



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ANA MARIA CLÁUDIA COSTA MAIA

VARIAÇÃO INTRAPOPULACIONAL DE CARACTERÍSTICAS E DA QUALIDADE
DE SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis*

FORTALEZA

2026

ANA MARIA CLÁUDIA COSTA MAIA

VARIAÇÃO INTRAPOPULACIONAL DE CARACTERÍSTICAS E DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas do
Centro de Ciências da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharelado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Profa. Dra. Selma Freire de Brito

FORTALEZA

2026

M1v Maia, Ana Maria Cláudia Costa.
 Variação intrapopulacional de características e da qualidade de sementes de *Cryptostegia*
 madagascariensis / Ana Maria Cláudia Costa Maia. – 2026.
 35 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
 Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza, 2026.

 Orientação: Prof. Dr. Selma Freire de Brito.

1. Germinação. 2. Morfometria. 3. Espécie exótica. 4. Banco de sementes. 5. Potencial invasor. I. Título.
 CDD570

ANA MARIA CLÁUDIA COSTA MAIA

VARIAÇÃO INTRAPOPULACIONAL DE CARACTERÍSTICAS E DA QUALIDADE DE
SEMENTES DE *Cryptostegia madagascariensis*

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Biológicas -
Bacharelado do Centro de Ciências da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial à obtenção do grau de bacharel em
Ciências Biológicas.

Aprovada em: 21/01/2026.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Selma Freire de Brito (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Márcio Viana Ramos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Renata Fernandes de Matos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

A minha família, Ana Cláudia, Lindemberg,
Mariana e Liz.

Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Berguinho e Ana Cláudia, que me criaram, educaram e amaram, pois sem eles eu não teria dado o primeiro passo para estar na faculdade. Às minhas irmãs, Mariana e Liz, por me ensinar a ter responsabilidades e a ser carinhosa. Aos meus avós paternos, Chico (in memoriam) e Nora, que me apoiaram, cuidaram de mim e me ensinaram a amar as pessoas. Aos meus avós maternos, Zé Cláudio e Madalena (in memoriam), por terem me acolhido e me ensinado a ter empatia, gentileza e que para todos os problemas têm uma solução (ou seja, para tudo tem um jeito). Às minhas tias, Maria Cláudia e Karoline que me ensinaram a viver longe de todos mesmo com saudades de casa.

Às minhas colegas de apartamento, minha irmã Mariana e minha tia Karoline, minha prima Maria Luísa, Letícia e Jeanny Kelly.

Aos meus amigos, Fernanda (xuxu/Fernada/Feh), Bitu(beetwo), Chagas (*Trypanosoma cruzi*), Leonardo (marido de fachada), Lívio (o doido dos insetos vulgo Shino), que ouviram minhas raivas e meus estresses, que me alegraram nos meus dias tristes, que me apoiaram nas minhas decisões e me aconselharam na minha triste vida amorosa.

Aos meus amigos e colegas de faculdade, Sara, Flávinny, Paloma, Rayça, Vivian, Kida, Júlia, Natália, Drica, Danielle, Lussarina, Beto, Ayane, Juliane, Sônia, Lucas, Alanis, Matheus, Davi, Alexa, André, que me ajudaram nas disciplinas, nas práticas laboratoriais, na monitoria e na escrita deste trabalho.

Aos meus amigos do Laboratório de Sementes, Priscila, Kelly, Iza, Lívia, Emily, Raquel, Lucas, Gustavo, Joelson, Itamar, Davi, que compartilharam o laboratório para que esse trabalho fosse realizado.

Aos meus amigos de fora da faculdade, Paula, João, Vagner Jr.(meu tio), Rodrigo (vulgo meu cunhado), Sarah, Jailma, Keit, Érica, que me alegram e me fazem entender outros pontos de vista.

À Profa. Luciana e ao Prof. Robson por me ensinar que aprender não é somente sacrifício e frustrações, mas que pode ser leve, gentil e maravilhoso conhecer o mundo.

À Profa. Selma por me acolher quando eu mais precisei, por me orientar e me iluminar quando eu estava no escuro, e por me ensinar a ser uma cientista.

À Ma. Adriana que me auxiliou e me ensinou a maior parte da estatística deste trabalho, e me ajudou a seguir em frente na minha graduação com os ensinamentos dela.

À minha própria pessoa por não desistir de terminar essa faculdade, antes tarde do que nunca. E por mesmo que tivesse percalços e desafios, sempre achou uma solução, e descobriu que nem todas as batalhas são travadas só, mas sim com a ajuda de pessoas muito importantes, que te acolhem e ensinam. E que durante essa faculdade eu descobri meu próprio valor.

Aos professores participantes da banca examinadora Márcio Viana Ramos e Renata Fernandes de Matos pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

“Nunca estou realmente satisfeita quanto a entender alguma coisa; porque, até onde entendo, a minha compreensão só pode ser uma fração infinitesimal de tudo o que eu quero compreender.” (Ada Lovelace, 1841).

RESUMO

As plantas invasoras apresentam diversas estratégias que garantem seu sucesso delas no novo ecossistema. Dentre essas estratégias está a plasticidade das características reprodutivas, como uma forma de adaptação a novos ambientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade e resistência interpopulacional em características de sementes de *Cryptostegia madagascariensis*. Foram coletadas sementes em três municípios do estado do Ceará (Acará, Itapipoca e Tabuleiro do Norte) e realizadas análises morfométricas e de vigor germinativo em ambiente de laboratório. Diante disso, as sementes passaram por teste de envelhecimento acelerado, seguido do teste de germinação com o objetivo de avaliar a resistência a temperaturas (45- 60°C) e umidade (UR 80%) elevadas no intervalo de 24 e 48 horas. Os resultados indicam que as sementes de *C. madagascariensis* têm variabilidade interpopulacional, em suas características morfológicas. Foi observada que as sementes procedentes das localidades de Tabuleiro do Norte e Itapipoca foram estaticamente mais resistentes a altas temperaturas e umidade em relação as da localidade de Acará, sendo afetada também pelo local de coleta. Foi concluído que a variabilidade interpopulacional nas variáveis morfológicas e de resistência das sementes podem favorecer o estabelecimento do arbusto *C. madagascariensis* em diferentes ambientes e dificultar o seu controle populacional.

Palavras-chave: germinação; morfometria; espécie exótica.

ABSTRACT

Invasive plants have several strategies that ensure their success in the new environment. Among these strategies is the plasticity of reproductive characteristics, as a way of adapting to new environments. The objective of this study was to evaluate the variability and interpopulation resistance in seed characteristics of *Cryptostegia madagascariensis*. Seeds were collected in three municipalities in the state of Ceará (Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte) and morphometric and germination vigor analyzes were performed in a laboratory setting. Therefore, the seeds underwent an accelerated aging test, followed by a germination test, in order to evaluate their resistance to high temperatures (45-60°C) and humidity (80% RH) over a period of 24 and 48 hours. The results indicate that *C. madagascariensis* seeds have interpopulation variability in seed morphological characteristics. It was observed that seeds from the Tabuleiro do Norte and Itapipoca locations were statistically more resistant to high temperatures and humidity compared to those from the Acaraú location, also being affected by the collection site. It was concluded that interpopulation variability in morphological variables and seed resistance may favor the establishment of the shrub *C. madagascariensis* in different environments and hinder its population control.

