

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDREIA TABORDA DOS SANTOS

ESTRUTURA, CRESCIMENTO DIAMÉTRICO E POTENCIAL DE OCORRÊNCIA
AMBIENTAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

CURITIBA

2023

ANDREIA TABORDA DOS SANTOS

ESTRUTURA, CRESCIMENTO DIAMÉTRICO E POTENCIAL DE OCORRÊNCIA
AMBIENTAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Doutora em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadores: Dra. Patrícia Póvoa de Mattos

Dr. Evaldo Muñoz Braz

CURITIBA

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Santos, Andreia Taborda dos

Estrutura, crescimento diamétrico e potencial de ocorrência ambiental de espécies florestais da caatinga / Andreia Taborda dos Santos. – Curitiba, 2023.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadores: Dra. Patrícia Póvoa de Mattos

Dr. Evaldo Muñoz Braz

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 19/05/2023.

1. Caatinga. 2. Árvores – Brasil, Nordeste – Identificação. 3. Árvores – Crescimento. 4. Árvores – Medição. 5. Troncos (Botânica) – Medição. I. Machado, Sebastião do Amaral. II. Mattos, Patrícia Póvoa de. III. Braz, Evaldo Muñoz. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 574.52652
CDU – 582.4(812)

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **ANDREIA TABORDA DOS SANTOS** intitulada: **ESTRUTURA, CRESCIMENTO DIAMÉTRICO E POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA**, sob orientação do Prof. Dr. SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 19 de Maio de 2023.

Assinatura Eletrônica

19/05/2023 12:00:00.0

SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

19/05/2023 11:10:02.0

THIAGO FLORIANI STEPKA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA)

Assinatura Eletrônica

19/05/2023 12:40:55.0

EMANUEL JOSE GOMES DE ARAUJO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO)

Assinatura Eletrônica

19/05/2023 11:08:42.0

ALINE CANETTI

Avaliador Externo (INSTITUTO ÁGUA E TERRA - PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/05/2023 08:37:26.0

ELISABETE VUADEN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ)

Avenida Lothário Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4212 - E-mail: pgfloresta@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.
Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 285444

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 285444

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, à Pós-Graduação em Engenharia Florestal e aos professores da Engenharia Florestal, pelos anos de constante aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida e à Embrapa Florestas pela disponibilização de suas dependências para a realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado por me orientar, apoiar e me ajudar em todos esses anos que estive no programa de Pós-Graduação.

Ao Serviço Florestal Brasileiro, em nome de Joberto Veloso de Freitas, então Diretor de Pesquisa e Informações Florestais, pelos dados concedidos do Inventário Florestal Nacional e ao Serviço Florestal Brasileiro e à Associação de Plantas do Nordeste, em nome de Frans Pareyn, pelas amostras das espécies e pela pronta disposição em ajudar, tornando possível a realização do projeto.

Aos colegas da Embrapa Florestas, Marilice Cordeiro Garrastazu, Elisabete Oaida, Jonatas Gueller e Lucas Araújo Moura pela consideração, por me apoiar, aconselhar e auxiliar nas etapas de desenvolvimento da tese.

À minha querida amiga Aline Canetti pela companhia, pelo carinho e pelas contribuições com minha carreira, que tanto me ajudou nos momentos mais difíceis, sempre disposta e de braços abertos.

Aos meus amigos queridos não florestais, pelos momentos de descontração e pelo apoio nas horas difíceis, especi almente à Ana Paula Oening.

Aos meus pais, Daniel e Lusia e também minha irmã Andreza, por acreditarem em mim, e me apoiarem em todas as decisões, dando suporte para seguir sempre em frente.

Ao Dr. Evaldo Muñoz Braz que foi fundamental na minha formação, sempre dando conselhos sábios, como um pai faz com seus filhos, iluminando meu caminho, para que eu alcançasse o tão sonhado título de Doutora.

Por fim, e não menos importante, a Dr. Patrícia Póvoa de Mattos, minha co-orientadora, mentora, mãe de coração, que sempre acreditou em mim, me apoiou em todos os sentidos, não me deixou cair, sempre me dando a mão, nos momentos leves, e principalmente nos momentos difíceis que passei ao longo desses 16 anos de convivência, de cumplicidade, e se depender de mim, você não vai se ver livre da minha pessoa nunca, **TE AMO!**

*“É a perseverança que te levará adiante; o
aprendizado é útil, mas é preciso determinação
para fazer acontecer”*

Angie Bastian

RESUMO

A Caatinga é um bioma exclusivo do Brasil, que predomina no Nordeste e sua conservação está associada ao combate à desertificação. O objetivo deste trabalho é determinar a estrutura e o crescimento diamétrico e o potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis*, em área de Caatinga nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, a fim de subsidiar o uso e a conservação destas espécies. Os dados utilizados para estudo da estrutura, foram obtidos do Inventário Florestal Nacional Brasileiro (IFNBR), que foi elaborado pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB). A coleta ocorreu em unidades amostrais, distribuídas sistematicamente. As amostras para estudo do crescimento foram cedidas pela Associação de Plantas do Nordeste (APNE) e pelo SFB. Para cada espécie, foram coletados discos na base e a 1,30 m do solo, que foram secos e polidos para marcação e medição dos anéis. Foram ajustados 8 modelos de crescimento em diâmetro. Das curvas de incremento, foi obtida as curvas de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA) em área transversal. Para modelagem do potencial de ocorrência, foi considerada camadas climáticas obtidas da base de dados WorldClim. Os dados de ocorrência foram obtidos na base *SpeciesLink*. Para a modelagem, utilizou-se a plataforma *OpenModeller* e o algoritmo de distância ambiental. As coordenadas geográficas foram obtidas na base do Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA). As espécies *B. forficata* e *C. sonderianus* não foram registradas pelo IFNBR. Para *P. moniliformis* e *C. leptophloeos*, foi possível obter a distribuição diamétrica. *P. moniliformis* e *C. leptophloeos*, apresentaram padrão de distribuição diamétrica em J-invertido. *P. moniliformis* apresentou valor “q” De Liocourt próximo a 1, e *C. leptophloeos* próximo a 3. As séries cronológicas atingiram períodos de até 108 anos. A amostra com maior DAP (34 cm) foi de *C. leptophloeos* e a menor foi de *C. sonderianus* (4 cm). *C. sonderianus* apresentou o menor incremento médio com 0,22 cm. O menor incremento médio anual foi para *C. sonderianus* (0,17 cm.ano⁻¹) e o maior para *C. leptophloeos* (0,43 cm.ano⁻¹). O modelo de Gompertz foi selecionado para todas as espécies. *B. forficata* atingiu o ponto de máxima tangencia próximo aos 23 anos, com 6 cm de DAP, *C. leptophloeos* aos 47 anos, com 19 cm de DAP, *C. sonderianus* próximo dos 9 anos, com 3 cm de DAP e *P. moniliformis* próximo dos 35 anos, com 10 cm de DAP. *C. leptophloeos* e *P. moniliformis*, apresentaram maior quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro. O modelo de Gompertz foi o que apresentou melhor ajuste para todas as espécies. As curvas de IMA_g e ICA_g foram eficientes para relacionar a estrutura diamétrica de *C. leptophloeos* e *P. moniliformis* na floresta. A modelagem do potencial de ocorrência ambiental mostra que, apesar de se tratarem de espécies de ocorrência natural na Caatinga, apresentam diferenças em suas regiões preferenciais. Campanhas de conscientização, associado ao reflorestamento de espécies que visem produção de biomassa energética, pode ser uma solução real contra o processo de degradação que ocorre no sertão.

Palavras-chave: Bioma Caatinga, Modelagem diamétrica; potencial de ocorrência ambiental

ABSTRACT

The Caatinga is a unique biome in Brazil, predominant in the Northeast region, and its conservation is linked to the fight against desertification. The aim of this study is to determine the structure, diameter growth, and potential environmental occurrence of *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus*, and *Pityrocarpa moniliformis* in the Caatinga area across the states of Ceará, Pernambuco, and Piauí. This research intends to support the utilization and conservation of these species. Data for the structural analysis were obtained from the Brazilian National Forest Inventory (IFNBR), conducted by the Brazilian Forest Service (SFB). Sampling took place in systematically distributed sample units. Growth study samples were provided by the Association of Plants of the Northeast (APNE) and the SFB. For each species, discs were collected at the base and at 1.30 meters above the ground, dried, and polished for ring marking and measurement. Eight diameter growth models were fitted. From the growth curves, average annual increment (MAI) and current annual increment (CAI) in cross-sectional area were derived. For potential occurrence modeling, climatic layers from the WorldClim database were considered. Occurrence data were obtained from the SpeciesLink database. The OpenModeller platform and the environmental distance algorithm were employed for modeling. Geographic coordinates were acquired from the Environmental Information Reference Center (CRIA) database. *B. forficata* and *C. sonderianus* were not registered in IFNBR. For *P. moniliformis* and *C. leptophloeos*, diameter distribution was obtained. Both *P. moniliformis* and *C. leptophloeos* exhibited a J-inverted diameter distribution pattern. *P. moniliformis* showed a Liocourt's "q" value near 1, and *C. leptophloeos* near 3. The chronology series spanned up to 108 years. The largest DBH (34 cm) was found in *C. leptophloeos*, while the smallest was in *C. sonderianus* (4 cm). *C. sonderianus* displayed the lowest average increment at 0.22 cm. The smallest average annual increment was for *C. sonderianus* (0.17 cm.ano⁻¹), and the largest was for *C. leptophloeos* (0.43 cm.ano⁻¹). The Gompertz model was selected for all species. *B. forficata* reached the point of maximum tangency around 23 years with a 6 cm DBH, *C. leptophloeos* at around 47 years with a 19 cm DBH, *C. sonderianus* at approximately 9 years with a 3 cm DBH, and *P. moniliformis* around 35 years with a 10 cm DBH. *C. leptophloeos* and *P. moniliformis* exhibited a higher quantity of individuals in smaller diameter classes. The Gompertz model provided the best fit for all species. The MAI and CAI curves were efficient in relating the diameter structure of *C. leptophloeos* and *P. moniliformis* in the forest. Environmental occurrence modeling reveals that, although these species are naturally occurring in the Caatinga, they show differences in their preferred regions. Awareness campaigns, coupled with reforestation of species aimed at biomass production, could be a practical solution against the degradation process occurring in the hinterland.

Keywords: Caatinga biome, diametric modeling; potential environmental occurrence

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – UNIDADES AMOSTRAIS (CONGLOMERADOS) INSTALADAS NOS ESTADOS DO CE, PE, PI NO BIOMA CAATINGA.....	35
FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DA UNIDADE AMOSTRAL.....	36
FIGURA 3 – DETALHAMENTO DA DIVISÃO DA SUBUNIDADE EM SUBPARCELAS.....	37
FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE COLETA.....	39
FIGURA 5 – DISCOS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS, APÓS PROCEDIMENTO PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO DAS CAMADAS DE CRESCIMENTO <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Croton sonderianus</i> e <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (A) E <i>Commiphora leptophloeos</i> (B).....	41
FIGURA 6 – MEDIDOR DE ANÉIS DE CRESCIMENTO LINTAB, ACOPLADO A UM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO.....	42
FIGURA 7 – DATAÇÃO CRUZADA ENTRE RAIOS (A) E ENTRE ÁRVORES (B).....	42
FIGURA 8 – PONTOS DE OCORRÊNCIA DE A) <i>Bauhinia forficata</i> , B) <i>Commiphora leptophloeos</i> , C) <i>Croton sonderianus</i> E D) <i>Pityrocarpa moniliformis</i> APÓS PROCESSAMENTO.....	51
FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA EM PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.....	56
FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA NO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.....	57
FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA NO PIAUÍ DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.....	57
FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE INDIVÍDUOS DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA NOS TRÊS ESTADOS ESTUDADOS, DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.....	58
FIGURA 13 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA DO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10$ CM.....	59
FIGURA 14 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA DE PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10$ CM...	59

FIGURA 15 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NA CAATINGA DO PIAUÍ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$	60
FIGURA 16 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE INDIVÍDUOS DE <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA NOS TRÊS ESTADOS ESTUDADOS, DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$	60
FIGURA 17 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> NA CAATINGA DO CEARÁ (A) E PERNAMBUCO (B) DE INDIVÍDUOS COM $\text{DAP} \geq 10 \text{ CM}$	61
FIGURA 18 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> NO BIOMA CAATINGA DE TODOS OS INDIVÍDUOS DE PERNAMBUCO E DO CEARÁ EM CONJUNTO, COM $\text{DAP} \geq 10 \text{ CM}$	62
FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> NA CAATINGA DO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$	63
FIGURA 20 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> NA CAATINGA DE PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$	64
FIGURA 21 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> DE TODOS OS INDIVÍDUOS DA CAATINGA DE PERNAMBUCO E DO CEARÁ EM CONJUNTO, COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$	64
FIGURA 22 – INCREMENTO (CM ANO^{-1}), POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA <i>Bauhinia forficata</i> (A), <i>Commiphora leptophloeos</i> (B), <i>Croton sonderianus</i> (C), E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (D) NO BIOMA CAATINGA.....	69
FIGURA 23 – MODELOS DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO (GOMPERTZ) AJUSTADOS PARA <i>Bauhinia forficata</i> (A), <i>Commiphora leptophloeos</i> (B), <i>Croton sonderianus</i> (C) E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (D) NO BIOMA CAATINGA.....	73
FIGURA 24 - CURVAS DE INCREMENTO ICA E IMA EM ÁREA TRANSVERSAL PARA <i>Bauhinia forficata</i> (A), <i>Commiphora leptophloeos</i> (B), <i>Croton sonderianus</i> (C) E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> (D) NO BIOMA CAATINGA.....	75
FIGURA 25 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL X ESTRUTURA DIAMÉTRICA PARA <i>Commiphora leptophloeos</i> NO BIOMA CAATINGA.....	78

FIGURA 26 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL X ESTRUTURA DIAMÉTRICA PARA <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	79
FIGURA 27 – PONTOS DE OCORRÊNCIA (A) E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL (B) PARA <i>Bauhinia forficata</i>	80
FIGURA 28 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA <i>Commiphora leptophloeos</i>	82
FIGURA 29 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA <i>Croton sonderianus</i>	84
FIGURA 30 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA <i>Pityrocarpa moniliformis</i>	85

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MODELOS DE CRESCIMENTO TESTADOS PARA <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	44
TABELA 2 – CAMADAS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS DISPONIBILIZADAS POR WORLDCLIM.....	46
TABELA 3 – DADOS UTILIZADOS PARA MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i>	47
TABELA 4 – INDICADORES DA QUALIDADE DO MODELO PARA <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i>	52
TABELA 5 – NÚMERO DE CLASSES DE DIÂMETRO E SEUS RESPECTIVOS INTERVALOS ENTRE CLASSES OBTIDOS PELA METODOLOGIA DE STURGES PARA OS INDIVÍDUOS COM DIÂMETRO ACIMA DE 10 CM NAS ÁREAS DE ESTUDO NA CAATINGA.....	55
TABELA 6 – NÚMERO DE CLASSES DE DIÂMETRO E SEUS RESPECTIVOS INTERVALOS ENTRE CLASSES PARA OS INDIVÍDUOS COM $5 \text{ CM} \geq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$ NAS ÁREAS DE ESTUDO NA CAATINGA.....	55
TABELA 7 – COEFICIENTE “Q” DE LIOCOURT NO BIOMA CAATINGA NOS DIFERENTES ESTADOS, CONSIDERANDO AMOSTRAS COM $\text{DAP} \geq 10 \text{ CM}$	67
TABELA 8 – VALORES DE DAP MÁXIMO, MÍNIMO, SÉRIE CRONOLÓGICA MÁXIMA, NÚMERO DE CAMADAS ANUAIS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO MÉDIO EM DIÂMETRO CONSIDERADOS PARA ANÁLISE, PARA AS QUATRO ESPÉCIES DO BIOMA CAATINGA.....	69
TABELA 9 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E COEFICIENTES DAS EQUAÇÕES DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO AJUSTADAS PARA <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	72

TABELA 10 - MÁXIMO INCREMENTO CORRENTE ANUAL E MÁXIMO INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM ÁREA TRANSVERSAL PARA <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	76
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GERAL.....	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 CAATINGA.....	19
3.1.1 Ceará.....	24
3.1.2 Pernambuco.....	24
3.1.3 Piauí.....	25
3.2. ESPÉCIES ESTUDADAS.....	26
3.2.1 <i>Bauhinia forficata</i>	26
3.2.2 <i>Commiphora leptophloeos</i>	27
3.2.3 <i>Croton sonderianus</i>	28
3.2.4 <i>Pityrocarpa moniliformis</i>	28
3.3 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	29
3.4 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	31
3.5 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL DE <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	35
4.2 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE <i>BAUHINIA FORFICATA</i> , <i>COMMIPHORA LEPTOPHLOEOS</i> , <i>CROTON SONDERIANUS</i> E <i>PITYROCARPA MONILIFORMIS</i> NO BIOMA CAATINGA.....	38
4.2.1 Áreas de estudo.....	38
4.2.1.1 Canindé.....	39
4.2.1.2 Floresta.....	40

4.2.1.3 Simplício Mendes.....	40
4.2.2 Coleta de amostras.....	41
4.2.2.1 Preparo das amostras.....	41
4.2.2.2. Obtenção das séries de crescimento.....	41
4.2.2.3 Modelagem do crescimento em diâmetro.....	43
4.3 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE <i>Commiphora leptophloeos</i> E <i>Pityrocarpa</i> <i>moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	53
5.2 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE <i>BAUHINIA FORFICATA</i> , <i>COMMIPHORA LEPTOPHLOEOS</i> , <i>CROTON SONDERIANUS</i> E <i>PITYROCARPA MONILIFORMIS</i> NO BIOMA CAATINGA.....	68
5.3 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE <i>Bauhinia forficata</i> , <i>Commiphora leptophloeos</i> , <i>Croton sonderianus</i> E <i>Pityrocarpa moniliformis</i> NO BIOMA CAATINGA.....	79
CONCLUSÕES.....	88
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERENCIAS.....	90
ANEXO I DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS.....	106

1 INTRODUÇÃO

A caatinga é um bioma exclusivo do Brasil, que predomina no Sertão do Nordeste, e apesar de existirem outras regiões no mundo com características semelhantes, como no Chile, Ásia e na África, as espécies aqui existentes, são diferentes e exclusivas, como também possuem uma diversidade bem maior que estas regiões (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2023).

O bioma ocupa 862.818 km², equivalendo a 10,1% do território nacional (IBGE, 2019). O clima que predomina na Caatinga é o semiárido, constituindo uma característica importante que determina a natureza da Caatinga. A região está sujeita a irregularidades pluviométricas e, talvez em razão disto, sua fisionomia se expresse de forma tão contundente, complexa e heterogênea (LIMA, 2012). O sistema de chuvas divide o ano em dois períodos: o chuvoso e o seco (ASSOCIAÇÃO CAATINGA, 2023). O período chuvoso é curto, de 3 a 5 meses de duração, de janeiro a maio. O período seco, ocorre na maior parte do ano, de 7 a 9 meses, entre junho e dezembro.

Existem na Caatinga aproximadamente 5.311 espécies de plantas, e destas, 1.547 são endêmicas (IBGE, 2019). Lima (2012), citou que as espécies vegetais que habitam a Caatinga experimentaram adaptações ao longo do tempo, criando estratégias de sobrevivência muito peculiares, as quais ainda são pouco estudadas. Dados mais atuais, indicam uma grande riqueza de ambientes e espécies, tratando-se do bioma semiárido mais biodiverso do mundo (BRASIL, 2022).

Pertencem a este bioma, parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte nordeste de Minas Gerais, no vale do Jequitinhonha (LEAL et al., 2005).

De acordo com Alves Júnior (2010), a região Nordeste guarda relação de grande dependência socioeconômica por recursos florestais. Segundo o autor, a demanda por biomassa para combustível em algumas indústrias apresenta efeitos ambientais negativos marcantes, especialmente em alguns consumidores intensivos, como cerâmicas e caieiras. A exploração de lenha sem manejo florestal incorre em condição visivelmente não renovável e insustentável, associada ao empobrecimento do solo e à desertificação.

A conservação da Caatinga está profundamente associada ao combate à desertificação. No Brasil, 62% das áreas sensíveis à desertificação estão em áreas

originalmente ocupadas por caatinga. Apenas 9% do bioma está coberto por unidades de conservação, sendo pouco mais de 2% por unidades de proteção integral, como Parques, Reservas Biológicas e Estações Ecológicas (BRASIL, 2022).

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015), o grupo de Geoprocessamento do Centro Regional do Nordeste (CRN) do INPE apresentou resultados do monitoramento por satélite da Caatinga, cobrindo uma área aproximada de 90 mil km² (9,15% do total da caatinga), onde observaram 40% da Caatinga preservada, 45% de Caatinga degradada, 7,2% de solo exposto, 6,5% de lavoura e 0,7% de corpos d'água.

As ameaças à conservação da Caatinga devem-se também às atividades de desmatamentos para formação de pastagens e utilização de técnicas de irrigação inadequadas. Essas práticas intensificam a desertificação, o assoreamento dos rios e aceleram o desgaste do solo. Este tipo de exploração em um ambiente pouco conhecido e complexo poderá levar a um processo irreversível de degradação.

A riqueza de espécies do Bioma Caatinga contrasta com a carência de informações sobre espécies arbóreas com potencial econômico, restringindo seu aproveitamento. Muitas espécies arbóreas apresentam potencial para uso madeireiro, não madeireiro ou mesmo para uso como espécies para recuperação de áreas degradadas.

A preocupação com o uso não sustentável das formações florestais indica a importância das funções ecológicas e econômicas dessas como provedoras de madeiras e produtos não madeireiros, como habitat para a diversidade biológica e como reguladoras de ambientes local, regional e global (PEARCE et al., 2003).

Para praticar a sustentabilidade, é necessário desenvolver alternativas para o uso adequado à cada tipo de floresta ou ambiente. Conhecimentos sobre as características ecológicas e estruturais bem como sobre o crescimento de espécies de interesse econômico são importantes para a criação de alternativas de manejo.

Há uma demanda crescente para o desenvolvimento de métodos alternativos de manejo das vegetações naturais, para garantia de sua manutenção frente a novas opções de uso da terra. Assim, torna-se necessário desenvolver critérios de manejo para espécies nativas. Para isso, é fundamental ter o conhecimento de variáveis que possibilitem estimar tanto a produção como a recuperação do crescimento pós-manejo ou de outras intervenções antrópicas.

O manejo florestal possibilita a utilização das florestas de maneira sustentável, fornecendo benefícios sociais, econômicos e ambientais. Entretanto, tornar prático o manejo sustentável em áreas nativas requer o conhecimento de suas características ecológicas, estruturais e, principalmente, o crescimento das espécies de interesse econômico.

As estimativas feitas a partir de modelos hipsométricos e de volume, bem como a predição do crescimento e da produção de povoamentos manejados são essenciais à credibilidade de um plano de manejo, tendo em vista que as decisões de manejo são tomadas com base nas taxas de crescimento e na produção que esses povoamentos podem alcançar de acordo com esta taxa (FERREIRA et al., 1998).

Dados de crescimento de árvores na Caatinga podem ser obtidos pelo estudo dos anéis de crescimento. O emprego desta técnica possibilita a retrospectiva do crescimento de uma árvore. Estudos dendrocronológicos com espécies da Caatinga ainda são escassos, mas os poucos realizados mostram potencial para a recuperação de informações de crescimento passado (SILVA, 2006; AGUSTINI et al., 2008; SILVA et al., 2009; 2011; DOMENE et al., 2010; 2012; MATTOS et al., 2010; 2012; 2015).

Existe uma grande lacuna no conhecimento e sua resposta a diferentes condições ambientais, em função da diversidade de espécies arbóreas nessa região. A obtenção do ritmo de crescimento de espécies nativas da Caatinga por dendrocronologia dará subsídios, de maneira rápida, para subsidiar o uso e a conservação de diferentes espécies.

Além disso, o conhecimento dos padrões de crescimento das espécies pode contribuir para o planejamento de plantios florestais e tratamentos silviculturais futuros, considerando particularidades de crescimento de cada espécie e das diferentes condições ambientais em cada sítio. Assim, as hipóteses deste trabalho são: Os incrementos da curva de distribuição em área transversal podem explicar a estrutura diamétrica da espécie na floresta; O ciclo de vida das diferentes espécies não é consistente com a norma de manejo estabelecida na legislação; O ponto de estagnação técnica do crescimento difere entre espécies; O potencial de ocorrência ambiental varia entre as espécies.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar a estrutura diamétrica de *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, o padrão e o ritmo de crescimento diamétrico e o potencial de ocorrência ambiental de quatro espécies nativas sendo elas: *Bauhinia forficata* Link, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, *Croton sonderianus* Mull. Arg. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, em três estados distintos, sendo eles o estado do Ceará, Pernambuco e Piauí, em áreas de vegetação natural da Caatinga, a fim de subsidiar o uso e a conservação destas espécies.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever a estrutura diamétrica das espécies em estudo e associar com seu ciclo de vida.
- b) Determinar o padrão e o ritmo de crescimento das espécies em estudo, com intuito de desenvolver equações de crescimento em diâmetro para as espécies estudadas;
- c) Estudo do potencial de ocorrência ambiental das espécies selecionadas, em um remanescente de Caatinga.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CAATINGA

A Caatinga, inserida no Nordeste brasileiro compreende uma vasta área do território nacional, tratando-se da região árida mais populosa do planeta, com cerca de 27 milhões de habitantes, dos quais em torno de 44% dos residentes encontram-se na área rural (MATA *et al.*, 2019). Apesar de ser a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional, pouca atenção tem sido dada à conservação da variada e marcante paisagem da Caatinga (SILVA *et al.*, 2004).

Esses mesmos autores afirmaram ainda que a contribuição da biota à biodiversidade extremamente alta do Brasil tem sido subestimada. A grande variedade de espécies desse bioma está sendo ameaçada e algumas ainda estão sendo registradas, indicando como a precariedade de estudos realizados é grande nesse ecossistema (ALVES *et al.*, 2009). Araripe (2020) citou que os recursos ecossistêmicos da Caatinga nem sempre são explorados de forma sustentável e que o desmatamento e a degradação ambiental da região estão relacionados com a agropecuária, a agricultura, a indústria entre outros, o que tem ocasionado uma redução da diversidade biológica, degradação do solo e erosão.

De acordo com Tabarelli *et al.* (2018), a falta de valorização e políticas públicas na região acabam gerando um estereótipo negativo desse ambiente. Por ser uma das regiões menos conhecidas do país, é necessário compreender suas dinâmicas ambientais, sociais e econômicas, para melhor conservá-la.

A conservação da caatinga está intimamente associada ao combate da desertificação, processo de degradação ambiental que ocorre em áreas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas. No Brasil, 62% das áreas passíveis à desertificação estão em áreas ocupadas por caatinga, sendo que muitas já estão bem alteradas (BRASIL, 2022).

Em maio de 2018 teve início o projeto GEF Terrestre - Estratégias de conservação, restauração e manejo para a biodiversidade da Caatinga, juntamente com o Pampa e o Pantanal, sendo ele a principal iniciativa do Departamento de Ecossistemas do MMA para o bioma Caatinga, que tem como objetivo, aumentar a conservação na Caatinga, Pampa e Pantanal por meio do fortalecimento do Sistema

Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e da integração com outras estratégias de conservação, como os Planos de Ação Nacionais para espécies ameaçadas de extinção e a recuperação de áreas degradadas.

O projeto tem como Agência implementadora o Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID e como agência executora o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – FUNBIO. O projeto tem previsão de término em maio de 2023 (BRASIL, 2022). Apesar disto, os investimentos em pesquisas sobre biodiversidade e conservação nesse bioma ainda são insuficientes, para garantir o entendimento e a conservação de todo o seu recurso natural.

A alta demanda por lenha ou carvão vegetal por parte da indústria local e para uso doméstico causa superexploração legal e ilegal, frequentemente insustentável da vegetação (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010), resultando na modificação de cerca de 70% da vegetação da Caatinga (ALVES *et al.*, 2009).

Os usuários locais reconhecem que o estoque de madeira e carvão na Caatinga está em declínio. Além disso, a devastação que está ocorrendo para cumprir as atividades econômicas, associada à fragilidade do ecossistema, provoca uma redução na diversidade biológica, comprometendo os recursos hídricos, aumentando a erosão do solo, compactação do solo e salinização, e reduzindo a produção primária (ALVES, 2007). De acordo com Giulietti *et al.* (2002), a maioria das comunidades não têm acesso a protocolos para refletir as condições locais e para utilizar os recursos florestais sem degradar a floresta, sendo esta uma realidade da Caatinga semiárida do nordeste do Brasil. 80% da lenha e carvão obtidos na região Nordeste, são provenientes do desmatamento. Assim, adotar técnicas e práticas sustentáveis como o reflorestamento e o manejo sustentável, seriam ideais, entretanto não é o que ocorre na região (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010).

Ainda, segundo (RIEGELHAUPT; PAREYN, 2010), o reflorestamento, vem sendo proposto por vários motivos, como por exemplo: compensar ou evitar o desmatamento, substituir o uso de madeira nativa, gerar emprego e renda para zona rural. Todavia, as áreas reflorestadas são ainda muito pequenas.

Assim, o manejo florestal sustentável na Caatinga, surge como uma solução viável contra o desmatamento, pois as formações florestais da região, tem evoluído sob as condições climáticas e solo do semiárido nordestino. A grande maioria das espécies tem diversas adaptações morfofisiológicas, como a rebrota por tocos e raízes, fazendo com que a perda pelo clima seja muito baixa (RIEGELHAUPT;

PAREYN, 2010). Outras vantagens importantes citadas pelos autores é a rápida resposta produtiva que é de um ano em média, enquanto para os plantios esse tempo varia de sete a quinze anos. Também, em áreas sob manejo, é possível realizar outras atividades produtivas, como pecuária, extração de produtos não madeireiros e ecoturismo. O manejo florestal pode ser implementado por médios e grandes produtores, além de assentamentos e vem sendo experimentado desde o início da década de 1980, e formalmente desde o início da década de 1990. Em 2007, uma área de 94.287 hectares se encontrava sob efetivo manejo, atendendo cerca de 6,5% da demanda industrial na Região (APNE, CNIP, 2008).

