



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS**

MARIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

**DISTÚRBIO ANTRÓPICO CRÔNICO IMPULSIONA A PLASTICIDADE
FENOTÍPICA NOS ATRIBUTOS FOLIARES DE *CROTON BLANCHETIANUS*
BAILL. (EUPHORBIACEAE)**

**CAMPINA GRANDE
2024**

MARIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

**DISTÚRBIO ANTRÓPICO CRÔNICO IMPULSIONA A PLASTICIDADE
FENOTÍPICA NOS ATRIBUTOS FOLIARES DE *CROTON BLANCHETIANUS*
BAILL. (EUPHORBIACEAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de licenciatura em Ciências Biológicas.

Área de concentração: Ecologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio de Faria Lopes
Coorientadora: Steffany Sales Galisa

**CAMPINA GRANDE
2024**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S237d Santos, Maria Clara Pereira dos.
Distúrbio antrópico crônico impulsiona a plasticidade fenotípica nos atributos foliares de *CROTON BLANCHETIANUS* BAILL. (EUPHORBIACEAE) [manuscrito] / Maria Clara Pereira dos Santos. - 2024.
34 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Sergio de Faria Lopes, Departamento de Biologia - CCBS".

"Coorientação: Prof. Grad. Steffany Sales Galisa, Departamento de Biologia - CCBS".

1. Distúrbio antrópico crônico. 2. Traços funcionais foliares. 3. Aclimação. 4. Ecologia vegetal. I. Título

21. ed. CDD 577

MARIA CLARA PEREIRA DOS SANTOS

PLASTICIDADE FENOTÍPICA DE CROTON BLANCHETIANUS BAILL.
(EUPHORBIACEAE) EM DECORRÊNCIA DO DISTÚRPIO ANTRÓPICO
CRÔNICO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Ciências Biológicas da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito
parcial à obtenção do título de
Licenciada em Ciências Biológicas

Aprovada em: 22/11/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Sergio de Faria Lopes** (***.954.176-**), em 10/12/2024 11:11:43 com chave **af2ca6fcb70011efbe891a7cc27eb1f9**.
- **Alberto Soares de Melo** (***.357.435-**), em 10/12/2024 11:19:29 com chave **c4d42d58b70111efb64d1a7cc27eb1f9**.
- **Gilbevan Ramos de almeida** (***.332.794-**), em 10/12/2024 13:08:10 com chave **f36df8a6b71011efa1b706adb0a3afce**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 16/12/2024

Código de Autenticação: e75517



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Patrícia de Sousa Pereira e José Ronaldo Holanda dos Santos, por terem estado ao meu lado durante toda a minha graduação, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Ao meu querido orientador, Prof. Sérgio de Faria Lopes, por ter sido alguém ímpar em minha formação, por toda sua dedicação e paciência desde a disciplina de Ecologia de Populações. Como já afirmei algumas vezes, segue sendo uma grande inspiração.

À minha coorientadora, Steffany Sales Galisa, por sua orientação sempre muito atenciosa e com muito capricho. Serei eternamente grata por seus ensinamentos.

Ao meu namorado, Lucas Portugal, por ser meu alicerce, por ficar horas me ouvindo revisar conteúdo, lendo meus trabalhos, me ajudando a tabular planilhas, enfim, me dando força para seguir.

Aos meus colegas de curso, em especial Kayke Rabelo e Larissa Chagas, pelo companheirismo e apoio durante todos esses anos.

Aos meus colegas de laboratório, especialmente Marília Dias, por todo o auxílio durante a realização dessa pesquisa, e claro, por sua amizade. Como também, o Dr. Anderson Silva Pinto, por seus conselhos e por tornar os dias no laboratório sempre mais leves.

Muito obrigada a todos!

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e semeando, no fim terás o que colher.”

Cora Coralina

RESUMO

A compreensão dos mecanismos adaptativos de espécies vegetais em ambientes de alto estresse é essencial para promover a conservação e a resiliência de ecossistemas como a Caatinga. O Distúrbio Antrópico Crônico (DAC) impõe desafios significativos às plantas locais, selecionando traços funcionais que permitem a sobrevivência em condições de aridez e degradação. O objetivo deste estudo foi avaliar a plasticidade foliar de *Croton blanchetianus* em áreas com diferentes índices de vegetação, afetadas por variados graus de DAC no estado da Paraíba. Para isso, os objetivos específicos incluíram: (i) mensurar traços foliares, como área foliar e espessura da folha, e (ii) analisar indicadores de DAC nas áreas selecionadas. Foram analisados traços como espessura foliar (EF), área foliar (AF), área foliar específica (AFE) e conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), de cinco indivíduos adultos de cada área, sendo 10 folhas de cada indivíduo. Os resultados mostraram que em áreas de maior degradação e aridez, *C. blanchetianus* apresentou redução em AF e AFE e aumento em EF e CMSF, sugerindo uma estratégia adaptativa focada na retenção de água e eficiência de recursos. Esses resultados foram obtidos por meio de análises de ANOVA (Análise de Variância), Teste de Tukey e modelos GLM (Modelos Lineares Generalizados). Para a AF, a ANOVA indicou diferenças significativas entre localidades ($p < 0,001$), confirmadas pelo Teste de Tukey, enquanto o GLM revelou que a Pressão do Gado (CPI) ($p < 0,001$), a Precipitação Média Anual (MAP) ($p < 0,001$) e Índice de Atividade Humana (HAI) ($p < 0,001$) explicaram parte da variação observada. Na AFE, a ANOVA identificou diferenças significativas ($p = 0,001$) entre localidades, e o GLM mostrou que o aumento do HAI teve um efeito significativo ($p < 0,001$). Para a EF, a ANOVA apontou variações significativas entre áreas ($p < 0,001$), com o GLM revelando associações significativas com CPI ($p < 0,001$), HAI ($p < 0,001$) e MAP ($p < 0,001$). No CMSF, embora a ANOVA não tenha encontrado diferenças significativas entre localidades, o GLM indicou uma relação significativa com a Temperatura Média Anual (MAT) ($p = 0,0129$). Essas alterações morfológicas apontam para uma priorização da economia de água e recursos, permitindo que a espécie prospere em ambientes áridos. O estudo confirma a hipótese de que o DAC influencia a morfologia foliar e reforça o papel de *C. blanchetianus* como espécie-chave na estabilidade da Caatinga, visto que sua tolerância permite que atue como pioneira em áreas degradadas, criando condições favoráveis para o restabelecimento da vegetação. Essas características contribuem para a estabilidade e conservação da Caatinga, especialmente em regiões impactadas por distúrbios antrópicos.

Palavras-chave: distúrbio antrópico crônico; traços funcionais foliares; aclimação.

ABSTRACT

Understanding the adaptive mechanisms of plant species in high-stress environments is essential to promote the conservation and resilience of ecosystems such as the Caatinga. Chronic Anthropogenic Disturbance (CAD) imposes significant challenges on local plants, selecting functional traits that allow survival under conditions of aridity and degradation. The aim of this study was to evaluate the leaf plasticity of *Croton blanchetianus* in areas with different vegetation indices, affected by different degrees of CAD in the state of Paraíba. To this end, the specific objectives included: (i) measuring leaf traits, such as leaf area and leaf thickness, and (ii) analyzing CAD indicators in the selected areas. Traits such as leaf thickness (EF), leaf area (LA), specific leaf area (SLA) and leaf dry matter content (LDMC) were analyzed from five adult individuals from each area, with 10 leaves from each individual. The results showed that in areas of greater degradation and aridity, *C. blanchetianus* presented a reduction in LA and SLA and an increase in LT and LDMC, suggesting an adaptive strategy focused on water retention and resource efficiency. These results were obtained through ANOVA (Analysis of Variance), Tukey's Test and GLM (Generalized Linear Models) analyses. For LA, ANOVA indicated significant differences between sites ($p < 0.001$), confirmed by Tukey's Test, while GLM revealed that Cattle Pressure Index (IPC) ($p < 0.001$), Mean Annual Precipitation (MAP) ($p < 0.001$) and Human Activity Index (HAI) ($p < 0.001$) explained part of the observed variation. In SLA, ANOVA identified significant differences ($p = 0.001$) between sites, and GLM showed that the increase in HAI had a significant effect ($p < 0.001$). For LT, ANOVA indicated significant variations between sites ($p < 0.001$), with GLM revealing significant associations with CPI ($p < 0.001$), HAI ($p < 0.001$) and MAP ($p < 0.001$). In LDMC, although ANOVA did not find significant differences between sites, GLM indicated a significant relationship with Mean Annual Temperature (MAT) ($p = 0.0129$). These morphological changes point to a prioritization of water and resource conservation, allowing the species to thrive in arid environments. The study confirms the hypothesis that CAD influences leaf morphology and reinforces the role of *C. blanchetianus* as a keystone species in the stability of the Caatinga, since its tolerance allows it to act as a pioneer in degraded areas, creating favorable conditions for the reestablishment of vegetation. These characteristics contribute to the stability and conservation of the Caatinga, especially in regions impacted by anthropogenic disturbances.