Keywords: germination; morphometry; exotic species.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Imagens de *Cryptostegia madagascariensis* obtidas no município de Tabuleiro do Norte. (A) frutos em formato do folículo gêmeo, (B) Arbusto invadindo a Caatinga. 14
- Figura 2- Localização geográfica dos municípios de coleta de frutos e sementes de *Cryptostegia madagascariensis*. Municípios de Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.....17
- Figura 3- Imagens (A) de frutos secos e teor de água nas sementes de *Cryptostegia madagascariensis*. frutos secos. (B) cápsulas de alumínio com sementes por área de coleta. Fonte: Elaborado pela autora.....19
- Figura 4- Experimento de envelhecimento de *Cryptostegia madagascariensis*. (A) Caixa gerbox utilizada para envelhecer contendo 100 sementes; (B) sementes envelhecidas distribuídas para germinar em placas de Petri. (C) plântulas após 10 dias de germinação.....20
- Figura 5- Diferenciação ambiental entre as áreas de coleta do material estudado para diferentes populações de *Cryptostegia madagascariensis*.....23
- Figura 6- Resultados das análises do (a) peso, (b) comprimento, (c) largura, (d) número de sementes de frutos de *Cryptostegia madagascariensis*. 24
- Figura 7- Resultados das análises de (a) espessura, (b) peso, (c) comprimento e (d) largura de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* coletadas em três municípios do Ceará, Brasil.....25
- Figura 8- Resultado da germinação (G) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.....26
- Figura 9 - Resultados do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.....27
- Figura 10 - Resultado do Tempo Médio de Germinação (TMG) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte. 28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Variáveis bioclimáticas utilizadas para caracterizar os locais de coleta de sementes de <i>Cryptostegia madagascariensis</i>	22
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivos específicos.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1 Coleta do material vegetal e caracterização das áreas de coleta.....	18
3.2 Avaliação morfométrica de frutos e sementes.....	19
3.3 Avaliação da longevidade e da germinação de sementes.....	20
3.4 Análise estatística.....	22
4 RESULTADOS.....	24
4.1 Caracterização climática da área de estudo.....	24
4.2 Medidas biométricas de frutos e sementes.....	25
4.3 Análise de envelhecimento artificial.....	26
5 DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÃO.....	32
7 REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Algumas características das plantas podem apresentar variabilidade dentro das espécies conforme variações ecológicas (Cochrane *et al.*, 2015; Fenollosa *et al.*, 2021). Dentre essas características, estão os atributos de sementes (Santos *et al.*, 2015; Yeşilyurt *et al.*, 2017). Esta variabilidade é importante para a adaptação das espécies a diferentes condições ambientais (Santos *et al.*, 2015). Uma série de atributos que Saatkamp *et al.* (2019) definem como espectro ecológico de sementes (SES) relacionados a características de dispersão, persistência, germinação e estabelecimento.

As características podem ser compreendidas a partir dos aspectos morfológicos das sementes. A dispersão é classificada pelo meio no qual a espécie pode se expandir, como a anemocoria, a partir do vento por meio de plumas, zoocoria pelo valor energético para os animais, hidrocoria pela água ou antropocoria pelos humanos (Lavôr *et al.*, 2023; Venzke *et al.*, 2014). A persistência está relacionada à dormência e a resistência a diversos fatores, como temperatura, umidade e quantidade de água disponível (Carvalho; Silva; Davide, 2006). Além disso, a variabilidade genética intraespecífica pode mudar a dormência e sua quebra de dormência (Li *et al.*, 2024).

O tempo em que uma semente permanece viável e capaz de germinar representa sua longevidade. Esta característica é difícil de ser avaliada quando se tem que esperar por vários meses para acompanhar o processo de envelhecimento das sementes de uma espécie, que pode ser afetada pelo ambiente ou por condições de armazenamento (Yuyama *et al.*, 2011; Smaniotto *et al.*, 2014). Contudo, esta avaliação é uma importante estratégia para descrever a dinâmica de populações naturais e avaliar a seu potencial persistência (Company *et al.*, 2019).

Dentro da persistência de sementes, um outro importante atributo é a longevidade (Saatkamp *et al.*, 2019). Essa característica pode ser muito importante para a compreensão do processo de invasão biológica, indicando possível persistência e expansão de sementes no ambiente (Fenollosa *et al.*, 2021). Ademais, segundo Gioria, Pyšek e Moravcová (2012) entender as características persistência de sementes no ambiente ou advindas de um banco é fundamental para prever a expansão e a consolidação de uma espécie nativa e invasora no local.

As espécies podem ser definidas como endêmicas, exóticas ou exóticas invasoras. A primeira é reconhecida por ser nativa e já fazer parte natural ecossistema local (Lockwood *et al.*, 2007). A segunda e a terceira ocorrem quando são levadas de seus habitats naturais por meio de interesses como produção e ornamentação, ou acidental (Moro *et al.*, 2012). Essas

espécies exóticas podem ser consideradas invasoras, quando se adaptam a um novo ambiente de forma, que se reproduzem exageradamente causando um desequilíbrio no ecossistema local, devido à falta de predadores e abundância de recursos para seu desenvolvimento (Matos; Pivello, 2009; Moro *et al.*, 2012). E após essa expansão, é possível que algumas características sejam alteradas para aperfeiçoar a invasão em outros locais (Li *et al.*, 2024).

Segundo Ziller e Zalba (2007), a invasão de espécies exóticas é considerada o segundo fator de perda de biodiversidade no âmbito global. E isso é percebido quando a invasão traz impactos nos serviços ecossistêmicos com a mudança abiótica e biótica do habitat (Charles; Dukes, 2007) e podem afetar a saúde humana e a economia local (Aubry, 2012). No Brasil, o estabelecimento de plantas invasoras é bastante comum (Pinto *et al.*, 2020), principalmente em áreas de vegetação que sofrem pressões antrópicas e que estão cada vez mais fragmentadas, como a vegetação da Caatinga. A Caatinga é classificada como uma Floresta Tropical Sazonalmente Seca (FTSS) endêmica do Brasil (Silva *et al.*, 2019), no qual ocorrem baixos índices pluviométricos anuais, altas temperaturas e baixa umidade relativa, que causa altas taxas de evapotranspiração (Brasil *et al.*, 2018). Também é considerada a mais diversa do mundo (Sá; Sousa, 2024), devido às características da flora, como a vegetação majoritariamente decídua, com espécies espinhosas, que podem reter água (Moro *et al.*, 2015).

Dentre as diversas espécies que invadem a Caatinga, destaca-se a *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne, popularmente conhecida como unha do diabo. É uma espécie que pertence à família Apocynaceae e é endêmica de Madagascar (Klackenberg, 2001). A planta tem porte arbustivo que varia entre 2 a 3 metros de altura, as flores são compostas por cinco sépalas verdes e cinco pétalas roxas. A floração ocorre o ano todo, mas existem picos de floração durante o período chuvoso (Vieira *et al.*, 2004).