De acordo com Riegelhaupt (2008), o manejo para fins madeireiros começou formalmente em 1982, no Rio Grande do Norte, numa fábrica de cimento, grande consumidora de carvão vegetal. Na época o então Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal (IBDF), atualmente IBAMA, solicitou a empresa que esta, estabelecesse seu Plano Integrado Floresta – Indústria. Assim, a empresa formulou dois planos de manejo para produção de carvão vegetal em duas fazendas de sua propriedade e estabeleceu uma área experimental com tratamentos de corte raso e seletivo, combinados com o enriquecimento por mudas e por sementes.

O manejo para fins forrageiros iniciou-se de forma experimental em meados de 1980, no Centro Nacional de Pesquisa de Caprinos, da Embrapa, em Sobral/CE, aonde um grupo de pesquisadores iniciou estudo de diversas alternativas de manejo, com objetivo de aumentar a oferta, disponibilidade e a qualidade da forragem. Como resultado, surgiu um conjunto de técnicas de raleamento e rebaixamento do estrato arbóreo, além do enriquecimento do estrato herbáceo (GARIGLIO, 2010).

A autora citou ainda que o manejo sustentável para fins não madeireiros, até o momento ainda não foi aplicado na Caatinga, existem apenas sistemas tradicionais de aproveitamento de frutos de algumas espécies como o umbu (*Spondias tuberosas* Arruda), babaçu (*Orbygnia phalerata* Mart.) entre outros.

Em dezembro de 2003, com recursos do Programa Nacional de Florestas (PNF/MMA) e apoiada pelo Projeto Conservação e Uso Sustentável da Caatinga (MMA/PNUD/GEF/BRA/02/G-31) e pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), foi criada a Rede de Manejo Florestal da Caatinga (RMFC) com o intuito de atuar em toda a região semi-árida e tem por objetivos, consolidar e ampliar a base-técnico-científica de experimentação de manejo florestal no bioma Caatinga, gerar informações consistentes e sistematizadas e disponibilizar as informações obtidas aos mais

diferentes públicos como tomadores de decisão, produtores rurais, consumidores de lenha e carvão, entre outros (GARIGLIO, 2010).

A autora citou ainda que a RMFC vem fazendo um trabalho pioneiro na coleta e sistematização de informações, como a construção de uma rede de parcerias com instituições governamentais e instituições não governamentais e que atualmente, a rede é coordenada pela organização não governamental Associação Plantas do Nordeste (APNE) e conta com a participação das seguintes instituições da região: Embrapa Meio-Norte, Embrapa Semi-Árido, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA), Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Secretaria do Meio Ambiente da Bahia (SEMA), Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE), Universidade Federal de Campina Grande do Piauí (UFPI), Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Universidade Federal de Sergipe (UFS) e Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Atualmente a RMFC é uma das quatro redes de parcelas permanentes apoiadas pelo Ministério do Meio Ambiente por meio do Serviço Florestal Brasileiro. Estrategicamente, as redes estão inseridas no âmbito do Sistema Nacional de Parcelas Permanentes (SisPP), que, por sua vez, subsidia o Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) (GARIGLIO, 2010).

Um grande número de espécies desse bioma está sendo ameaçada e algumas ainda não foram descritas. Isso mostra a urgência de estudos nesse ecossistema (ALVES et al., 2009). Além disso, há insuficiência de informações científicas sobre a capacidade de recuperação da Caatinga depois do corte e queimada, sendo que grande parte da informação disponível se baseia em poucas espécies (FIGUEIRÔA et al., 2006).

Moura e Silva (2021) citaram que as principais famílias, em número de espécies, presentes na Caatinga no sentido mais estrito são: Fabaceae (278 espécies); Convolvulaceae (103 espécies); Euphorbiaceae (73 espécies); Malpighiaceae (71 espécies); Poaceae (66 espécies); e Cactaceae (57 espécies), e nas áreas consideradas como florestas do bioma Caatinga, as famílias mais importantes são: Fabaceae (184 espécies); Rubiaceae (137 espécies); Euphorbiaceae (95 espécies); Poaceae (74 espécies); e Orchidaceae (73 espécies).

A separação de vegetação em herbácea (porte muito baixo), arbustos e árvores mais altas caracteriza a grande diferença fisionômica dos campos e das florestas ou matas.

É uma divisão internacionalmente feita e não muito bem definida no caso da Caatinga, que ora é enquadrada como uma mata seca ora como uma savana (SILVA *et al.*, 2018). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015), após uma atualização do mapeamento e monitoramento sobre uma parte da área da Caatinga, 40% da área se encontra degradada, 42% preservada, 8% do solo exposto, 8% é utilizado para cultivo e 0,8% é representado por corpos de água. Silva *et al.* (2021) citam que na Caatinga a população regional usa um grande número de espécies da fauna e da flora nas atividades, para obtenção de energia, alimento humano e forragens, além de desmatarem para a expansão de pastagem e agricultura, sendo associado à queimada para a preparação do solo.

Em termos de flora forrageira, a Caatinga apresenta uma grande diversidade e abundância. Entre as diversas espécies, vale a pena destacar o angico, o pau-ferro, a catingueira, o mororó, entre outros arbustos e árvores (Drumond *et al.*, 2000). Ainda de acordo com os autores, a jurema preta, o engorda-magro, a marmelada de cavalo, estão entre as espécies arbustivas e subarbustivas; e as mucunãs e as cunhãs, entre as lianas e plantas rasteiras. Algumas espécies frutíferas notáveis são o umbu, araticum, mangaba, jatobá, juazeiro, murici e o licuri, que são utilizadas pela população local de forma extrativista. No entanto, essa forma de exploração tem levado a uma rápida diminuição das populações naturais dessas espécies vegetais, que estão ameaçadas de extinção (DRUMOND *et al.*, 2000).

Há várias plantas na caatinga conhecidas por suas propriedades medicinais, como a aroeira, o araticum, a quatro-patacas, o pau-ferro, a catingueira, o velame, o marmeleiro, o angico, o sabiá, o juazeiro, o jericó, entre outras. O pau d'arco, em particular, foi bastante explorado na década de 1960 por suas propriedades curativas contra o câncer, o que resultou na morte de muitos exemplares devido à remoção inadequada da casca. A aroeira e o umbuzeiro possuem grande importância na economia dos agricultores locais, no entanto, devido aos riscos de extinção, seu uso como fonte de energia foi proibido pela legislação florestal (DRUMOND *et al.*, 2000).

3.1.1 Ceará

O Ceará é uma unidade federativa que integra a região do Nordeste brasileiro e possui extensão de 148.894,75 km², sendo composto por 184 municípios. Tem aproximadamente 93% de seu território inserido no semiárido nordestino. O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, se caracteriza como tropical úmido (Aw) e semiárido (BSh). O clima tropical úmido cearense ocorre nas regiões litorâneas e de maior altitude com período de chuvas entre janeiro e julho, tendo uma pré-estação chuvosa em dezembro. O clima semiárido se caracteriza pela escassez hídrica o ano todo. O período de chuvas ocorre de fevereiro a abril, com nove meses de seca (CODEVASF, 2022).

3.1.2 Pernambuco

Pernambuco é um estado brasileiro localizado no centro-leste da Região Nordeste. Além de ser banhado pelo Oceano Atlântico, faz limite com os estados da Paraíba, Ceará, Alagoas, Bahia e Piauí. Ocupa uma área de pouco mais de 98.300 km². Também fazem parte do seu território os arquipélagos de Fernando de Noronha, São Pedro e São Paulo. De acordo com o censo de 2010 do IBGE, Pernambuco possui uma população maior que 8,7 milhões de habitantes, distribuídos em 185 municípios.

Em Pernambuco são identificadas duas características climáticas: o clima tropical e o semiárido. O estado está inserido na Zona Intertropical, apresentando temperaturas altas, que podem variar devido à interferência do relevo e das massas de ar. Na capital, área litorânea denominada de zona da mata, por exemplo, a temperatura média é de 25 °C. Quanto aos índices pluviométricos, a média anual é de 1500 mm. Nas áreas de clima semi-árido as temperaturas são elevadas em boa parte do ano (média de 26 °C) podendo baixar consideravelmente para até 8 °C em alguns locais. A quantidade de chuvas é bem reduzida, algo em torno de 600 mm ao ano, e muitos municípios sofrem com a seca.

3.1.3 Piauí

O estado do Piauí, está localizado na Região Nordeste e sua área corresponde a 251.616,8 km², subdividida em 224 municípios. O estado faz limite com o Ceará a nordeste, com o estado de Pernambuco a sudeste e com a Bahia ao sul. A sudoeste, possui uma estreita fronteira com o estado do Tocantins e em quase toda extensão norte, faz limite com o também estado nordestino do Maranhão, ao qual carrega muitas características semelhantes nos aspectos naturais.

O extremo norte do estado faz fronteira com o Oceano Atlântico. Na região oeste do estado predomina o clima tropical com uma estação chuvosa e outra seca e com médias de temperatura em torno de 25 °C e pluviosidade média anual de 1500 mm. Nas porções central e leste predomina o clima semiárido, que tem as mesmas médias de temperatura do clima tropical, mas conta com um longo período de estiagem, podendo ter apenas 600 mm anuais de médias de chuvas.

As partes Oeste e Sudoeste do Piauí estão sob influência do clima Tropical quente e úmido. As temperaturas nas regiões que possuem esse tipo climático variam entre 18 °C e 30 °C. Anualmente, a precipitação varia entre 1000 mm e 1800 mm. Esse tipo climático apresenta duas estações bem definidas: a chuvosa, que ocorre entre os meses de dezembro e maio, e a seca, que acontece entre junho e novembro.

O Estado do Piauí possui uma das maiores diversidades no que diz respeito ao aspecto e características de sua vegetação. Considerada em um contexto macro, apenas como uma área de transição entre a caatinga e a mata dos cocais, o território piauiense conta, com, pelo menos, quatro tipos distintos de coberturas vegetais.

No extremo norte, próximo ao limite com o Oceano Atlântico, encontra-se a Vegetação litorânea, composta especialmente por manguezais, típicos das áreas alagadas de água salgada ou salobra. A porção sudeste do estado está sob o domínio da Caatinga, vegetação típica do sertão nordestino.

Entre os rios Paraíba e Gurguéia, o sul piauiense está ocupado pelo Cerrado, que é um tipo de savana, com árvores médias e pequenas, com troncos retorcidos e cascas grossas. Quando próxima das águas, é sempre verde e possui diversas fitofisionomias distintas.

Na divisa com o Maranhão, é encontrada a Mata dos Cocais no Meio Norte da Região Nordeste. Rico em palmeiras, como o babaçu e a carnaúba, é uma mata de transição entre a Floresta Amazônica e a Caatinga.

3.2. ESPÉCIES ESTUDADAS

Para o presente estudo, foram selecionadas quatro espécies da região nordeste (*Bauhinia forficata* Link, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, *Croton sonderianus* Mull. Arg. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson), em três estados da federação (Ceará, Pernambuco e Piauí). Essas apresentam uso, valor de mercado e potencial para o manejo variados.

3.2.1 *Bauhinia forficata*

Bauhinia forficata é conhecida vulgarmente como bauhinia, no Rio de Janeiro; capa-bode-grande, no Ceará; casco-de-vaca, no Paraná; mão-de-vaca e miroró, na Bahia; mororó, no Ceará, em Pernambuco, no Piauí, no Paraná, no Rio Grande do Norte e no Estado de São Paulo; mororó-de-espinho, no Ceará e na Paraíba; pata-de-boi, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Estado de São Paulo; pata-de-vaca-branca, no Rio Grande do Sul; pata-de-vaca-com-espinho e unha-de-vaca-de-espinho, no Estado de São Paulo; unha-d'anta, em Minas Gerais; unha-de-boi, em Minas Gerais, em Santa Catarina e no Estado de São Paulo; unha-de-vaca, na Bahia, no Espírito Santo, em Minas Gerais, no Paraná, no Estado do Rio de Janeiro, no Rio Grande do Sul, em Santa Catarina e no Estado de São Paulo (CARVALHO, 2003). Ocorre naturalmente nas latitudes 4° S no Ceará a 31°05' S no Rio Grande do Sul. É uma planta espinhenta, de 5 a 9 m de altura, com tronco tortuoso de 30-40 cm de diâmetro. Ocorre preferencialmente em planícies aluviais úmidas ou início de encostas, quase sempre em formações secundárias como capoeiras. É rara sua ocorrência no interior da mata primária densa (LORENZI, 1992).

Segundo Lorenzi (1992), sua madeira é empregada para caixotaria e obras leves, sendo que os ramos e tronco inteiros podem ser usados para lenha e carvão. É uma planta pioneira e de rápido crescimento, sendo recomendada para plantios mistos em áreas degradadas destinadas à recomposição da vegetação arbórea.

3.2.2 *Commiphora leptophloeos*

Commiphora leptophloeos é uma espécie nativa, mas não endêmica do Brasil, ocorrendo também na Bolívia e Paraguai. No Brasil ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (Pareyn *et al.*, 2018). Tem por sinonímia: *Bursera leptophloeos* Mart.; *Bursera martiana* Engl.; *Bursera orinocensis* Engl., sendo conhecida por amburana, amburana-de-cambão, emburana, imburana, imburana-braba, imburana-de-espinho, imburana-fêmea, imburana-vermelha, jamburana e umburana-de-cambão (CARVALHO, 2008).

De acordo com Pareyn *et al.* (2018), a árvore atinge 6 a 9 m de altura, apresentando copa irregular e ramos tortuosos e espinhos. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 60 cm de DAP (diâmetro a 1,30 m do solo). É uma árvore resinosa, muito esgalhada, casca lisa, fina, laranja-acinzentada e lustrosa.

A espécie apresenta valor madeireiro elevado e diversificado, sendo utilizada na marcenaria, construção civil, estacas, caixotaria, tábuas, portas, janelas, esquadrias, móveis e artesanato (para confecção de carrancas e esculturas diversas). Usada também para lenha e carvão. Na alimentação, seu fruto é comestível quando bem maduro. Nos sistemas agroflorestais é muito recomendada como componente de quebra-ventos e faixas arbóreas entre plantações (Figueirôa *et al.*, 2005). É uma espécie indicada para reflorestamento de áreas degradadas, pois apresenta tolerância a diversas condições ambientais (Figueirôa *et al.*, 2005). A espécie apresenta crescimento lento, pode constituir 90-95% do extrato arbóreo da Caatinga arbóreo-arbustiva, porém apresenta dispersão ampla e descontínua (Carvalho, 2009).

Conforme Pareyn *et al.* (2018), até os dias atuais a exploração econômica da *C. leptophloeos* ocorre unicamente por via extrativista, fazendo com que ocorra uma redução do tamanho das populações de imburana-de-cambão. Assim, os autores recomendam o estabelecimento de programas de manejo florestal sustentável e campanhas educativas junto a artesãos, apicultores, produtores rurais e, principalmente, junto aos cortadores de lenha e madeira, para que no futuro próximo não ocorra à redução na disponibilidade do recurso.

3.2.3 *Croton sonderianus*

Croton sonderianus é conhecido vulgarmente por marmeleiro preto, marmeleiro escuro ou marmeleiro. É uma espécie endêmica do Brasil, com ocorrência restrita em Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA DO BRASIL, 2023). É uma árvore pequena, que chega a atingir 6 a 8 m de altura e 10 cm de diâmetro, ereta e pouco ramificada.

De acordo com Santos et al. (2006), o marmeleiro é apontado como uma das principais fontes de néctar e pólen da caatinga, sendo visitada por *Apis mellifera*, considerada o principal polinizador dessa espécie, responsável pela produção de mel com sabor muito apreciado e de alto valor comercial (SILVA et al., 2012). Pareyn et al. (2018) citam que *C. sonderianus* apresenta potencial para uso em restauração de áreas degradadas, recuperação de solos e proteção contra erosão, devido ao seu hábito pioneiro, fácil propagação, rápido crescimento e grande capacidade de rebrota.

É uma espécie de fácil propagação e sem grandes exigências em relação ao solo (MAIA, 2004). Devido à presença de óleos essenciais, produzido desde as raízes até as folhas, a planta apresenta disponibilidade de material energético renovável, com grande importância, pois tem propriedades idênticas as do “fuel-oil” do petróleo e pode ser usado como fonte renovável de energia (CASTRO et al., 2005).

3.2.4 *Pityrocarpa moniliformis*

Pityrocarpa moniliformis é conhecida por diversos nomes vulgares dentro das unidades da federação brasileira, tais como: na Bahia, angico-de-bezerro, folha-miúda, jurema-preta e rama-de-bezerro; no Ceará, catanduba e catanduba; no Maranhão e na Paraíba, carrasco e catanduba; em Pernambuco, quipembé; no Piauí, angico-de-bezerro e rama-de-bezerro; e no Rio Grande do Norte, catanduba. Pertence à família Fabaceae, tendo *Piptadenia moniliformis* Benth. como sinonímia científica (CARVALHO, 2010).

É uma espécie arbustiva a arbórea sem espinhos, de comportamento decíduo. As árvores maiores atingem dimensões próximas a 9 m de altura e 30 cm de DAP (diâmetro à altura do peito, medido a 1,30 m do solo), na idade adulta (CARVALHO, 2010).

P. moniliformis, é uma espécie pioneira, heliófila, que não tolera baixas temperaturas, e é característica da Caatinga, onde é muito abundante, com dispersão mais ou menos contínua e irregular, ocorrendo preferencialmente em formações secundárias e em áreas abertas. De acordo com Carvalho (2010), necessita de poda de condução e dos galhos, apresentando brotação vigorosa da touça. A espécie cresce bem em plantios puros, densos a pleno sol, podendo ser semeada no lugar definitivo.

Carvalho (2010), cita ainda que existem poucas informações sobre crescimento em plantios. Contudo, seu crescimento inicial é rápido, alcançando facilmente 2 m de altura aos 2 anos de idade. Os ramos finos e as folhas de *P. moniliformis* produzem forragem palatável, podendo servir de alimento para bovinos, caprinos e ovinos (MAIA, 2012). O mesmo autor cita que essa espécie é recomendada na composição de quebra-ventos, em faixas arbóreas entre plantações. É recomendada, também, como componente em pastagens arbóreas mistas.

Essa espécie apresenta potencial apícola, com produção de muito néctar e mel suave, de coloração castanho-clara e de excelente qualidade, no Ceará (AIRES; FREITAS, 2001) e no Maranhão (KERR et. al., 1986).

3.3 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Autores como (SAMPAIO, 1995; ARAÚJO, 2005, 2008; AMORIM et al., 2005; ARAÚJO et al., 2007a; LIMA et al., 2007) citaram que na região semiárida do Brasil, a caatinga é a formação vegetacional de maior extensão e é fortemente marcada pela estacionalidade e irregularidade na distribuição das chuvas.

Para Egler (1951) a caatinga engloba grande número de formações e de associações vegetais, com fisionomia e florística diferentes, sendo um tipo vegetacional bastante heterogêneo, com variação de aspecto tanto de um local para outro como na mesma região, em estações diferentes.

As espécies presentes nesta vegetação exibem grandes variações de abundância populacional. Tais variações indicam diferenças na eficácia biológica das espécies, dentre outras causas, diante do conjunto de condições disponíveis à sobrevivência individual, e têm um importante significado para identificação de

estratégias de ajuste e de fatores chaves limitantes ao estabelecimento das plantas (GRIME, 1977; LAMBERS et al., 1998; ANDRADE, 2000; ARAÚJO et al., 2007a). Entender o porquê das variações de abundância exige entender os fatores ou os mecanismos que as causam, o que possibilita inferir sobre a distribuição geográfica das espécies.

Geralmente, os parâmetros densidade e dominância são frequentemente utilizados para descrever a estrutura das populações e a fisionomia das comunidades vegetais em ambientes semiáridos, pois são tidos como indicativos do uso dos recursos florestais (ARAÚJO, 2005; ARAÚJO; FERRAZ, 2008) e são importantes para a identificação de modelos sucessionais e de dinâmica populacional (GRIME, 1977; CRAWLEY, 1989; REIS et al., 2006).

Os estudos realizados na vegetação da caatinga mostram existir relação entre alguns fatores ambientais e a densidade e dominância das populações. Ao nível de comunidade, foram encontradas relações entre precipitação e densidade total da vegetação (SAMPAIO et al., 1981), entre tipos de solos e densidade (SANTOS et al., 1992), ocorrência de determinadas espécies e tipo de substrato ou microhabitats (RODAL et al., 1999; LEMOS; RODAL, 2002; ARAÚJO et al., 2005a; SILVA et al., 2008b).

Apesar de informações ainda escassas, alguns autores indicaram que as atividades biológicas de muitas espécies, como floração, frutificação, dispersão, germinação, crescimento, incremento e mortalidade populacional são sincronizadas com o período chuvoso (MACHADO et al., 1997; BARBOSA, 2002; BARBOSA et al., 2003; ARAÚJO, 2005, 2008; ARAÚJO et al., 2005b; 2007b; LIMA et al., 2007; ANDRADE et al., 2007; SANTOS et al., 2007; SILVA et al., 2008b; MATTOS et al., 2015).

Para compreender a variabilidade da flora e vegetação atual da Caatinga é preciso observar que, além da diversidade climática e geológica atual, devem-se inserir informações sobre as sucessivas mudanças climáticas pelas quais passou a região, causando mudanças na floresta e na vegetação mais aberta (BIGARELLA et al., 1975).

Dentre os autores que propuseram classificações específicas para a Caatinga, destaca-se Luetzelburg (1922-1923) por observar que esse Bioma apresenta vários tipos fisionômicos, florísticos e ecológicos. Assim, esse autor propôs uma classificação dividindo-a em duas classes: Caatinga arbustiva, subdividida em nove

grupos com base em associações florísticas, e Caatinga arbórea, com três associações.

A classificação de Andrade-Lima (1981) utilizou critérios, sobretudo fisionômicos, além de geológicos, geográficos e antrópicos para separar as sete grandes unidades vegetacionais da Caatinga. Nestas, reconheceu 12 tipos, definidos a partir da composição florística das associações dominantes, sem, contudo, mapeá-los.

Nascimento (1998), cita que o complexo das Caatingas se enquadra dentro das seguintes categorias: vegetação predominantemente arbórea, estacional, xerófila (Caatinga alta) e predominantemente arbustiva, xerófila (Caatinga baixa, Seridó).

Se do ponto de vista fisionômico essa vegetação é bastante variada, no aspecto florístico os problemas são maiores, pois por muito tempo a Caatinga foi considerada uma vegetação pobre, aparentemente em função do baixo número de espécies por unidade de área e da presença de um pequeno núcleo de espécies arbustivo-arbóreas dispersas em toda a parte (RODAL, 1992). Essa autora afirma que o conhecimento da flora da caatinga é ainda bastante incompleto e que, apesar da baixa riqueza por área, a caatinga é muito variada em seu conjunto, por conta dos distintos tipos florísticos que nela ocorrem.

3.4 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Fenômenos como a escassez de água, fotoperíodo e fatores intrínsecos, influenciam diretamente na dinâmica de crescimento das plantas, o que pode ser um fator de interferência que favoreça ou não o crescimento. A precipitação média anual na Caatinga varia entre 240 e 1.500 mm, mas metade da região recebe menos de 750 mm e algumas áreas centrais menos de 500 mm (SAMPAIO, 1995). A maioria das chuvas na Caatinga (50-70%) é concentrada em três meses consecutivos, apesar da alta variação anual e dos longos períodos de seca serem frequentes (NIMER, 1972). O número de meses secos aumenta da periferia para o centro da região, sendo que algumas localidades experimentam períodos de 7 a 11 meses de baixa disponibilidade de água para as plantas (PRADO, 2003). A Caatinga é também caracterizada por um

sistema de chuvas extremamente irregular de ano para ano, o que resulta em secas severas periódicas (KROL et al., 2001; CHIANG; KOUTAVAS, 2004).

Nas últimas décadas, vem se intensificando na Caatinga estudos ecofisiológicos da germinação e do crescimento em condições de laboratório, casa de vegetação e in loco (BARBOSA, 1991; BARBOSA; PRADO, 1991; BARROS; BARBOSA, 1995; BARBOSA et al., 2000). No entanto, ainda são escassos os trabalhos com as espécies lenhosas desse ecossistema, o que reforça a importância de se estudar a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas desse Bioma.

O estudo dos anéis de crescimento permite obter informações de alto valor para a tomada de decisões no manejo florestal, como registros de crescimento, qualificação e acompanhamento dos volumes de madeira produzidos, assim como a estimativa de biomassa e de CO₂ fixado na madeira. Adicionalmente, essa técnica é útil para a realização de estudos de autoecologia, avaliação ou resposta de atividades silviculturais e de reconstrução de eventos climáticos (ALVARADO, 2009).

Os estudos dos anéis de crescimento são a alternativa para recuperação das informações de crescimento de forma mais rápida, sendo usados por pesquisadores em estudos com espécies de clima temperado, há muitos anos (MATTOS et al, 2011). Pesquisadores do mundo todo relatam avanços em diversas áreas, como dendroclimatologia (HUGHES, 2002; FALCON-LANG, 2005; SENKBEIL et al., 2007); dendroecologia (BAR et al., 2006; PERGL et al., 2006), efeito de poluição no crescimento das árvores (TOLUNAY, 2003; WILCZYNSKI, 2006), dendroentomologia (VEJPUSTKOVA; HOLUSA, 2006; ESPER et al., 2007); entre tantos outros.

Spiecker (2002) reportou o conhecimento dos anéis de crescimento e sua aplicação no manejo florestal na Europa. Ressalta a importância de se conhecer o crescimento das florestas para se estabelecer um manejo florestal sustentável, pois o conhecimento do crescimento da floresta não descreve apenas o potencial de produção em volume e as dimensões e qualidade da madeira produzida, mas é importante base para a compreensão das interações entre a floresta e o ambiente. Esse autor ressalta que os anéis revelam informação precisa sobre a reação do crescimento passado e às mudanças ambientais e possibilitam uma melhor compreensão da sensibilidade de uma determinada espécie e local às mudanças ambientais, dando indicativos dos riscos dessas mudanças. O autor afirma ainda que os anéis de crescimento dão base para a escolha da composição de espécies e da análise dos efeitos de idade no crescimento da floresta e efeitos de espaçamento e

competição, além de ser possível avaliar a qualidade da madeira pela análise dos anéis, o que contribui para o manejo da eficiência de custos da floresta.

Trabalhos sobre crescimento periódico anual são escassos na Caatinga, dentre eles, Silva (2006) demonstrou anéis de crescimento anuais em *Croton sonderianus* Mull. Arg. em Pernambuco, construindo correlações entre anéis de crescimento e indicando seu potencial para dendroecologia e orientando usos mais adequados desta espécie pela população regional. Mattos et al. (2015) estudaram o crescimento de *Mimosa tenuiflora* em Sertânia e Serra Talhada no Pernambuco e Limoeiro do Norte no Ceará e aroeira (*Schinus terebinthifolius*) da região do Baixo São Francisco.

3.5 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

A seleção de locais com potencial de ocorrência de uma espécie nativa constitui um facilitador no entendimento do crescimento da espécie em povoamentos instalados para produção ou recuperação de áreas degradadas (GARRASTAZU; MATTOS, 2013). O conhecimento do potencial de ocorrência de uma espécie com importância econômica, associado ao conhecimento dos remanescentes florestais, facilita à definição de medidas direcionadas ao uso e conservação da espécie. O princípio da modelagem assume a existência de uma relação entre a variável dependente (distribuição da espécie) e a combinação das variáveis explicativas (variáveis ambientais) tendo como aplicações a localização de áreas adequadas para plantios ou delimitação de áreas prioritárias para conservação (GARRASTAZU, MATTOS, 2013). Adicionalmente, a ferramenta de modelagem aplicada em ampla escala permite estudos de riscos de espécies invasoras e monitoramento da sua expansão de ocupação, principalmente quando se considera cenários futuros decorrentes dos efeitos de mudanças climáticas.

Ainda em Garrastazu e Mattos (2013) a modelagem gerada pelo Openmodeller possibilitou observar ampla distribuição de ocorrência de *Schinus terebinthifolius* no território nacional, compatível com relatos de ocorrência natural como em Floresta Aluvial, no Paraná (2004; RUAS et al., 2011; CARVALHO et al., 2009); em Floresta Ombrófila Mista, no Paraná (SCHAAF et al., 2006; ACRA, 2010) em restinga (no

Estado do Rio de Janeiro (FONSECA-KRUEL *et al.*, 2009; CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008) no Espírito Santo (ASSIS *et al.*, 2004; VALADARES *et al.*, 2011), na Bahia (MENEZES *et al.*, 2009) e em São Paulo (MARTINS *et al.*, 2008); em floresta estacional semidecidual, no Estado de São Paulo (RODRIGUES; GALVÃO, 2006) e em duna semifixa (ZANELLA *et al.*, 2010). Desta maneira, conhecer o potencial de ocorrência de uma espécie é de suma importância, pois esta ferramenta é uma facilitadora na escolha das medidas que devem ser tomadas no que diz respeito as espécies de interesse. As autoras também analisaram o potencial de ocorrência das espécies *Erythrina velutina* e *Erythrina verna* na região Nordeste do Brasil, com o intuito de gerar subsídios para a elaboração de estratégias para o uso e conservação das espécies em áreas remanescentes (GARRASTAZU, MATTOS, 2019).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Os dados utilizados para estudo do padrão de estrutura diamétrica das espécies nos locais selecionados (PE, PI e CE) foram obtidos do Inventário Florestal Nacional Brasileiro (IFN-BR). O IFN-BR foi elaborado sob coordenação do Serviço Florestal Brasileiro em parceria com a Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE).

A coleta dos dados em campo ocorreu em unidades amostrais (conglomerados) de distância uma das outras de 20 km x 20 km, distribuídas sistematicamente sobre todo o território (FIGURA 1).

