOLL, K. D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, v. 265, Fev., p. 37 – 46, 2012.
- CROUZEILLES, R.; FERREIRA, M. S.; CHAZDON, R. L.; LINDENMAYER, D. B.; SANSEVERO, J. B. B.; MONTEIRO, L.; IRIBARREM, A.; LATAWIEC, A. E. STRASSBURG, B. B. N. Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. **Science Advances**, v. 3, p. 1 – 7, 2017.

CROUZEILLES, R.; BEYER, H. L.; MONTEIRO, L. M.; BARBIERI, R. F.; PESSÔA, A. C. M.; BARROS, F. S. M.; LINDENMAYER, D. B.; LINO, E. D. S. M.; GRELLE, C. E. V.; CHAZDON, R. L.; MATSUMOTO, M.; ROSA, M.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration. **Conservation Letters**, v. 13, p 1 – 9, 2020.

DIAS, C. R.; UMETSU, F.; BREIER, T. B. Contribuição dos poleiros artificiais na dispersão de sementes e sua aplicação na restauração florestal. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 501-507, 2014.

FERREIRA, G. A. **Poleiros artificiais como núcleos de dispersão de sementes e fatores que influenciam este processo em área de Cerrado *sensu stricto* no Triângulo Mineiro**. 2014, 40 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG, 2014.

GOMES, M. M. S. **Invertebrados edáficos e decomposição de resíduos vegetais em sistemas de uso do solo no semiárido da Paraíba**. 2009, 60 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia – Sistemas Agrossilvipastoris). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2009.

GOMES, R. V. **Aplicação da técnica “Bocaj” e condições microclimáticas em área degradada no Seridó da Paraíba**. 2015, 39 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2015.

GONÇALVES, M. da P. M. **Técnicas de recuperação florestal em áreas perturbadas na caatinga, Ceará**. Recife: UFRPE, 2017. 170 p. Tese (Pós-Graduação em Ciências Florestais). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2017.

GURJÃO, N. de O. **Avanços da degradação ambiental na região Nordeste do Brasil**. 2020, 105 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2020.

JAKOVAC, C. C.; JUNQUEIRA, A. B.; CROUZEILLES, R.; PEÑA-CLAROS, M.; MESQUITA, R. C. G.; BONGERS, F. The role of land-use history in driving successional pathways and its implications for the restoration of tropical forests. **Biological Reviews**, v. 96, p. 1114 – 1134, 2021.

LEITE, I. A. Técnica nucleadora de transposição de galhadas em diferentes espaçamentos no semiárido da Paraíba. 2016, 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2016.

LIMA, N. R. W.; GOMES, S. A. O.; CABRAL, L. M.; ANDRADE, L. A. B.; BASTOS, O. M. P. Fezes: o que elas nos contam? **Revista de Ciência Elementar**, v. 7, n. 03, p. 1 – 12, 2019.

MAIA, E. L. **Capacidade de uso da terra, aspectos socioeconômicos e ambientais no município de Várzea, PB**. Areia: UFPB/CCA, 2017. 128 p. Tese (Doutorado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2017.

MATTOS, L. C. et al. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 556-580, 2020.

MEDEIROS, W. P. **Ciclagem da serrapilheira e fauna edáfica em áreas de caatinga com diferentes estágios sucessionais**. Patos – PB: UFCG, 2015. 62 p.

MELO, V. A. **Poleiros artificiais e dispersão de sementes por aves em uma área de reflorestamento, no estado de Minas Gerais**. 1997, 39 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1997.

MORES, G. J.; BOBROWSKI, R. Efeitos da presença e distância de poleiros artificiais na dispersão de sementes de uma área degradada em Irati, Paraná. **Acta Biológica Catarinense**, v. 5, n. 2, p. 106 – 117, 2018.

NASCIMENTO NETO, J. H. **Aplicação de técnica restauradora em área de caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil**. 2016, 48 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2016.

OLIVEIRA, A. J. F. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013, 116 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Brasília – DF, 2013.

OLIVEIRA, M. A.; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento, p. 800 – 807, 2014.

PACHECO, J. F.; SILVEIRA, L.F.; ALEIXO, A.; AGNE, C. E.; BENCKE, G. A. et al. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. **Ornithology Research**, n. 29, p. 94 – 105, 2021.

PEREIRA NETO, M. C. **Predisposição à desertificação no núcleo Seridó (RN – Brasil): Geoecologia de Paisagens Semiáridas**. 2016, 197 p. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PICHORIM, M.; DAMASCENO, J. P. T.; TOLEDO-LIMA, P.; ARAÚJO, R. D. de; FERREIRA, P. V. S. **Guia de aves da Estação Ecológica do Seridó**. 1ª ed., Natal: Caule de Papiro, 2016.

PINTO, M. G. C. **Avaliação da técnica nucleadora “Bocaj” na restauração de áreas degradadas no Seridó da Paraíba**. 2014, 37 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB, 2014.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B. de; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. de. Restauração de Áreas Degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28 – 36, 2003.

REIS, A.; TRES, D. R.; BECHARA, F. C. A Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica: “Espaço para o Imprevisível”. 2006, 17 p. Disponível em: A

Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica: Espaço para o Imprevisível – PDF Download grátis (docplayer.com.br). Acesso em: 07 jun. 2019.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 2, p. 244 – 250, 2010.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R.; TRENTIN, B. E. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. **Ciência Florestal**, v. 24, n. 2, p. 509-519, 2014

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v.34, n.1, p.65 – 73, 2010.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, v. 35, p. 113 – 120, 2018.