Cada flor de *C. madagascariensis* origina dois frutos fusiformes gêmeos que são deiscentes quando secos. Abrem uma fenda longitudinal, ou seja, são classificados como folículos (Endress; Bruyns, 2000; Vieira *et al.*, 2004). Suas sementes são leves, com o formato de gota e com plumas formadas por fios de seda que facilitam sua dispersão anemocórica, ou seja, pelo vento (Sousa *et al.*, 2017). A *C. madagascariensis* foi introduzida no Brasil para fins ornamentais devido suas flores lilases (Lorenzi e Sousa, 1999 *apud* Vieira *et al.*, 2004).

Figura 1– Imagens de *Cryptostegia madagascariensis* obtidas no município de Tabuleiro do Norte. (A) frutos em formato do folículo gêmeo, (B) Arbusto invadindo a Caatinga.



Fonte: Elaborado pela autora.

Essa espécie é conhecida por invadir áreas de predominância da espécie *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore (carnaúba), uma árvore que possui um grande valor econômico e ecológico para a região Nordeste (Sousa *et al.*, 2015; Vieira; Oliveira; Loiola, 2016). Também é necessário citar que a *C. prunifera* são extraídos recursos para sobrevivência de famílias pobres (Barroso *et al.*, 2024).

No processo ecológico competitivo, a *C. madagascariensis* cresce com ramos trepadores sobre a estrutura da *C. prunifera* que é usada como suporte o que muitas vezes leva a morte devido a ausência de luz solar (Bonilla *et al.*, 2023). Dessa forma, já se tem três tipos de controles comuns para a infestação da *C. madagascariensis* que são o corte, queima e uso de herbicidas que não são seguros ao ser humano (Aubry, 2012), e que elevam o preço da produção da cera *C. prunifera*.

Outros impactos estudados foram sobre a perda da biodiversidade endêmica do domínio fitogeográfico da Caatinga. Segundo Sousa *et al.* (2017), há uma redução da riqueza de espécies nativas quando a *C. madagascariensis*, se estabelece principalmente em maciços populacionais (Sousa; Andrade; Xavier, 2016). Foi demonstrado por Brito *et al.* (2021), que a planta se fixa em leitos de rios e locais com temperaturas mais agradáveis (25-30°C), com maior disponibilidade de água, tanto para a germinação de suas sementes quanto para o crescimento inicial das plântulas e seu estabelecimento. Diante disso, é necessário preencher essa lacuna sobre o banco de sementes de *C. madagascariensis*, para promover um maior controle sobre

essa espécie para conservar a Caatinga, remediar os danos causados pela *C. madagascariensis* e prevenir possíveis estratégias de invasão.

2 OBJETIVOS

Avaliar a variabilidade e resistência interpopulacional em características de sementes de *Cryptostegia madagascariensis*.

2.1 Objetivos específicos

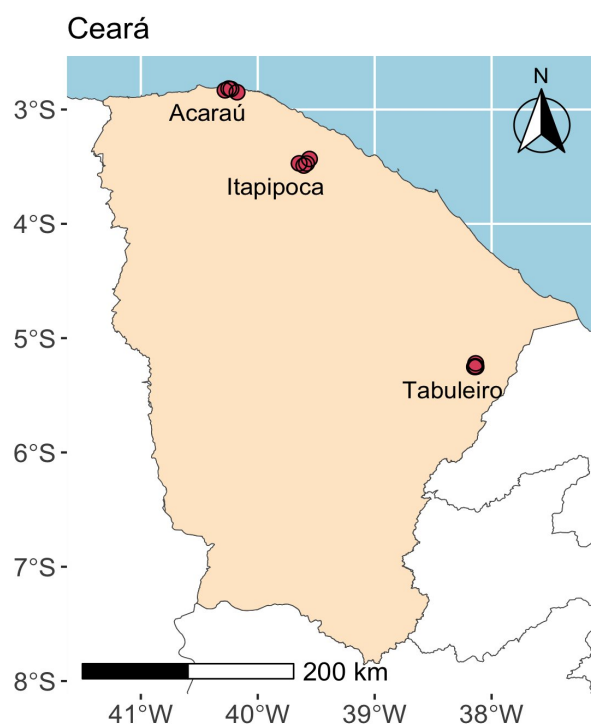
- Avaliar se existe variação interpopulacional em características de frutos e sementes desta invasora.
- Comparar taxa de germinação, velocidade da germinação e tempo médio de germinação entre populações.
- Estudar se existe diferença interpopulacional na resistência de sementes durante o envelhecimento artificial.
- Relacionar como a variabilidade encontrada pode influenciar estratégias de manejo desta espécie invasora.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta do material vegetal e caracterização das áreas de coleta

Para a realização desse estudo, foi feito o cadastro no SisGen N°A48B1E3, as coletas foram realizadas em três municípios do estado do Ceará (Figura 1), Acaraú (precipitação média= 1067,3), Itapipoca (precipitação média= 1038,6) e Tabuleiro do Norte (precipitação média= 692,2). Em cada município as coletas foram realizadas em pelo menos três localidades, para se ter uma amostra de frutos representativa de cada ambiente de ocorrência de *Cryptostegia madagascariensis*. No município de Acaraú foram realizadas coletas em áreas próximas a dunas e região de mangue. Em Itapipoca as coletas foram realizadas em áreas de Caatinga do cristalino arbustiva, localizadas próximas à ocorrência de uma rodovia. Em Tabuleiro do Norte, as coletas foram realizadas próximas à Caatinga do cristalino arbustiva, zona urbana e rural. Para a identificação das coordenadas e da distância entre essas áreas foi utilizado o GPS do Google Maps. A escolha dos municípios se deu pela facilidade de obtenção do material e também por apresentar significativas áreas invadidas por *C. madagascariensis*.

Figura 2- Localização geográfica dos municípios de coleta de frutos e sementes de *Cryptostegia madagascariensis*. Municípios de Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a caracterização climática das áreas de estudo, foram obtidas dezenove variáveis bioclimáticas mais a altitude do banco de dados WorldClim 2 com resolução de 0,5 minutos de arco ($\sim 1 \text{ km}^2$) com objetivo de realizar a caracterização abiótica dos locais de coleta de sementes. As variáveis bioclimáticas representam tendências anuais (por exemplo, temperatura média anual, precipitação anual) e sazonalidade (por exemplo, amplitude anual de temperatura e precipitação). Os dados climáticos foram utilizados para a caracterização e identificação de um gradiente climático da coleta de sementes.