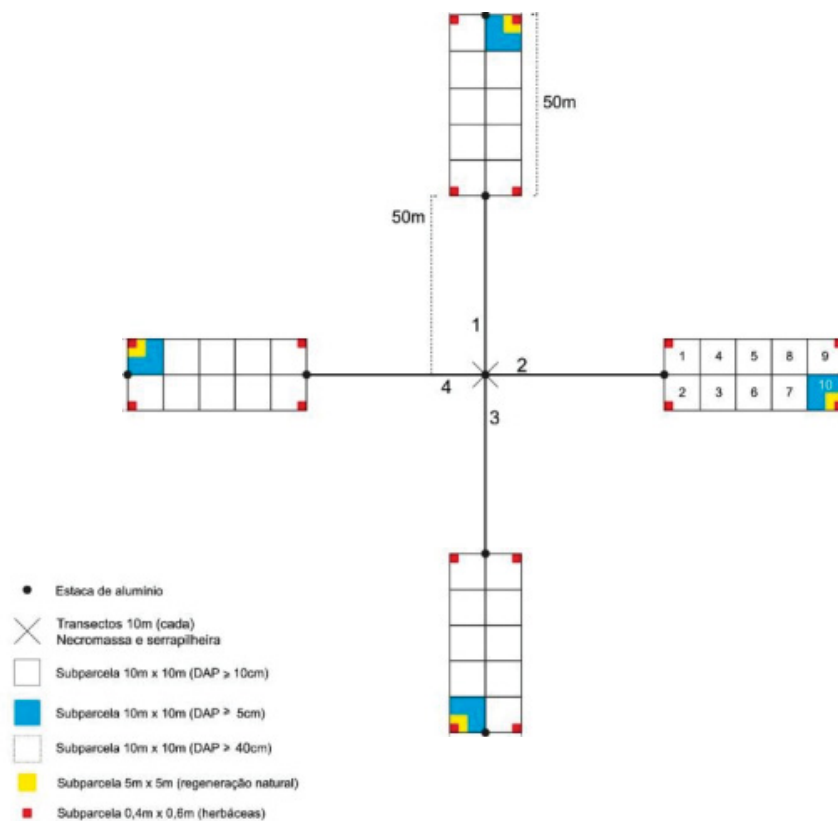
FIGURA 1 – UNIDADES AMOSTRAIS (CONGLOMERADOS) INSTALADAS NOS ESTADOS DO CE, PE, PI NO BIOMA CAATINGA.



FONTE: (SFB, 2021)

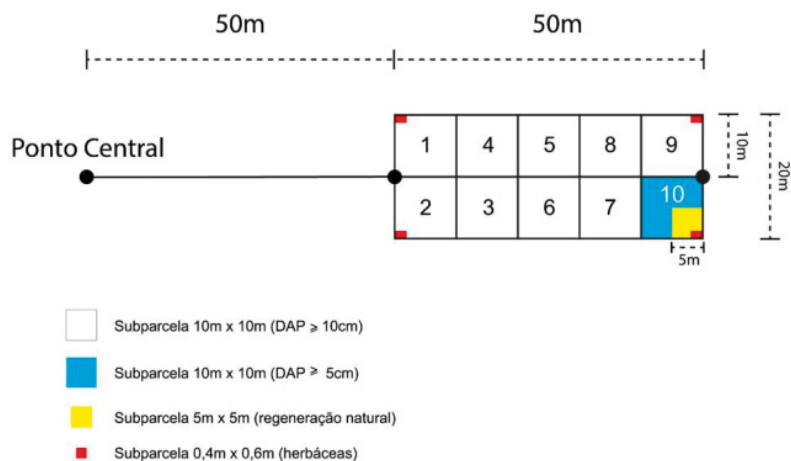
Em cada unidade amostral foi instalado um conglomerado com quatro subunidades amostrais de 20 m x 50 m, subdivididas em 10 subparcelas, representando uma área total de 4.000 m² destinadas à medição de árvores (diâmetro e altura total, além de características do solo) com diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) igual ou superior a 10 cm. Na Figura 2, encontra-se o detalhamento da divisão da subunidade em subparcelas de 10 m x 10 m, subparcelas de 5 m x 5 m e subparcelas 0,4 m x 0,6 m. Em uma das subparcelas de 10 m x 10 m em cada subunidade, foi adicionalmente medida a regeneração natural, incluindo arbustos e árvores com $5 \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$ (FIGURA 3).

FIGURA 2 – REPRESENTAÇÃO DA UNIDADE AMOSTRAL



FONTE: (SFB, 2021)

FIGURA 3 – DETALHAMENTO DA DIVISÃO DA SUBUNIDADE EM SUBPARCELAS.



FONTE: (SFB, 2021)

No Ceará, a coleta de dados em campo ocorreu em 376 unidades amostrais (conglomerados), em Pernambuco, em 205 unidades amostrais e no Piauí, em 304.

A determinação da distribuição diamétrica foi analisada por local (CE, PE, PI) e também em sua totalidade, por espécie. Assim, os dados de DAP foram agrupados em classes de diâmetro para árvores com $DAP \geq 10$ cm por meio do procedimento proposto por Sturges e de acordo com Machado e Figueiredo - Filho (2014) (equações 1, 2 e 3), e amplitude de 1 cm para os indivíduos com $5 \leq DAP < 10$ cm.

$$nc = 1 + 3,3\log(n) \quad (1)$$

$$A = DAP_{m\acute{a}x} - DAP_{m\acute{i}n} \quad (2)$$

$$IC = A/nc \quad (3)$$

Onde:

nc = número de classes

\log = logaritmo decimal

n = número de observações

A = Amplitude entre o maior e menor diâmetro

IC = intervalo entre as classes

A amplitude das classes diamétricas, assim como o número de classes, varia de acordo com a magnitude dos diâmetros (SOARES; PAULA NETO; SOUZA, 2012). A partir da obtenção desses valores, foi possível criar a tabela de frequência (nº de indivíduos ha⁻¹ e por classe) e os histogramas de cada local por espécie e por local de estudo, assim como em sua totalidade. A seguir, foi realizada uma análise visual da distribuição dos diâmetros para verificar se as espécies obedecem ao padrão “J” – invertido, padrão que é típico para florestas inequiâneas.

Para verificar, de forma empírica, as discrepâncias entre as taxas de recrutamento e mortalidade por classe de diâmetro para DAP ≥ 10 cm, foi calculado o quociente “q” De Liocourt, conforme Alves Júnior et al. (2010). Para o cálculo de “q” De Liocourt, utilizamos a equação 4.

$$q = EXP^{b_i*(X_i - X_{i+1})} \quad (4)$$

Onde:

q = quociente de Liocourt

b_i = coeficiente angular

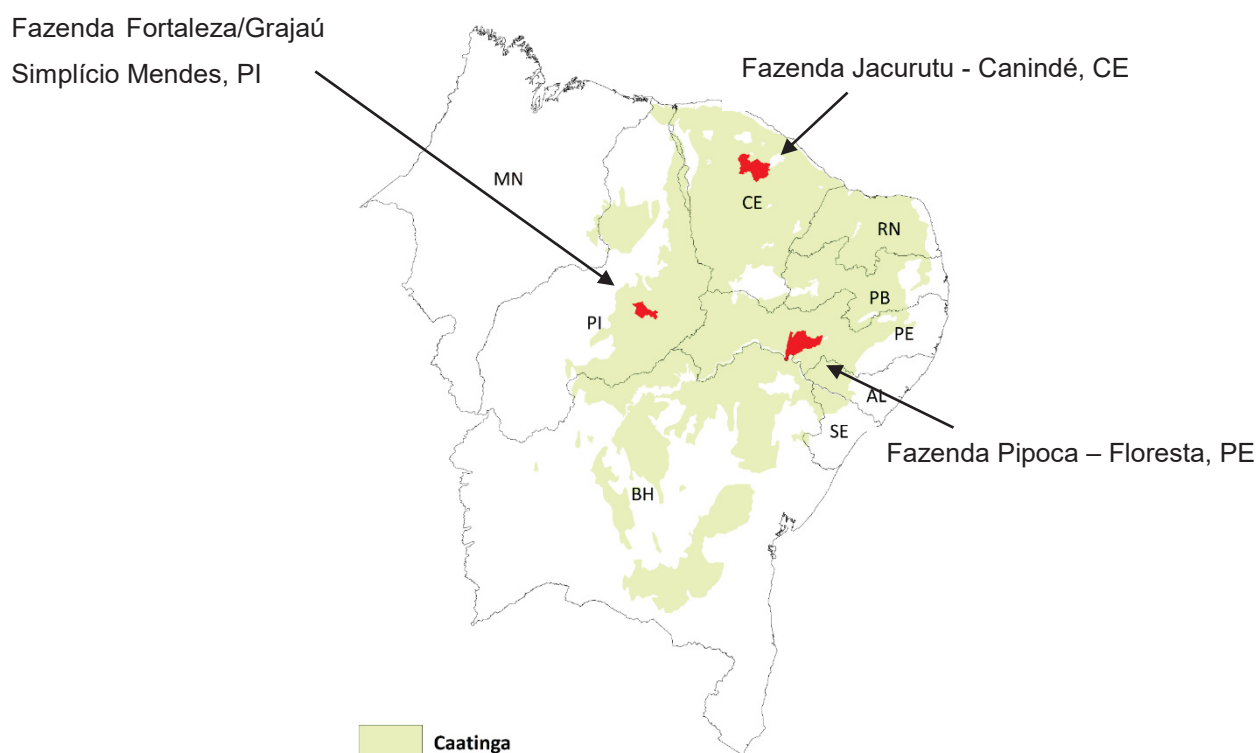
$(X_i - X_{i+1})$ = intervalo entre classes de diâmetro.

4.2 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

4.2.1 ÁREAS DE ESTUDO

O estudo foi realizado com amostras provenientes de três locais distintos (FIGURA 4), sendo eles: Fazenda Jacurutu, no município de Canindé, CE, Fazenda Pipoca, no município de Floresta, PE, e Fazenda Fortaleza – Grajaú no município de Simplício Mendes, PI. As amostras foram cedidas pela Associação de Plantas do Nordeste (APNE) e pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB).

FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE COLETA



FONTE: A autora (2020)

4.2.1.1 Canindé

O município de Canindé se localiza no Centro-Norte do Estado do Ceará, fazendo divisa com outros 15 municípios, na macrorregião do Sertão Central, em uma região de clima tropical quente semiárido, com temperatura média de 26°C a 28°C, possui predomínio de vegetação das Caatingas e relevo composto por maciços residuais e depressão sertaneja (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, 2017). Os dados censitários do município de Canindé, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022A), apontam que sua população estimada para o ano referenciado é de 74.174 mil habitantes, em uma área com cerca de 3.218,5 km². Situado a 155 m de altitude, Canindé tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 4° 21' 32" S, Longitude: 39° 18' 42" W, tem seu período chuvoso entre os meses de fevereiro a abril apresentando pluviosidade média de 756mm por ano (IPECE, 2017).

4.2.1.2 Floresta

Os dados censitários do município de Floresta, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022B), apontam que sua população estimada para o ano referenciado é de 30.144 mil habitantes, em uma área de 3.674,0 Km², está localizado na Mesorregião do São Francisco Pernambucano na Mesorregião de Itaparica, Região de desenvolvimento Sertão Itaparica. Limitando-se ao Norte com Serra Talhada, Betânia e Custódia, ao sul com Inajá, Tacaratu, Petrolândia e o Estado da Bahia, a Leste com Ibimirim e a Oeste com Carnaubeira da Penha e Itacuruba. A sede municipal encontra-se a 316 metros em relação ao nível do mar e tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 08° 36' 02' E e 38° 34' 05' S, sua temperatura média anual é de 26,1° C, sua vegetação é predominante de Caatinga. O clima nessa mesorregião é do tipo BSHW' semiárido, com estação seca bem definida e com chuvas concentradas, sobretudo, no verão, tendo como principal elemento influenciador, o mecanismo de circulação das massas de ar (Condepe 1998).

4.2.1.3 Simplício Mendes

Os dados censitários do município de Simplício Mendes, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022C), apontam que sua população estimada para o ano referenciado é de 13.881 mil habitantes, em uma área de 1.345,8 km². O município de Simplício Mendes está localizado na microrregião de Alto Médio Canindé, na região sudeste do estado do Piauí (Brasil). A sede municipal tem as coordenadas geográficas de 07° 51' 14''S, e 41° 54'37'' O, localiza-se a 416 km da capital Teresina. Apesar de ser um município pequeno, é pólo em sua micro-região, ofertando, numa escala regional, serviços diversos como o comércio. As atividades que contribuíram para o desenvolvimento econômico do município foram a pecuária e a extração de borracha de maniçoba, além do comércio varejista crescente. (MOREIRA; MAVIGNIER, 2007).

4.2.2 Coleta de amostras

4.2.2.1 Preparo das amostras

Para cada uma das espécies selecionadas, foram coletados discos na base (DC) e a 1,30 m do solo (DAP). Os discos foram secos a temperatura ambiente e polidos, seguindo a sequência de grã 40, 80, 120, 180, 220, 320 e 400, para melhor visualização dos anéis de crescimento (FIGURA 5).

FIGURA 5 – DISCOS DAS ESPÉCIES ESTUDADAS, APÓS PROCEDIMENTO PARA MELHOR VISUALIZAÇÃO DAS CAMADAS DE CRESCIMENTO (*Bauhinia forficata*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis* A) E (*Commiphora leptophloeos* B).



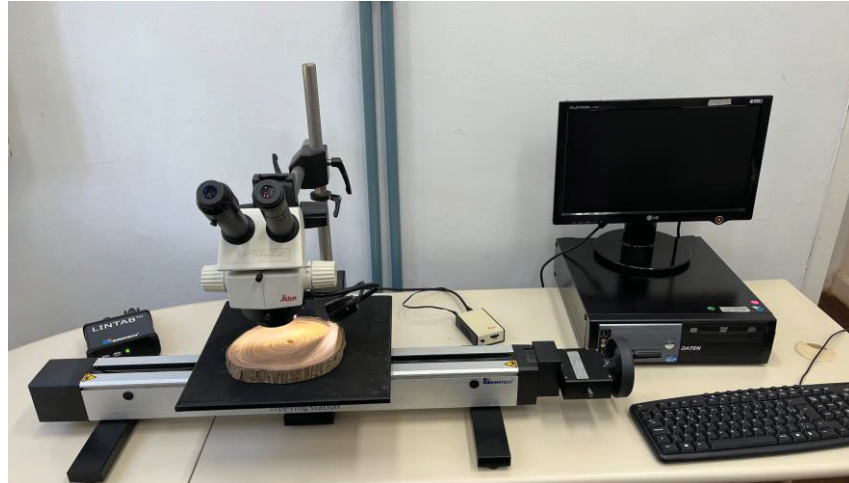
NOTA: A autora (2019)

4.2.2.2. Obtenção das séries de crescimento

Os anéis de crescimento foram identificados e medidos em quatro raios formando um ângulo de 90° entre cada raio, em cada disco, para maior precisão da estimativa do incremento médio anual em diâmetro. Em todos os raios, os anéis foram marcados com auxílio de microscópio estereoscópico. As espessuras dos anéis de crescimento foram mensuradas com precisão de 0,01 mm em mesa de mensuração LINTAB (Frank Rinn, Heidelberg, Alemanha) e com software TSAP-Win (RINN, 1996) (FIGURA 6). As séries de crescimento foram datadas entre raios da mesma árvore, e entre árvores (datação cruzada). A datação cruzada (FIGURA 7), garante o

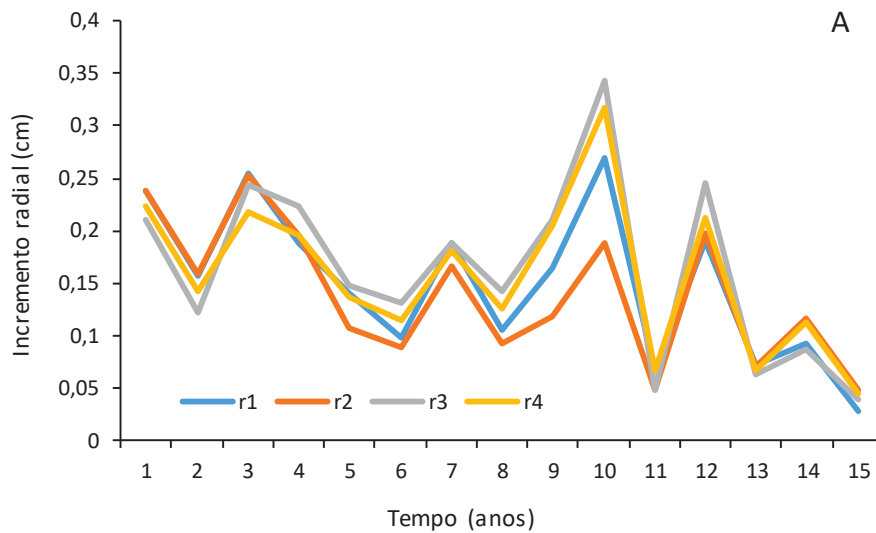
posicionamento adequado no tempo de cada camada de crescimento fornecendo controle experimental (FRITTS, 1976).

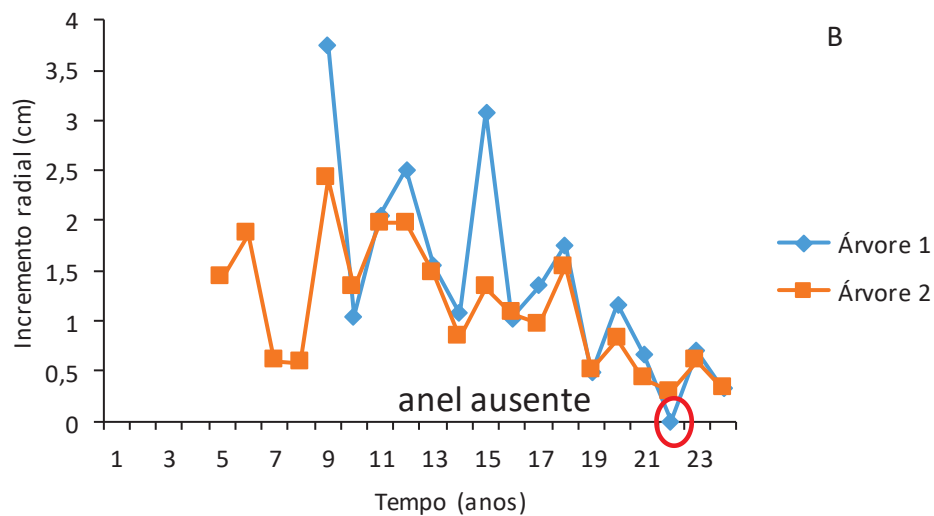
FIGURA 6 – MEDIDOR DE ANÉIS DE CRESCIMENTO LINTAB, ACOPLADO A UM MICROSCÓPIO ESTEREOSCÓPICO



FONTE: A autora (2019)

FIGURA 7 – DATAÇÃO CRUZADA ENTRE RAIOS (A) E ENTRE ÁRVORES (B)





FONTE: A autora (2019)

4.2.2.3 Modelagem do crescimento em diâmetro

Utilizando as séries cronológicas, foram ajustados oito modelos de crescimento biológico (TABELA 1), por regressão não linear utilizando o processo PROC NL MIXED no software SAS®. Todos os modelos são de base biológica, em que o parâmetro β_0 representa a assíntota ou estagnação do crescimento, β_1 a declividade da curva relacionada com o incremento médio e β_2 é a constante de integração da forma diferencial dos modelos, que comumente representa a dimensão inicial dos indivíduos no tempo t (BURKHART; TOMÉ, 2012).

TABELA 1 – MODELOS DE CRESCIMENTO TESTADOS PARA *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniloformis* NO BIOMA CAATINGA.

Denominação	Modelos	Restrições dos parâmetros
Gompertz	$DAP = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 t}}$	$\beta_2 > 0$
Bertalanffy	$DAP = \beta_0 (1 - e(-\beta_1 t)^3)$	$\beta_0 > 0$
Lundqvist-Korf	$DAP = \beta_0 e^{-\frac{\beta_1}{t^{\beta_2}}}$	$\beta_1 > 0$
Chapman-Richards	$DAP = B_0 (1 - e^{-B_1 x})^{B_2}$	$\beta_2 > 0$
Logística	$DAP = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 e^{-\beta_2 t})}$	$\beta_2 > 0$
Monomolecular	$DAP = \beta_0 (1 - \beta_1 e^{-\beta_2 t})$	$\beta_2 > 0$
Schumacher	$DAP = \beta_0 e^{-\frac{\beta_1}{t}}$	$\beta_1 > 0$

Em que: DAP = diâmetro a 1,30 m de altura do solo (cm); i = idade (anos); β_0 , β_1 e β_2 = os parâmetros das equações; e = base do logaritmo natural.

FONTE: Adaptado de Schneider e Schneider (2008).

O método Bootstrap não paramétrico com 100 interações (MILLER, 2004) foi utilizado previamente ao ajuste, para gerar a trajetória de crescimento de mais de 100 árvores pela combinação aleatória dos anéis de crescimento mensurados, aumentando a acuracidade da modelagem. Esse método já foi utilizado para modelagem de séries de crescimento provenientes de dendrocronologia (BRIENEN, 2005, MATTOS et al. 2015 e CANETTI et al., 2017).

Nos ajustes, foram fixados os valores das assíntotas (β_0) no limite superior da maior classe diamétrica, sendo 9 cm para *Bauhinia forficata*, 34 cm para *Commiphora leptophloeos*, 6 cm para *Croton sonderianus* e 18 cm para *Pityrocarpa moniloformis*.

O melhor modelo foi selecionado pelos critérios estatísticos: erro padrão da estimativa – S_{yx} (%), critérios de informação de Akaike corrigido ($AICC$) e Bayesiano (BIC), conforme Equações (5) e (6).

$$AICC = -2 f(\hat{\theta}) + \frac{2(pn)}{n - p - 1} \quad (5)$$

$$BIC = -2 \log L(\hat{\theta}) + p \log n \quad (6)$$

Onde:

AICC = critério de informação de Akaike corrigido; *BIC* = critério de informação Bayesiano; *p* = número de parâmetros a serem estimados; *n* = número de observações da amostra; $f(\hat{\theta})$ = função suporte maximizada.

A partir da contagem dos anéis de crescimento e da obtenção dos incrementos em diâmetro de cada árvore, foi calculado o crescimento anual em área transversal, construindo-se curvas de crescimento acumulado e curvas de incremento.

Foi utilizado o ponto de intersecção das curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) em área transversal para compreender quais os limites biológicos das espécies, isto é, quais os momentos de maior vigor e início do declínio de crescimento das árvores dessas espécies. Esse conceito foi baseado em Weiskittel et al. (2011), que informam que é o incremento em diâmetro da árvore que sinaliza seu vigor biológico. A redução do incremento está relacionada com a maior probabilidade de mortalidade e início da fase de estagnação do crescimento e senescência das árvores (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; NYLAND, 2007; BATISTA et al., 2014).

Dawkins e Philip (1998) considera a acumulação em área basal um indicador da capacidade de suporte da floresta. Assmann (1970), utiliza a área basal como balizador do potencial de incremento das florestas.

O incremento corrente anual em área transversal (ICA_g) e o incremento médio anual em área transversal (IMA_g) foram calculados pelas Fórmulas 7 e 8, respectivamente. Das curvas de incremento, foram obtidos os valores máximos de ICA_g e IMA_g , assim como o cruzamento das duas curvas (SCOLFORO, 1998; OSMASTON, 2010).

$$ICA_g = g_{i+1} - g_i \quad (7)$$

$$IMA_g = g_i/n \quad (8)$$

Em que:

g_i = Área transversal na idade i (cm)

g_{i+1} = Área transversal na idade $i + 1$ (cm)

n = Número de anos

4.3 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Para a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis*, foi aplicada a mesma metodologia descrita em Garrastazu e Mattos (2019). A modelagem foi desenvolvida considerando as camadas climáticas com intervalo de 30 segundos (equivalendo a pixels de 1 km²). As camadas climáticas foram obtidas da base de dados WorldClim (FICK; HIJMANS, 2017), sendo incluídas para processamento as camadas apresentadas na TABELA 2.

TABELA 2 – CAMADAS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS DISPONIBILIZADAS POR WORLDCLIM

Camadas	Dados
alt	Altitude
BIO 1	Temperatura média anual
BIO 2	Amplitude média diurna (Média mensal (temp. máxima – temp. mínima))
BIO 3	Isotermal
BIO 4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)
BIO 5	Temperatura máxima do mês mais quente
BIO 6	Temperatura mínima do mês mais frio
BIO 7	Amplitude da temperatura anual
BIO 8	Temperatura média do quartil mais úmido
BIO 9	Temperatura média do quartil mais seco
BIO 10	Temperatura média do quartil mais quente
BIO 11	Temperatura média do quartil mais frio
BIO 12	Precipitação pluviométrica anual
BIO 13	Precipitação pluviométrica do mês mais úmido

BIO 14	Precipitação pluviométrica do mês mais seco
BIO 15	Sazonalidade da precipitação pluviométrica (coeficiente de variação)
BIO 16	Precipitação pluviométrica do quartil mais úmido
BIO 17	Precipitação pluviométrica do quartil mais seco
BIO 18	Precipitação pluviométrica do quartil mais quente
BIO 19	Precipitação pluviométrica do quartil mais frio

FONTE: Fick e Hijmans (2017)

Os dados de ocorrência para as quatro espécies foram obtidos na base *SpeciesLink*, a partir da pré-seleção para a região nordeste. Para a modelagem do potencial de ocorrência, utilizou-se a plataforma *OpenModeller* e o algoritmo de distância ambiental (*environmental distance*). Este software é utilizado, principalmente, para avaliação e projeção de modelos em diferentes cenários ambientais, avaliação do potencial de ocorrência de espécies e dados ambientais.

Para *Bauhinia forficata* foram utilizados 195 pontos de ocorrência, para *Commiphora leptophloeos* 707 pontos, para *Croton sonderianus* 193 pontos e para *Pityrocarpa moniliformis* 1.063 pontos. As coordenadas usadas para a modelagem foram obtidas na rede *SpeciesLink*, no CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental), conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – DADOS UTILIZADOS PARA MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis*.

Coleção	Intuição	Sigla	Estado/Pa is	Espécies			
				Ba	Co	Cr	Pi
Arizona State University Vascular Plant Herbarium	ASU	ASU- PLANTS	AZ/EUA	-	1	-	-
Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia	Cenargen	CEN	DF/BR	-	7	1	25
Herbário do Centro de Pesquisas do Cacau	CEPLAC	CEPEC	BA/BR	31	21	3	2
Herbário da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	CGMS	CGMS	MS/BR	-	-	-	1
Herbário Fernando Cardoso da Silva	CNPF	HFC	PR/BR	-	-	1	1
Herbário do Trópico Semiárido	CPATSA	HTSA	PE/BR	2	14	9	15
Herbário da Reserva Natural Vale	CVRD	CVRD	ES/BR	-	1	-	-
Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos	DVPR	DVPR	PR/BR	-	-	-	1

Instituto Agrônomo do Norte	EAO	IAN	PA/BR	1	5	-	1
Herbário Antônio Nonato Marques	EBDA	BAH	BA/BR	1	-	-	1
Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz	ESALQ	ESA	SP/BR	-	1	1	2
Field Museum of Natural History (Botany) Seed Plant Collection	F	F-SEEDPLANTS	IL/USA	1	1	2	10
Herbário Dr. Roberto Miguel Klein	FURB	FURB	SC/BR	-	2	1	1
Herbário do Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica	FZB-BH	BHZB	MG/BR	-	1	-	-
Geneva Herbaria Catalogue with species Brazil - De Candolle herbarium	G	G-DC	Genebra/CH	1	-	1	-
Herbário Barbosa Rodrigues	HBR	HBR	SC/BR	1	-	-	-
Herbário de Referência do Sertão Nordestino	HRSN	HRSN	PE/BR	-	37	-	-
Herbário do Instituto Agrônomo de Campinas	IAC	IAC	SP/BR	-	-	-	1
Herbário do Estado Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo - Coleção de Fanerógamas	IBt	SP	SP/BR	-	5	22	28
Herbário do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas	IMA	MAC	AL/BR	9	28	2	21
Herbário INPA	INPA	INPA	AM/BR	-	1	-	3
Herbário - IPA Dárdano de Andrade Lima	IPA	IPA	PE/BR	10	39	29	70
Herbário Ezechias Paulo Heringer	JBB	HEPH	DF/BR	-	-	1	-
Herbário Lauro Pires Xavier	JBP	HPL	PB/BR	-	-	1	2
Herbário do Museu Botânico Municipal	MBM	MBM	PR/BR	8	6	3	3
Herbário Mello Leitão	MBML	MBML-HERBARIOR	ES/BR	-	-	1	-
Herbário do Museu Nacional	MN		RJ/BR	-	-	-	8
Coleção de plantas vasculares da América do Sul	MNHN	RECOLNAT_MNHN_P	Île-de-France/FR	3	3	-	5
Missouri Botanical Garden	MO	MO	MO/EUA	4	2	1	8
Naturalis Biodiversity Center (NL) - Botany	NBC	NL-BOTANY	South Holland/NL	2	-	-	-
The New York Botanical Garden - South America records	NY	NY	NY/EUA	24	28	3	76
Herbário Friburguense	PUC-RIO	FCAB	RJ/BR	-	1	-	-

Herbario da Universidade Estadual de Feira de Santana	UEFS	HUEFS	BA/BR	16	141	15	252
Herbário da Universidade Estadual de Londrina	UEL	FUEL	PR/BR	-	2	-	6
Herbário Professor Aluizio Bittencout	UEMA	HABIT	MA/BR	-	-	-	1
Herbário Rosa Mochel	UEMA	SLUI	MA/BR	-	-	-	3
Herbário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	UESB	HUESB	BA/BR	10	1	-	-
Herbário Universidade Estadual de Santa Cruz	UESC	UESC	BA/BR	2	2	1	-
Herbário da UFABC	UFABC	HUFABC	SP/BR	-	1	1	-
Herbário Alexandre Leal Costa	UFBA	ALCB	BA/BR	21	48	4	100
Herbário Prisco Bezerra	UFC	EAC	CE/BR	7	45	3	79
Herbário Rita Baltazar de Lima	UFCG	CSTR	PB/BR	7	19	6	-
Herbário Dárdano de Andrade Lima	UFERSA	MOSS	RN/BR	-	1	17	2
Herbário Central da Universidade Federal do Espírito Santo VIES	UFES	VIES	ES/BR	1	1	-	-
Herbário da Universidade Federal de Goiás	UFG	UFG	GO/BR	1	1	-	-
Herbário Leopoldo Krieger	UFJF	CESJ	MG/BR	-	1	-	4
Herbário ESAL	UFLA	ESAL	MG/BR	-	7	-	-
Herbário do Maranhão	UFMA	MAR			1		4
Herbário da UFMG - Fanerógamas, Algas e Fungos	UFMG	BHCB	MG/BR	-	1	1	1
Herbário UFMT	UFMT	UFMT	MT/BR	-	-	-	2
Herbário Lauro Pires Xavier	UFPB	JPB	PB/BR	11	29	17	33
Herbário UFP - Geraldo Mariz	UFPE	UFP	PE/BR	3	16	6	8
Herbário PEL	UFPEL	PEL	RS/BR	1	-	-	-
Herbário Graziela Barroso	UFPI	TEPB	PI/BR	7	8	8	10
Herbário Delta do Parnaíba	UFPI-MRV	HDELTA	PI/BR	-	6	-	12
Herbário da Universidade Federal do Paraná	UFPR	UPCB	PR/BR	-	-	2	1
Herbário do Recôncavo da Bahia	UFRB	HURB	BA/BR	4	4	-	7
Herbário do Instituto de Ciências Naturais	UFRGS	ICN	RS/BR	-	-	-	6
Herbário do Departamento de Botânica, Instituto de Biologia	UFRJ	RFA	RJ/BR	-	1	1	1
Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho	UFRPE	PEUFR	PE/BR	5	27	10	46