SILVA, J. M.; LEITE, A. P.; SILVA, W. T. M.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, J. S. Eficácia de Técnica Nucleadora Enleiramento de Galhada para restauração de área degradada no semiárido da Paraíba. In.: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS PARA PRODUÇÃO VEGETAL NO SEMIÁRIDO, 3º, 2018, Campina Grande – PB. **Anais eletrônicos...** Campina Grande: UEPB, 2018b. Disponível em: <http://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/40401>. Acesso em: 12 mai. 2019.

SILVEIRA, L. P.; SOUTO, J. S.; DAMASCENO, M. M.; MUCIDA, D. P.; PEREIRA, I. M. Poleiros artificiais e enleiramento de galhada na restauração de área degradada no semiárido da Paraíba, Brasil. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 164-170, 2015.

SOUSA, F. Q.; SOUTO, J. S.; LEITE, A. P.; HOLANDA, A. C.; AGRA, P. F. M.; SANTOS, L. C. Transposição do banco de sementes do solo para restauração ecológica da Caatinga no Núcleo de Desertificação do Seridó. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 50120 – 50138, 2020.

SOUTO, J. S.; NASCIMENTO NETO, J. H.; LEONARDO, F. A. P.; SOUTO, P. C.; BORGES, C. H. A. Uso da técnica restauradora “BOCAJ” em área de Caatinga no Seridó da Paraíba, Brasil. **Agrop. Cient. no Semi Árido**, v.13, n.2, p.154-161, 2017.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação ocorrentes no Nordeste do Brasil**: Sua gênese e sua contenção. Recife, SEMA/SUDENE, 1982, 101p.

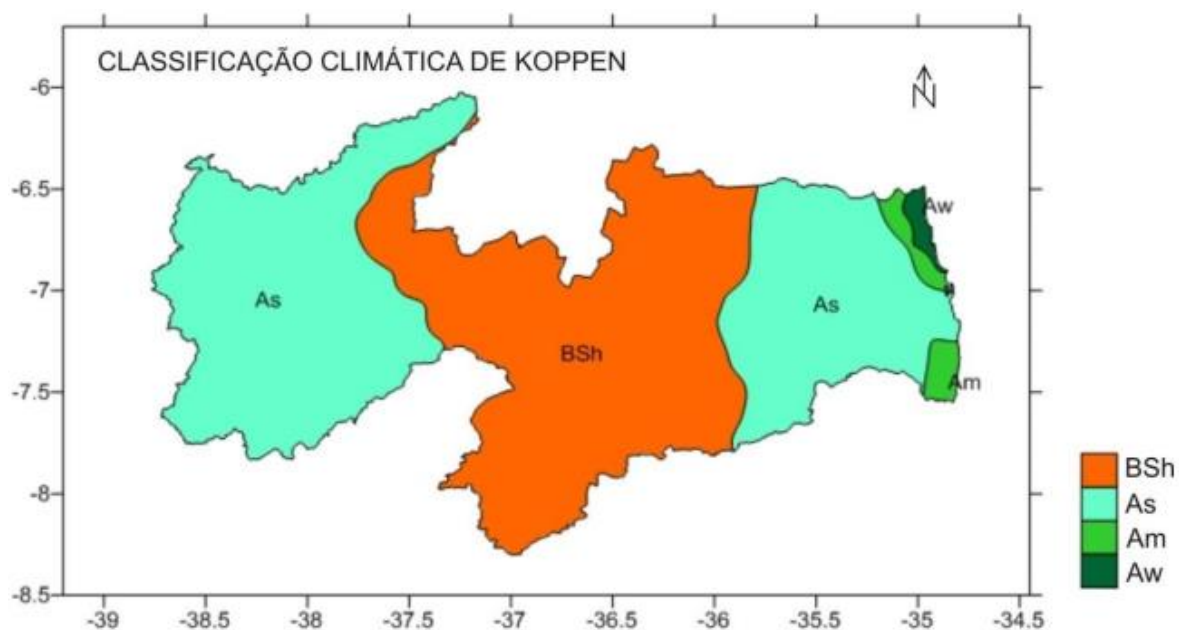
VERGÍLIO, P. C. B.; KNOLL, F. R. N.; MARIANO, D. S.; DINARDI, N. M.; UEDA, M. Y.; CAVASSAN, O. Effect of brushwood transposition on the leaf litter arthropod fauna in a Cerrado área. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1158 – 1163, 2013.

VILLEGAS, S. E.; BAILÓN, M.; HALL, J. S.; SCHNITZER, S. A.; TURNER, B. L.; CAUGHLIN, T.; VAN BREUGEL, M. Edaphic factors and initial conditions influence successional trajectories of early regenerating tropical dry forests. **Journal of Ecology**, v. 108, n. 1, p. 160 - 174, 2020.

VITORIO, L. A. P. **Densidade da madeira de espécies da caatinga**. Campina Grande – PB: UEPB, 2013, 20 p. TCC (Graduação em Ciências Biológicas)

ZAHAWI, R. A., HOLL, K. D., COLE, R. J.; REID, L. Testing applied nucleation as a strategy to facilitate tropical forest recovery. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, n. 1, p. 88 – 96, 2013.

ANEXO 1. Mapa da classificação climática de Köppen no Estado da Paraíba.



Fonte:

FRANCISCO, P.R.M.; MEDEIROS, R. M.; SANTOS, D.; MATOS, R M. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 08, n. 04, p. 1006-1016, 2015.