3.2 Avaliação morfométrica de frutos e sementes

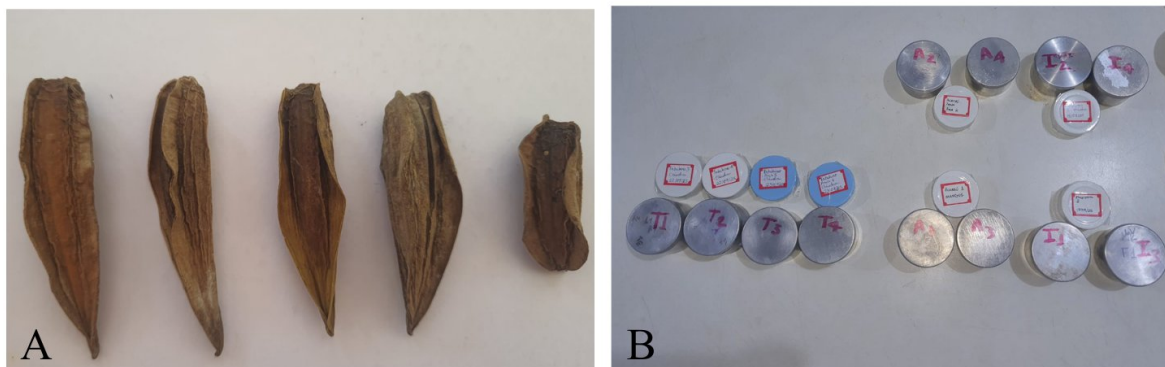
Os frutos de CM coletados nas diferentes localidades (Figura 3A) foram medidos peso (g) balança de precisão de 0,001g, comprimento (cm), com uma régua e largura (mm) com paquímetro. Além disso, cinco frutos de cada população foram selecionados aleatoriamente para determinar o número de sementes por fruto. Após a limpeza das sementes, para retirada das estruturas de dispersão, foram selecionadas 50 sementes de cada população e realizadas medidas de comprimento, largura, espessura, e peso de cada uma semente. As medidas de peso foram realizadas utilizando uma balança de precisão de 0,0001g e as medidas de comprimento, largura e espessura, com um paquímetro de precisão de 0,01 mm. Foi feito a média de cada medidas

O Teor de Água nas sementes foi determinado (Figura 3B). Para isto foram usadas quatro repetições de 25 sementes aleatórias coletadas de cada município. Primeiro foram feitas as pesagens das cápsulas de alumínio, depois foram pesadas a sementes frescas com a capsula. Segundo foi feito o processo de secagem das sementes foi realizado em estufa a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, com uma variação de $3 \text{ }^\circ\text{C}$, por 24 horas sem interrupção dentro da cápsula e foram pesadas logo em seguida. Depois as informações de cada repetição foram substituídas nessa fórmula a seguir:

$$\% \text{ de água absorvida} = 100 * P-p/P-t$$

Onde: peso de cada cápsula de alumínio (t), peso das sementes mais o peso da cápsula (P), e o peso das sementes mais a cápsula seca (p).

Figura 3 - Imagens (A) de frutos secos e teor de água nas sementes de *Cryptostegia madagascariensis*. frutos secos. (B) cápsulas de alumínio com sementes por área de coleta.

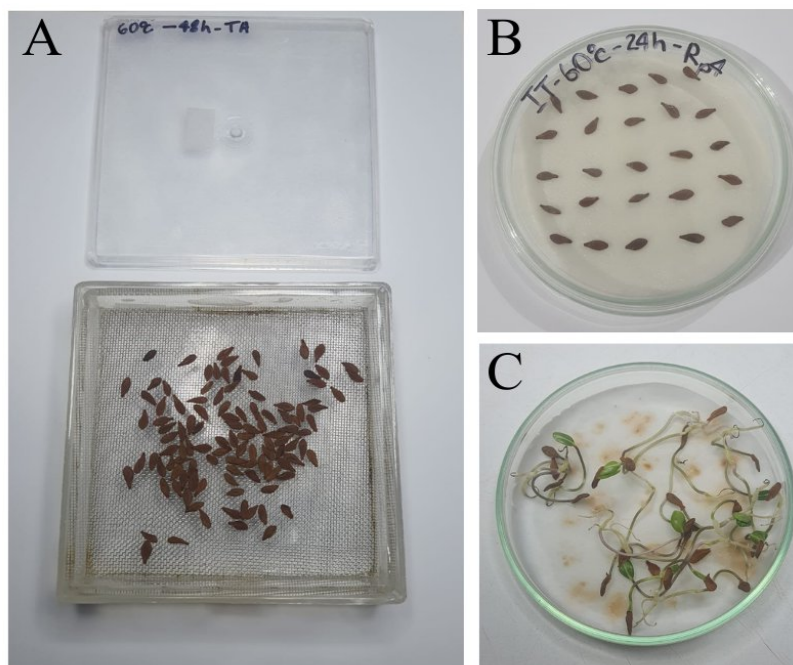


Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 Avaliação da longevidade e da germinação de sementes

A resistência das sementes a alta umidade e temperatura foi testada em laboratório para cada um dos locais de coleta. Para isso, inicialmente caixas gerbox foram esterilizadas com álcool etílico 70% e preenchidos com 40 ml de água destilada (Figura 4A). O envelhecimento foi testado nas seguintes temperaturas: 45, 50, 55, e 60 °C usando uma incubadora do tipo B.O.D e tempos de 24 e 48 horas.

Figura 4 - Experimento de envelhecimento de *Cryptostegia madagascariensis*. (A) Caixa gerbox utilizada para envelhecer contendo 100 sementes; (B) sementes envelhecidas distribuídas para germinar em placas de Petri. (C) plântulas após 10 dias de germinação.



Fonte: Elaborado pela autora.

Assim, foram utilizados 4 intervalos de temperaturas (45, 50, 55 e 60 °C) e dois tempos experimentais (24 e 48 horas). No total foram 10 tratamentos representativos de cada localidade de coleta. Após o tratamento de envelhecimento, a capacidade germinação de sementes foi avaliada por meio do uso de placas de Petri com o papel germitest na temperatura de 25 °C, embebidas com água destilada nas 4 repetições de 25 sementes das três cidades para cada tratamento. Com o fotoperíodo de 16 horas de luz e 8 horas no escuro (Figura 4B). A germinação foi acompanhada por 10 dias (Figura 4C) para relatar a quantidade de semente germinadas pelo número amostral de cada repetição em porcentagem, tempo médio de germinação(dias), índice de velocidade de germinação (adimensional), calculados pelas seguintes fórmulas:

$$\text{Germinação em porcentagem (G)} = (N/25) * 100$$

N = Número de sementes geminada

Labouriau (1983):

$$\text{Tempo Médio de Germinação (TMG)} = (\sum ni \cdot ti) / \sum ni$$

ni = número de sementes que germinaram no dia

ti = tempo de incubação em dias

Maguirre (1962):

$$\text{Índice de Velocidade de Germinação (IVG)} = \sum (ni / ti)$$

ni = número de sementes que germinaram no tempo “i”

ti = tempo após a instalação do teste em dias.

3.4 Análise estatística

Para a caracterização ambiental dos locais de estudo, foram utilizados dados de 19 variáveis bioclimáticas e elevação obtidos da plataforma WorldClim (versão 2.1). Devido à natureza frequentemente redundante dessas variáveis, aplicou-se um procedimento de seleção de variáveis para reduzir a multicolinearidade. A seleção foi realizada através do cálculo do Fator de Inflação da Variância (VIF - Variance Inflation Factor), utilizando o pacote usdm no software R. Foi adotado um critério rigoroso de exclusão iterativa, onde variáveis com $VIF > 10$ foram removidas.