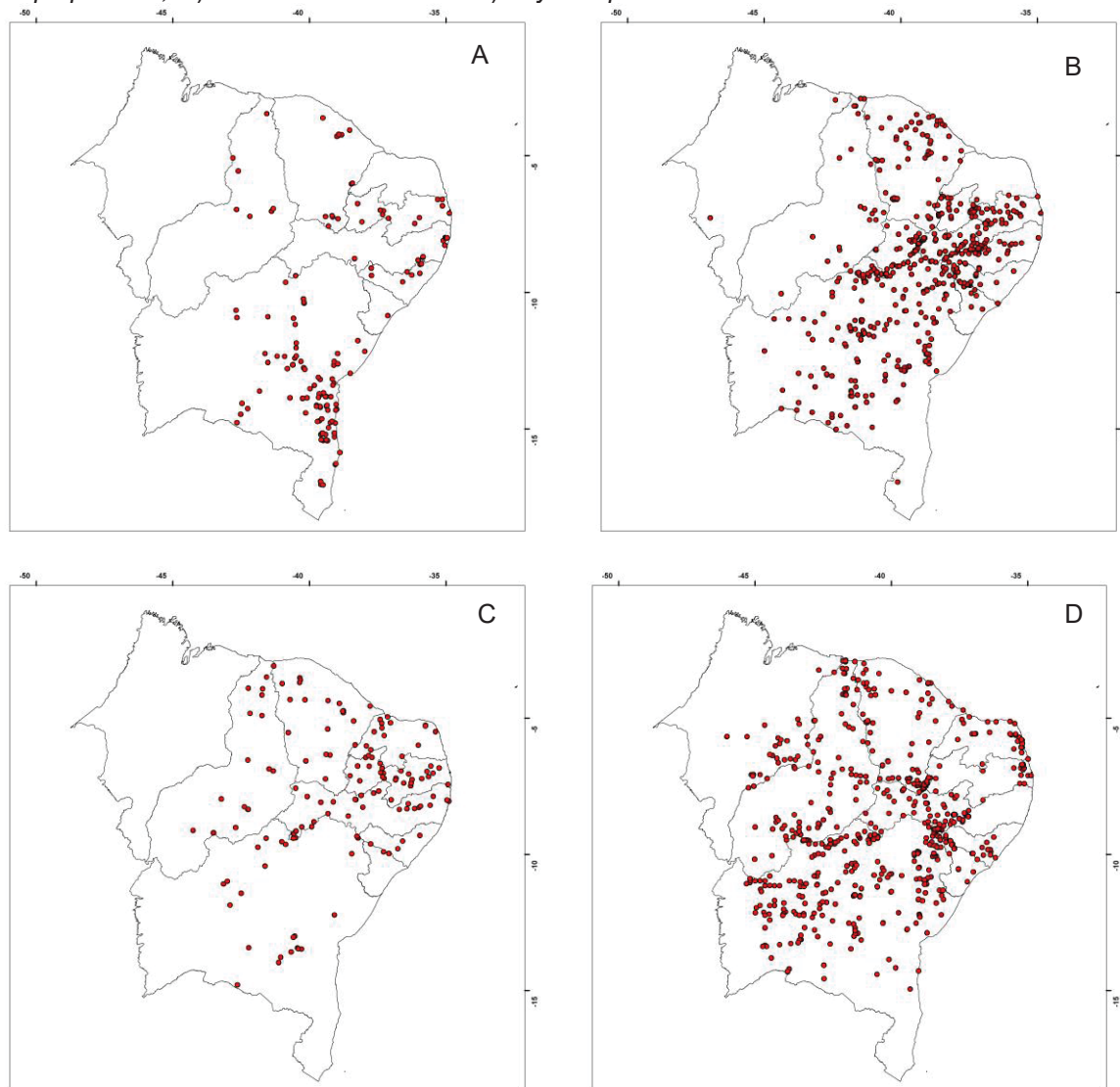
Herbário da Universidade Federal de Sergipe	UFS	ASE	SE/BR	2	13	-	26
Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	FLOR	SC/BR	-	-	-	3
Herbário do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade	UFSCar	SORO	SP/BR	-	-	1	-
Herbário Dendrológico Jeanine Felfili	UFVJM	HDJF	MG/BR	-	-	1	-
Herbário da Universidade de Brasília	UnB	UB	DF/BR	-	17	2	67
Herbário da Amazônia Meridional	UNEMAT	HERBAM	MT/BR	1	-	-	-
Herbário Pe. Dr. Raulino Reitz	UNESC	CRI	SC/BR	1	-	-	-
Herbário da Universidade Católica de Pernambuco	UNICAP	HUCPE	PE/BR	2	-	-	-
Xiloteca Profa. Dra. Maria Aparecida Mourão Brasil	UNESP-IBB	BOTUW	SP/BR	-	-	1	-
Herbário de São José do Rio Preto	UNESP-IBILCE	SJRP	SP/BR	-	-	-	1
Herbário Rioclarense	UNESP-RC	HRCB		-	3	-	-
Herbário da Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	UEC	SP/BR	-	3	5	17
Herbário da Universidade Estadual do Tocantins	UNITINS	HUTO	TO/BR	-	4	-	-
Herbário Vale do São Francisco	UNIVASF	HVASF	PE/BR	3	90	-	64
Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná	UNOP	UNOP	PR/BR	1	1	-	-
Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima	URCA	HCDAL	CE/BR	1	1	2	13
Smithsonian Department of Botany - South American records	US	US	DC/EUA	1	2	1	12
Herbário da Universidade de São Paulo	USP	SPF	SP/BR	-	18	8	20
Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão	UTFPR	HCF	PR/BR	-	1	-	1

NOTA: Onde lê-se: Ba = *Bauhinia forficata*; Co = *Commiphora leptophloeos*; Cr = *Croton sonderianus*; Pi = *Pityrocarpa moniliformis*

FONTE: A autora (2023)

A região nordeste foi previamente recortada em um sistema de informações geográficas e a base de dados obtidas no *WorldClim*. Após processamento, foi registrado o uso de 184 coordenadas geográficas para *Bauhinia forficata*, 693 para *Commiphora leptophloeos*, 191 para *Croton sonderianus* e 1.040 coordenadas para *P. moniliformis* (FIGURA 8).

FIGURA 8 – PONTOS DE OCORRÊNCIA DE A) *Bauhinia forficata*, B) *Commiphora leptophloeos*, C) *Croton sonderianus* E D) *Pityrocarpa moniliformis* APÓS PROCESSAMENTO.



FONTE: A autora (2023).

Para avaliar as predições realizadas, foi utilizada a área sobre a curva ROC (AUC – Area Under Curve). O índice AUC é referente à probabilidade ao acaso da identificação correta dos locais sem informação de presença (PHILLIPS, DUDIK, 2008). De acordo com Metz (1986), um teste de validação pode adotar os valores de AUC como indicadores da qualidade do modelo conforme TABELA 4.

TABELA 4 – INDICADORES DA QUALIDADE DO MODELO PARA *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis*.

Valores de AUC		
0,9	< excelente ≤	1,0
0,8	< bom ≤	0,9
0,7	< médio ≤	0,8
0,6	< ruim ≤	0,7
	< muito ruim ≤	0,6

FONTE: A autora (2023)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ESTRUTURA DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

As espécies *Bauhinia forficata* e *Croton sonderianus* não foram registradas pelo IFN-BR nos conglomerados instalados no bioma Caatinga nos três estados selecionados para este estudo (CE), (PE) e (PI), não sendo possível fazer a distribuição diamétrica para essas espécies. Possivelmente, a falta de registros se deve às características do IFN-BR e das próprias espécies. *Croton sonderianus* é citado como uma espécie nativa e endêmica do Nordeste do Brasil, sendo o mais abundante dos marmeleiros, típico do sertão (FLORA DO BRASIL, 2023). Em estudo realizado em uma área de Caatinga, situada no município de Pombal/PB, Dantas et al, (2010) apresentam *Croton sonderianus* como sendo uma das espécies com maior frequência relativa, maior dominância relativa, maior valor de cobertura e maior valor de importância entre outros, na área de estudo.

No entanto, trata-se de espécie arbóreo-arbustiva, com expectativa de diâmetro inferior ao limite de inclusão de diâmetro previsto no IFN-BR, que é $\geq 10,0$ cm (SFB, 2021). Outro possível motivo que pode ter resultado na falta de registros é a época de levantamento de campo, pois no período em que há queda das folhas, a identificação em campo pode ter sido prejudicada. Além disso, a crescente degradação ambiental, desmatamento, e a coleta extrativista da madeira para construção de cercas na Caatinga vem comprometendo a sobrevivência desta espécie nas populações naturais.

As causas para não terem sido registrados exemplares de *Bauhinia forficata* podem ser um pouco diferentes. Segundo Carvalho (2003), a espécie ocorre eventualmente no bioma Caatinga, principalmente nas encostas de serras e na região litorânea. Novamente, as características de cunho estratégico do IFN-BR, com grade pré-definida para a alocação das parcelas em campo, com espaçamento de 20 km entre cada conglomerado, podem ter contribuído para ausência dessa espécie nos levantamentos de campo.

Apesar das espécies não terem sido levantadas pelo IFN-BR, diversos estudos indicam a ocorrência das mesmas no bioma Caatinga. *Croton sonderianus* é considerado o mais abundante dos marmeleiros nordestinos encontrados na caatinga,

sendo considerado como planta invasora de pastagens e lavouras abandonadas, em Caatingas antropizadas (HARDESTY; BOX, 1988), aparecendo, como uma espécie comum em áreas sob grandes perturbações (PEREIRA et al., 2001). Uma das razões para ser considerada planta invasora é devido, principalmente, ao seu poder reprodutivo e sua difícil erradicação (CARVALHO et al., 1998).

Bauhinia forficata, em um estudo de caracterização florística e fitossociológica em um fragmento florestal de Caatinga no Rio Grande do Norte (Souza et al., 2020), foi apontada como uma das espécies mais abundantes, apresentando valores significativos para número de indivíduos, densidade relativa, frequência e dominância relativa. Santos et al. (2008), em um remanescente de Caatinga arbórea no extremo de Minas Gerais, também identificaram a espécie na área de estudo. Isso mostra a existência dessas espécies no bioma Caatinga, mesmo não tendo sido levantadas pelo IFN-BR, indicando a importância de se revisar o limite de inclusão ou grade de levantamento do IFN-BR, mesmo para a regeneração.

Em relação às outras duas espécies (*Pityrocarpa moniliformis* e *Commiphora leptophloeos*), foi possível obter a distribuição diamétrica. Assim, por meio da metodologia proposta por Sturges (MACHADO; FIGUEIREDO FILHO, 2014), o número de classes de diâmetro e suas respectivas amplitudes, diâmetros máximos e mínimos e número total de indivíduos por hectare, tanto para os diâmetros acima de 10 cm quanto para a regeneração, das duas espécies estão apresentados nas Tabela 5 e Tabela 6 respectivamente.

TABELA 5 – NÚMERO DE CLASSES DE DIÂMETRO E SEUS RESPECTIVOS INTERVALOS ENTRE CLASSES OBTIDOS PELA METODOLOGIA DE STURGES PARA OS INDIVÍDUOS COM DIÂMETRO ACIMA DE 10 CM NAS ÁREAS DE ESTUDO NA CAATINGA

Dados	nº ind. ha ⁻¹	DAP _{máx} (cm)	DAP _{mín} (cm)	nc	IC
Pernambuco					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	18	36,7	10,0	7	4,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	16	67,3	10,0	9	6,0
Piauí					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	14	33,2	10,0	8	3,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	-	-	-	-	-
Ceará					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	33	30,5	10,0	10	2,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	16	66,2	10,0	10	6,0

NOTA: DAP_{máx} = diâmetro à altura do peito máximo; DAP_{mín} = diâmetro altura do peito mínimo; nc = número de classe; IC = intervalo entre classes
 FONTE: A autora (2022)

TABELA 6 – NÚMERO DE CLASSES DE DIÂMETRO E SEUS RESPECTIVOS INTERVALOS ENTRE CLASSES PARA OS INDIVÍDUOS COM 5 CM ≥ DAP < 10 CM NAS ÁREAS DE ESTUDO NA CAATINGA

Dados	nº ind. ha ⁻¹	DAP _{máx} (cm)	DAP _{mín} (cm)	nc	IC
Pernambuco					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	133	9,5	5,0	5	1,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	102	9,9	5,0	5	1,0
Piauí					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	62	9,5	5,0	5	1,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	-	-	-	-	-
Ceará					
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	177	9,8	5,0	5	1,0
<i>Commiphora leptophloeos</i>	43	9,5	5,0	5	1,0

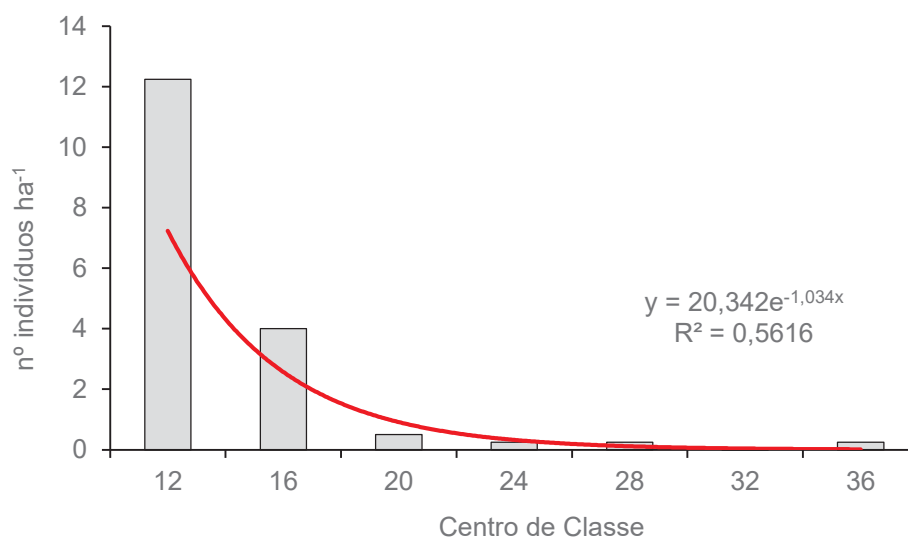
NOTA: DAP_{máx} = diâmetro à altura do peito máximo; DAP_{mín} = diâmetro altura do peito mínimo; nc = número de classe; IC = intervalo entre classes
 FONTE: A autora (2022)

Pityrocarpa moniliformis esteve presente em todos os locais de estudo. No estado do Ceará foi observada em 39 conglomerados, com registro de 520 indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 10 cm e em 32 conglomerados 226 indivíduos com $5,0 \leq \text{DAP} < 10$ cm.

Em Pernambuco dos 205 conglomerados instalados no bioma Caatinga, *P. moniliformis* esteve presente em 10, sendo identificados nas parcelas 70 indivíduos com DAP ≥ 10 cm e em 6 conglomerados 32 indivíduos com $5,0 \leq \text{DAP} < 10$ cm. No Piauí, dos 304 conglomerados *P. moniliformis* esteve presente em 22, sendo identificados nas parcelas amostradas 121 indivíduos com DAP ≥ 10 cm e em 17 conglomerados 42 indivíduos com $5,0 \leq \text{DAP} < 10$ cm.

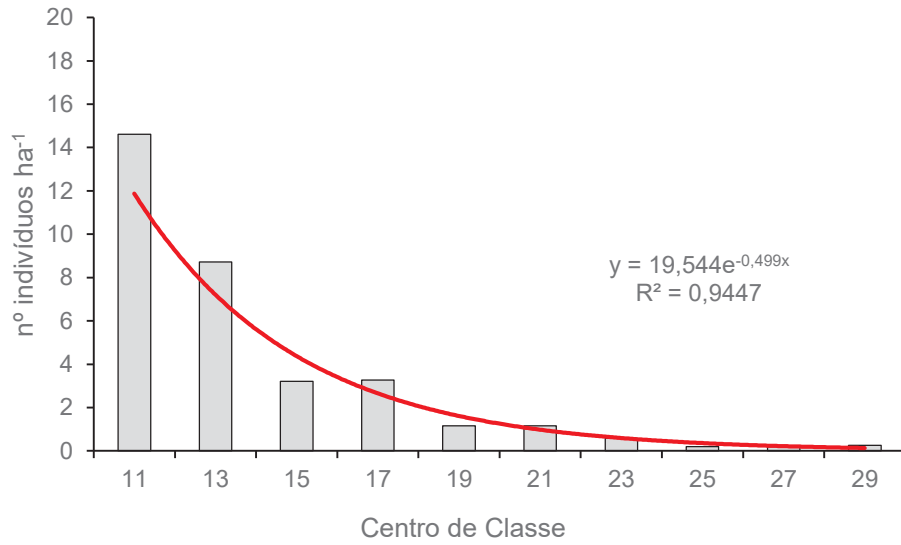
Em todos os estados, *P. moniliformis* apresentou a maior concentração de indivíduos nas duas primeiras classes diamétricas (menores diâmetros), ultrapassando 80% de indivíduos nessas classes em Pernambuco (FIGURA 9). No Ceará (FIGURA 10) e no Piauí (FIGURA 11), essa concentração ficou aproximadamente com 70%. Quando consideramos a espécie em todas as áreas de forma conjunta, observou-se uma concentração de 80% dos indivíduos nas duas primeiras classes, reforçando que a maioria dos indivíduos possui DAP < 17 cm, conforme pode ser visualizado na FIGURA 12.

FIGURA 9 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA EM PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.



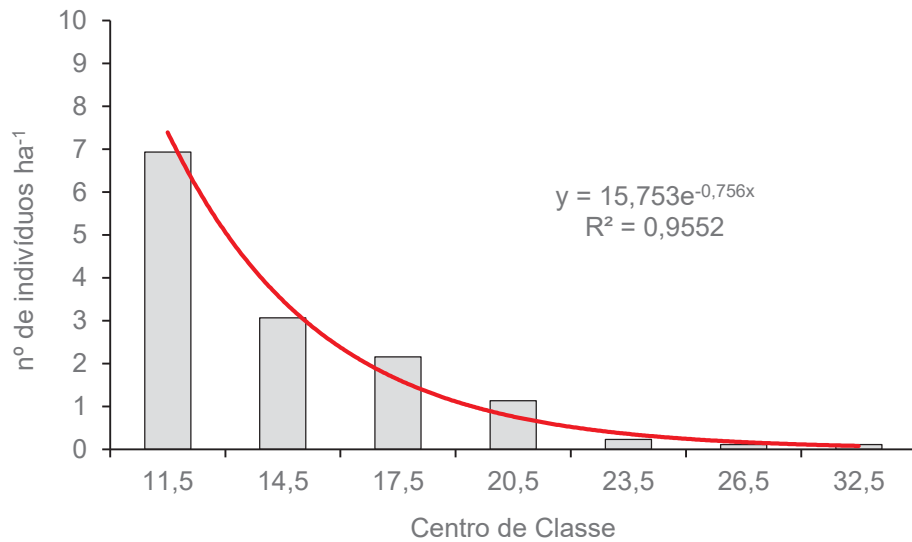
FONTE: A autora (2023)

FIGURA 10 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA NO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.



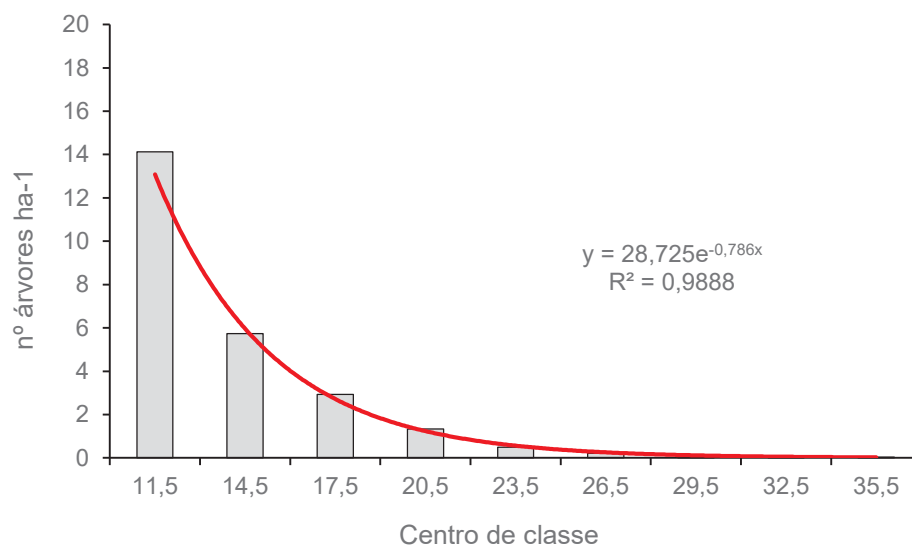
FONTE: A autora (2023)

FIGURA 11 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA NO PIAUÍ DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.



FONTE: A autora (2023)

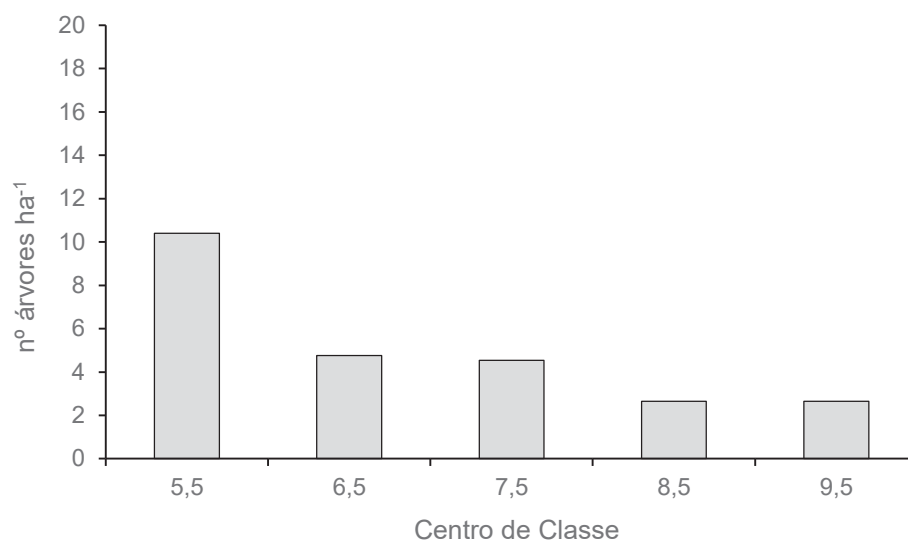
FIGURA 12 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE INDIVÍDUOS DE *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA NOS TRÊS ESTADOS ESTUDADOS, DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.



FONTE: A autora (2023)

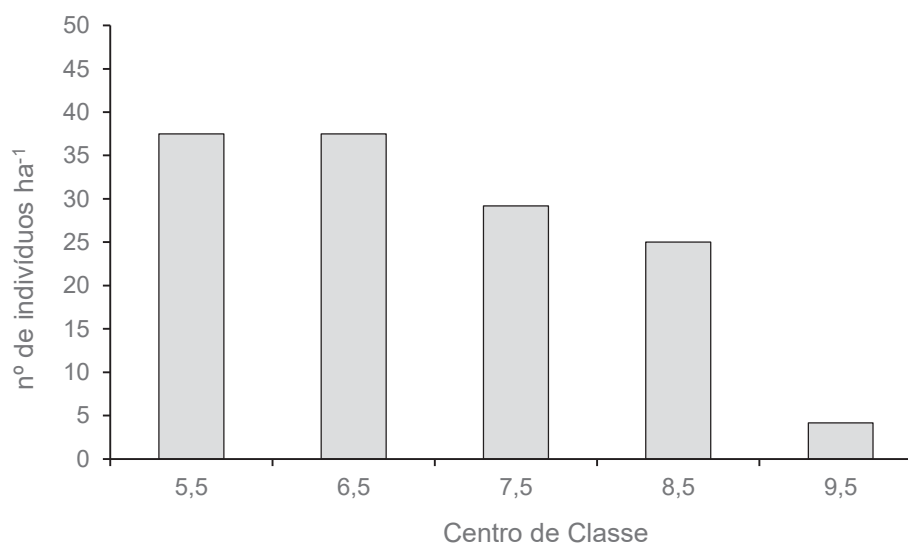
A regeneração de *P. moniliformis* apresentou-se bem em grande quantidade em todas as classes diamétricas em todos os estados. De forma semelhante, quando todos os conglomerados foram analisados em conjunto, a regeneração foi abundante, conforme pode ser observado nas figuras 13, 14, 15 e 16 respectivamente. Isso reflete a capacidade de permanência da espécie no Bioma Caatinga, indicando a ecologia e a sua estratégia de sobrevivência. Aquino *et. al.* (2002) encontraram resultados semelhantes para *Acacia glomerosa* (Mimosaceae) e *Anadenanthera macrocarpa* (Mimosaceae) no período de 1996 a 1999 na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais em Mata Seca.

FIGURA 13 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA DO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



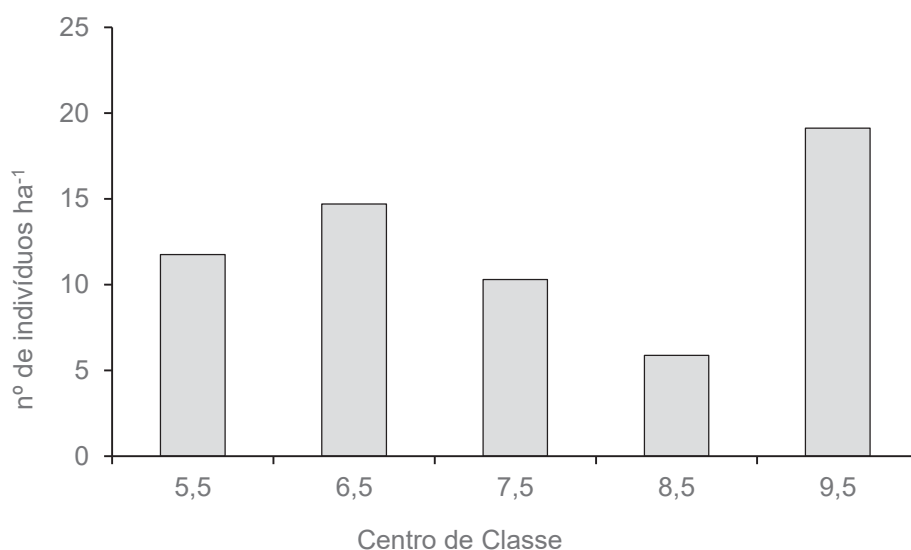
FONTE: A autora (2022)

FIGURA 14 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA DE PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



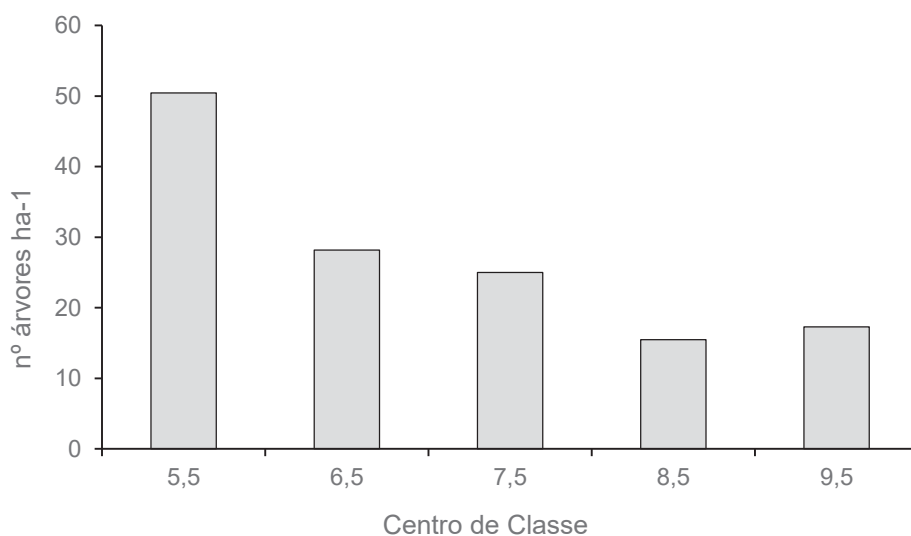
FONTE: A autora (2022)

FIGURA 15 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Pityrocarpa moniliformis* NA CAATINGA DO PIAUÍ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



FONTE: A autora (2022)

FIGURA 16 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE INDIVÍDUOS DE *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA NOS TRÊS ESTADOS ESTUDADOS, DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



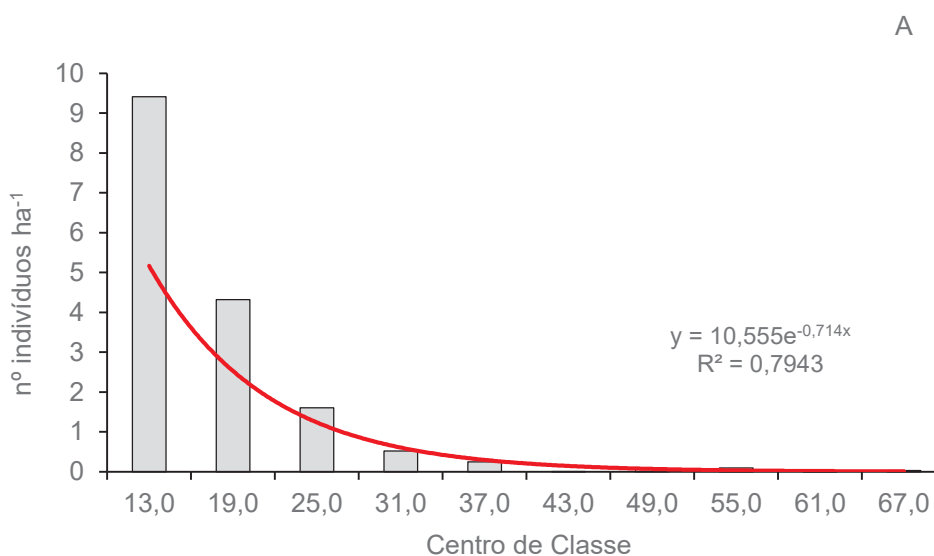
FONTE: A autora (2022)

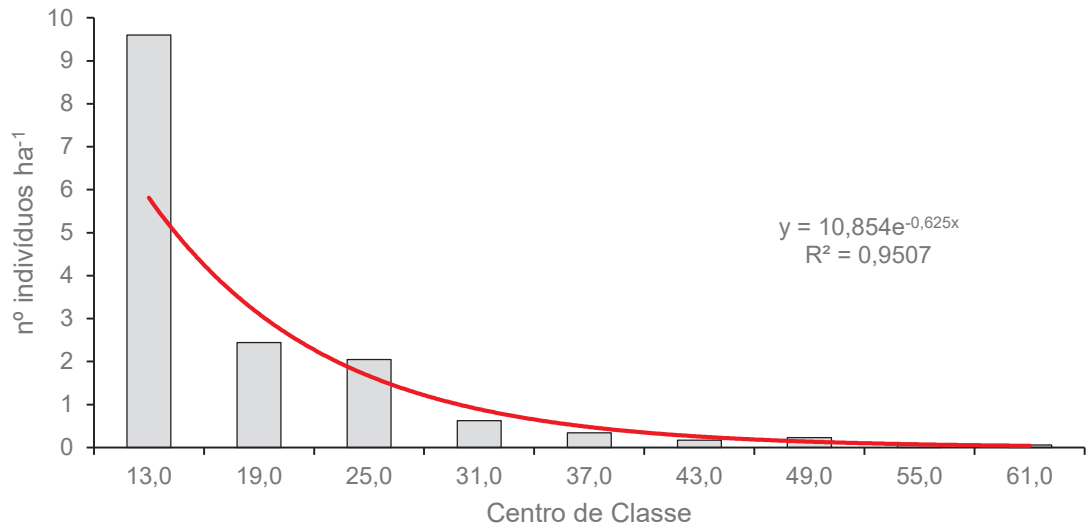
Commiphora leptophloeos foi registrada nos levantamentos do IFN-BR na Caatinga no Ceará e em Pernambuco. No Ceará, a espécie esteve presente em 81 conglomerados, sendo registrados nas parcelas amostradas 528 indivíduos com $\text{DAP} \geq 10 \text{ CM}$ e em 19 conglomerados 33 indivíduos com $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$. Em Pernambuco, a espécie esteve presente em 44 conglomerados, com 274 indivíduos

amostrados com DAP ≥ 10 CM e em 12 conglomerados, 49 indivíduos com $5,0 \leq$ DAP < 10 cm.