Keywords: chronic anthropogenic disturbance; leaf functional traits; acclimation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa de localização das parcelas de estudos.....	13
Figura 2- Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Área foliar (mm ²) do <i>Croton blanchetianus</i> de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).	22
Figura 3- Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Área foliar específica (cm ² mg ⁻¹) do <i>Croton blanchetianus</i> de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).	22
Figura 4- Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Espessura da folha (mm) do <i>Croton blanchetianus</i> de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).	22
Figura 5- Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey do Conteúdo de matéria seca (mg g ⁻¹) do <i>Croton blanchetianus</i> de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias, Desvios padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV%) dos traços funcionais foliares (EF, AF, AFE, CMSF) dos indivíduos de cada área selecionada; AF: área foliar (mm^2); EF: espessura foliar; AFE: área foliar específica ($\text{mm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$); CMSF: conteúdo de matéria seca foliar ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$).....20

Tabela 2- Temperatura média anual (MAT), Precipitação Média Anual (MAP), Pressão do Gado (CPI) e Índice de Atividade Humana (HAI) das áreas de estudo.....24

LISTA DE QUADROS

Quadro	1-	Funções	ecológicas	dos	traços	funcionais	
foliares.....							17

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAIS e MÉTODOS.....	13
	2.1 Área de estudo	13
	2.2 Seleção das áreas	14
	2.3 Distúrbio antrópico crônico (DAC).....	14
	2.4 Variáveis ambientais.....	16
	2.5 Seleção da espécie.....	16
	2.6 Traços funcionais foliares.....	16
	2.7 Análises de dados	17
3	RESULTADOS.....	20
4	DISCUSSÃO	26
5	CONCLUSÃO.....	29
	REFERÊNCIAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A ação humana provoca diversas consequências nos ecossistemas, incluindo o distúrbio antrópico agudo e o distúrbio antrópico crônico (DAC) (Martorell et al., 2005). Enquanto o distúrbio agudo ocorre de maneira rápida, como desmatamento e incêndios, o DAC age lentamente, acumulando impactos como os decorrentes da pecuária, que compacta o solo e degrada o ambiente ao longo do tempo. No semiárido da região do nordeste brasileiro, o DAC ameaça a biodiversidade e a subsistência de milhões de pessoas que dependem dos recursos naturais (Oliveira et al., 2021). A histórica exploração intensiva para lenha, forragem e agricultura extrativista leva à perda de produtividade e desertificação, que também mantém a precariedade social (Tabarelli et al., 2018). Além disso, o DAC altera processos ecológicos e a composição da vegetação em áreas continuamente impactadas (Ribeiro-Neto et al., 2016).

A escassez hídrica agrava os efeitos do distúrbio antrópico crônico, especialmente em florestas de baixa produtividade (Rito et al., 2017). Na Caatinga, onde a seca é uma constante, a limitação de água se torna um fator central de estresse, influenciando a expressão dos traços fenotípicos das plantas (Rodrigues et al., 2019). A combinação do DAC com o aumento das temperaturas intensifica os desequilíbrios ecológicos, aumentando a frequência e severidade dos distúrbios e enfraquecendo a resiliência dos ecossistemas (McDowell et al., 2018). Sob essas condições, o DAC atua como um filtro ecológico, favorecendo plantas que apresentam adaptações específicas e alta plasticidade fenotípica, características essenciais que permitem às espécies ajustarem suas respostas às mudanças ambientais (Ribeiro et al., 2019).

Em ambientes com recursos limitados como a escassez hídrica associado a alta luminosidade, as plantas frequentemente ajustam seus traços funcionais para otimizar o uso de nutrientes e reduzir perdas, o que inclui modificações para lidar com variáveis climáticas como temperatura e precipitação, refletindo sua capacidade de adaptação às condições adversas (Hoffman et al., 2005; Everighan et al., 2024). Essas respostas demonstram como as plantas moldam suas características de acordo com o ambiente, refletindo uma plasticidade essencial para sua sobrevivência e desenvolvimento sob estresses intensos.

A plasticidade fenotípica, ou a capacidade de um organismo modificar sua fisiologia, morfologia e comportamento em resposta ao ambiente, é uma característica essencial em regiões como a Caatinga, onde a escassez hídrica e outros estresses ambientais são constantes

(Lima et al., 2017; Schneider, 2022). Muitas famílias de plantas que ocorrem nesse bioma, como a Euphorbiaceae, são conhecidas por desenvolverem respostas plásticas que lhes permitem sobreviver em condições adversas. Essas espécies possuem adaptações morfofisiológicas que as tornam eficientes no uso da água e capazes de resistir a longos períodos de seca (Hurbarth et al., 2016).

Entre as espécies bem distribuídas da família Euphorbiaceae está o *Croton blanchetianus*, popularmente conhecido como Marmeleiro, que é uma planta endêmica da Caatinga e amplamente distribuída na região (Figueiredo et al., 2022). O gênero *Croton*, é o segundo maior e mais diverso, com cerca de 2.400 espécies (Alexandre, 2017). Além disso, é uma espécie pioneira, altamente adaptada às condições áridas, sendo frequentemente usada como modelo em estudos de resistência à seca (Mendes et al., 2022; Sousa et al., 2024).

Assim, surge a seguinte questão: O distúrbio antrópico crônico altera os traços foliares (área foliar, área foliar específica, conteúdo de matéria seca e espessura da folha) de *Croton blanchetianus*? O objetivo deste estudo é avaliar a plasticidade foliar de *Croton blanchetianus* em áreas com diferentes índices de vegetação, afetadas por variados graus de DAC no estado da Paraíba. Para isso, os objetivos específicos incluem: (i) mensurar traços foliares, como área foliar, área foliar específica, conteúdo de matéria seca foliar e espessura da folha, e (ii) analisar indicadores de DAC nas áreas selecionadas. A hipótese é que *C. blanchetianus* apresenta plasticidade foliar em resposta ao DAC. Portanto, espera-se que os traços foliares dos indivíduos expostos ao DAC apresentem menor área foliar e área foliar específica, e maior conteúdo de matéria seca e espessura foliar, contribuindo para a minimização da perda de água e manutenção de um balanço hídrico eficiente, fundamentais para a sobrevivência em ambientes degradados.

2 MATERIAIS e MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A coleta dos dados se deu em quatro municípios paraibanos, região semiárida brasileira: Boqueirão, Barra de Santana, Parari e São João do Cariri. Todos esses municípios fazem parte da microrregião do Cariri Paraibano (Figura 1). O clima da região se configura como a classificação climática BSh de Köppen, caracterizada por um ambiente semiárido com baixa precipitação anual e altas temperaturas (Zani, 2023). A maior parte das chuvas se concentra entre janeiro e abril (Rodrigues et al., 2022), variando entre 300 mm e 800 mm por ano (Barbosa et al., 2019).

Figura 1: Mapa de localização das parcelas de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

A região está situada na Caatinga, que é caracterizada por florestas de clima seco, onde a vegetação é composta por árvores de pequeno porte e arbustos com adaptações xerofíticas, exibindo grande diversidade fisionômica e florística (Camacam et al., 2024). Esse domínio fitogeográfico abriga a maior riqueza de espécies entre os núcleos de Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos (FATSS), destacando-se as famílias Leguminosae e Euphorbiaceae (Fernandes et al., 2018). A temperatura média na região permanece estável ao longo do ano, variando de 25 a 30 °C. Aproximadamente 68,8% da área recebe entre 600 e 1.000 mm de precipitação anual (Silva et al., 2018). Entre as FATSS, a Caatinga é a mais

densamente habitada (Rito et al., 2017), o que evidencia que este domínio fitogeográfico sofre fortemente com o distúrbio antrópico crônico. Desde a chegada dos colonizadores europeus, profundas alterações no uso da terra ocorreram, incluindo a introdução do cultivo de algodão e da pecuária, fatores que contribuíram para a redução significativa da vegetação nativa da Caatinga (Souza et al., 2016).