Este método garante que apenas variáveis com contribuição de informação independente sejam mantidas, assegurando a robustez estatística na comparação entre os perfis climáticos dos locais amostrados. A análise de multicolinearidade resultou na seleção de dez variáveis (Quadro 1) ambientais independentes (BIO2, BIO3, BIO8, BIO9, BIO13, BIO14, BIO15, BIO18, BIO19 e elevação), as quais foram utilizadas para a caracterização dos locais. Foi realizada também uma PERMANOVA para analisar a diferença entre cada local.

Tabela 1- Variáveis bioclimáticas utilizadas para caracterizar os locais de coleta de sementes de *Cryptostegia madagascariensis*.

Variável	Nome
BIO2	Amplitude térmica média diária
BIO3	Isotermalidade (amplitude térmica diária (BIO2) e a amplitude térmica anual (BIO7), %)

BI08	Temperatura média do trimestre mais úmido
BI09	Temperatura média do trimestre mais seco
BI13	Precipitação do mês mais úmido
BI14	Precipitação do mês mais seco
BI15	Sazonalidade da precipitação
BI18	Precipitação do trimestre mais quente
BI19	Precipitação do trimestre mais frio
Elevação	Altitude

Fonte: elaborado pela autora.

Para a análise estatística foi usado o programa R studio na versão 4.4.0. Para as análises biométricas de frutos e sementes foi realizado uma Análise de Variância (ANOVA), que compara as médias entre as diferentes populações, respeitando os seguintes pressupostos: a normalidade de dados, a homogeneidade das variâncias e independências das amostras/observações. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$).

O teste Tukey foi usado como análise pós-hoc, que permite a comparação múltipla de médias e a identificação de qual das três populações seria diferente, caso o ANOVA indicou diferença estatística.

Para a análise do teor de água das sementes foram feitas médias aritméticas das 4 repetições de cada local e foi realizado um teste-t com o nível de significância foi de 5%, caso demonstrasse que havia uma diferença, o teste Tukey seria utilizado como pós-hoc.

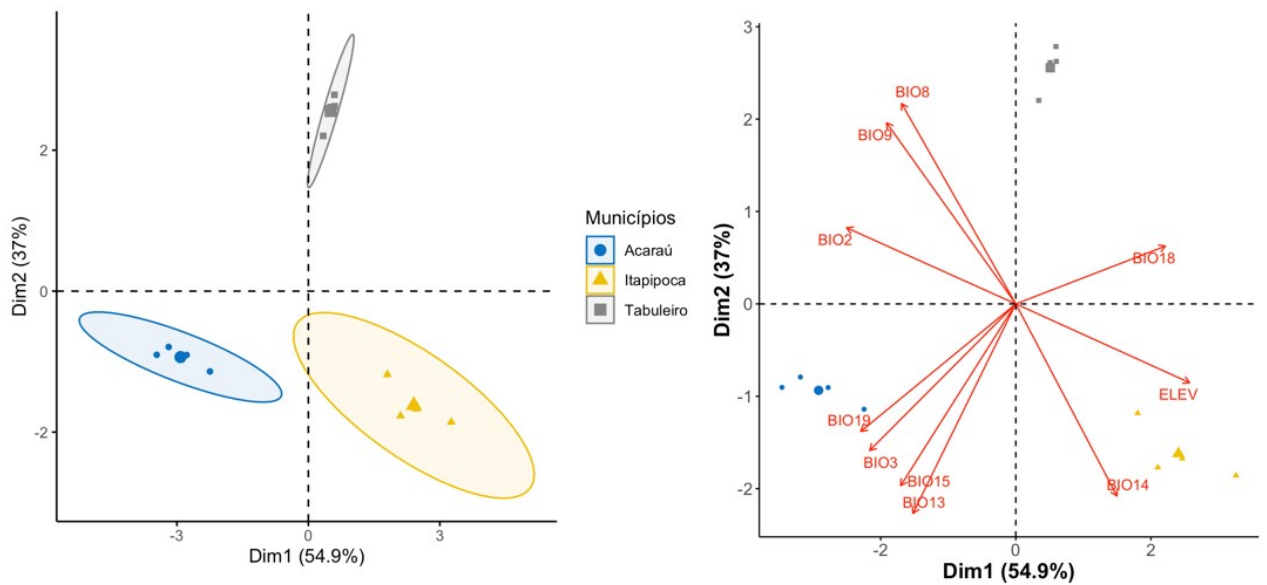
As análises da germinação, IVG e TMG foram processadas a partir de um GLM (Generalized Linear Models) que analisou três fatores: local, temperatura e tempo. A distribuição desse modelo é binomial, o nível de significância adotado no GLM foi de 5% ($p < 0,05$). Além disso, o teste utilizado como análise pós-hoc foi o teste Tukey para mostrar as interações por meio de gráficos de barra com erros, facetados e boxplots da germinação ao longo do tempo para cada temperatura.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização climática da área de estudo

A análise de ordenação (PCA) revelou uma separação nítida entre os três locais de estudo, com a formação de elipses de confiança distintas e sem sobreposição, indicando assinaturas bioclimáticas particulares para cada área. Essa diferenciação foi confirmada estatisticamente pela PERMANOVA ($F = 38,44$; $R^2 = 0,89$; $p = 0,001$), evidenciando que a localização geográfica exerce um efeito determinante e significativo sobre o perfil ambiental, explicando aproximadamente 89,5% da variação total dos dados bióticos e abióticos considerados. Sendo que Tabuleiro é diferenciado principalmente pelas variáveis climáticas (Figura 5).

Figura 5 - Diferenciação ambiental entre as áreas de coleta do material estudado para diferentes populações de *Cryptostegia madagascariensis*.