A distribuição diamétrica de indivíduos com DAP ≥ 10 cm de *C. leptophloeos* assim como de *P. moniliformis*, também apresentou curva assemelhando-se a um J-invertido, tanto no Ceará (Figura 17A) quanto em Pernambuco (Figura 17B). Nos dois estados, 70% dos indivíduos amostrados apresentaram DAP < 22 cm, configurando uma amostra composta por indivíduos com diâmetros menores nas classes de menor diâmetro. Quando levada em consideração a espécie englobando os dados dos dois estados, *C. leptophloeos* também apresentou curva de distribuição diamétrica da população em forma de J-invertido (Figura 18) para indivíduos com DAP ≥ 10 cm.

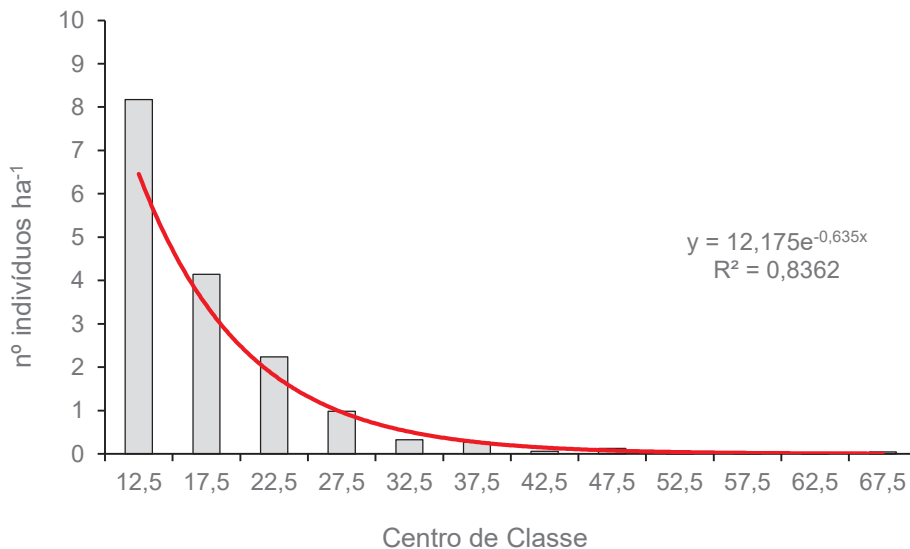
FIGURA 17 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* NA CAATINGA DO CEARÁ (A) E PERNAMBUCO (B) DE INDIVÍDUOS COM DAP ≥ 10 CM.





FONTE: A autora (2022)

FIGURA 18 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* NO BIOMA CAATINGA DE TODOS OS INDIVÍDUOS DE PERNAMBUCO E DO CEARÁ EM CONJUNTO, COM DAP ≥ 10 CM

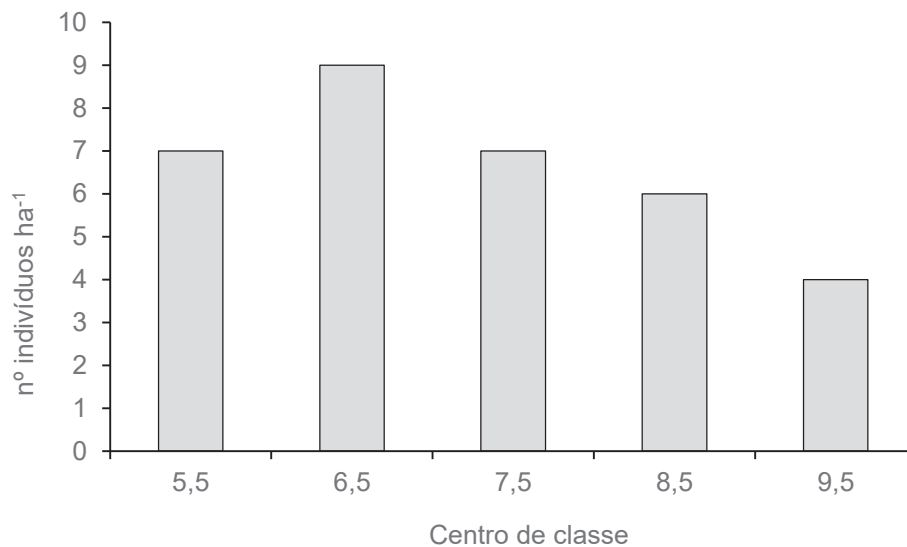


FONTE: A autora (2022)

Em relação à regeneração, *C. leptophloeos*, semelhante ao descrito para *P. moniliformis*, apresentou presença de indivíduos em todas as classes diamétricas em todos os estados que ocorreu, analisados individualmente, ou como um todo, o que pode ser observado nas figuras 19, 20 e 21, isso reflete a capacidade de permanência da espécie no Bioma Caatinga.

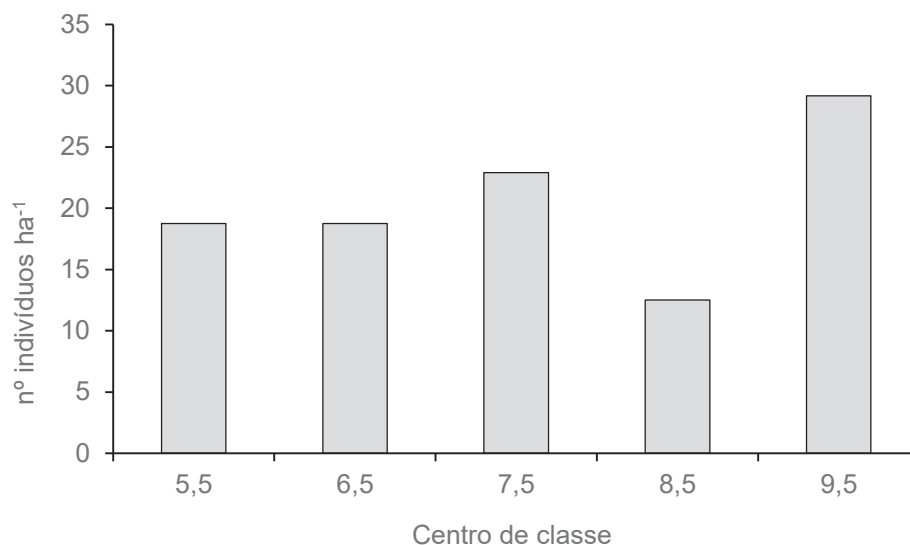
Em um estudo realizado por Bernasol, Ribeiro (2010), em um fragmento de Cerrado, em Jataí, sudoeste do estado de Goiás, os autores demonstraram o padrão de distribuição diamétrica em forma de “J-invertido” para as cinco populações analisadas no trabalho sendo elas: *Butia purpurascens* Glassman (Arecaceae), *Curatella americana* L. (Dilleniaceae), *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker (Asteraceae), *Qualea grandiflora* Mart. (Vochysiaceae) e *Qualea multiflora* Mart. (Vochysiaceae), as quais possuem representantes em todas as classes de tamanho, porém, com maior densidade nas classes menores. Sendo que as espécies *C. americana*, *Q. grandiflora* e *Q. multiflora* apresentaram uma distribuição diamétrica mais balanceada, indicando que tais espécies possuem um bom equilíbrio entre mortalidade e crescimento, considerando as classes diamétricas estabelecidas nesse estudo.

FIGURA 19 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* NA CAATINGA DO CEARÁ DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



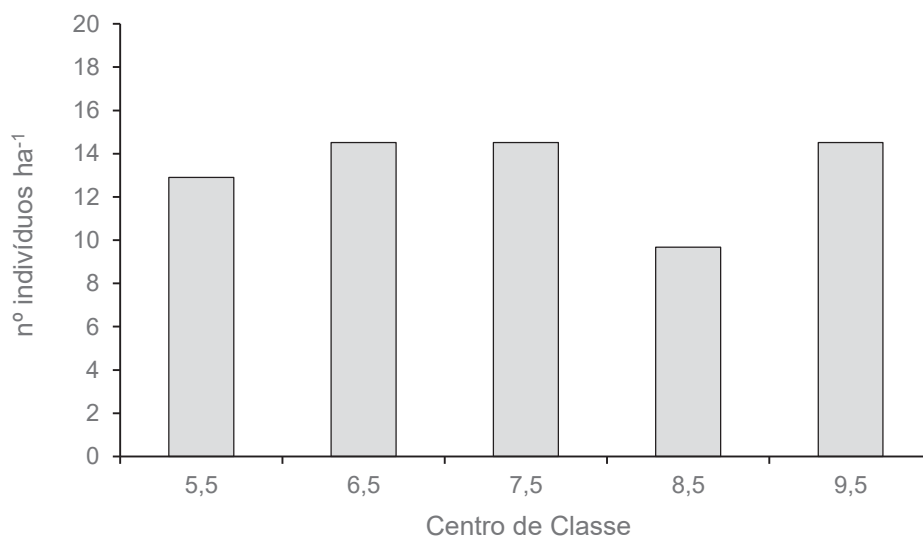
FONTE: A autora (2022)

FIGURA 20 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* NA CAATINGA DE PERNAMBUCO DE INDIVÍDUOS COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$.



FONTE: A autora (2022)

FIGURA 21 – DISTRIBUIÇÃO DIAMÉTRICA DE *Commiphora leptophloeos* DE TODOS OS INDIVÍDUOS DA CAATINGA DE PERNAMBUCO E DO CEARÁ EM CONJUNTO, COM $5,0 \leq \text{DAP} < 10 \text{ CM}$



FONTE: A autora (2022)

O padrão de distribuição diamétrica em J-invertido observado para *Pityrocarpa moniliformis* e *Commiphora leptophloeos* é comum em florestas inequidâneas, reunindo a maior parte dos indivíduos nas classes de menor diâmetro (MEYER, 1952; FELFILI, 1997; FELFILI et al., 1998; TONINI et al., 2000; AUSTREGÉSILO et al., 2004; STERBA, 2004; GAMA et al., 2005; SOUZA e SOUZA, 2005; SCHAAF et al., 2006; ALVES JUNIOR et al., 2010).

Dantas et al. (2010), em estudo realizado em uma área de Caatinga, situada no município de Pombal/PB, também encontraram padrão semelhante. A predominância de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro (padrão J-invertido), demonstra uma comunidade com elevada taxa de regeneração natural (FABRICANTE; ANDRADE, 2007; RODAL et al., 2008). Tal ocorrência na estrutura diamétrica da floresta sugere uma tendência de distribuição equilibrada, sendo dependente da capacidade de regeneração das espécies arbóreas (SOUZA; SOUZA, 2005). A partir dessas classes diamétricas, há redução do número de indivíduos por classe (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; NYLAND, 2007; WEISKITTEL et al., 2011), sinalizado pela queda nas taxas de sobrevivência e crescimento (BRAZ et al., 2021).

Ainda de acordo com Rodal et al. (2008), Machado et al. (2009b), Encinas et al. (2009) e Alves et al. (2009) esse comportamento da estrutura diamétrica para florestas naturais indica que a regeneração ocorre continuamente.

Para Silva Júnior (2004), o padrão “J-invertido” indica um balanço positivo entre recrutamento e mortalidade, sendo característico de populações auto-regenerativas, uma vez que tal padrão só ocorre quando os indivíduos menores substituem, sucessivamente, os indivíduos adultos na população. Para Menino *et al.* (2015), o grande número de indivíduos jovens aponta um bom desenvolvimento da regeneração, e as diferenças na estrutura diamétrica indicam estratégias distintas das espécies que compõem a vegetação. Onde o excesso ou a falta de recursos como água, luz e nutrientes podem limitar a ocorrência de algumas espécies ou reduzir sua abundância (GRIME et al., 1997). Fazendo com que as espécies tenham diferentes estratégias de desenvolvimento em sua captação e otimização desses recursos (VALLADARES; SALDANA; GIANOLI, 2012).

Em ambientes com menos recursos essenciais ao desenvolvimento das plantas, essas tendem a adotar estratégias conservativas, e em condições mais favoráveis predominam estratégias aquisitivas com maior investimento em reprodução e crescimento rápido (LOHBECK et al., 2014).

Estas considerações têm origem nas teorias de Meyer (1952) sobre floresta balanceada, que segue o padrão exponencial negativo, representando a sustentabilidade da estrutura no decorrer do tempo. Esse autor descreve o padrão J-invertido para o conjunto total de espécies da floresta, e não para cada espécie individualmente. Em nível de comunidade, o formato J-invertido é normalmente

consequência da prevalência de espécies pioneiras e outras espécies madeireiras que atingem pequenos diâmetros sobre espécies clímax (CANETTI et al., 2019).

Entretanto, não é apenas essa forma de estrutura diamétrica que caracteriza a estabilidade de uma espécie na floresta, uma vez que diversos fatores específicos de cada espécie e de sua dinâmica podem resultar em disposições diamétricas distintas (Pascal, 2003).

Vieira et al. (2021) em um estudo de estrutura diamétrica e padrão espacial de quatro espécies madeireiras, sendo elas *Mezilaurus itauba* (Meisn.) Taub. ex Mez (Itaúba), *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose (Ipê-amarelo), *Manilkara huberi* (Ducke) A.Chev (Maçaranduba) e *Hymenaea courbaril* L. (Jatobá), as quais foram selecionadas por suas importâncias econômicas, ecológicas e sociais no estado do Pará, apresentaram distribuição diamétrica tendendo à normalidade, isto é, baixo número de árvores nas classes diamétricas menores e elevada densidade nas classes intermediárias, com redução acentuada no sentido das maiores classes diamétricas, indicando descontinuidade de regeneração das espécies (ORELLANA et al., 2014).

O mesmo foi encontrado por Santos *et al.*, (2023) para as espécies Ipê-Roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos), Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), Jutaí-Mirim (*Hymenaea parvifolia* Huber), Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.), Garapeira (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr.), Tauari (*Couratari guianensis* Aubl.), Pequiá (*Caryocar villosum* (Aubl.) Pers.), Maparajuba (*Manilkara paraensis* (Huber) Standl.), Jarana (*Holopyxidium jarana* Huber ex Ducke Huber) e Cumarú (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.) no município de Santarém, região Oeste do estado do Pará.

A estrutura diamétrica das espécies estudadas também apresentaram tendência a normalidade. De acordo com Speidel (1966), em 1898, o engenheiro francês De Liocourt descobriu que existem muitos tipos de florestas inequiâneas, em que o número de árvores decresce segundo uma progressão geométrica. Os valores calculados de “q” de Liocourt, do levantamento de *P. moniliformis* e *C. leptophloeos* na Caatinga no Ceará, Pernambuco e Piauí, estão apresentados na Tabela 7 para DAP \geq 10 cm.

TABELA 7 –COEFICIENTE “Q” DE LIOCOURT NO BIOMA CAATINGA NOS DIFERENTES ESTADOS, CONSIDERANDO AMOSTRAS COM DAP ≥ 10 CM

Coeficiente “q” De Liocourt	
Ceará	
<i>Commiphora leptphloeos</i>	2,94
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	1,24
Pernambuco	
<i>Commiphora leptphloeos</i>	3,21
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	1,42
Piauí	
<i>Commiphora leptphloeos</i>	-
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	1,41

FONTE: A autora (2023)

Pityrocarpa moniliformis registradas nos estados do Ceará, Pernambuco e Piauí, apresentaram valores calculados para o quociente de “q” De Liocourt próximos a 1, sugerindo uma tendência de distribuição balanceada e uma distribuição diamétrica equilibrada, isto é, o recrutamento compensa a mortalidade ao longo do tempo (FELFILI, 1997) conforme FIGURA 11. Para *Commiphora leptphloeos*, o valor encontrado foi muito próximo a 3 nos estados onde ocorreu, indicando assim como para *P. moniliformis*, que o recrutamento supera a mortalidade da espécie dentro da amostra, isto é, existe uma grande quantidade de indivíduos nas classes de menor diâmetro conforme FIGURA 18. O valor de “q” depende da distribuição dos diâmetros dentro da parte regulada da distribuição diamétrica. Quanto maior o “q”, maior será o número de árvores de pequeno porte na floresta (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

Entretanto, vale ressaltar que os dados utilizados nesse estudo foram provenientes do levantamento realizado pelo IFN-BR, que por ser de cunho estratégico, demanda cautela ao se afirmar que a grande quantidade de indivíduos pequenos e finos não indica ausência de problemas de regeneração, ou problemas com as constantes intervenções antrópicas que o bioma vem sofrendo. A avaliação da estrutura diamétrica deve ser considerada em cada remanescente de interesse, de forma detalhada, para permitir interpretações mais seguras das distribuições diamétricas.

Desta maneira, quando os dados são provenientes de fragmentos ou remanescentes florestais, as respostas em relação ao coeficiente “q” De Liocourt podem ser diferentes, como os resultados encontrados por Calixto Júnior et al., (2011) em um estudo com *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. em dois fragmentos de Caatinga em Pernambuco. Os valores calculados para o quociente de “q” de Liocourt foram relatados como bastante variáveis, o que evidencia um padrão irregular de distribuição dos diâmetros dos indivíduos. Santana (2009), ao estudar a distribuição e estrutura diamétrica de *C. sonderianus* em uma área de Caatinga em Serra Negra do Norte/RN encontrou resultado semelhante. O autor verificou a constante “q” de forma desigual nas classes de diâmetro na população, apresentando valor médio estimado de 0,73.

Calixto Júnior et al. (2011) também encontraram distribuição diamétrica irregular ao estudarem uma população de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir em dois fragmentos de Caatinga pertencentes à Estação Experimental da Embrapa Semiárido em Petrolina no estado de Pernambuco. Quando o quociente “q” de Liocourt não é constante, observa-se desequilíbrio entre as taxas de recrutamento e mortalidade, podendo originar mudanças na estrutura da floresta.

5.2 PADRÃO E RITMO DE CRESCIMENTO DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Os valores de DAP mínimo, máximo, maior série cronológica e número de camadas anuais de crescimento considerados para análise e o incremento médio em diâmetro, para as quatro espécies (*Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis*) estão apresentados na Tabela 7. As séries cronológicas atingiram períodos de até 108 anos. A amostra com maior DAP (34 cm) foi de *C. leptophloeos* e a menor amplitude diamétrica entre amostras obtidas foi de *C. sonderianus*. (4 cm). O incremento médio em diâmetro para cada espécie estudada encontra-se na Tabela 8. A espécie que apresentou o menor incremento médio foi *Croton sonderianus* com 0,22 cm.

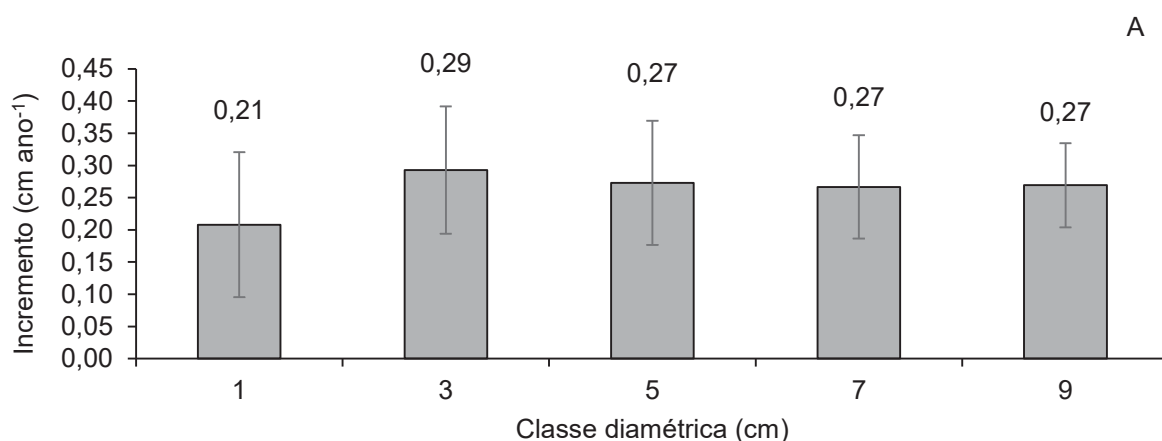
TABELA 8 – VALORES DE DAP MÁXIMO, MÍNIMO, SÉRIE CRONOLÓGICA MÁXIMA, NÚMERO DE CAMADAS ANUAIS DE CRESCIMENTO E INCREMENTO MÉDIO EM DIÂMETRO CONSIDERADOS PARA ANÁLISE, PARA AS QUATRO ESPÉCIES DO BIOMA CAATINGA.

Espécie	DAP máximo	DAP mínimo	Série cronológica máxima	Nº de camadas anuais de crescimento	Incremento médio em diâmetro	Nº árvores
<i>Bauhinia forficata</i>	9 cm	5 cm	35 anos	136	0,26 cm	5
<i>Commiphora leptophloeos</i>	34 cm	8 cm	108 anos	588	0,36 cm	10
<i>Croton sonderianus</i>	6 cm	4 cm	26 anos	153	0,22 cm	8
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	18 cm	6 cm	53 anos	1050	0,28 cm	29

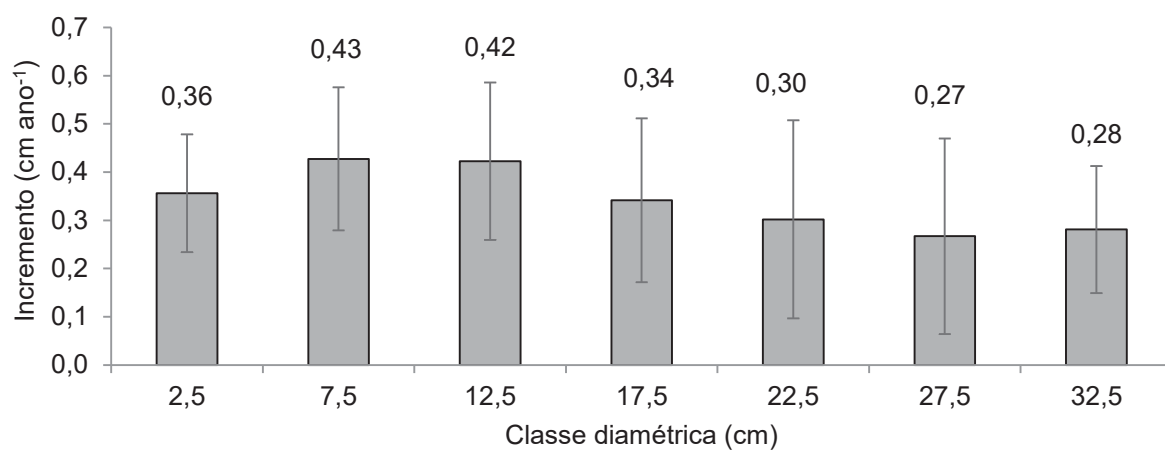
FONTE: A autora

O menor incremento médio anual foi registrado para *C. sonderianus* (0,17 cm ano⁻¹) para a classe diamétrica de 4,5 e 5,5 cm e o maior para *Commiphora leptophloeos* (0,43 cm ano⁻¹) na classe de 7,5 cm (FIGURA 22). As diferenças entre as classes diamétricas com casca a diâmetro à altura do peito foram significativas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,01$).

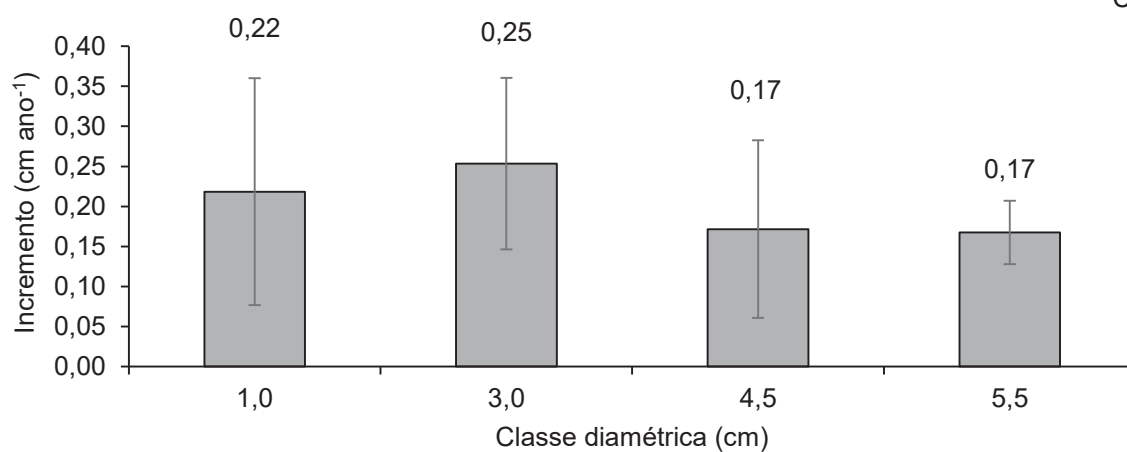
FIGURA 22 – INCREMENTO (CM ANO⁻¹), POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA *Bauhinia forficata* (A), *Commiphora leptophloeos* (B), *Croton sonderianus* (C), E *Pityrocarpa moniliformis* (D) NO BIOMA CAATINGA.



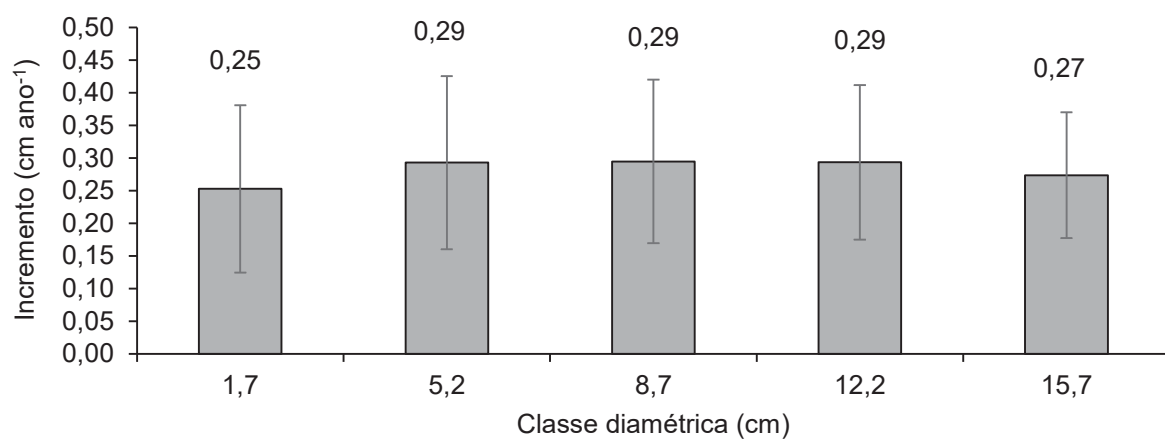
B



C



D



NOTA: As barras representam o desvio padrão da média do incremento por classe diamétrica.
 FONTE: A autora (2022).

O modelo de Gompertz foi o que apresentou maior aderência às séries cronológicas para todas as espécies, considerando os parâmetros estatísticos, distribuição dos resíduos (ANEXO I), os critérios de informação AIC e BIC assim como o erro padrão da estimativa (TABELA 9).

Uma espécie pode responder de forma diferente às condições ou habitat em que está crescendo. Por esse motivo, o entendimento da dinâmica de crescimento de espécies arbóreas em condições naturais é importante para o seu manejo sustentável. Na literatura são encontrados relatos de estudo de dinâmica de espécies tropicais com comportamentos diferenciados da mesma espécie em diferentes locais ou diferentes espécies no mesmo local, como relatado por Mattos et al. (2015) em estudo com *Mimosa tenuiflora* em floresta seca em Sertânia e Serra Talhada no estado de Pernambuco e Limoeiro do Norte no Ceará.

Lopez et al. (2006) estudaram duas espécies que ocorrem naturalmente ao longo do gradiente latitudinal da América Latina, no Peru (*Prosopis pallida*) e ao centro do Chile (*Prosopis chilensis*), e observaram respostas semelhantes de correlação entre crescimento, precipitação e temperatura e sua ligação aos fenômenos ENSO. Apesar da distância entre os locais, as duas espécies apresentaram resultados de correlação similares, respondendo positivamente à precipitação. Fichtler et al. (2004) estudaram anéis de crescimento de *Burkea africana* e *Pterocarpus angolensis* em floresta semiárida na Namíbia. *B africana* se mostrou mais sensível à variação de precipitação que *P. angolensis* nos dois locais. A resposta do crescimento à precipitação foi positiva, mas ocorreu uma defasagem em tempo na resposta entre os locais, correspondendo ao intervalo do início da estação de crescimento. A temperatura mostrou relação negativa com o crescimento em diâmetro em ambos os locais. A resposta na área mais a oeste a dois índices ENSO indica que o crescimento da árvore decresceu durante os anos de El Niño, que são geralmente anos secos no sul da África.