2.2 Seleção das áreas

As áreas de estudo foram selecionadas com base em imagens de satélite (Sentinel 2A) da estação seca de 2017 (acessadas via *SA Explorer do United States Geological Survey*) e mapas de precipitação (Ramos, 2023). Os locais selecionados abrangem diferentes níveis de cobertura vegetal, medidos pelo Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), bem como variações de precipitação e distúrbios antrópicos, mas foram limitados a altitudes entre 354 e 751 metros acima do nível do mar. O NDVI, um indicador da atividade fotossintética, forneceu uma estimativa aproximada das condições da vegetação, variando de 0,13 a 0,73 no estudo. Em cada local, foi estabelecida uma parcela de 1000 m² (50 m x 20 m) para representar o estrato adulto da vegetação. Os indivíduos adultos foram selecionados com base nos critérios de inclusão: diâmetro do caule ao nível do solo (DNS) superior ou igual 3 cm e altura acima de ou igual a 1 m (Ramos, 2023).

2.3 Distúrbio antrópico crônico (DAC)

Para determinar o distúrbio antrópico crônico (DAC), as variáveis Pressão do Gado (CPI, do inglês *Cattle Pressure Index*) e o Índice de Atividade Humana (HAI, do inglês *Human Activity Index*) (Ramos, 2023). Foram selecionadas métricas amplamente reconhecidas como bons indicadores de distúrbios humanos crônicos em áreas secas, que são os indicadores de atividade humana (avaliação do uso e ocupação da terra, proximidade de cidades e estradas e indícios de criação de animais) (Martorell et al., 2005). Para isso, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, por meio do *SA Explorer do United States Geological Survey*.

As métricas relacionadas a pressão do gado foram mensuradas diretamente nas parcelas, tais como: (i) pelotas fecais de gado, (ii) pelotas fecais de equinos, (iii) pelotas fecais de cabras/ovelhas e (iv) compactação do solo. Para avaliar a pressão do gado, que reflete o pastoreio de animais domésticos (bovinos, cavalos, burros, cabras e ovelhas), foram contados os excrementos desses animais em subparcelas de 10 × 10 m. Amostras de fezes de cada grupo foram coletadas, secas e pesadas para estimar a biomassa total de excrementos por parcela. A

compactação do solo foi medida pela densidade aparente, utilizando amostras do solo superficial e subsuperficial através do método de anel volumétrico e balão, medindo a densidade aparente em amostras de solo não deformadas coletadas do horizonte superficial e do horizonte imediatamente abaixo.

A perturbação humana foi avaliada com base em sinais indiretos de uso da terra, obtidos por imagens de satélite. As métricas foram derivadas de dados geográficos e imagens de satélite das áreas circundantes, utilizando o Software ArcGis 10.3, que foi viabilizado por meio de uma licença de estudante, concedida para fins acadêmicos e de pesquisa. Isso incluiu a distância das parcelas à habitação mais próxima e ao centro urbano mais próximo, além da densidade habitacional (número de residências por unidade de área) e o uso do solo ao redor das parcelas. A ocupação do solo foi classificada em diferentes categorias, incluindo áreas destinadas à agricultura, pastagem, zonas residenciais e infraestrutura, para entender como as práticas de uso do solo afetam a vegetação nativa e a biodiversidade. Enquanto a densidade de trilhas foi estimada visualmente em um buffer de 100m de raio ao redor das parcelas, pois a densidade de trilhas é um indicador importante de atividade humana, sugerindo o grau de acesso humano e a possibilidade de degradação ambiental nas áreas adjacentes.

A partir dessas informações, foram criados dois índices para avaliar a perturbação antrópica: um focado na pressão exercida pelo gado e outro voltado para as atividades humanas, por meio da fórmula (Arnan et al., 2018):

$$I_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_{i,j} - y_{i,\min}}{y_{i,\max} - y_{i,\min}} \times 100$$

Nesse contexto, I_j representa o Índice de Pressão de Gado (CPI) ou o Índice de Atividade Humana (HAI) para a parcela j . O valor $y_{i,j}$ refere-se à métrica de distúrbio i observada na parcela j , enquanto $y_{i,\min}$ e $y_{i,\max}$ correspondem, respectivamente, aos valores mínimo e máximo dessa métrica entre todas as parcelas. O termo n indica o número total de métricas de distúrbio incluídas no cálculo do índice, seja o CPI ou o HAI.

2.4 Variáveis ambientais

Para entender melhor o contexto ecológico das parcelas, foram coletadas as variáveis climáticas, como a precipitação média anual (MAP, do inglês *Average Annual Precipitation*) e a temperatura média anual (MAT, do inglês *Average Annual Temperature*), que foram obtidas por meio do banco de dados climáticos *WorldClim* (<http://www.worldclim.org/>), onde foram utilizados dados de 1970 à 2000. Nas parcelas de estudo, a precipitação média anual variou entre 384 e 508 mm. Além disso, a temperatura média anual variou entre 22.9 e 23.7 °C.

2.5 Seleção da espécie

A espécie *Croton blanchetianus* possui características morfológicas e ecológicas que a tornam um excelente modelo para o estudo da plasticidade foliar em resposta a estresses ambientais, com adaptações como a redução da área e espessura foliar durante a estação seca (Mendes et al., 2022). Este arbusto, amplamente distribuído no bioma Caatinga (Ribeiro et al., 2018), pode atingir até 6 metros de altura e possui ramos abundantes com folhas simples (Alves et al., 2014). Suas folhas apresentam epiderme simples e cutícula delgada (Barros et al., 2013), além de estípulas vistosas e inflorescências de flores brancas unissexuais, características que facilitam sua identificação em campo (Dutra et al., 2018).

Como espécie caducifólia, *C. blanchetianus* perde suas folhas após a estação chuvosa, regenerando-as com a chegada das chuvas, o que resulta em uma variação significativa em seus traços foliares (Araujo et al., 2017). Por sua presença marcante na Caatinga, alterações nas características dessa espécie podem refletir diretamente as condições de degradação e recuperação do bioma, o que o torna um valioso indicador da saúde ecológica local.

2.6 Traços funcionais foliares

Os traços funcionais são características das plantas que afetam seu desempenho e interações com o ambiente (Violle et al., 2007), logo, é um parâmetro para avaliar como as espécies respondem aos fatores ambientais e influenciam os processos ecossistêmicos (Rosenfield et al., 2020). Essas características refletem as estratégias adaptativas das plantas às mudanças ambientais, influenciando suas interações com outros organismos e funções no ecossistema (Streit et al., 2023; Wheeler et al., 2023; Zhou et al., 2022).

Quadro 1: Funções ecológicas dos traços funcionais foliares.

Traço funcional foliar	Função ecológica
Área foliar (AF)	Influencia a captação de luz e a fotossíntese
Área foliar específica (AFE)	Demonstra o tempo de vida (curto ou rápido) e alocação de recursos
Espessura foliar (EF)	Resistência contra herbivoria e estresse ambiental
Conteúdo de matéria seca foliar (CMSF)	Resistência à seca

Fonte: Pérez-Harguindeguy et al. (2016) (Adaptado).

Para mensurar os traços funcionais, foram coletadas 10 folhas de cinco indivíduos em cada área. Após a coleta, as folhas foram envoltas em papel toalha umedecido e refrigeradas. Ademais, para mensurar os traços foliares foi utilizado o protocolo de Pérez-Harguindeguy et al. (2016), onde foram coletadas folhas sem indícios de patógenos e herbivoria. Os traços funcionais foliares selecionados foram: área foliar (AF), espessura foliar (EF), conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) e área foliar específica (AFE). Para verificar a área foliar (AF), as folhas foram escaneadas e posteriormente, analisadas no programa *ImageJ*. Para obter a espessura da folha (EF), foi utilizado paquímetro digital, onde foi mensurado apenas entre as nervuras das folhas, para que não houvesse interferência na mensuração. Além disso, para obter o conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), calculou-se a razão entre a massa seca foliar e a massa fresca foliar ($CMSF = MSF/MF$; $mg \cdot g^{-1}$). Para a massa fresca, as folhas foram reidratadas por 6 h em água destilada, por conseguinte, foram pesadas na balança (Semianalítica digital S203). As folhas foram colocadas na estufa para completa retirada de água (72 horas/70°C) e logo após foram pesadas para obtenção da massa seca foliar (MSF). Para a área foliar específica (AFE) foi calculada a área foliar dividida pela massa seca foliar ($AFE = AF/MSF$; $cm^2 \cdot mg^{-1}$).