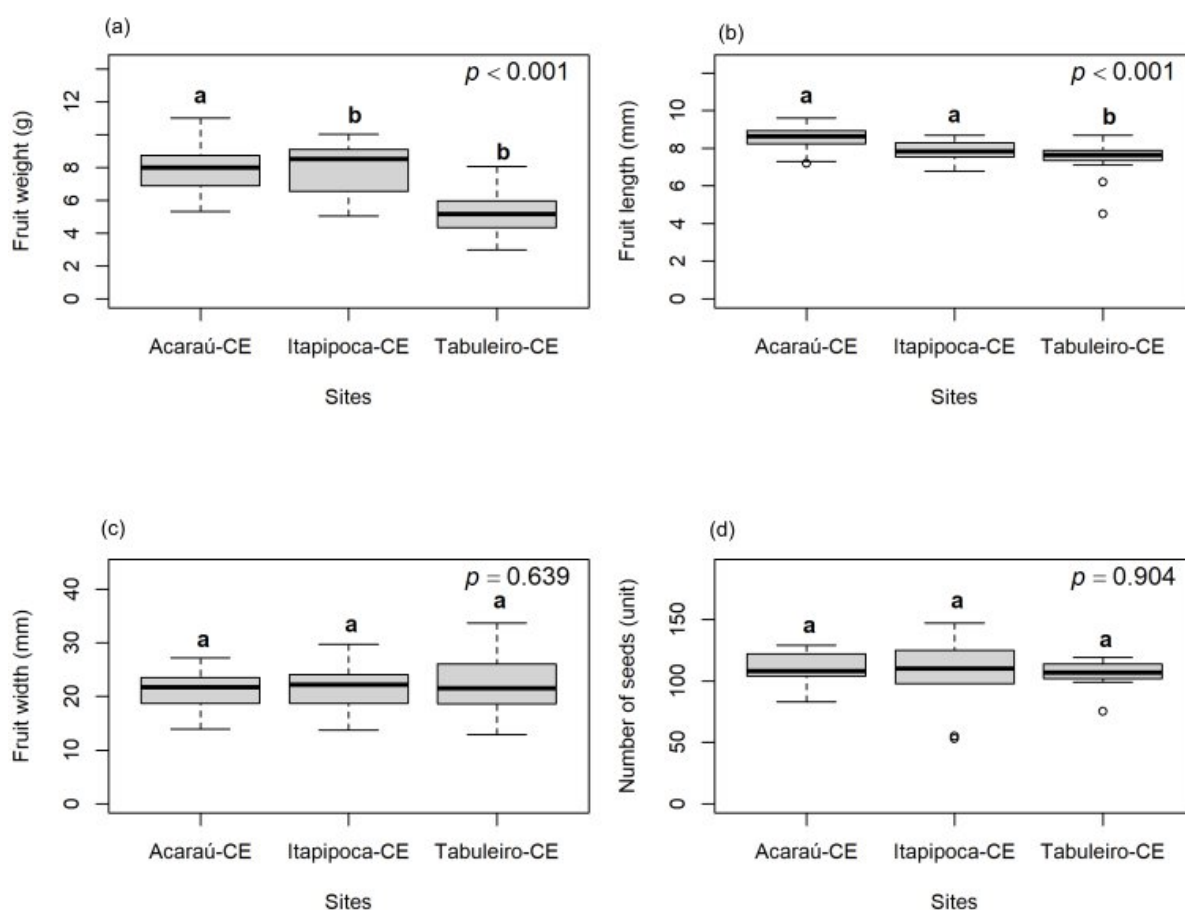


Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Medidas biométricas de frutos e sementes

Os resultados da biometria de frutos, obtidos através da comparação entre as amostras coletadas nos três municípios. Indicam que entre as três populações, as variáveis do comprimento do fruto e número de sementes produzidas não tem diferença estatística (Figura 6c e d). Porém, a população de Tabuleiro do Norte foi significativamente diferente entre as populações de Acaraú e Itapipoca nos aspectos morfológicos de peso de frutos e no comprimento dos frutos, por serem menores estatisticamente (Figura 6a e b).

Figura 6- Resultados das análises do (a) peso, (b) comprimento, (c) largura, (d) número de sementes de frutos de *Cryptostegia madagascariensis*.

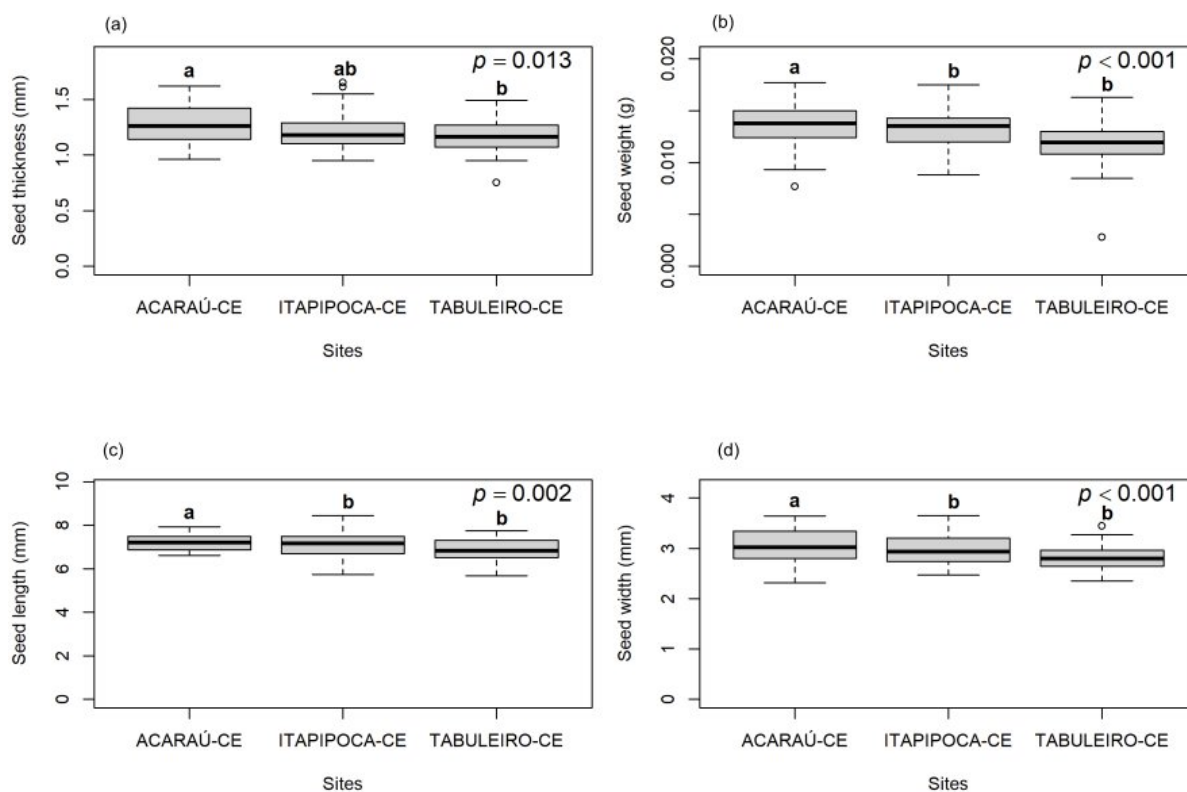


Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados das análises morfológicas das sementes das diferentes populações mostram que para todas as variáveis analisadas, comprimento, largura, espessura e peso, houve valores significativamente menores para as populações de Tabuleiro do Norte e Itapipoca

(Figura 7a, b, c e d). Por outro lado, as sementes com origem nos municípios de Itapipoca e de Acaraú não apresentaram diferenças entre si.

Figura 7- Resultados das análises de (a) espessura, (b) peso, (c) comprimento e (d) largura de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* coletadas em três municípios do Ceará, Brasil.



Fonte: Elaborada pela autora.