No crescimento em diâmetro, *Bauhinia forficata* atingiu o ponto de máxima tangencia próximo aos 23 anos, com 6 cm de DAP (FIGURA 23A), *Commiphora leptophloeos* próximo aos 47 anos, com 19 cm de DAP (FIGURA 23B). Entretanto, *Croton sonderianus* atingiu a máxima tangencia próximo dos 9 anos, com 3 cm de DAP (FIGURA 23C), e *Pityrocarpa moniliformis* próximo dos 35 anos, com 10 cm de DAP (FIGURA 23D).

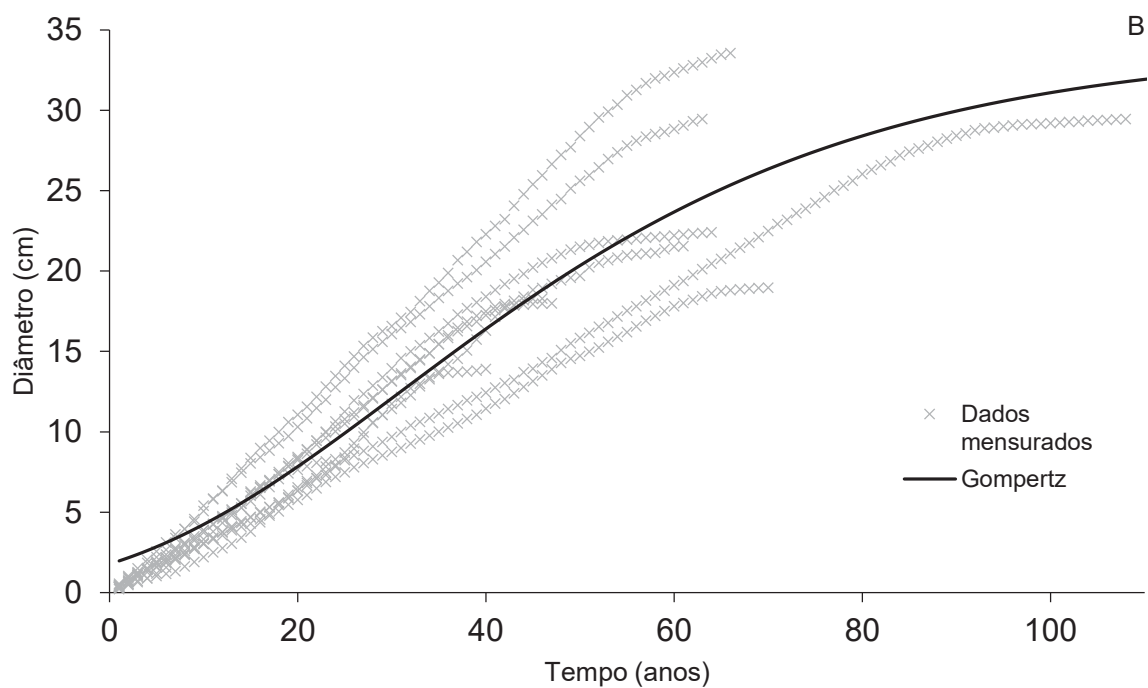
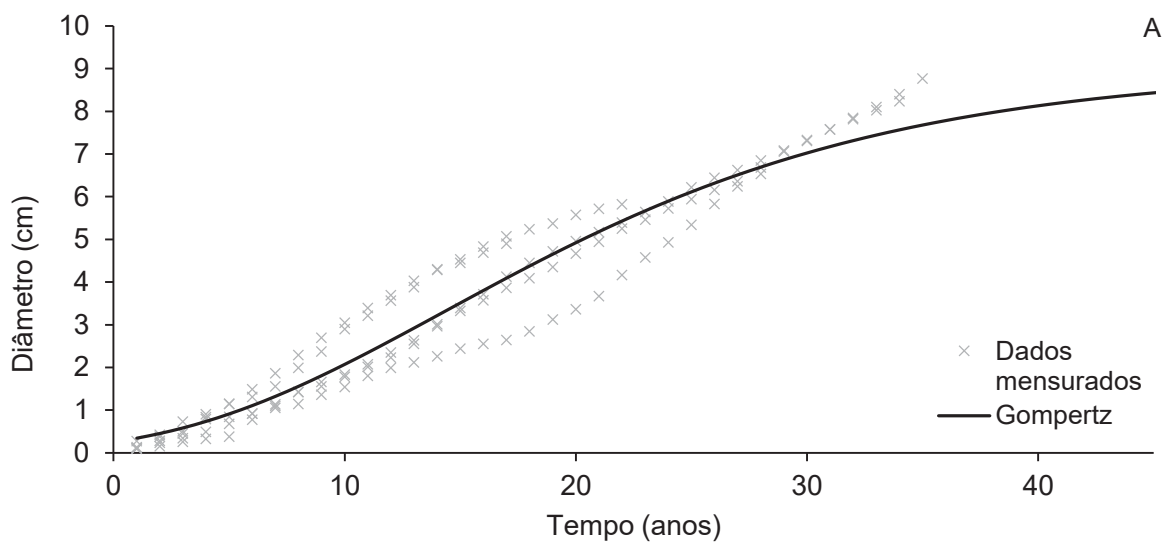
TABELA 9 – PARÂMETROS ESTATÍSTICOS E COEFICIENTES DAS EQUAÇÕES DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO AJUSTADAS PARA *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA.

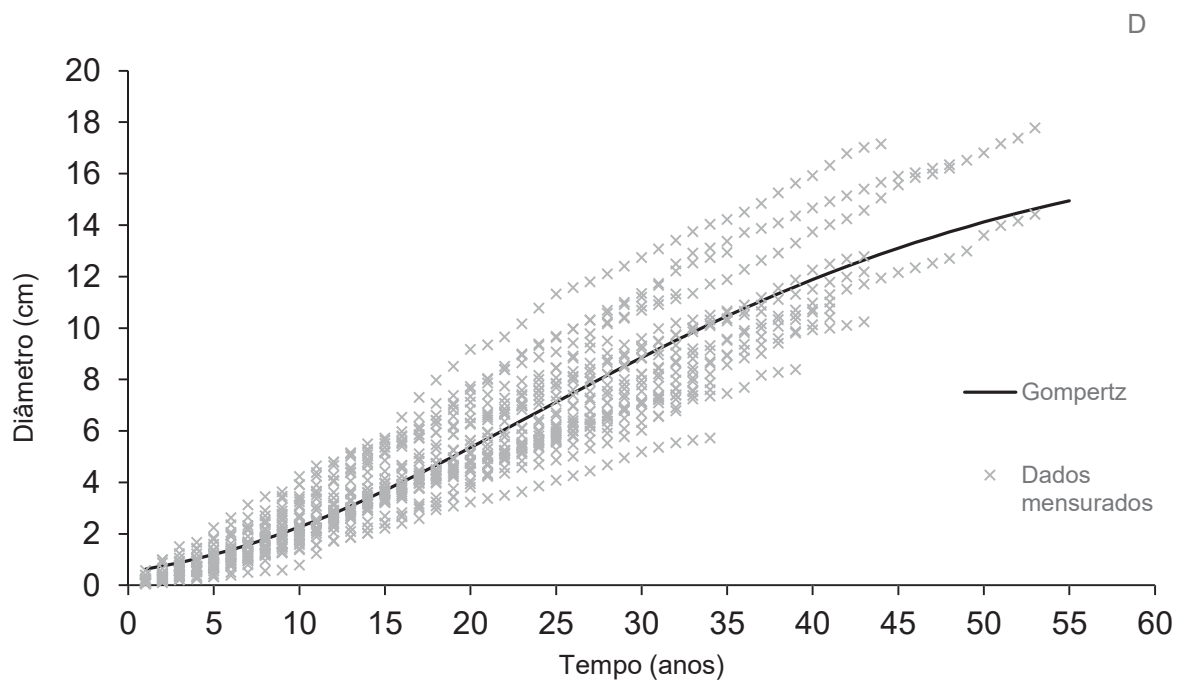
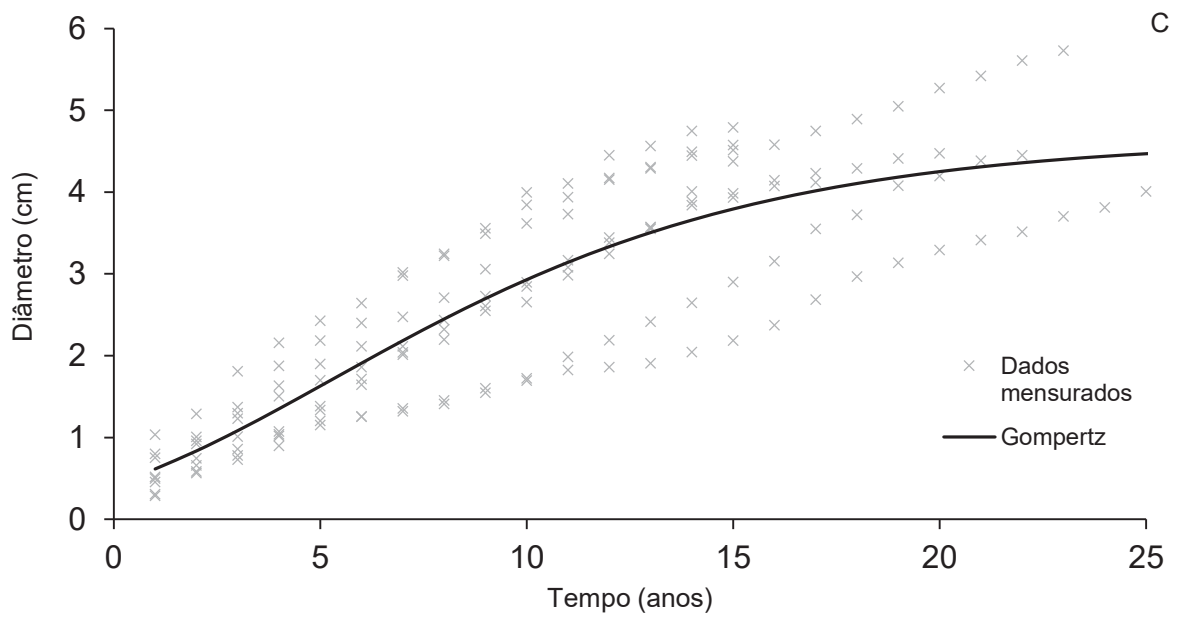
Espécie	Modelo	Estatísticas			Parâmetros		
		Syx (%)	AIC	BIC	β_0	β_1	β_2
<i>Bauhinia forficata</i>	Bertalanffy	24,7	-4271	-4248	9	0,0126	
	Chapman-Richards	17,9	-13001	-12971	9	0,0703	2,103
	Gompertz	17,3	-13853	-13823	9	3,5732	0,0889
	Logística	18,2	-12597	-125670	9	0,1348	13,212
	Lundqvist	21,5	-8011	-7981	9	31,526	1,3421
	Monomolecular	21,2	-8353	-8322	9	0,0453	1,125
	Schumacher	23,9	-5142	-5119	9	12	
<i>Commiphora leptophloeos</i>	Bertalanffy	25,4	-108	-99	6	0,0256	
	Chapman-Richards	25,6	-105	-93	6	6,02x10 ^{-2*}	0,9217
	Gompertz	25,3	-108	-96	6	2,3797	0,164
	Logística	25,3	-108	-96	6	0,2517	6,2747
	Lundqvist	25,7	-103	-91	6	4,0749	0,3363
	Monomolecular	25,5	-106	-94	6	0,0745	0,9924
	Schumacher	26,6	-93	-85	6	5,999	
<i>Croton sonderianus</i>	Bertalanffy	17,5	978	991	34	0,0056	
	Chapman-Richards	15,4	831	849	34	2,44x10 ^{-2*}	1,4875
	Gompertz	15,3	822	839	34	2,9551	0,035
	Logística	16,0	876	893	34	0,0526	9,4793
	Lundqvist	16,1	880	897	34	40,0464	1,1134
	Monomolecular	16,4	901	918	34	0,0189	1,0722
	Schumacher	16,6	920	933	34	26,8712	
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Bertalanffy	31,2	1097	1112	18	0,0069	
	Chapman-Richards	26,5	758	778	18	0,0390	1,8949
	Gompertz	26,0	714	734	18	3,5421	0,0536
	Logística	26,6	767	787	18	0,0876	14,9047
	Lundqvist	29,3	972	992	18	31,1784	1,1164
	Monomolecular	28,9	939	958	18	0,0245	1,0852
	Schumacher	29,6	989	1004	18	21,6551	

NOTA: S_{yx} (%) = erro padrão da estimativa relativo; AIC = critério de informação de Akaike corrigido; BIC = critério de informação Bayesiano; β_0 = parâmetro fixado na assíntota do limite superior da maior classe diamétrica em que foram encontrados indivíduos nos inventários a 100%; β_1 e β_2 = parâmetros das equações ajustados por regressão não linear. β_1^* = parâmetro não significativo. Em negrito estão destacadas as equações com melhores ajustes para cada espécie.

FONTE: A autora (2022).

FIGURA 23 – MODELOS DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO (GOMPERTZ) AJUSTADOS PARA *Bauhinia forficata* (A), *Commiphora leptophloeos* (B), *Croton sonderianus* (C) E *Pityrocarpa moniliformis* (D) NO BIOMA CAATINGA.

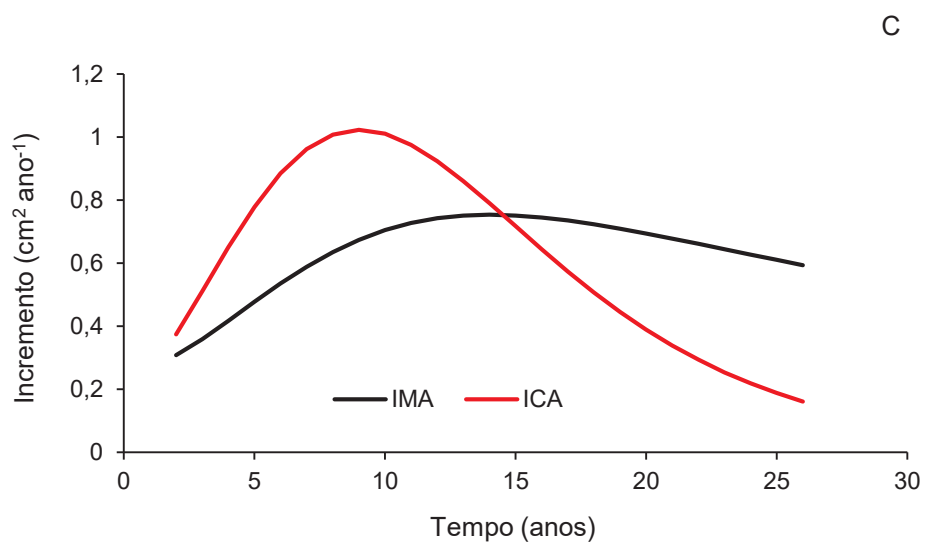
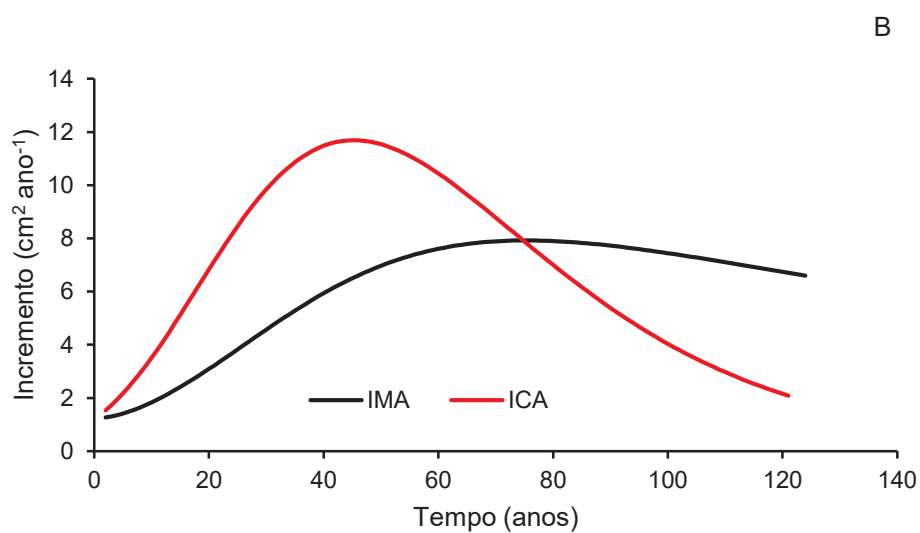
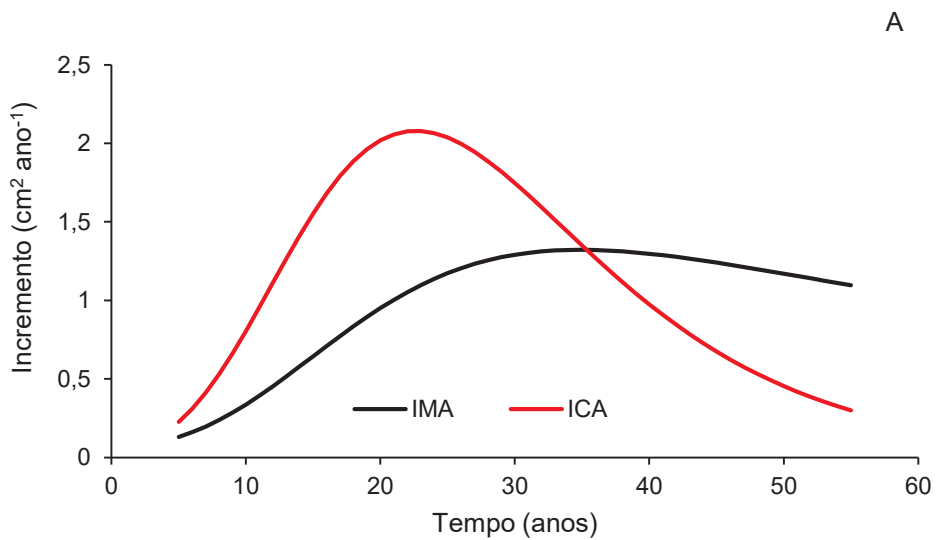


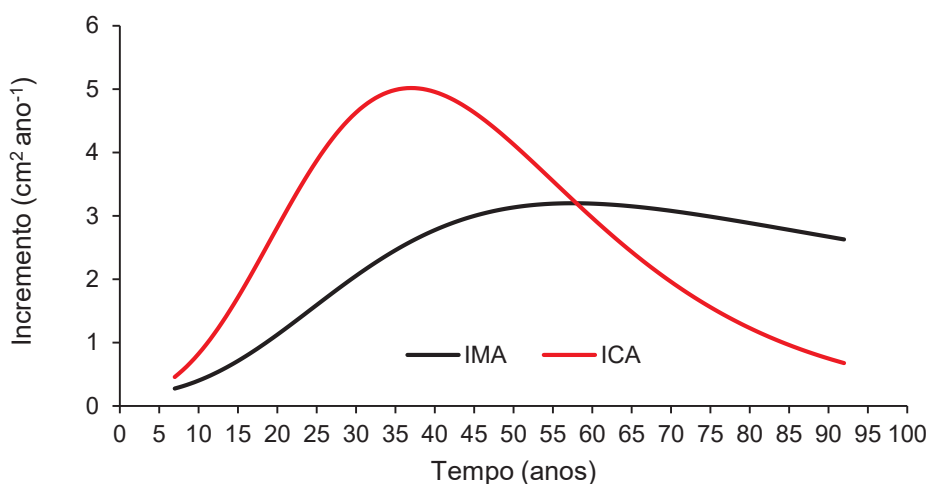


FONTE: A autora (2022)

Os máximos *ICA* e *IMA* em área transversal calculados pelas curvas de incremento em diâmetro para cada espécie estudada estão apresentados na FIGURA 24.

FIGURA 24 - CURVAS DE INCREMENTO ICA E IMA EM ÁREA TRANSVERSAL PARA *Bauhinia forficata* (A), *Commiphora leptophloeos* (B), *Croton sonderianus* (C) E *Pityrocarpa moniliformis* (D) NO BIOMA CAATINGA.





FONTE: A autora (2022)

Na Tabela 10 estão os valores de máximo incremento corrente anual (*ICAg*) e do incremento médio anual (*IMAg*) em área transversal das quatro espécies em estudo no Bioma Caatinga. O ponto máximo de *ICA* para *Bauhinia forficata* ocorreu próximo dos 15 anos, aos 37 anos para *Commiphora leptophloeos*, aos 6 anos, para *C.sonderianus* e 25 anos para *Pityrocarpa moniliformis*.

TABELA 10 - MÁXIMO INCREMENTO CORRENTE ANUAL EM ÁREA TRANSVERSAL E MÁXIMO INCREMENTO MÉDIO ANUAL EM ÁREA TRANSVERSAL PARA *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus*, *Bauhinia forficata* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA.

Espécie	Máximo <i>ICAg</i>		Máximo <i>IMAg</i>	
	DAP (cm)	Idade (anos)	DAP (cm)	Idade (anos)
<i>Bauhinia forficata</i>	3,5	15	5,7	23
<i>Commiphora leptophloeos</i>	15,0	37	19,2	47
<i>Croton sonderianus</i>	1,9	6	2,2	7
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	7,1	25	11,0	37

NOTA: DAP = diâmetro a 1,30 m do solo; Máximo *ICAg* = máximo incremento corrente anual em área transversal; Máximo *IMAg* = máximo incremento médio anual em área transversal.

FONTE: A autora (2022).

A partir da análise das curvas de *IMA* e *ICA*, é possível obter informações importantes para o planejamento do manejo florestal sustentável (ASSMANN, 1970). O ponto de máximo *IMA*, que é o ponto em que o crescimento total não apresenta acréscimo independentemente da idade. O ponto de máximo *ICA* indica o ponto de maior incremento anual da espécie. Ambas representam o valor de vigor máximo das

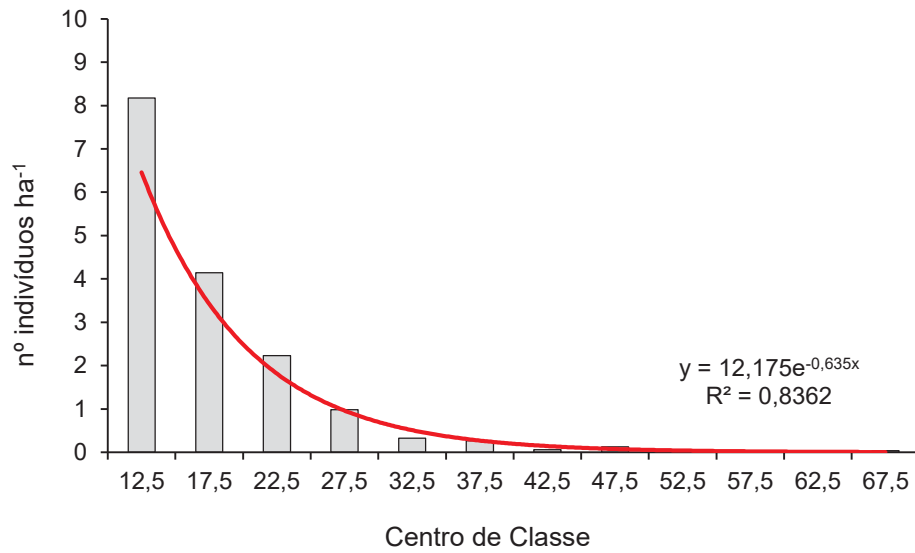
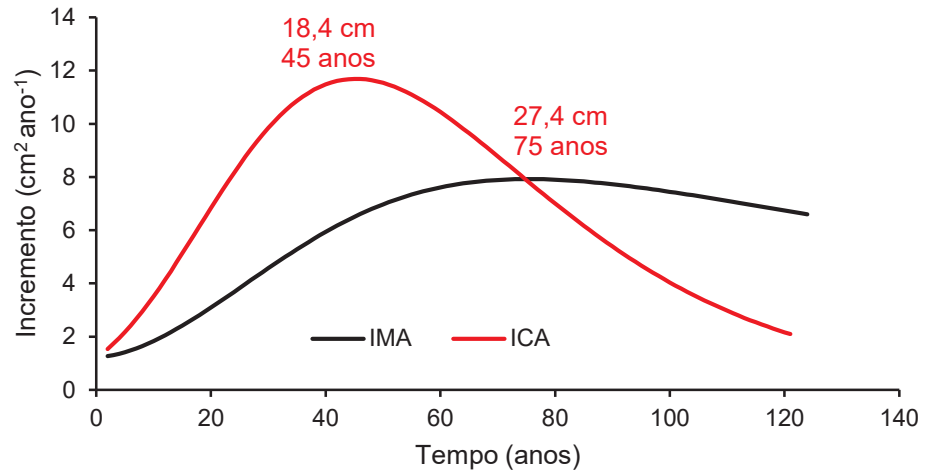
espécies (BRAZ et al., 2022), sendo o incremento em diâmetro o melhor indicador desse potencial (NYLAND, 2007; WEISKITTEL et al., 2011). Segundo Batista et al. (2016) a curva de crescimento em diâmetro e em área transversal podem ser semelhantes em termos práticos, e a diferença das idades técnicas obtidas por elas se torna desprezível.

O declínio das espécies arbóreas inicia após a fase de pleno vigor ser ultrapassada (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; NYLAND, 2007; WEISKITTEL et al., 2011), e é sinalizado pelo declínio nas taxas de sobrevivência e crescimento das espécies (BRAZ et al., 2021).

As distribuições diamétricas determinadas das espécies são condicionadas pelo padrão de crescimento e mortalidade (LEAK, 2002). Condit et al. (2016) concluíram que senescência, além de distúrbios exógenos, pode, depois da competição, afetar também a estrutura de determinada espécie.

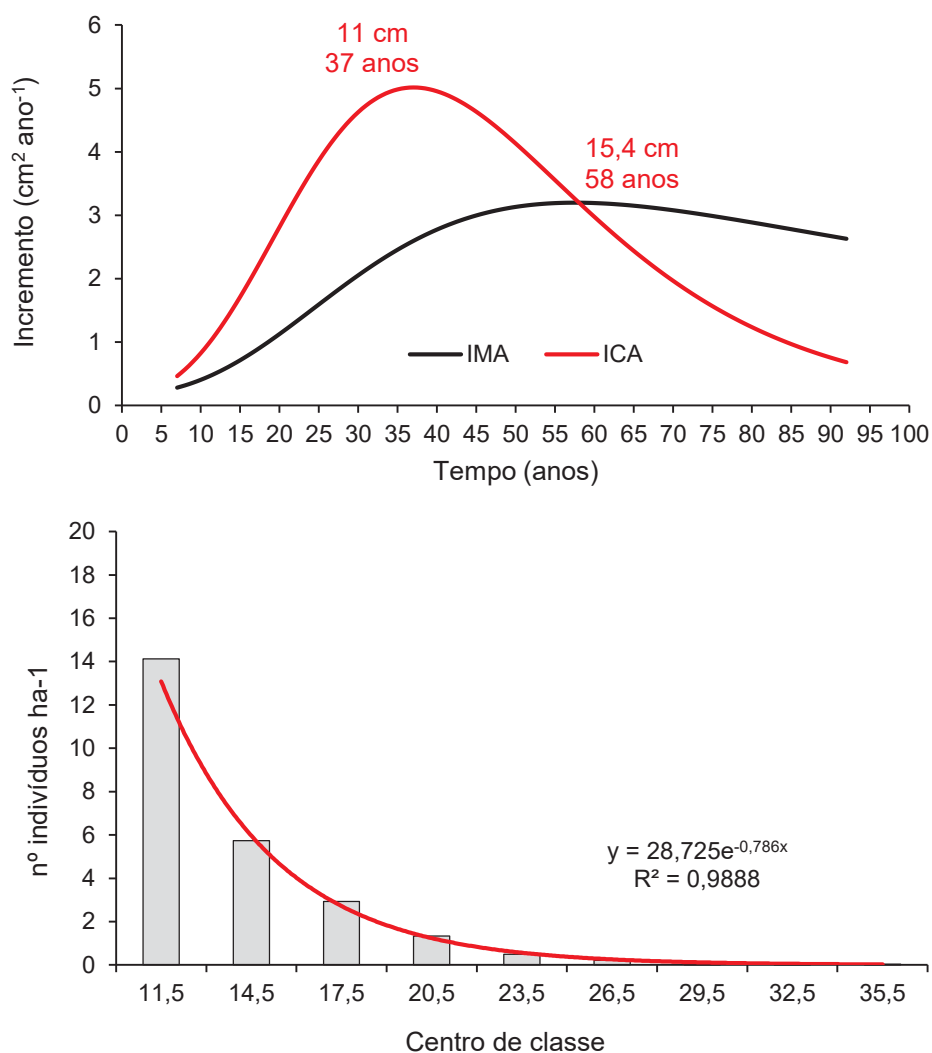
Quando comparadas as curvas de incremento corrente anual e incremento médio anual em área transversal com os dados de estrutura diamétrica encontrados neste trabalho, para *Commiphora leptophloeos* (FIGURA 25) e *Pityrocarpa moniliformis* (FIGURA 26), pode-se verificar que os resultados estão semelhantes aos valores observados nos dados do levantamento do IFN-BR, cuja concentração das espécies ocorre nas primeiras classes diamétricas que apresentam diâmetros menores garantindo a perpetuação das espécies conforme FIGURA 18 para *Commiphora leptophloeos* que apresenta 70% dos indivíduos com diâmetros < que 22 cm, e para *Pityrocarpa moniliformis*, FIGURA 12, que apresenta indivíduos com 80% dos indivíduos nas duas primeiras classes cujos diâmetros são menores que 18 cm.

FIGURA 25 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL X ESTRUTURA DIAMÉTRICA PARA *Commiphora leptophloeos* NO BIOMA CAATINGA



FONTE: A autora (2022).