2.7 Análises de dados

Os dados coletados foram analisados utilizando a versão 4.4.1 do software R (Core Team, 2024). Inicialmente, foi testada a normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk (Khatun, 2021). Logo após, os dados dos traços funcionais foliares foram normalizados utilizando o método de transformação com Logaritmo ($\log_{10}+1$), por ter uma distribuição muito assimétrica (Mukhametzhanov, 2023). Visto que os dados do DAC são menos assimétricos, foi realizado um escalonamento para padronização. Após a normalização, para

verificar a existência de diferenças significativas entre as áreas com diferentes graus de distúrbio antrópico crônico (DAC) foi realizada uma Análise de Variância (ANOVA) a nível de 5%. para comparar médias dos grupos e avaliar se as variações nos traços foliares estão associadas aos diferentes níveis de DAC, foi utilizada a ANOVA. Para identificar quais grupos apresentaram diferenças significativas, foi aplicado o Teste de Tukey como uma análise post-hoc. Além disso, para identificar se há padrões de correlação entre os traços funcionais e as variáveis que compõem o DAC foi utilizada a análise GLM (*Generalized Linear Models*). Para cada variável resposta, ajustamos modelos que incluíram uma, duas ou três variáveis preditoras (fatores), além de um modelo nulo (excluindo todas as variáveis preditoras), com a seguinte estrutura geral:

$$y = f(\beta_0)$$

$$y = f(\beta_0 + \beta_1 \cdot \mathbf{x}_1)$$

$$y = f(\beta_0 + \beta_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \beta_2 \cdot \mathbf{x}_2)$$

$$y = f(\beta_0 + \beta_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \beta_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \beta_3 \cdot \mathbf{x}_1 \cdot \mathbf{x}_2)$$

$$y = f(\beta_0 + \beta_1 \cdot \mathbf{x}_1 + \beta_2 \cdot \mathbf{x}_2 + \beta_3 \cdot \mathbf{x}_3)$$

Onde y representa qualquer uma das variáveis de resposta relacionadas à plasticidade foliar que estão sendo analisadas nas localidades (como espessura da folha, área foliar, área foliar específica e conteúdo de matéria seca), \mathbf{x}_i é qualquer uma das variáveis preditoras consideradas para o estudo, de distúrbio antrópico e características ambientais. A função f é a função de ligação associada a cada variável de resposta. Ao considerar todas as combinações possíveis de variáveis preditoras, ajustamos modelos para cada variável de resposta relacionada à plasticidade foliar nas diferentes localidades, refletindo as variações nas condições ambientais e nos níveis de distúrbio. O número de modelos ajustados pode variar entre as variáveis de resposta devido à inclusão de diferentes preditores relacionados à plasticidade foliar, ocorre devido às particularidades de cada traço funcional e sua sensibilidade às condições ambientais. Cada atributo responde de forma distinta às variáveis explicativas (cpi, hai, mat e map), pois estão associados a diferentes estratégias de adaptação da planta.

Além disso, para os modelos foram aplicadas distribuições Gaussiana e Gama, com funções de ligação de identidade e log para a primeira, e função de ligação log para a segunda (Tsu, 2011). A distribuição Gaussiana e Gamma foram ajustadas utilizando a função *glm* do pacote base *stats*. Após construir os modelos GLM, foi utilizado o Critério de Informação de Akaike com correção (AICc), por meio da função *aictab* do pacote *AICcmodavg*, para comparar a qualidade de ajuste dos modelos estatísticos e a complexidade do modelo (o número de

parâmetros). Foram descartados os modelos com $dAICc > 2$, pois não são estatisticamente significativos.

3 RESULTADOS

Os resultados revelam grandes divergências nos traços funcionais foliares entre as populações de *Croton blanchetianus* frente ao DAC, destacando a extraordinária plasticidade adaptativa desta espécie frente às condições ambientais variáveis da Caatinga. As análises estatísticas descritivas demonstram que a AF tem a maior média no São João do Cariri (1), com alto desvio padrão e coeficiente de variação (CV%) baixo. Nas outras áreas, as médias de AF são menores, com coeficiente de variação moderado. Em relação ao CMSF, as áreas apresentam médias similares, contudo, em São João do Cariri (2) os dados mostram maior desvio padrão, enquanto os indivíduos de Parari tem maior coeficiente de variação. Para AFE, o município de Boqueirão se destaca com média elevada e alto coeficiente de variação, enquanto as demais áreas possuem valores significativamente mais baixos e com menor variação. Em relação à EF, os indivíduos de São João do Cariri (2) têm a maior espessura, enquanto que em Parari, apresenta os menores valores (Tabela 1).

Tabela 1. Médias, Desvios padrão (DP) e Coeficiente de Variação (CV%) dos traços funcionais foliares (EF, AF, AFE, CMSF) dos indivíduos de cada área selecionada; AF: área foliar (cm²); EF: espessura foliar; AFE: área foliar específica (mm². mg⁻¹); CMSF: conteúdo de matéria seca foliar (mg.g⁻¹).

Traços funcionais	Parâmetros estatísticos	Boqueirão	Barra de Santana	Parari	São João do Cariri (1)	São João do Cariri (2)
AF (cm ²)	Média	3.3	7.04	7.96	169.86	23
	DP	1.75	4.75	3.27	472.05	13
	CV%	1.88	1.48	2.43	0.35	1.76
CMSF (mg. g ⁻¹)	Média	0.47	0.53	0.45	0.44	0.51
	DP	0.13	0.11	0.06	0.06	0.53
	CV%	3.62	4.82	7.50	7.33	0.96
AFE (cm ² mg ⁻¹)	Média	167.46	0.09	0.06	01.02	0.06
	DP	1.18	0.05	0.01	2.82	0.02
	CV%	141.92	1.80	6	0.36	3
EF (mm)	Média	0.13	0.17	0.04	0.32	0.42
	DP	0.05	0.04	0.22	0.13	0.13

Traços funcionais	Parâmetros estatísticos	Boqueirão	Barra de Santana	Parari	São João do Cariri (1)	São João do Cariri (2)
	CV%	2.60	4.25	0.18	2.46	3.23

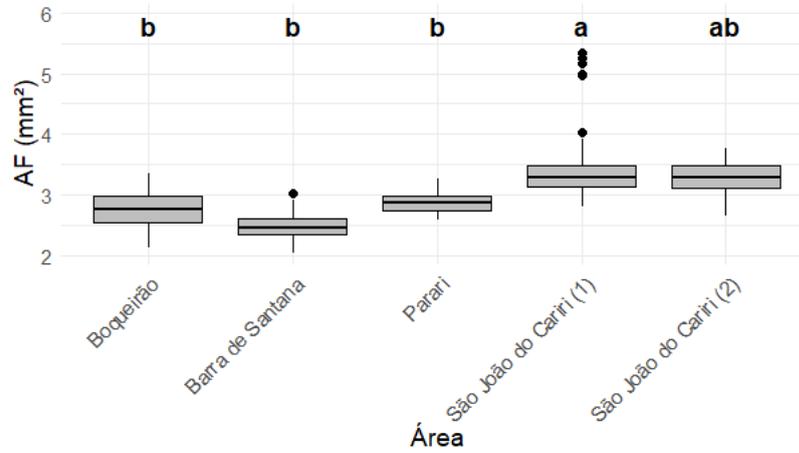
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

De acordo com os resultados da Análise de Variância (ANOVA), houve diferença significativa para a área foliar (AF) ($p=0,000$) (Figura 2), área foliar específica (AFE) ($p=0,001$) (Figura 3) e espessura foliar (EF) ($p<0,001$) (Figura 4). Entretanto, para o conteúdo de matéria seca (CMSF), não houve diferença significativa ($p=0,06$) entre as áreas.

Além disso, os resultados do Teste de Tukey indicaram que, para a área foliar (AF), houve diferença significativa apenas entre São João do Cariri (1) e as outras áreas, como Barra de Santana ($p=0,010$), Boqueirão ($p=0,004$) e Parari ($p=0,012$), com indivíduos de São João do Cariri (1) apresentando maior AF. Não foi observada diferença significativa entre as duas áreas do São João do Cariri ($p=0,136$) (Figura 2).

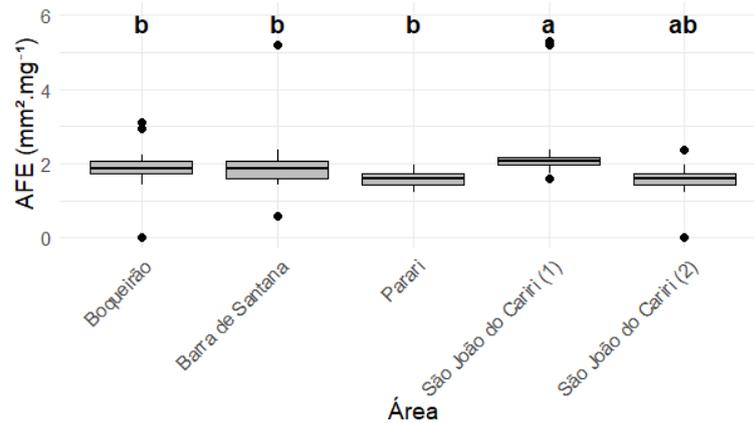
Para AFE, houve diferença significativa apenas na relação entre São João do Cariri (1) e outras áreas, como Barra de Santana ($p=0,001$), Boqueirão ($p<0,001$) e Parari ($p=0,021$), evidenciando menor AFE para São João do Cariri (1) (Figura 3). Para EF, houve diferença significativa apenas para a relação entre Parari e Barra de Santana ($p<0,001$), São João do Cariri (1) e Barra de Santana ($p<0,001$), São João do Cariri (2) e Barra de Santana ($p<0,001$), Parari e Boqueirão ($p<0,001$), São João do Cariri (1) e Boqueirão ($p<0,001$), e São João do Cariri (2) e Boqueirão ($p<0,001$), o que indica folhas mais espessas para indivíduos de Parari, São João do Cariri (1) e São João do Cariri (2) em relação aos de Barra de Santana e Boqueirão (Figura 4).

Figura 2: Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Área foliar (cm^2) do *Croton blanchetianus* de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).



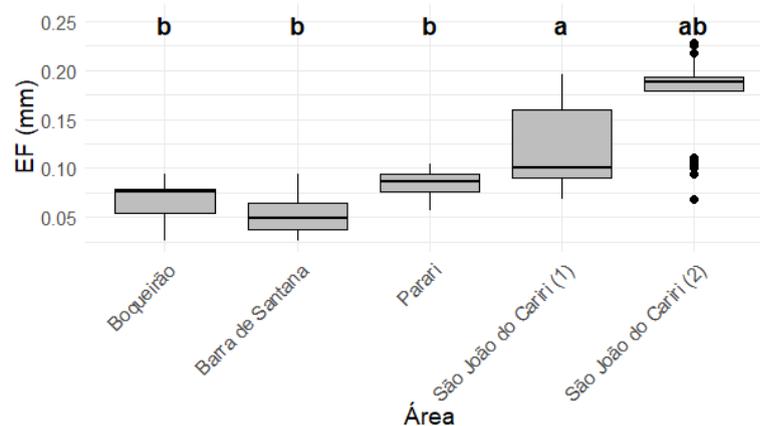
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 3: Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{mg}^{-1}$) do *Croton blanchetianus* de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).



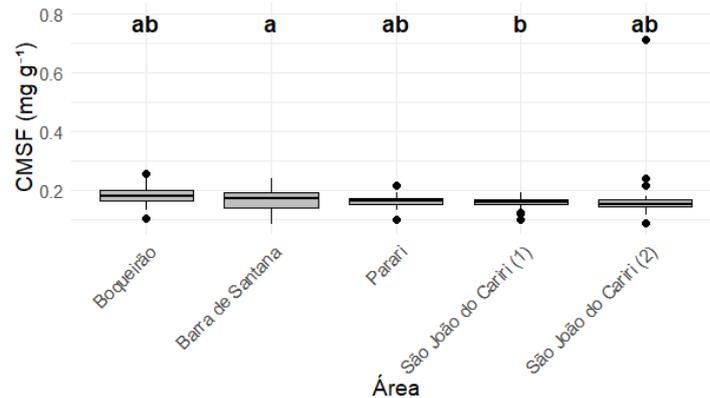
Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Figura 4: Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey da Espessura da folha (mm) do *Croton blanchetianus* de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

.Figura 5: Análise de variância (ANOVA) e Teste de Tukey do Conteúdo de matéria seca ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) do *Croton blanchetianus* de áreas selecionadas dos municípios de Barra de Santana, Boqueirão, Parari, São João do Cariri (Parcela 1) e São João do Cariri (Parcela 2).



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

Os dados ambientais das áreas de estudo (Tabela 2) indicam variações nas condições climáticas e nos índices de distúrbio antropogênico, que podem influenciar os traços funcionais do *Croton blanchetianus* observados. As temperaturas médias anuais (MAT) são relativamente semelhantes entre as localidades, variando entre 22,9 °C (Parari) e 23,7 °C (Barra de Santana). A precipitação média anual (MAP) apresenta maior variação, com valores mais elevados em Parari (508 mm), o que contrasta com os 384 mm registrados em São João do Cariri (1). Quanto à pressão do gado (CPI), São João do Cariri (1) tem o maior índice (60,41), enquanto Boqueirão apresenta um dos menores valores (17,11), o que pode refletir a intensidade de pastoreio em cada área. O Índice de Atividade Humana (HAI) é mais alto em São João do Cariri (1) e mais baixo em Parari, sugerindo diferentes graus de intervenção humana.

Tabela 2. Temperatura média anual (MAT), Precipitação Média Anual (MAP), Pressão do Gado (CPI) e Índice de Atividade Humana (HAI) das áreas de estudo.

Área	MAT	MAP	CPI	HAI
São João do Cariri (1)	23,2	384	60.41	54,14
São João do Cariri (2)	23	407	20.86	38,06
Parari	22.9	508	21.03	28,34
Boqueirão	23.4	414	17.11	44,19
Barra de Santana	23.7	419	18.77	39,11

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

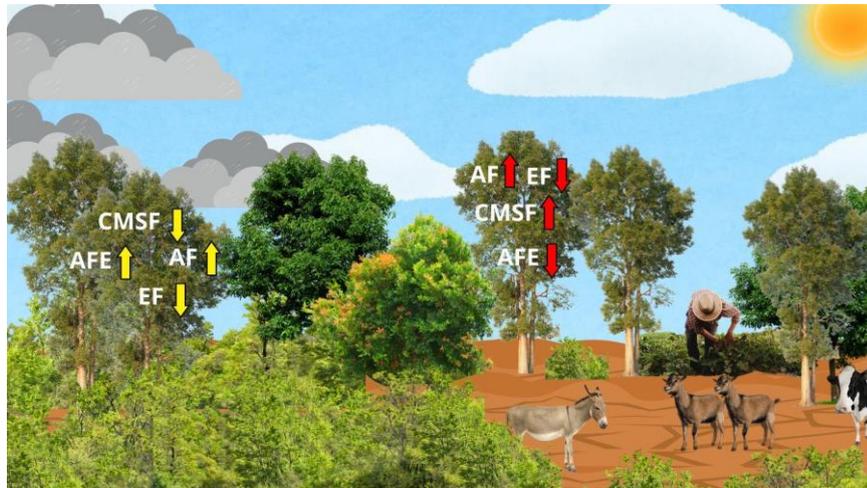
Em relação ao GLM (Figura 5), para a área foliar (AF), a relação com a pressão do gado (CPI) é significativa ($p < 0,001$), onde locais com maior CPI apresentaram redução na área foliar. Para a precipitação média anual (MAP), também se mostrou significativo ($p < 0,001$), sugerindo que o aumento da MAP ocasiona um aumento na área foliar. A relação entre o índice de atividade humana (HAI) e a AF foi significativa ($p < 0,001$), demonstrando que o aumento no HAI está associado a o aumento na área foliar.