FIGURA 26 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA TRANSVERSAL X ESTRUTURA DIAMÉTRICA PARA *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA



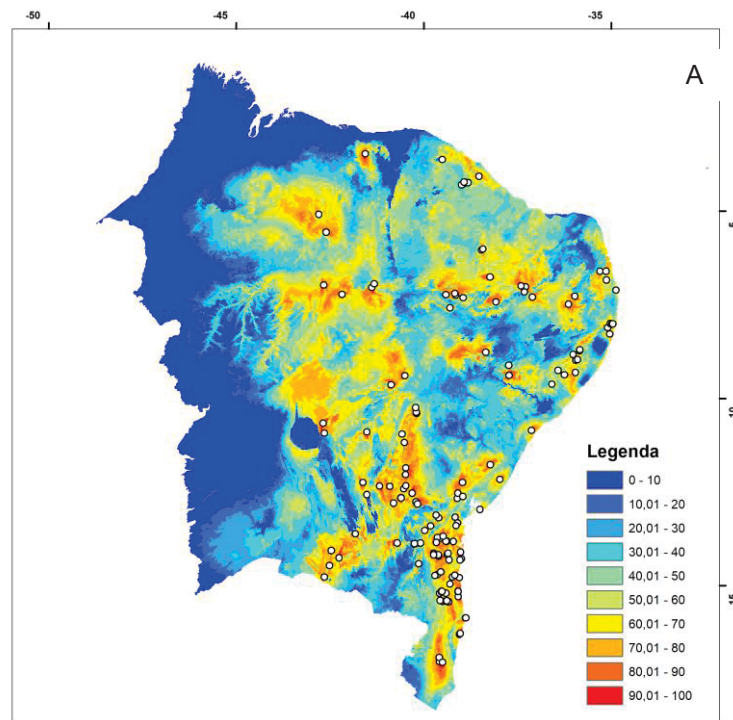
FONTE: A autora (2022).

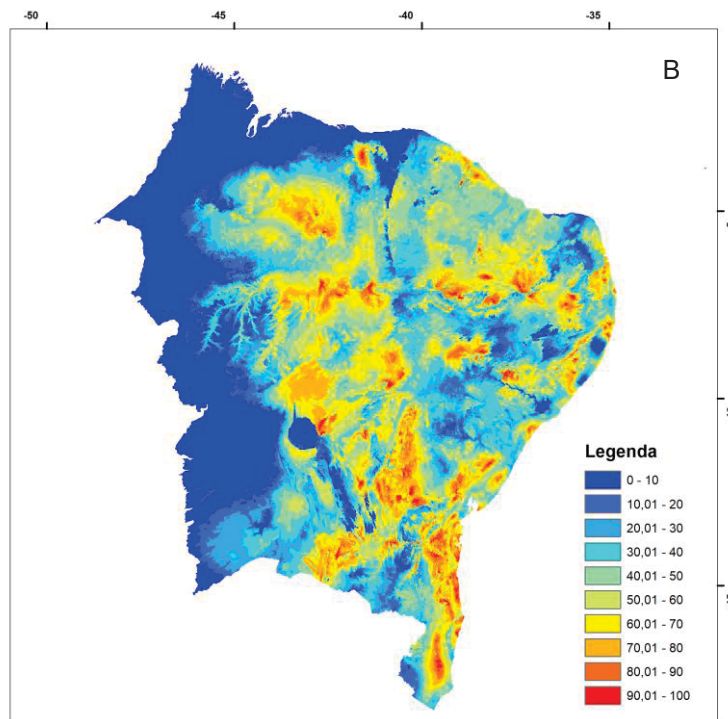
5.3 MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* E *Pityrocarpa moniliformis* NO BIOMA CAATINGA

Na Figura 27 estão apresentados os mapas gerados com o potencial de ocorrência ambiental na região Nordeste Brasileira, para *Bauhinia forficata*. O resultado da modelagem mostra gradiente de 0 a 100% de probabilidade de ocorrência ambiental da espécie, variando de tons avermelhados (maior grau de potencial de ocorrência ambiental) a azul (grau baixo a nulo).

Observou-se que as características ambientais (clima e altitude) utilizadas para a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata* (Figura 27) corrobora com dados obtidos da literatura. A plotagem dos pontos de ocorrência (FIGURA 27A) e a modelagem do potencial de ocorrência encontram-se na Figura 27B. Segundo FLORA DO BRASIL, (2023a), a espécie ocorre eventualmente na Caatinga (Alagoas, Bahia, Pernambuco), principalmente em encostas de serras e na região litorânea do Nordeste, com algumas manchas de ocorrência nessas regiões (CARVALHO, 2003).

FIGURA 27 – PONTOS DE OCORRÊNCIA (A) E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL (B) PARA *Bauhinia forficata*.

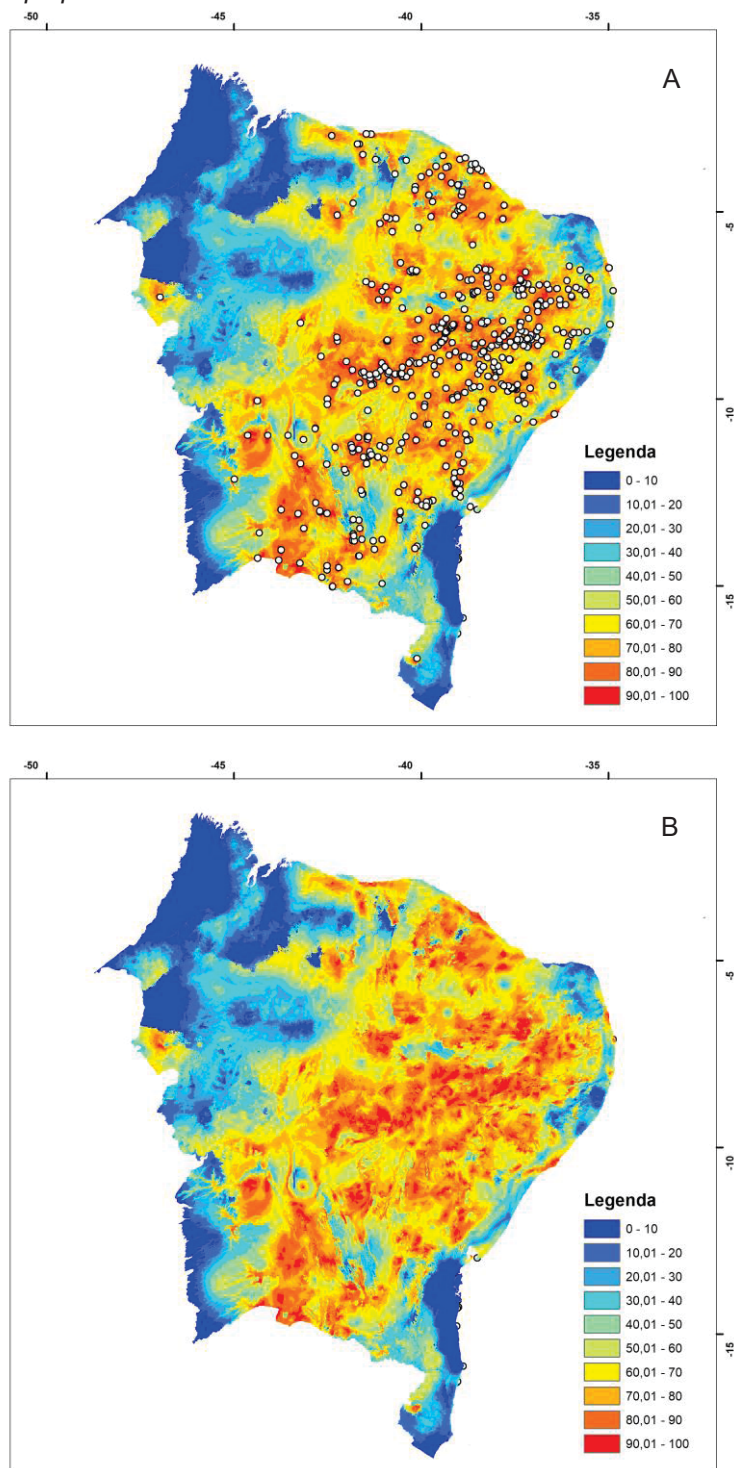




FONTE: A autora (2023).

A modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *C. leptophloeos* (Figura 28) apresentou resultados consistentes com a dispersão geográfica da espécie na região Nordeste (PAREYN *et al.*, 2018). Segundo Carvalho (2008), essa espécie representa entre 90% a 95% do extrato arbóreo da Caatinga arbóreo-arbustiva, apresentando dispersão ampla e descontínua. Ocorre nos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, além das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste (FLORA DO BRASIL, 2023b). Apesar da elevada pressão extrativista, *C. leptophloeos* não consta como ameaçada de extinção e estudos confirmam a ocorrência de populações naturais de *C. leptophloeos* também em Unidades de Conservação, como no Parque Estadual da Mata da Pimenteira, em Serra Talhada (PE) (FARIAS *et al.*, 2016). A plotagem dos pontos de ocorrência (FIGURA 28A) e a modelagem do potencial de ocorrência ambiental encontram-se na Figura 28B. O potencial de ocorrência ambiental varia de mais de 90% (vermelho) a 0 a 10% (azul).

FIGURA 28 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA *Commiphora leptophloeos*.



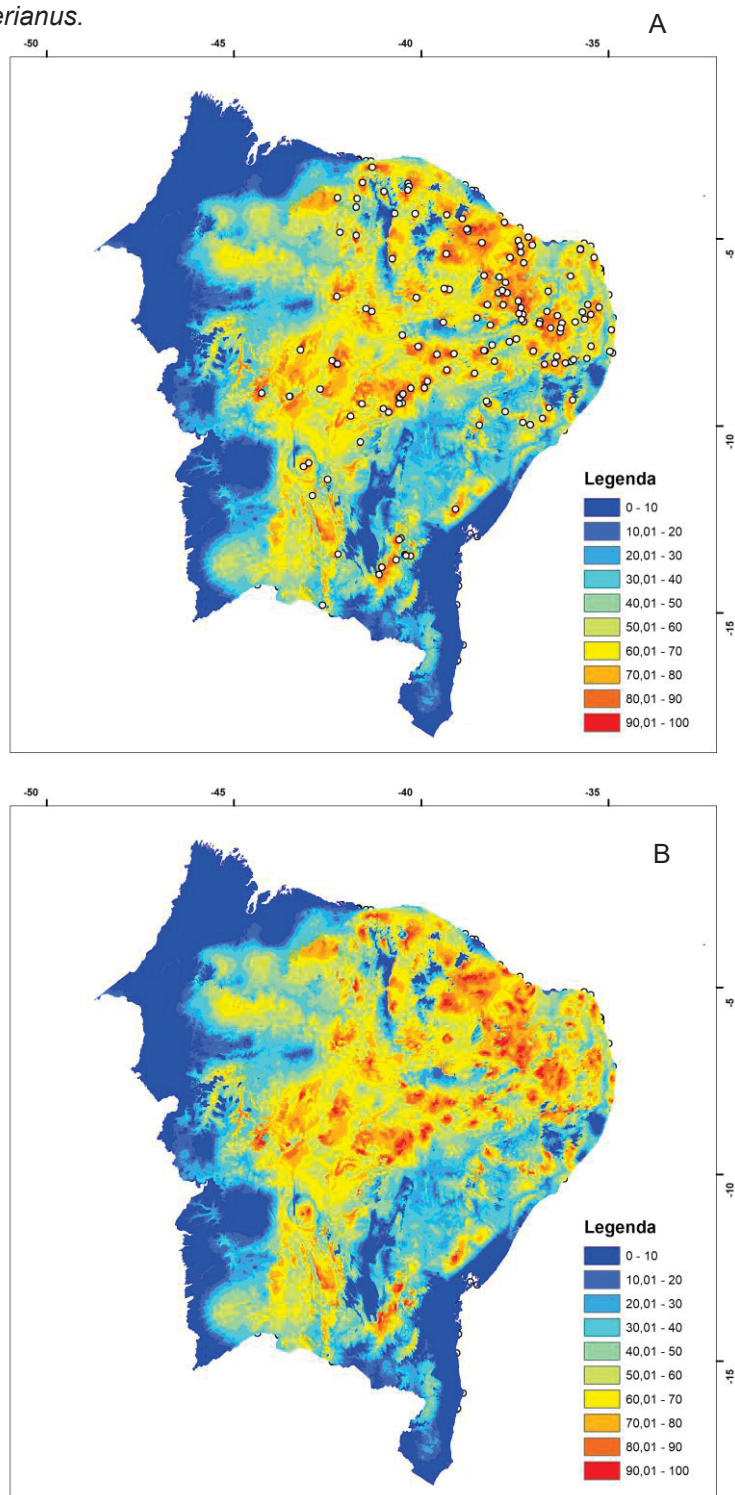
FONTE: A autora (2023).

Croton sonderianus é uma espécie nativa endêmica da Caatinga, com ocorrência nos estados do Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA DO BRASIL, 2023c). A modelagem do potencial de ocorrência ambiental da espécie apresentou manchas distribuídas pelo bioma na região do semiárido, tendo baixa probabilidade de ocorrência ambiental na região litorânea do bioma Mata Atlântica. A plotagem dos pontos de ocorrência (FIGURA 29A) e a modelagem do potencial de ocorrência ambiental encontram-se na Figura 29B, seguindo o mesmo padrão usado para as demais espécies, desde alto (vermelho) a muito baixo (azul).

Tomaz *et al.* (2022) utilizaram a modelagem do potencial de ocorrência para avaliar a distribuição natural de *Stryphnodendron pulcherrimum* e como as mudanças climáticas poderiam afetar a sua distribuição geográfica nos domínios fitogeográficos brasileiros, em diferentes cenários. Segundo os autores, uma possível justificativa da predição futura de ocorrência da espécie ter sido heterogênea no bioma Caatinga, se deve aos processos antrópicos, como agricultura e a desertificação. Consideramos que essa é uma justificativa possível para explicar a distribuição de *Croton sonderianus* no nordeste brasileiro, onde foram observadas apenas algumas manchas espalhadas.

Silva e Coutinho (2018) citam que *Croton sonderianus* é abundante na região Nordeste, não sendo considerada em risco ou ameaçada de extinção. Levantamentos de campo mostram registros dessa espécie em populações naturais, como por exemplo, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Almas, em São José dos Cordeiros (PB) (BARBOSA *et al.*, 2007) e na Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha (PB) (PEREIRA, 2012).

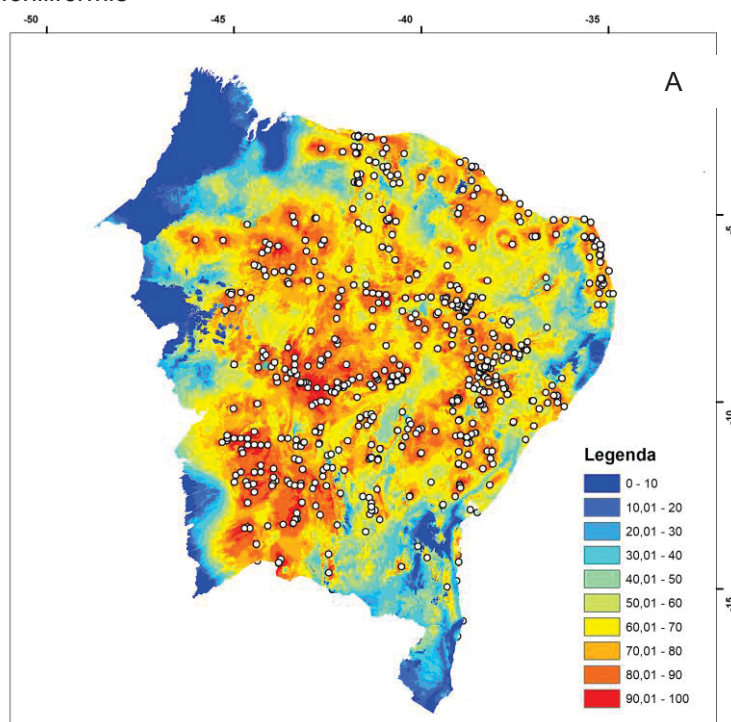
FIGURA 29 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA *Croton sonderianus*.

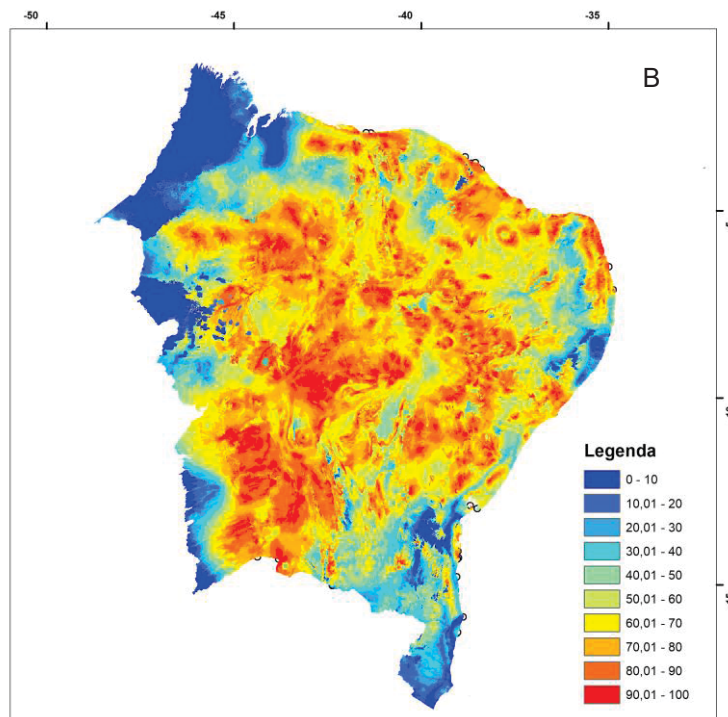


FONTE: A autora (2023).

A análise do potencial de ocorrência ambiental de *P. moniliformis*, assim como de *C. leptophloeos*, apresentou resultados consistentes com a dispersão geográfica da espécie na região Nordeste, pois é característica da Caatinga, onde é muito abundante, com dispersão mais ou menos contínua e irregular, ocorrendo preferencialmente em formações secundárias e em áreas abertas (CARVALHO, 2010). A espécie é endêmica da Caatinga e ocorre nos estados do Bahia, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA DO BRASIL, 2023d). Oliveira *et al.* (2018) citam que em função do potencial madeireiro e forrageiro na Caatinga, o estabelecimento de um plano silvicultural e de um plano de manejo da espécie é prioridade, para garantir seu uso sustentável a fim de garantir a presença dela no bioma. A plotagem dos pontos de ocorrência (FIGURA 30A) e a modelagem do potencial de ocorrência ambiental encontram-se na Figura 30B, seguindo o mesmo padrão usado para as demais espécies, desde alto (vermelho) a muito baixo (azul).

FIGURA 30 – PONTOS DE OCORRÊNCIA E MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA PARA *Pityrocarpa moniliformis*





FONTE: A autora (2023).

Os testes externos, que equivalem à validação dos modelos, apresentaram resultados satisfatórios de acurácia e área sobre a curva (AUC) para *Bauhinia forficata* (acurácia = 99,9 e AUC = 1,00), *Commiphora leptophloeos* (acurácia = 99,4 e AUC = 0,99), *Croton sonderianus* (acurácia = 99,8 e AUC = 1,00) e *Pityrocarpa moniliformis* (acurácia = 99,1 e AUC = 0,99). Os resultados para o AUC apresentaram valores significativos para a qualidade dos modelos. Neste sentido, segundo METZ (1986), todas as curvas apresentaram uma validação excelente, uma vez que todas se encontram no intervalo de 0,9 – 1,0. Outros autores também utilizaram a área sobre a curva ROC (AUC – Area Under Curve) para avaliação da modelagem do potencial de ocorrências de espécies arbóreas tropicais, encontrando valores semelhantes de AUC (excelente) aos observados neste trabalho (CAPO *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2022).

Segundo Queiroz *et al.* (2018), a Caatinga é um dos biomas mais alterados pelas atividades antrópicas ao longo dos séculos. Esses autores ressaltam que as principais pressões sobre o bioma são exercidas pelas atividades agrícolas, pastoris, extrativismo predatório (lenha para fins energéticos) e por fim, pela alta densidade populacional. No entanto, as atividades antrópicas têm mudado à medida que os recursos vão se esgotando.

De acordo com levantamentos realizados na Caatinga, restam menos de 50% de cobertura florestal original (QUEIROZ *et al.*, 2018) e, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, 80% da área da Caatinga está submetida a algum grau de antropização (BRASIL, 2023). Saber o possível potencial de ocorrência ambiental das espécies que possuem valor econômico na região é de extrema importância para subsidiar o planejamento de plantios futuros e planos de conservação e uso sustentável. Canetti *et al.* (2017) citam que a modelagem de distribuição preditiva, voltada à análise da distribuição geográfica de espécies, pode ser uma ferramenta importante para o manejo florestal, especialmente quando as informações sobre as mesmas são insuficientes, como é o caso das quatro espécies abordadas nesse trabalho.

Garrastazu e Mattos (2013) utilizaram a ferramenta de modelagem e associaram a modelagem de potencial de ocorrência ambiental com o conhecimento de remanescentes florestais em estudo realizado com *Schinus terebinthifolius*, no Baixo São Francisco. Em trabalho semelhante, Garrastazu e Mattos (2019) estudaram *Erythrina velutina* e *Erythrina mulungu* na região Nordeste do Brasil, e encontraram um grande potencial de ocorrência para as duas espécies, associadas ao remanescente florestal abordado. As autoras citam ainda que o princípio da modelagem assume a existência de uma relação entre variável dependente (distribuição da espécie) e a combinação das variáveis explicativas (variáveis ambientais), tendo como aplicações a indicação de áreas potenciais para plantios ou delimitação de áreas prioritárias para conservação.

O conhecimento do potencial de ocorrência ambiental das espécies pode ser considerado uma ferramenta importante, subsidiando a avaliação sobre ameaça ou risco e impacto das atividades humanas a estas espécies, apoiando o planejamento de novas áreas de conservação, para indicação de áreas ideais para plantios econômicos, suporte à recuperação de áreas degradadas, apoio ao planejamento de inventários direcionados para busca de determinadas espécies, entre outros (MUÑOZ *et al.*, 2011). Adicionalmente, a modelagem de distribuição de uma espécie, voltada à análise do potencial de ocorrência ambiental pode ser útil para fomentar a base de conhecimento sobre características intrínsecas à espécie, bem como a formulação de políticas públicas para sua conservação (GIANNINI *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES

Para *Bauhinia forficata* e *Croton sonderianus* não houve indivíduos no levantamento do IFN-BR, tanto nos indivíduos com diâmetros acima de 10 cm quanto para os indivíduos com $5 \text{ cm} \geq \text{DAP} < 10 \text{ cm}$. Entretanto as espécies estão presentes no Bioma Caatinga conforme literatura especializada.

As estruturas diamétricas das espécies *Commiphora leptophloeos* e *Pityrocarpa moniliformis* mostraram-se em abundância de indivíduos nas classes de menor diâmetro, garantindo a continuidade da existência das mesmas e descrevendo sua estratégia ecológica.

As Curvas de crescimento *IMAg* e *ICAg* estão relacionadas em como explicar a estrutura diamétrica das espécies *Commiphora leptophloeos* e *Pityrocarpa moniliformis* na floresta. A regeneração natural para as espécies *Commiphora leptophloeos* e *Pityrocarpa moniliformis* manifestou-se no levantamento do IFN-BR.

As espécies *Croton sonderianus* e *Bauhinia forficata* atingiram primeiro o ponto de máxima tangência (senescência) quando comparada com as outras duas espécies. Apesar do ritmo de crescimento diferenciado para cada espécie o modelo de Gompertz foi o que apresentou o melhor ajuste para todas.

A modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata*; *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis* mostram que, apesar de se tratarem de espécies de ocorrência natural na Caatinga, apresentam diferenças em suas regiões preferenciais. Desta maneira, o conhecimento do potencial de ocorrência ambiental de espécies com importância econômica além de ecológica como as abordadas neste trabalho, associado ao conhecimento do comportamento e características das mesmas, facilitará a definição de medidas estratégicas direcionadas ao uso e conservação das espécies.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de ser uma espécie nativa e endêmica da região nordeste, não houve indivíduos de *Croton sonderianus* no levantamento realizado pelo IFN-BR devido ao fato do limite de inclusão ser de 10 cm, o que não detectaria a ocorrência real da espécie, uma vez que a amplitude diamétrica máxima esperada seria muito próxima do limite de inclusão do IFN-BR. Outro motivo talvez, seria em relação a época da coleta, o que dificulta a identificação da espécie.

As subparcelas de regeneração aparentemente não captaram de forma satisfatória a espécie *Croton sonderianus*.

Não houve indivíduos de *Bauhinia forficata* no levantamento realizado pelo IFN-BR possivelmente devido ao fato da espécie ocorrer eventualmente no bioma caatinga, principalmente em encostas de serras e na região litorânea no Nordeste.

Espécie *Pityrocarpa moniliformis* possui elevado potencial madeireiro no Nordeste na vegetação de caatinga, é de altíssima importância, assim, o estabelecimento de plano de manejo silvicultural visando seu uso e conservação devem ser prioritários.

A espécie *Commiphora leptophloeos* apresenta valor madeireiro elevado, podendo ter usos diversos. Semelhante a *Pityrocarpa moniliformis* é importante que seu uso seja conduzido com manejo florestal sustentável.

Campanhas de conscientização sobre o manejo florestal sustentável com os cortadores de madeira, produtores rurais, apicultores e artesãos, associado ao reflorestamento de espécies que visem a produção de biomassa energética, pode ser uma solução real contra o processo de degradação que ocorre no sertão.

Entende-se de alta relevância o desenvolvimento de estudos que garantam o desenvolvimento e uso sustentável dos recursos florestais desse ambiente.

REFERÊNCIAS

- AGUSTINI, A. F.; MATTOS, P. P.; ALVAREZ, I. A. Potencial dendrocronológico de espécies arbóreas da Caatinga. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 7., 2008, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 1 CD-ROM. Resumo.
- ALVES, J. J. A. Geoecologia da caatinga no semi-árido do nordeste brasileiro. **Climatologia e Estudo da Paisagem**, Rio Claro, v. 2, p. 58-71, 2007.
- ALVES, J. J. A.; ARAUJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.
- ALVES JÚNIOR, F. T. **Estrutura, biomassa e volumetria de uma área de Caatinga**, Floresta-PE. 151f. 2010. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ALVES JUNIOR, F. T., FERREIRA, R. L. C., SILVA, J. A. A. D., MARANGON, L. C., COSTA JUNIOR, R. F., SILVA, S. D. O. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em fragmentos de Floresta Ombrófila Aberta em Pernambuco. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 307-319, 2010.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. VSB; ARAÚJO, E. L. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. *Acta botânica brasílica*, v. 19, p. 615-623, 2005.
- ANDRADE-LIMA, D. de. The caatingas dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.4, p.149-153, 1981.
- ANDRADE, W.A. **Variações de abundância em populações de plantas da caatinga**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife - PE. 2000.
- ANDRADE, J.R.; SANTOS, J.M.F.F.; LIMA, E.N.; LOPES, C.G.R.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. Estudo populacional de *Panicum trichoides* Swart. (Poaceae) em uma área de caatinga em Caruaru, Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**. v. 5, p. 858-860. 2007.
- AQUINO, F. de G.; OLIVEIRA, M. C. de; RIBEIRO, J. F.; SCHIAVINI, I. Ecologia populacional de espécies arbóreas na estacao ecologica do Panga (Uberlandia-MG). Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 24 p.2002. (Embrapa Cerrados. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 26).
- ARARIPE, F. A. A. LI. **Efetividade de gestão de áreas protegidas na depressão sertaneja setentrional seus efeitos sobre a conservação da caatinga**. 2020. 156 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ARAÚJO, E.L. Estresses abióticos e bióticos como forças modeladoras da dinâmica de populações vegetais da caatinga Pp. 50-64. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO,

E.L.; S WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Eds.). **Estresses Ambientais: danos ou benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e Editora. 2005.

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, p. 285-294.2005a

ARAÚJO, E.L.; MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M. Establishment and death of two dry tropical forest woody species in dry and rainy seasons in northeastern Brazil. pp. 76-91. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; S WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Eds.). **Estresses Ambientais: danos ou benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e Editora.2005b

ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P.; CASTRO, C.C. Dynamics of Brazilian caatinga - a review concerning the plants, environment and people. **Functional Ecosystems and Communities**. v. 1, p. 15-29. 2007a

ARAÚJO, G.M.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; LEITE, F.V.A.; SILVA, K.A.; PIMENTEL, R.M.M. Resposta germinativa de plantas leguminosas da caatinga. **Revista de Geografia**. v. 24, p. 139-154. 2007b.

ARAÚJO, E.L. Características florísticas e ecológicas da vegetação da caatinga: atualidades e desafios. pp. 171-174. In: LOIOLA, M.I.; BASEIA, I.G.; LICHSTON, J.E. (eds.). *Atualidades, Desafios e Perspectivas da Botânica do Brasil*. **Anais**. Natal: Imagem Gráfica. 2008.

ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N. Análise da vegetação: amostragem, índices de diversidade e utilidades na etnobotânica. pp. 161-198. In: ALBUQUERQUE U.P.; LUCENA R.F.P.; CUNHA, L.V.F.C. (Eds.). **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobotânica**. Recife: Editora Comunigraf. 2008.

ASSMANN, E. **Principles of forest yield study**. Oxford, New York: Pergamon Press, 1970.

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. Disponível em <https://www.acaatinga.org.br/sobre-a-caatinga/> Acesso dia 20/01/2023.

AUSTREGÉSILO, S. L.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; SOUZA, A. L.; MEUNIER, I. M. J.; SANTOS, E. S. Comparação de métodos de prognose da estrutura diamétrica de uma floresta estacional semidecidual secundária. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.227-232, 2004.

ASSOCIAÇÃO PLANTAS DO NORDESTE – APNE; CNIP. Banco de Dados: lista de planos de manejo do Bioma Caatinga. *Estatística Florestal da Caatinga*. Natal: Programa Nacional de Florestas, Ministério do Meio Ambiente. p.45-70. 2008.

BÄR, A; BRÄUNING, A.; LÖFFLER, J. Dendroecology of dwarf shrubs in the high mountains of Norway—A methodological approach. **Dendrochronologia**, v. 24, n. 1, p. 17-27, 2006.

BARBOSA, DC A.; CONCEICAO G PRADO, M. Quantitative analysis of the growth of *Parkinsonia aculeata* L. in a greenhouse. **Phyton (Buenos Aires)**, v. 52, n. 1, p. 17-26, 1991.

BARBOSA, C. A.; MANSUR, R. J.; NOGUEIRA, C.; MELO, P. A. Comparative studies of growth in three species of Caatinga submitted to water stress. **Phyton**, v. 69, p. 45-50, 2000.