Para a área foliar específica (AFE), a relação com o HAI mostrou-se significativa ($p < 0,001$), indicando que o aumento no HAI está associado a uma diminuição na área foliar específica. Para a espessura foliar (EF), a relação com o CPI é significativa ($p < 0,001$), sugerindo que a espessura foliar diminui com o aumento do CPI. A relação entre MAP e espessura também se mostrou significativa ($p < 0,001$), indicando que a espessura foliar aumenta com a precipitação. Além disso, a relação com o HAI é significativa ($p < 0,001$), onde a espessura foliar aumenta com o HAI.

Para o conteúdo de matéria seca foliar (CMSF), a relação com a MAT é significativa ($p = 0,012$), indicando que o aumento da MAT está associado a uma diminuição no CMSF. Para a relação entre o CMSF e HAI houve diferença significativa ($p = 0,0593$), sugerindo que o aumento no HAI pode estar relacionado a o aumento no CMSF, embora não tenha alcançado o nível de significância de 0,05. A variável MAP não apresentou significância estatística ($p = 0,150$), indicando que sua influência sobre o CMSF não é clara.

Figura 5. Efeitos do distúrbio antrópico crônico (DAC) no *Croton blanchetianus*.

Esquerda: Área com menor distúrbio, exibindo menor pressão do gado (CPI), menor índice de atividade humana (HAI), menor temperatura (MAT) e maior pluviosidade (MAP), por conseguinte há maiores valores de área foliar (AF), maior área foliar específica (AFE), menor espessura foliar (EF) e menor conteúdo de matéria seca (CMSF); **Direita:** Área com maior distúrbio, exibindo maior pressão do gado (CPI), maior índice de atividade humana (HAI), maior temperatura (MAT) e menor pluviosidade (MAP), por conseguinte há menores valores de área foliar (AF), menor área foliar específica (AFE), maior espessura foliar (EF) e maior conteúdo de matéria seca (CMSF).



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

4 DISCUSSÃO

Os resultados evidenciam que *Croton blanchetianus* apresenta adaptações foliares em resposta ao aumento do distúrbio antrópico crônico (DAC) nas áreas da Caatinga, as quais se manifestam por meio de uma redução na área foliar e na área foliar específica, além de um aumento na espessura e no conteúdo de matéria seca foliar. Nesse sentido, mesmo sendo uma espécie caducifólia, que perde as folhas durante a estação seca, necessita dessas modificações no período em que mantém folhagem, que mesmo sendo curto, é estratégico para sua sobrevivência. Esses traços foliares adaptativos indicam que, sob condições de maior distúrbio e aridez, a espécie prioriza a economia de água e a conservação de recursos, assumindo uma morfologia que favorece sua sobrevivência diante das pressões ambientais. Esses padrões confirmam a hipótese inicial de que a espécie adapta seus traços foliares em resposta ao impacto ambiental.

Além disso, foi possível observar que alguns traços responderam mais e outros menos, refletindo diferentes níveis de plasticidade. A espessura foliar e a área foliar mostraram-se altamente plásticas, ajustando-se rapidamente às mudanças na disponibilidade de luz, herbivoria e níveis de umidade, o que permite que *C. blanchetianus* otimize a fotossíntese e o uso de recursos (Griffith et al., 2016; Chaturvedi et al., 2014). Por outro lado, a área foliar específica (AFE) foi reduzida em locais de maior DAC, demonstrando sua sensibilidade a estressores ambientais e a necessidade de economizar nutrientes e água em condições de recursos limitados. Esses resultados indicam que *C. blanchetianus* ajusta suas características foliares em resposta a mudanças na disponibilidade de recursos, priorizando a conservação de água e eficiência na utilização de nutrientes. Em contrapartida, o conteúdo de matéria seca foliar (CMSF) apresentou maior estabilidade, mesmo em áreas com mais DAC. Isso ocorre porque o CMSF está intimamente associado a outras características fisiológicas, como a hidráulica foliar, e tende a ser menos responsivo a mudanças ambientais imediatas (Griffith et al., 2016). Essa estabilidade permite que as plantas mantenham a integridade estrutural e funcionem de forma eficiente em condições variadas, uma característica vantajosa em ambientes áridos e sujeitos a distúrbios frequentes.

Croton blanchetianus possui alta plasticidade, pois é uma espécie pioneira, característica que confere grande capacidade de adaptação a ambientes semiáridos, marcados por severo déficit hídrico (Oliveira, 2013). A capacidade de renovação sazonal e a flexibilidade na estrutura foliar demonstram sua adaptabilidade, permitindo que a planta ajuste suas características de acordo com as condições sazonais e ambientais (Mendes et al., 2022). A

notável aclimação da espécie às mudanças climáticas (Mendes et al., 2017) reforça ainda mais sua adequação para o estudo dos efeitos do DAC na Caatinga, uma vez que sua capacidade adaptativa permite observar como responde a ambientes de estresse contínuo e baixa disponibilidade de recursos.

A redução na área foliar observada em áreas com maior DAC sugere uma adaptação crucial para ambientes áridos, onde folhas menores limitam a perda de água pela transpiração (Alves et al., 2021). Esse traço é comum em plantas de regiões secas, como a Caatinga, onde a conservação de água é vital. Em condições de alta aridez ou degradação, plantas com folhas maiores estariam em desvantagem, devido ao aumento da superfície exposta e, conseqüentemente, da evapotranspiração (Liu et al., 2024). Assim, *C. blanchetianus* parece reduzir sua área foliar para manter um equilíbrio hídrico mais eficiente, essencial para a sobrevivência em ecossistemas sujeitos a estresse hídrico. A flexibilidade na estrutura foliar reflete sua alta plasticidade, permitindo ajustes sazonais e ambientais (Mendes et al., 2022).

Contudo, a análise dos dados também revela que diante de maior Índice de Atividade Humana (HAI), há um aumento da área foliar. Isto pode ser explicado pelo fato de que humanos tendem a se concentrar mais em áreas menos áridas, visto que, há diversas limitações para as pessoas que residem nesses locais, como a pouca produção agrícola, o que traz insegurança alimentar (Shideed, 2017; Walia et al., 2024). Logo, locais com maior atividade humana, onde a disponibilidade hídrica é relativamente melhor, pode ocorrer o investimento em folhas maiores para capturar mais luz solar e aumentar as taxas fotossintéticas.

Além disso, a menor área foliar específica em locais de maior DAC demonstra a busca pela economia de recursos pela planta. Folhas com menor área foliar específica demandam menos nutrientes para serem sustentadas, sendo vantajosas em condições de recursos limitados (Carvalho et al., 2023; Kothari et al., 2022). Folhas finas e amplas favorecem a fotossíntese e crescimento rápido, mas exigem maiores insumos, como água e nutrientes. *C. blanchetianus*, ao contrário, adota folhas mais espessas e duradouras, que podem ter uma taxa fotossintética mais baixa por unidade de área, mas que demonstram maior eficiência no uso de recursos em ambientes com distúrbio elevado.

O aumento no conteúdo de matéria seca e na espessura foliar em áreas com maior DAC também revela uma resposta adaptativa ao estresse ambiental. Carvalho et al. (2023) sugerem que a espessura foliar é um traço crítico na adaptação ao estresse, sendo folhas mais espessas associadas à maior resistência à seca. Níveis elevados de conteúdo de matéria seca indicam um maior investimento na durabilidade das folhas, proporcionando resistência e longevidade, vantajosas onde o custo de renovação foliar é alto (Younes et al., 2023). Em ambientes áridos,

folhas com maior conteúdo de matéria seca são menos degradadas e demandam menos recursos para manutenção, facilitando a adaptação da planta a essas condições.

Além disso, os resultados de espessura foliar corroboram estudos como os de Liu et al. (2020) e Luo et al. (2019), que indicam que a espessura tende a aumentar em resposta a estresses ambientais, como a aridez. Folhas mais espessas oferecem maior proteção contra danos ambientais, como alta radiação, e parecem estar associadas a uma redução na área foliar, evidenciando uma compensação entre tamanho e robustez que favorece a conservação de recursos em ambientes adversos. Essa adaptação é especialmente relevante para plantas da Caatinga, onde características como essas sustentam a sobrevivência e funcionalidade do ecossistema diante das limitações climáticas e de solo. Portanto, as adaptações observadas em *C. blanchetianus* não apenas garantem sua sobrevivência, mas também desempenham um papel crucial na resiliência do ecossistema da Caatinga, especialmente frente às mudanças climáticas e à degradação ambiental.

É relevante mencionar algumas limitações deste estudo. Em áreas como Boqueirão, Barra de Santana e Parari, a maioria dos indivíduos apresentou sinais de herbivoria, o que exigiu a coleta de folhas de diferentes regiões do mesmo indivíduo, algumas mais expostas à luz e outras mais sombreadas. Essa variação na exposição à luz pode ter influenciado nos traços foliares observados, afetando alguns dos resultados obtidos.

5 CONCLUSÃO

A análise dos traços foliares de *Croton blanchetianus* em diferentes condições de distúrbio antrópico crônico (DAC) revelou adaptações que demonstram a capacidade da espécie de responder eficazmente a desafios ambientais. Essas características, que refletem sua alta plasticidade foliar, são indicativas de estratégias adaptativas que garantem sua sobrevivência e funcionalidade em um bioma que enfrenta sérios desafios devido à degradação e mudanças climáticas.

Essas características não apenas revelam a capacidade de *Croton blanchetianus* de se ajustar a condições adversas, mas também destacam seu papel como espécie chave na Caatinga, um bioma naturalmente vulnerável a mudanças ambientais. Além disso, essa tolerância de *C. blanchetianus* evidencia seu valor ecológico em áreas de alto DAC, onde a competição por recursos é intensa e poucas plantas conseguem prosperar. Assim, *Croton blanchetianus* se mostra não apenas como uma espécie capaz de suportar estresses ambientais, mas também como um organismo funcionalmente importante que contribui para a sustentabilidade e regeneração da Caatinga, especialmente em face das mudanças climáticas e das ações humanas que têm pressionado esse ecossistema. Essa adaptabilidade sugere que *C. blanchetianus* pode ser considerado uma espécie modelo para compreender as estratégias de plantas em ambientes adversos, bem como um potencial aliado em projetos de conservação e recuperação de áreas degradadas.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, Francisco Serra Oliveira. **Croton blanchetianus** Baill: **variação intraespecífica da composição química volátil e não-volátil**. 2017. 387 f. Tese- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- ALVES, Cleber Pereira; JÚNIOR, Baltazar Cirino; ROCHA, Ana Karlla Penna; VIEIRA, Domingos Sávio Marques de Menezes; EUGÊNIO, Danielle da Silva; LEITE, Maurício Luiz de Mello Vieira. Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, p. e10610615405-e10610615405, 2021.
- ARAÚJO, Vanessa Kelly Rodrigues; SANTOS, Josiene Maria Falcão Fraga dos; ARAÚJO, Elcida de Lima; PIMENTEL, Rejane Magalhães de Mendonça; SILVA, Kleber Andrade da. Influence of leaf morphometric variations on the growth of seedlings and juveniles of woody species in a semiarid environment. **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, p. 1019-1028, 2017.
- ARNAN, Xavier; Arcoverde, Gabriela B.; Pie, Marcio R.; Ribeiro-Neto, José D. Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ant communities in Caatinga dry forest. **Science of the Total Environment**, v. 631, p. 429-438, 2018.
- BARBOSA, Humberto Alves; Kumar, T.V. Lakshmi; Paredes, Franklin; Elliott, Simon; Ayuga, J.G. Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI normalized difference vegetation index (2008–2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 148, p. 235-252, 2019.
- BARROS, Ileana Oliveira; SOARES, Arlete Aparecida. Adaptações anatômicas em folhas de marmeleiro e velame da caatinga brasileira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 192-198, 2013.
- CAMACAM, Bruno Luiz Macedo; MESSIAS, Cristhiane Maria Bazílio de Omena. Food potential of fruits and plants of the caatinga: integrative review. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e39911931997, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31997>. Acesso em: 28 de março de 2024.
- CARVALHO, Carlos Eduardo; SFAIR, Júlia Caram; ELLER, Cleiton Breder; MENEZES, Bruno Sousa, MENEZES, Marcelo Oliveira Teles de; ARAÚJO, Francisca Soares de. Tree height, leaf thickness and seed size drive Caatinga plants' sensitivity to climate change. **Journal of Biogeography**, v. 50, n. 12, p. 2057-2068, 2023.
- CHATURVEDI, Ravi K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Relative effects of different leaf attributes on sapling growth in tropical dry forest. **Journal of Plant Ecology**, v. 7, n. 6, p. 544-558, 2014.
- DUTRA, Renan Ferreira; OLIVEIRA, Gleison Soares de; BEZERRIL, Franklin Antony Santos; SANTOS, Carlos Alberto Garcia. VISITANTES FLORAIS DE CROTON BLANCHETIANUS BAILL.(EUPHORBIACEAE) NO HORTO FLORESTAL OLHO D'ÁGUA DA BICA, CUITÉ-PB. **Educação, Ciência e Saúde**, v. 4, n. 2, 2018.

EVERIGHAN, Susan; OFFORD, Catherine A.; SABOT, Manon; MOLES, Angela. Leaf morphological traits show greater responses to changes in climate than leaf physiological traits and gas exchange variables. **Ecology and evolution**, v. 14, n. 3, p. e10941, 2024.

FERNANDES, Moabe Ferreira; QUEIROZ, Luciano Paganucci de. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FIGUEIREDO, Maria José de; GRISI, Cristiani Viegas Brandão; SANTIAGO, Ângela Maria; VIEIRA, Erica de Andrade; CORDEIRO, Angela Maria Tribuzy de Magalhães; VILELA, Anderson Ferreira; VIANA, Arianne Dantas; SOUSA, Solange de; CONRADO, Líbia de Sousa. Characterization and application of *Croton blanchetianus* Baill extract for lamb ribs preservation. **Food Chemistry**, v. 373, p. 131404, 2022.

GRIFFITH, Daniel M.; QUIGLEY, Kathleen M.; ANDERSON, T. Michael. Leaf thickness controls variation in leaf mass per area (LMA) among grazing-adapted grasses in Serengeti. **Oecologia**, v. 181, p. 1035-1040, 2016.

HOFFMANN, William A.; FRANCO, A. C.; MOREIRA, M. Z.; HARIDASAN, M. Specific Leaf Area Explains Differences in Leaf Traits between Congeneric Savanna and Forest Trees. **Functional Ecology**, vol. 19, no 6, dezembro de 2005, p. 932–40.

HURBATH, Fernanda; TORRES, Daniela Santos Carneiro; ROQUE, Nádia. Euphorbiaceae na Serra Geral de Licínio de Almeida, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 489-531, 2016.

KHATUN, Nasrin. Applications of normality test in statistical analysis. **Open journal of statistics**, v. 11, n. 01, p. 113, 2021.

KOTHARI, Shan; SCHWEIGER, Anna Katharina. Plant spectra as integrative measures of plant phenotypes. **Journal of Ecology**, v. 110, n. 11, p. 2536-2554, 2022.

LIU, Siyu; ZHENG, Jingming. Adaptive strategies based on shrub leaf-stem anatomy and their environmental interpretations in the eastern Qaidam Basin. **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 323, 2024.

LIU, Wensheng; ZHENG, Li; QI, Danhui. Variation in leaf traits at different altitudes reflects the adaptive strategy of plants to environmental changes. **Ecology and Evolution**, v. 10, n. 15, p. 8166-8175, 2020.

LUO, Yongkai et al. Latitudinal pattern and the driving factors of leaf functional traits in 185 shrub species across eastern China. **Journal of plant ecology**, v. 12, n. 1, p. 67-77, 2019.

MARTORELL, Carlos; PETERS, Edward M. The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus *Mammillaria pectinifera*. **Biological Conservation**, v. 124, n. 2, p. 199-207, 2005.

MCDOWELL, Nate G. et al. Predicting chronic climate-driven disturbances and their mitigation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 33, n. 1, p. 15-27, 2018.

MENDES, Keila Rêgo; GRANJA, João A. A.; OMETTO, Jean P.; ANTONINO, Antônio C. D.; MENEZES, Rômulo S. C.; PEREIRA, Eugênia C.; POMPELLI, Marcelo F.. *Croton blanchetianus* modulates its morphophysiological responses to tolerate drought in a tropical dry forest. **Functional plant biology**, v. 44, n. 10, p. 1039-1051, 2017.

MENDES, Keila Rêgo; BATISTA-SILVA, Willian; DIAS-PEREIRA, Jaqueline; PEREIRA, Marcos P.S; SOUZA, Eliane V.; SERRÃO, José E.; GRANJA, João A. A.; PEREIRA, Eugênia C.; GALLACHER, David J.; MUTTI, Pedro R.; SILVA, Duany T. C. da; JÚNIOR, Rogério S. de Souza; COSTA, Gabriel B.; BEZERRA, Bergson G.; SILVA, Cláudio M. MUKHAMETZYANOV, Irik Z. Normalization and MCDM Rank Model. In: Normalization of Multidimensional Data for Multi-Criteria Decision Making Problems: Inversion, Displacement, Asymmetry. **Springer International Publishing**, 2023. p. 41-69.

OLIVEIRA, Diogo Gallo. A família Euphorbiaceae Juss. em um fragmento de Caatinga em Sergipe. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, 2013.

OLIVEIRA, Fernanda M. P.; CÂMARA, Talita; DURVAL, José I. F.; OLIVEIRA, Caroline L. S.; ARNAN, Xavier; ANDERSEN, Alan N.; RIBEIRO, Elâine M. S.; LEAL, Inara Roberta (2021). Plant protection services mediated by extrafloral nectaries decline with 14 aridity but are not influenced by chronic anthropogenic disturbance in Brazilian Caatinga. **Journal of Ecology**, 109(1), 260–272.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, Natalia; DIAZ, Sandra; GARNIER, Erin; LAVOREL, Sandra; POOTER, Hendrik; JAUREGUIBERRY, Pedro; BRET-HARTE, M. S., W. K; CRAINE, Cornwell J. M.; GURVICH, D. E.; C. VENEKLAAS, Urcelay E. J.; REICH, P. B.; POORTER, L.; WRIGHT, I. J.; RAY, P.; ENRICO, L.; PAUSAS, J. G., BUCHMANN, A. C. de Vos, N., Funes, G.; QUÉTIER, F.; HODGSON, J. G.; THOMPSON, K.; MORGAN, H. D.; STEEGE, H. ter; HEIJDEN, M. G. A. van der; SACK, L.; BLONDER, B.; POSCHLOD, P.; VAIERETTI, M. V.; CONTI, G.; STAYER, A. C.; AQUINO, S.; Cornelissen, J. H. C.. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of botany**, v. 64, n. 8, p. 715-716, 2016.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Version 4.4.1. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2024.

RAMOS, Maiara Bezerra. **Interações entre seres humanos e plantas como determinantes para montagem de comunidades vegetais da Caatinga**. 2023. 162 f. Tese (Doutorado em Etnobiologia e conservação da Natureza)- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Recife, 2023.

RIBEIRO, Elâine M. S.; LOHBECK, Madelon; SANTOS, Braulio A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, Víctor; TABARELLI, Marcelo; LEAL, Inara Roberta. Functional diversity and composition of Caatinga woody flora are negatively impacted by chronic anthropogenic disturbance. **Journal of Ecology**, v. 107, n. 5, p. 2291-2302, 2019.

RIBEIRO, Soraya Marques; BONILLA, Oriel Herrera; LUCENA, Eliseu Marlônio Pereira. Influência da sazonalidade e do ciclo circadiano no rendimento e composição química dos óleos essenciais de *Croton* spp. da Caatinga. **Iheringia, Série Botânica.**, v. 73, n. 1, p. 31-38, 2018.

RIBEIRO-NETO, José Domingos; ARNAN, Xavier; TABARELLI, Marcelo; LEAL, Inara Roberta. Chronic anthropogenic disturbance causes homogenization of plant and ant communities in the Brazilian Caatinga. **Biodiversity and conservation**, v. 25, p. 943-956, 2016.

RITO, Kátia F.; TABARELLI, Marcelo; LEAL, Inara Roberta. Euphorbiaceae responses to chronic anthropogenic disturbances in Caatinga vegetation: from species proliferation to biotic homogenization. **Plant Ecology**, v. 218, p. 749-759, 2017.

RITO, Kátia Fernanda; ARROYO-RODRÍGUEZ, Víctor; QUEIROZ, Rubens Teixeira; LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 3, p. 828-838, 2017.

RODRIGUES, Leôncio Gonçalves; MOREIRA, Priscilla Barbosa de Araújo; SANTOS, Lucas Fernandes dos; TEIXEIRA, Yago Neco; FIRMINO, Paulo Renato Alves; OLIVEIRA, Cicero Carlos Felix de. Balanço Hídrico e Classificação Climática para Estação Meteorológica do Cariri. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 02, p. 618-633, 2022.

RODRIGUES, Neiva Sales; ALVES, Maria Aparecida da Silva; FREITAN, Jakson Bofinger Renata. Influência da radiação solar modificada por túneis baixos de sombrite no cultivo da alface (*Lactuca Sativa* L.). **Tópicos em Ciências Agrárias Volume 3**, p. 30, 2019.

ROSENFELD, Milena Fermina; MÜLLER, Sandra Cristina. Ecologia funcional como ferramenta para planejar e monitorar a restauração ecológica de ecossistemas. **Oecologia Australis**, v. 24, n. 3, p. 550-565, 2020.

SCHNEIDER, Hannah M. Characterization, costs, cues and future perspectives of phenotypic plasticity. **Annals of botany**, v. 130, n. 2, p. 131-148, 2022.

SHIDEED, Kamil. Rainfed agriculture and food security in dry areas. **Water, Energy & Food Sustainability in the Middle East: The Sustainability Triangle**, p. 299-340, 2017.

SILVA, José Maria Cardoso da; LEAL, Inara Roberta; TABARELLI, Marcelo (Ed.). Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America. **Springer**, 2018.

SOUSA, Josiani Félix de; ANDRADE, Marcelo da Silva; MORAIS, Marciana Bizerra de; ARRUDA, Maria Valdíguez de Mesquita; ALENCAR, Matheus Henrique de Souza; NETO, João Batista Costa; PEREIRA, Kleane Targino Oliveira; ALBUQUERQUE, Cynthia Cavalcanti de. Water regimes on the morphophysiological and biochemical responses of *Croton blanchetianus* (Euphorbiaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v.37: e11951, 2024.

SOUZA, Bartolomeu Israel; SOUZA, Ramon Santos. Processo de ocupação dos Cariris Velhos–PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 2, p. 229-258, 2016.

STREIT, Robert P.; BELLWOOD, David R. To harness traits for ecology, let's abandon 'functionality'. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 38, n. 5, p. 402-411, 2023.

TABARELLI, Marcelo; LEAL, Inara Roberta; SCARANO, Fábio Rubio; SILVA, José Maria Cardoso da. "Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade." **Ciência e cultura**, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.

TSOU, Tsung-Shan. Likelihood inferences for the link function without knowing the true underlying distributions. **Computational Statistics**, v. 26, p. 507-519, 2011.

VIOLLE, Cyrille; NAVAS, Marie-Laure; VILE, Denis; KAZAKOU, Elena; FORTUNEL, Claire; HUMMEL, Irène; GARNIER, Eric. Let the concept of trait be functional!. **Oikos**, v. 116, n. 5, p. 882-892, 2007.

WALIA, Sohan Singh; KAUR, Karmjeet; KAUR, Tamanpreet. Constraints Limiting Crop Production in Dry Land Areas. **Rainfed Agriculture and Watershed Management.**, p. 11-15, 2024.

WHEELER, George R.; BRASSIL, Chad E.; KNOPS, Johannes MH. Functional traits' annual variation exceeds nitrogen-driven variation in grassland plant species. **Ecology**, v. 104, n. 2, p. e3886, 2023.

YOUNES, Nicolas; CAIN, Sophia. Estimation of Fuel Moisture Content (FMC), Equivalent water thickness (EWT), Dry Matter Content (DMC), and Specific Leaf Area (SLA) in eucalypt leaves. **Research Square**, 2023.

ZANI, Mateus Amoedo. Entre sinais e incertezas: a espera pelas chuvas em 7 anos de seca no Cariri Paraibano. **Novos Cadernos NAEA**, v. 26, n. 1, 2023.

ZHOU, Xingyu; XIN, Jiaxun; HUANG, Xiaofei; LI, Haowen; LI, Fei; SONG, Wenchen. Linking leaf functional traits with soil and climate factors in forest ecosystems in China. **Plants**, v. 11, n. 24, p. 3545, 2022.