BARBOSA, D.C.A. Estratégias de germinação e crescimento de espécies lenhosas da caatinga com germinação rápida. pp. 625-656. In: LEAL, I.; TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Ed.). **Ecologia e conservação da caatinga**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. 2002.

BARBOSA, D. C. A., BARBOSA, M. C., LIMA, C. M. Fenologia de espécies lenhosas da caatinga. In: Leal, I. R., Tabarelli, M., Silva, J. M. C. (Eds.), *Ecologia e Conservação da Caatinga*. Editora Universitária, Recife, p. 657-694. 2003.

BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n.3, p. 313-322, 2007. <https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.01>

BARICHIVICH, J.; SAUCHYN, D. J.; LARA, A. Climate signals in high elevation tree-rings from the semiarid Andes of north-central Chile: Responses to regional and large-scale variability. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Long-term multi-proxy climate reconstructions and dynamics in South America (LOTRED-SA): State of the art and perspectives. v. 281, n. 3–4, p. 320–333, 15 out. 2009.

BARROS, L. M.; BARBOSA, D. C. A. Crescimento de *Acacia farnesiana* (L.) Willd. em casa de vegetação. **Phyton-Revista Internacional de Botanica Experimental**, v. 57, n. 2, p. 179-192, 1995.

BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

BIGARELLA, J.J.; ANDRADE-LIMA, D. de; RIEHS, P.J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.47, p.411-464, 1975. Suplemento.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga> Acesso dia: 15/11/2022.

BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; SALIS, S. M.; CURTO, R. de A. Estrutura de um cambarazal (*Vochysia divergens*) no Pantanal de Mato Grosso. Corumbá: Embrapa Pantanal; Colombo: Embrapa Florestas. 8 p. 2021. (Embrapa Pantanal. Comunicado técnico, 116; Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 474).

BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; MATTOS, P. P. de; OLIVEIRA, M. V. N. d'; THAINES, F.; OLIVEIRA, M. F.; GARRASTAZU, M. C. Ocorrência e crescimento de *Handroanthus* spp. na Amazônia, nos estados de Mato Grosso e Acre, como subsídio para a

elaboração de normativas de manejo florestal e avaliação de risco de extinção. Colombo: Embrapa Florestas, 2022. 79 p. (**Embrapa Florestas. Documentos**, 370)

BRIENEN, R. **Tree rings in the tropics**: A study on growth and ages of Bolivian rain forest trees. Riberalta, Bolivia: Programa Manejo de Bosques de la Amazonía Boliviana (PROMAB), 2005. (Scientific Series 10).

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. **Modeling Forest Trees and Stands**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012.

CALIXTO JÚNIOR, J. T.; DRUMOND, M. A.; ALVES JÚNIOR, F. T. Estrutura e distribuição espacial de *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. em dois fragmentos de Caatinga em Pernambuco. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 2, p. 95-100, 2011.

CANETTI, A.; RUY, C. C.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M. Dinâmica de crescimento de espécies de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em Colombo, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 77, p. 31-37. 2014.

CANETTI, A.; GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; BASSO, R. O. Relação entre potencial de ocorrência e frequência de espécies florestais no Mato Grosso. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 7 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico**, 396).

CANETTI, A.; BRAZ, E. M.; MATTOS, P. P. de; FIGUEIREDO FILHO, A.; BASSO, R. O. Tree strata structure in an ecotone among the Amazon Forest types: a comparative study. **Forest Science**, v. 65, n. 6, p. 693-702, Dec. 2019.

CAPO, L. F. M.; MORAES, M. L. T. D.; ZULIAN; D. F.; WREGE; M. S.; PORTELA; R. M. *et al.* Natural distribution of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. in Brazil at current and future climate scenarios due to global climate change. **Revista Árvore**, v. 46, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000009>

CARVALHO, D.; BARBOSA, A. Crescimento de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae-Mimosoideae). **Phyton (Buenos Aires)**, v. 52, n. 1, p. 51-62, 1991.

CARVALHO, P. E. R. Pata-de-vaca: *Bauhinia forficata*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 709-716. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1).

CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-espinho: *Commiphora leptophloeos*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2008. v. 3 p. 289-295 (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 3).

CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-Espinho - *Commiphora leptophloeos*. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 8 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico**, 228).

CARVALHO, P. E. R. Catanduva: *Pityrocarpa moniliformis*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica;

Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 4, p. 155-161. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 4).

CASTRO, C. R.; PRADO, F. M. V.; BRITO, E. S.; ARAÚJO, F. S.; ROCHA, J. G. M.; ASSUNÇÃO, M. V.; FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, M. G. V.; GAALLÃO, M. I.; FERME, M. C.; PESSOA, M. A. M.; ROCHA, S. J.; SILVA, S. I. Óleos, ceras, taninos, látex e gomas. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M. de; SANTOS JUNIOR, A. G. (Ed.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife, Associação Plantas do Nordeste. p. 199-226. 2005.

CHIANG, J. CH; KOUTAVAS, A. Tropical flip-flop connections. **Nature**, v. 432, n. 7018, p. 684-685, 2004.

CODEVASF. **Caderno de caracterização**: estado do Ceará / organizadores, Renan Loureiro Xavier Nascimento, R. L. X.; SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, M. A. N.; GRASSI, G. – Brasília, DF: Codevasf, 145 p. 2022.

CONDEPE. **Monografia Regional**: Mesorregião do São Francisco Pernambucano Recife, Governo do Estado de Pernambuco/Condepe. 1998.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro - região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

CURTO, R. A.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; PÉLLICO NETTO, S. Growth and retrospective analysis of competition in an overstocked stand of *Araucaria angustifolia*. **Forest Ecology and Management**, v. 483, 10 p.2021.

DANTAS, J. G., HOLANDA, A. C., SOUTO, L. S., JAPIASSÚ, A. M., HOLANDA, E. M. Estrutura do componente arbustivo/arbóreo de uma área de caatinga situada no município de Pombal, PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 19, 2010.

DAWKINS, H. C.; PHILIP, M. S. **Tropical moist forest silviculture and management**: a history of success and failure. Wallingford: CAB International, 1998.

DE LIOCOURT, F. De l'aménagement des sapinieres [English translation: On the amelioration of fir forests, translated by Maria Nygren (2001)]. **Bulletin trimestriel**, Société forestière de Franche-Comté et Belfort, p. 396-409, 1898.

DOMENE, V. D.; MATTOS, P. P.; LIMA, K. C.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A. Crescimento diamétrico de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*). In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 9., 2010, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2010. (Embrapa Florestas. Documentos, 198).

DOMENE, V. D.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M. Crescimento em diâmetro de três espécies da floresta tropical seca no nordeste do Brasil. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS, 11., 2012, Colombo. **Anais...** Colombo: Embrapa Florestas, 2012. (Embrapa Florestas. Documentos, 240).

DRUMOND, M. A.; KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, M. C. de; OLIVEIRA, V.

R. de; ALBUQUERQUE, S. G. de; NASCIMENTO, C. E. de S.; CAVALCANTI, J. **Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da caatinga**. Petrolina: Embrapa Semi-Arido, 21 p., 2000.

EGLER, W. A. Contribuição ao estudo da caatinga pernambucana. **Revista Brasileira de Geografia** 13: 577-590.1951.

ESPER, J.; BÜNTGEN, U.; FRANK, D. C.; NIEVERGELT, D.; LIEBHOLD, A. 1200 years of regular outbreaks in alpine insects. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1610, p. 671-679, 2007.

FABRICANTE, J. R.; ANDRADE, L. A. Análise estrutural de um remanescente de Caatinga no Seridó paraibano. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v.3, n.11, p.341-349, 2007.

FALCON-LANG, H. J. Global climate analysis of growth rings in woods, and its implications for deep-time paleoclimate studies. **Paleobiology**, v. 31, n. 3, p. 434-444, 2005.

FARIAS, G. G. S.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L.; SILVA, M.A.M.; LIMA, A.L.A. Fisionomia e estrutura de vegetação de caatinga em diferentes ambientes em Serra Talhada-Pernambuco. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 435 - 448, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509822745>

FELFILI, J. M. Diameter and height distributions in a gallery forest tree community and some of its main species in central Brazil over a six-year period (1985-1991). **Brazilian Journal of Botany**, v. 20, n. 2, p. 155-162, 1997.

FERREIRA, R. L. C; SOUZA, A. L.; JESUS, R. M. Ingresso e mortalidade em uma floresta secundária de transição. **Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 155-162, 1998.

FICK, S. E.; HIJMANS, D R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** v.37 n.12, p 4302-4315, 2017. Disponível em <<http://www.worldclim.com/version2>> <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

FIGUEIRÔA, J. M.; PAREYN, F. G. C.; DRUMOND, M. A.; ARAÚJO, E. L. Madeiras. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS JÚNIOR, A. G. (Ed.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Recife: Associação Plantas do Nordeste. p. 101-133, 2005.

FIGUEIRÔA, J.; PAREYN, F.; ARAUJO, E.; SILVA, C.; SANTOS, V.; CUTLER, D.; BARACAT, A.; GASSON, P. Effects of cutting regimes in the dry and wet season on survival and sprouting of woody species from the semi-arid Caatinga of northeast Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 229, p. 294-303, 2006.

FICHETLER, E.; TROUET, V.; BEECKMAN, H.; COPPIN, P.; WORBES, M. Climatic signals in tree rings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Tree**, v.18, p.442-451, 2004.

FLORA DO BRASIL. *Bauhinia forficata* Link. In: **Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16657>. Acesso em: 10 abr. 2023a.

FLORA DO BRASIL. *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett). In: **Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16657>. Acesso em: 10 abr. 2023b.

FLORA DO BRASIL. *Croton sonderianus* Müll.Arg In **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17540>>. Acesso em: 10/01/2023c.

FLORA DO BRASIL. *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson. In **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB116640>>. Acesso dia 10/01/2023d.

GARIGLIO, M. A. rede de manejo florestal da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Ed.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: SFB, 2010. p. 65-75.

GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P. de. Modelagem e distribuição geográfica. In: GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P. de; RABBANI, A. R. C. **Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* RADDI.)**. São Cristóvão: Ed. UFS, p. 21-33, 2013. e-book.

GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P. de. Modelagem de distribuição geográfica potencial de *Erythrina velutina* e *E. mulungu* na região Nordeste. In: SILVA-MANN, R.; RABBANI, A. R. C.; GOMES, L. J. (org.). **Pensando a biodiversidade: Mulungu (*Erythrina* sp.)**. Salvador: EDIFBA, p. 157-174, 2019. e-book.

GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**, v. 63, 733-749, 2012. doi.org/10.1590/S2175-78602012000300017

GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; BARBOSA, M. R. V.; BOCAGE NETA, A. L.; FIGUEIREDO, M. A. Espécies endêmicas da Caatinga. In: **Vegetação e flora da Caatinga** (SAMPAIO, E. V. S. B.; GIULIETTI, A. M.; VIRGÍNIO, J.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L., Eds) Associação Plantas do Nordeste, Recife, p. 103-105, 2002.

GOMES, L. M., BEZERRA, C. D. S., AGUIAR, A. V. D., WREGE, M. S., LOPES, M. T. G. Predição da distribuição natural e conservação de *Urena lobata* L. no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.

GRIME, J.P. Evidence for existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. **The American Naturalist**. v. 382 (III): pp.1169-1194. 1977.

GRIME, J. P.; THOMPSON, K.; HUNT, R.; HODGSON, J. G.; CORNELISSEN, J. H. C.; RORISON, I. H.; WHITEHOUSE, J. Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants. **Oikos**, p. 259-281, 1997.

HUGHES, M. K. Dendrochronology in climatology—the state of the art. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 95-116, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 168 p. 2019 (Relatórios metodológicos, v. 45).

IBGE. **Cidades: Canindé**. Rio de Janeiro, [2022A]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/floresta/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IBGE. **Cidades: Floresta**. Rio de Janeiro, [2022B]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/floresta/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IBGE. **Cidades: Simplicio Mendes**. Rio de Janeiro, [2022C]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/floresta/panorama>. Acesso em: 15 jun. 2023.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal**. Ceará, 18 p. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **INPE Nordeste mapeia desmatamento da Caatinga**. 2015. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895 Acesso em: 24/04/2023.

KERR, W. E.; ABSY, Maria Lúcia; SOUZA, Antônio Carlos Marques. Espécies nectaríferas e poliníferas utilizadas pela abelha *Melipona compressipes fasciculata* (Meliponinae, Apidae), no Maranhão. **Acta Amazonica**, v. 16, p. 145-156, 1986.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of trees**. New York: McGraw-Hill Book, 1960.

KROL, M. S., JAEGER, A., BRONSTERT, A., KRYWKOW, J. The semi-arid integrated model (SIM), a regional integrated model assessing water availability, vulnerability of ecosystems and society in NE-Brazil. **Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere**, v. 26, n. 7-8, p. 529-533, 2001.

LAMBERS, H.; CHAPIN, F.S.; PONS, T.L. 1998 **Plant Physiological Ecology**. New York: Springer, 540p.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; LACHER JUNIOR, T. E. Mudando o curso da conservação da biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 139-146, 2005.

LEMOS, J.R.; RODAL, M.J.N. Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho da vegetação de caatinga no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 16, p. 23-42. 2002.

LIMA, E.N.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVA, K.A.; PIMENTEL, R.M.M. Fenologia e dinâmica de duas populações herbáceas da caatinga. **Revista de Geografia**. v. 24, p. 124-141. 2007.

LOHBECK, M.; POORTER, L.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; RODRIGUEZ-VELÁZQUEZ, J.; VAN BREUGEL, M.; BONGERS, F. Changing drivers of species dominance during tropical forest succession. **Functional Ecology**, v. 28, n. 4, p. 1052-1058, 2014.

LOPEZ, B. C.; RODRIGUEZ, R.; GRACIA, C. A.; SABATE, S. Climatic signals in growth and its relation to ENSO events of two *Prosopis* species following a latitudinal gradient in South America. *Global Change Biology*, v.12., p.897-906, 2006.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

LUETZELBURG, P.V. **Estudo botânico do Nordeste**. Rio de Janeiro: Inspectoria Federal de Obras Contra as Secas, 1922-1923, v.3, (IFOCS. Publicação, 57. Série I-A).

MACHADO, I. C. S.; BARROS, L. M.; SAMPAIO, E. V. S. B. Phenology of Caatinga species at Serra Talhada, PE, Northeastern Brazil. **Biotropica**, Washington, v. 29, n. 1, p. 57-68, 1997.

MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A. Dendrometria. 2 ed. Guarapuava: Unicentro, 316p. 2014.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora. 413 p. 2012.

MATA, D. D.; FREITAS, R. E.; RESENDE, G. M. **Avaliação de políticas públicas no Brasil: uma análise do semiárido: volume 4**, 2019.

MATTOS, P. P.; AGUSTINI, A. F.; ALVAREZ, I. A. Dinâmica de crescimento em diâmetro de espécies arbóreas da Caatinga. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE MATA CILIAR NO SEMIÁRIDO, 1., 2010, Petrolina. **Anais...** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. p. 92-98. (Embrapa Semiárido. Documentos, 234).

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; SALIS, S. M. A. A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 37 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico, 218**).

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; LIMA, K. C. Crescimento diamétrico de jurema-preta em Limoeiro do Norte, CE. Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 3 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 310).

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAUJO, E. L. Effects of the rainy

season on growth of *Mimosa tenuiflora* in dry tropical forest, Brazil. In: 49th Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC), 2012, Bonito. **Resumos** do 49th Annual Meeting of the Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC), 2012.

MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SANTOS, A. T. dos; MELLO, A. A.; SALIS, S. M. de; FERREIRA, R. A.; PORFIRIO-DA-SILVA, V. Estimativa de crescimento em diâmetro e volume. In: GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P. de; RABBANI, A. R. C. Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* RADDI.). São Cristóvão: Ed. UFS, 2013. p. 161-177. e-book.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAUJO, E. L. Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 141-149, 2015.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; RODRIGUES, A. L.; CURTO, R. A. C.; STEPKA, T. F.; FIGUEIREDO FILHO, A.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; MACHADO, S.A.; PELLICO NETTO, S. Crescimento em diâmetro de *Araucaria angustifolia* em florestas naturais e em plantios estabelecidos na região Sul do Brasil. In: SOUSA, V. A. de; FRITZSONS, E.; PINTO JUNIOR, J. E.; AGUIAR, A. V. de (ed.). **Araucária: pesquisa e desenvolvimento no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa. cap. 11, p. 229-248. 2021.

MENINO, G.C.O.; SANTOS, R.M.; APGAUA, D.M.G.; PIRES, G.G.; PEREIRA, D.G.S; FONTES, M.A.L.F.; ALMEIDA, H.S. Florística e estrutura de florestas tropicais sazonalmente secas. **Revista Cerne**, Lavras, MG, v. 21, n.2, p. 277-291, 2015.

METZ, C. E. ROC methodology in radiologic imaging. **Investigative radiology**, v. 21, n. 9, p. 720-733, 1986.

MEYER, H. A. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of forestry**, v. 50, n. 2, p. 85-92, 1952.

MILLER, D. P. Bootstrap 101: Obtain robust confidence intervals for any statistic. In: Twenty-Ninth Annual SAS Users Group International Conference, 2004. **Proceedings...** Cary, NC: SAS Institute, 2004. p. 193-29.

MOREIRA, A M.; MAVIGNIER, D.S. **Conhecendo História e Geografia do Piauí**. Parnaíba: Gráfica Ferraz, 2007

MOURA, C.; COSTA, T.; OLIVEIRA, P.; BUENO, M.; MACHADO, E. L. Modelo preditivo do potencial de distribuição geográfica da espécie *Richeria grandis* vahl. no estado de Minas Gerais e sua relação com as flutuações climáticas do Quaternário. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017. doi: 10.18677/EnciBio_2017A73

MOURA, F. B. P.; SILVA, J. V. (org.) **Restauração na caatinga**. 2. ed. Maceió: EDUFAL, E-book (223 p.), 2021.

MUÑOZ, M. E. S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M.F.; SUTTON, T., BREWER, P., *et al.*

OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **Geoinformatica** v. 15, p. 111 – 135, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10707-009-0090-7>

NASCIMENTO, Clóvis Eduardo de Souza et al. **Estudo florístico e fitossociológico de um remanescente de caatinga a margem do Rio São Francisco, Petrolina-Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em botânica) Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1998.

NIMER, E. Climatologia da região Nordeste do Brasil. Introdução à climatologia dinâmica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 34, n. 2, p. 3-51, 1972.

NYLAND, R. D. **Silviculture**: concepts and applications. 3. ed. Long Grove: Waveland Press, 2007

OLIVEIRA, M. F.; MATTOS, P. P.; CANETTI, A.; BRAZ, E. M. Padrão de crescimento em diâmetro de *Drimys brasiliensis* Miers em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, em Colombo, PR. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 6 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico**, 400).

OLIVEIRA, M. E. A; NASCIMENTO, M. P. S. C.B; NETO, R. B. A. *Pityrocarpa moniliformis* Catanduva. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

ORELLANA, E. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, 2014.

OSMASTON, F. C. **The management of forests**. Dehra Dun, India: Natraj Publishers, 2010.

PAREYN, F. G. C.; ARAUJO, E.de L.; DRUMMOND, M. A. *Commiphora leptophloeos* Umburana-de-cambão. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

PASCAL, J. Notions sur les structures et dynamique des forêts tropicales humides. **Revue forestière française**, v. 55, p. 118-130, 2003.

PEARCE, D.; PUTZ, E. F.; VANCLAY, J. K. Sustainable forest in tropics: panacea or folly? **Forest Ecology and Management**, v. 172 p. 229-247, 2003.

PEREIRA, E. A. A. **Estrutura Fitossociológica e Composição Mineral de Espécies Lenhosas de um Fragmento de Caatinga no Semiárido Paraibano**. 2012. 74 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

PEREIRA, M. L., ANDRADE, L. A., COSTA, J. R. M., DIAS, J. M. Regeneração natural de um remanescente de caatinga sob diferentes níveis de perturbação no agreste paraibano. **Acta Botânica Brasílica**. v. 15, n. 3, p.413-426, 2001.

PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n.2, p.161-175, 2008. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>>

PERGL, J., PERGLOVÁ, I., PYŠEK, P.; DIETZ, H. Population age structure and reproductive behavior of the monocarpic perennial *Heracleum mantegazzianum* (Apiaceae) in its native and invaded distribution ranges. **American Journal of Botany**, v. 93, n. 7, p. 1018-1028, 2006.

POORTER, L.; BONGERS, F. **Ecology of tropical forests**. Wageningen Agricultural University, 1993. 223 p.

QUEIROZ, R. T.; CORDEIRO, L. S.; SAMPAIO, V. S.; RIBEIRO, R. T. M.; LOIOLA, M. I. B. A Região Nordeste. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

REIS, A.M.S.; ARAÚJO, E.L.; FERRAZ, E.M.N.; MOURA, A.N. Inter-annual variations in the population structure of an herbaceous of caatinga vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 3, p. 497-508. 2006.

RICKEN, P.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; HESS, A. F.; NAKAJIMA, N. Y.; HOSOKAWA, R. T. Growth models for *Araucaria angustifolia* ((Bertol.) Kuntze in different ecological gradients in the state of Santa Catarina. **Floresta**, v. 52, n. 4, p. 450-457. 2022.

RIEGELHAUPT, E. M. Relatório de consultoria. Projeto “Conservação e Uso Sustentável da Caatinga” – MMA/PNUD/GEF/02/G31. Recife: MMA/PNUD/GEF/02/G31, 2008.

RIEGELHAUPT, E. M.; PAREYN, F. G. C. A questão energética. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Ed.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: SFB. p. 65-75. 2010.

RINN, F. TSAP Win v. 3.6: **Reference Manual**: Computer Program for Tree-Ring Analysis and Presentation. Heidelberg, Germany: RINNTECH, 1996.

RODAL, M. J. N. **Fitossociologia da vegetação arbustiva-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco**. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas. 1992.

RODAL, M.J.N.; NASCIMENTO, L.M.; MELO, A L. Florística da vegetação arbustiva caducifólia espinhosa no município de Ibimirim, Pernambuco, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 13, p. 14-28. 1999.

RODAL, M. J. N.; COSTA, K. C. C.; SILVA, N. C. B. L. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**. São Paulo, v.35, n.2. p. 209-217. 2008.

SAMPAIO, E.V.S.B.; ANDRADE-LIMA, D.; GOMES, M.A.F. O gradiente vegetacional das caatingas e áreas anexas. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 4, p. 27-30. 1981.

SAMPAIO, E.V.S.B. Overview of the Brazilian caatinga. Pp.35-63. In: BULLOCK, S.H.; MOONEY, H.A.; MEDINA, E. **Seasonal Dry Tropical Forest**. Cambridge University Press, Cambridge. 1995.

SAMPAIO, E. V. S. B., ARAÚJO, E. L., SALCEDO, I. H., TIESSEN, H., Regeneração da vegetação de caatinga após corte e queima em Serra Talhada. PE. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 5, 621-632, 1998.

SANTANA, José Augusto da S. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Croton sonderianus* Muell. Arg., marmeleiro, na Catinga da Estação Ecológica do Seridó. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 3, p. 16, 2009.

SANTOS, M.F.A.V.; MATHEUS, R.R.; SAMPAIO, E.V.S.B. Semelhanças vegetacionais em sete solos da caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 27, n. 2, p. 305-314. 1992.

SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; LIMA, E.N.; SILVA, K.A.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica populacional de uma espécie herbácea em uma área de floresta tropical seca no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**. v. 5, p. 855-857. 2007.

SANTOS, R. F.; KIILL, L. H. P.; ARAUJO, J. L. P. Levantamento da flora melífera de interesse apícola no município de Petrolina-PE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 3, p. 221-227, 2006.

SANTOS, R. M., ALMEIDA VIEIRA, F., SANTOS, P. F., MEDEIROS MORAIS, V., MEDEIROS, M. A. Estrutura e florística de um remanescente florestal na fazenda Ribeirão, município de Juvenília, MG, Brasil. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 4, 2008.

SANTOS, M. F. A. V.; GUERRA, T. N. F.; SOTERO, M. C.; SANTOS, J. I. N. Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no município de Floresta, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2. p. 389-402, 2009.

SANTOS, A. T.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; ROSOT, N. C. Determinação da época de desbaste pela análise dendrocronológica e morfométrica de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso em povoamento não manejado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 699-709. 2015.

SANTOS, A. T.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; OLIVEIRA, M. F. Crescimento de guabiroba em diferentes localidades da região Sul do Brasil. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 5 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico**, 407).

SANTOS, A. T.; DOMENE, V. D.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; CANETTI, A.; NAKAJIMA, N. Y.; ROSOT, N. C. Equação de volume para espécies de Cerrado em Formosa, GO. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 41, 8 p.2021.

SANTOS, D. W. S., STEPKA, T. F., & HESS, A. F. Modelagem da distribuição diamétrica e hipsométrica de espécies comerciais nativas da Amazônia brasileira. **Scientia Forestalis**, 51. 2023. <https://doi.org/10.18671/scifor.v51.15>

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. O. **Manejo Florestal**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. Centro de Ciências Rurais. Departamento de Ciências Florestais, 2008.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo florestal**. Lavras, MG: UFLA – Universidade Federal de Lavras; FEPE, 1998.

SENKBEIL, J. C.; RODGERS, J. C.; SHERIDAN, S. C. The sensitivity of tree growth to air mass variability and the Pacific Decadal Oscillation in coastal Alabama. **International journal of biometeorology**, v. 51, p. 483-491, 2007.

SILVA, J. M. C. DA; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. DA; LINS, L. V. (ORG.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 382 P., 2004. SILVA JÚNIOR, M.C. Fitossociologia e estrutura diamétrica da mata de galeria do Taquara, na reserva ecológica do IBGE, DF. **Revista Árvore** 28: 419-428. 2004.

SILVA, L. B. **Variação na estrutura da madeira de quatro espécies da Caatinga nordestina e seu potencial para o desenvolvimento sustentável**. 2006. 117 p. Tese (Doutorado em Botânica) Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2006.

SILVA, L. B.; GASSON, P.; CUTLER, D.; LISI, C.; TOMAZELO-FILHO, M.; SANTOS, F. A. R. Influência da precipitação pluviométrica anual na formação dos anéis de crescimento de *Croton sonderianus* Muell. Arg. (Euphorbiaceae) proveniente da Caatinga do Nordeste do Brasil. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ANATOMIA DE MADEIRA**, 1., 2007, Mariporã. Livro de resumos do I SIMBRAMAD. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2007. p. 71-72

SILVA, K.A.; LIMA, E.N.; SANTOS, J.M.F.F.; ANDRADE, J.R.; SANTOS, D.M.; SAMPAIO, E.V.S.B.; ARAÚJO, E.L. Dinâmica de gramíneas em uma área de caatinga de Pernambuco-Brasil Pp. 105-129. In: MOURA, A.N.; ARAÚJO, E.L.; ALBUQUERQUE, U.P. (Eds.). **Biodiversidade, potencial econômico e processos ecofisiológicos em ecossistemas nordestinos**. Recife: Editora Comunigraf. 2008b

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Anatomia e densidade básica da madeira de *Caesalpinia pyramidalis* Tul.(Fabaceae), espécie endêmica da caatinga do Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 23, n. 2, p. 436-445. 2009.

SILVA, L. B.; SANTOS, F. A. R.; GASSON, P.; CUTLER, D. Estudo comparativo da madeira de *Mimosa ophthalmocentra* Mart. ex Benth e *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Fabaceae-Mimosoideae) na Caatinga nordestina. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 25, n. 2, p. 301- 314. 2011.

SILVA, C. M.; SILVA, C. I. da; HRNCIR, M; QUEIROZ, R, T. de; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Guia de plantas: visitadas por abelhas na Caatinga. Fortaleza: Fundação Brasil Cidadão, 2012. 191 p.

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 2018.

SILVA, M. H. M.; COUTINHO, D. J. G. *Croton sonderianus* marmeleiro. in: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

SILVA, A. G.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; SANTOS A. N. R.; RAMOS, R. B. G. A.; MOURA, R. G. O manejo florestal sustentável da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 5, p. 872-884, 2021. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i5.1299>

SOARES, C. P. B; NETO, F. DE P; SOUZA, A. L. DE. **Dendrometria e Inventário Florestal**. 2ª edição. 272 p. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

SOUZA, D. R.; SOUZA, A. L. Emprego do método BDq de seleção após a exploração florestal em floresta ombrófila densa de terra firme, Amazônia Oriental. **Revista Árvore**, v.29, n.4, p.617-625, 2005.

SOUZA, M. R., FERREIRA, M. B., SOUSA, G. G., ALVES, A. R., HOLANDA, A. C. Caracterização florística e fitossociológica do componente lenhoso de um fragmento florestal de Caatinga em Serra do Mel, Rio Grande do Norte, Brasil. **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 329-335, 2020.

SPECIES LINK. **Base de dados eletrônica**. Disponível em: <<http://www.splink.org.br>>. Acesso em: 04/01/2023.

SPEIDEL, G. **Economia florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Escola de florestas. 1966.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

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

TOLUNAY, D. Air pollution effects on annual ring widths of forest trees in mountainous land of Izmir (Turkey). **Water, Air, and Soil Pollution: Focus**, v. 3, p. 227-242, 2003.

TOMAZ, J. S.; BEZERRA, C. S.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; LOPES, M. T. G. Prediction of the natural distribution, habitat and conservation of *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. In response to global climate change. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 52, p. e72422-9, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272422>

VEJPUSTKOVA, M.; HOLUŠA, J. Impact of defoliation caused by the sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphilidae) on radial growth of larch (*Larix decidua* Mill.). **European Journal of Forest Research**, v. 125, p. 391-396, 2006.

VIEIRA, D. S.; GOMES, K. M. A.; SANTOS, L. E.; OLIVEIRA, M. L. R.; GAMA, J. R. V.; MENDONÇA, E. L. M.; LAFETÁ, B. O.; MOURA, C. C.; FIGUEIREDO, A. E. S. Estrutura diamétrica e espacial de espécies madeiras de importância econômica na Amazônia. **Scientia Forestalis**, 49(129). 2021
<https://doi.org/10.18671/scifor.v49n129.21>

WEISKITTEL, A. R.; HANN, D. W.; KERSHAW JUNIOR., J. A.; VANCLAY, J. K. **Forest growth and yield modeling**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 2011.

WILCZYŃSKI, S. The variation of tree-ring widths of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. **European Journal of Forest Research**, v. 125, p. 213-219, 2006.

ANEXO I – DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS