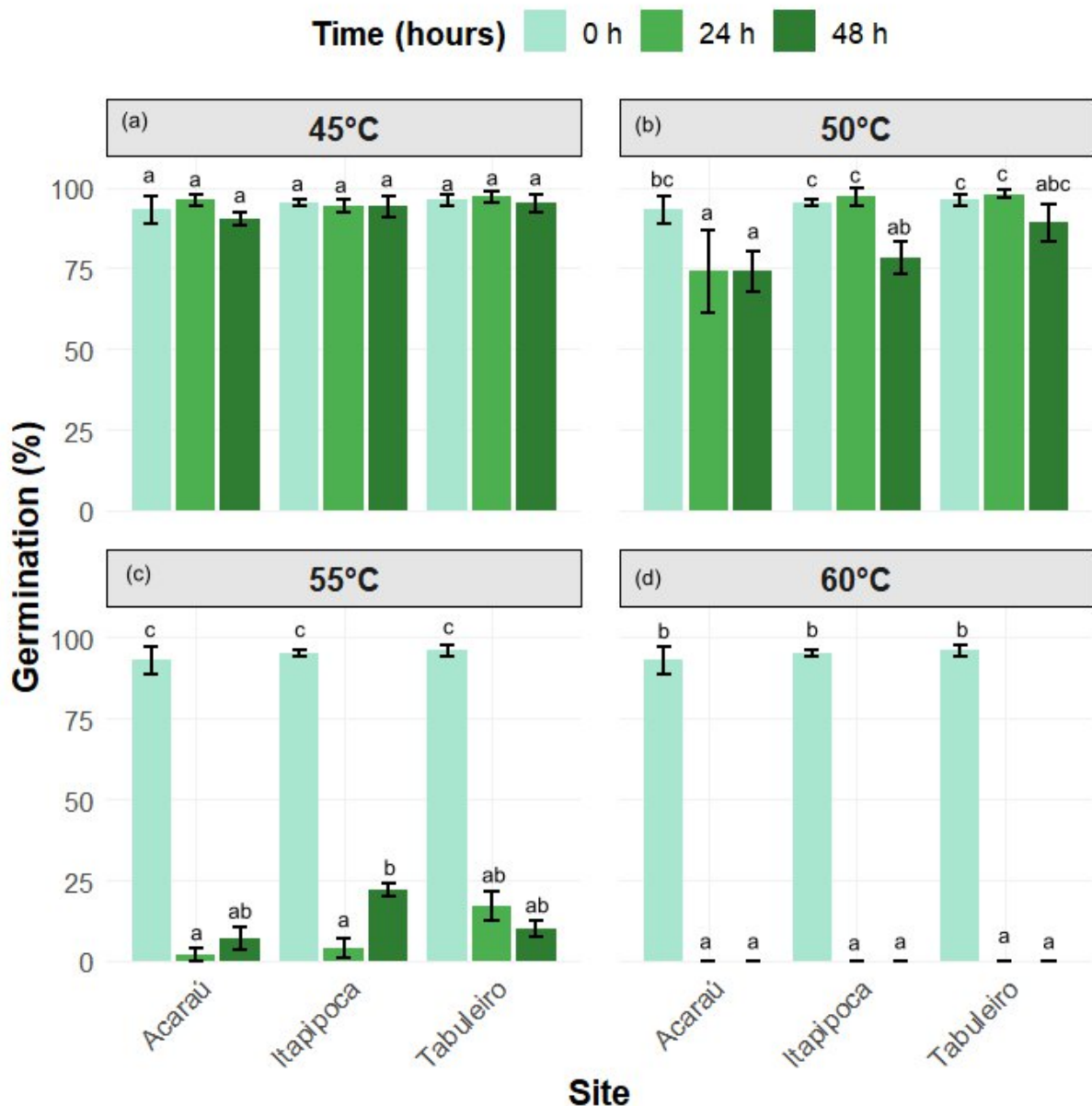
O teor de água nas sementes não resultou em diferenças estatísticas significativas, sendo as médias do teor de água nas localidades de Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro foram de 3,9%; 3,5%; e 2,8% respectivamente.

4.3 Análise de envelhecimento artificial

As sementes de *C. madagascariensis* que passaram pelo tratamento de envelhecimento acelerado mostraram na variável Germinação (G): a temperatura de 45 °C nos diferentes tempos de envelhecimento não houve diferença significativa entre os três locais de coleta (Figura 7a). Contudo, foi observado que na temperatura de 50 °C houve uma redução estatisticamente da porcentagem de germinação das sementes coletadas em Acaraú, no tempo de envelhecimento de 24 h. Em Itapipoca e Tabuleiro do Norte esta redução só é observada com um maior tempo

de envelhecimento (Figura 8b). Por outro lado, na temperatura de 55 °C (Figura 8c) a germinação das sementes cai reduz para menos de 25% em todos os tempos de envelhecimento e locais de coleta. Na temperatura de 60°C não foi observada germinação das sementes (Figura 8d).

Figura 8 - Resultado da germinação (G) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.

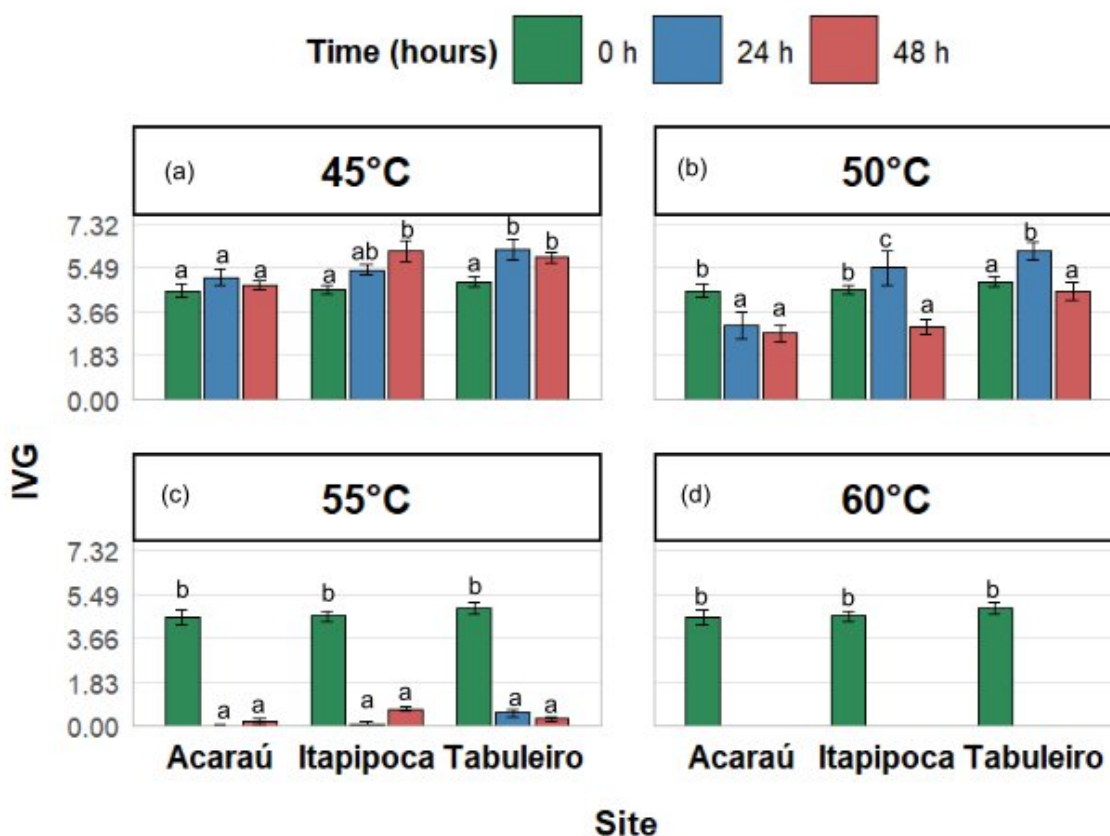


Fonte: Elaborado pela autora.

O IVG para a temperatura de envelhecimento de 45°C por 48 horas foi maior, nas sementes coletadas em Itapipoca e Tabuleiro do Norte (Figura 9a). Contudo, o aumento da

temperatura de envelhecimento a 50°C houve uma redução estatística do IVG. Em Acaraú esta redução foi menor a partir de 24 horas de envelhecimento (Figura 9b). Todavia, a temperatura de 50°C foi a que mais diferiu entre 24 e 48 horas nas amostras procedentes dos municípios de Itapipoca e Tabuleiro. A 55 e 60°C as sementes de *C. madagascariensis* tem seu IVG significativamente reduzido (Figura 9 c e d).

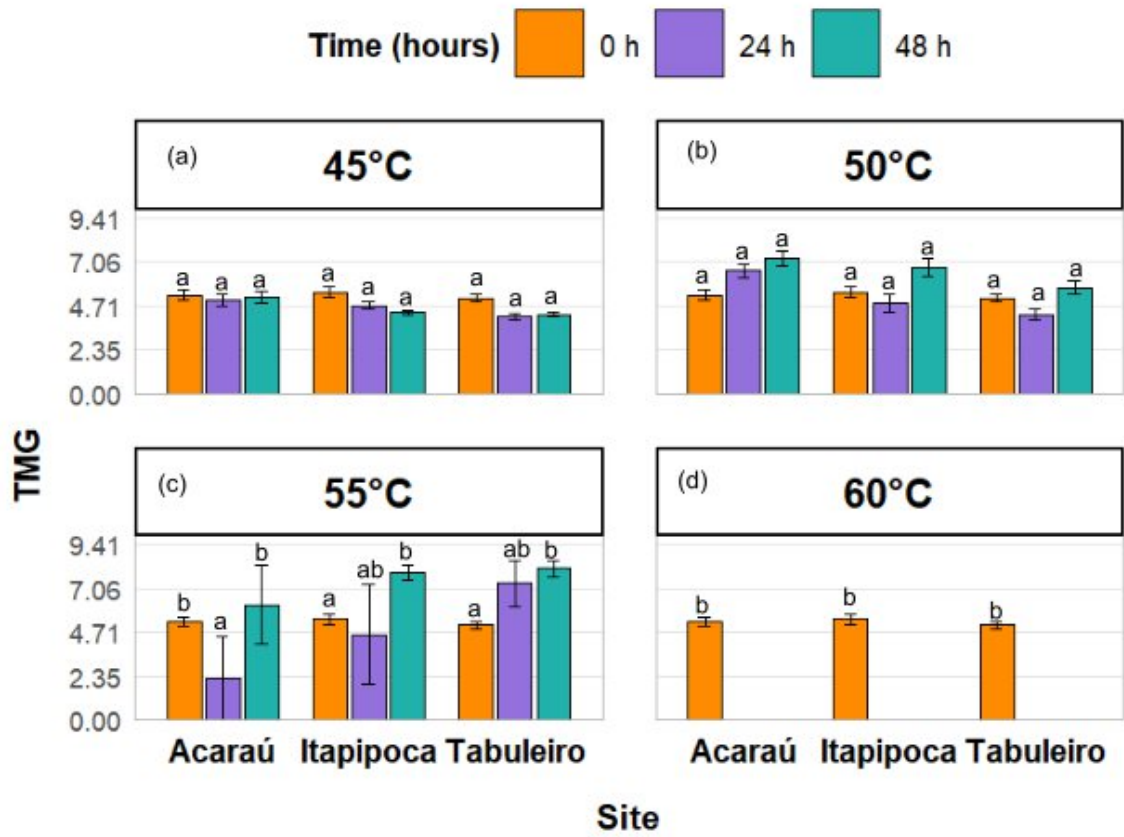
Figura 9 - Resultados do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para o TMG foi observado que sob condições de 45 e 50°C, tanto a 24 quanto 48 de envelhecimento, estas sementes conseguem manter o vigor para essa variável não apresentando diferenças para o TMG independentemente do local de coleta (Figura 10 a e b). Quando as sementes foram submetidas a temperatura de 55°C houve um aumento do TMG, sendo observado a partir de 24 horas nos municípios de Itapipoca e Tabuleiro do Norte (Figura 10c).

Figura 10 - Resultado do Tempo Médio de Germinação (TMG) do envelhecimento acelerado nos tempos de 0, 24 e 48 horas, nas temperaturas (a) 45 °C, (b) 50 °C, (c) 55 °C, (d) 60 °C nos municípios Acaraú, Itapipoca e Tabuleiro do Norte.



Fonte: Elaborado pela autora.

5 DISCUSSÃO

Neste trabalho obtiveram-se resultados relacionados à morfologia de frutos produzidos em diferentes locais que apresentam características como tamanho e peso do fruto intraespecíficas distintas, que podem decorrer da variação climática das regiões de coleta (Figura 5). Como já foi verificado por Li *et al.* (2024), essa mudança de tamanho do fruto pode ser um tipo de estratégia de colonização de áreas. Outros aspectos que podem influenciar essas características seria a densidade humana, ou fatores ambientais que podem afetar a produtividade das espécies (Fenollosa; Jené; Munné-Bosch, 2021).

Por outro lado, as sementes de Tabuleiro do Norte diferem em algumas das características morfológicas, isso sugere que em locais mais secos, a espécie consegue manter apenas o necessário para a taxa de germinação mínima das sementes nessas áreas, no caso não afetando o número de indivíduos. Além disso, esses valores demonstram que há populações que podem recrutar manter o número por ser um tipo de estratégia de invasão do ecossistema, principalmente quando há mais recursos e menos limitações para se desenvolver (Zhang *et al.*, 2020).

Na população de Acaraú, é refletida uma relação importante de que a população é mais sensível do que as outras nos fatores de temperatura e tempo de envelhecimento, ou seja as sementes estão acostumadas a uma quantidade de água maior e uma temperatura mais amena, sem passar por longos períodos de estresse (Molina-Montenegro *et al.*, 2018). Tudo isso é demonstrado a partir do TMG, que indica um menor vigor nesta população quando comparadas às outras, principalmente quando observa-se na população de Tabuleiro do Norte que tem uma diferença climática muito mais expressiva.

De acordo com os resultados encontrados neste trabalho, a germinação (G) demonstra que há possibilidade de não haver uma quebra de dormência nas sementes de Itapipoca, já que no tempo de 48 horas germinou mais que 24 horas e essa “quebra de dormência” pode retratar uma variabilidade entre as populações invasoras (Xu *et al.*, 2019). Outro ponto que é importante levantar, é que na germinação da população de Tabuleiro do Norte foi encontrado médias semelhantes ao grupo controle de germinação (G) na temperatura de 50°C nos dois períodos, ou seja isso demonstra que em ambientes mais quentes as sementes podem ter alguma resistência maior a altas temperaturas (Fletcher; Varnon; Barney, 2020).

No entanto, foi possível perceber que mesmo a dormência sendo quebrada nas 48 horas não significa que as sementes foram estatisticamente mais vigorosas do que as de 24 horas. O IVG indica que as populações de Itapipoca e Tabuleiro do Norte são mais vigorosas

principalmente quando passam menos tempo no envelhecimento, o que é coerente pois não foram danificadas (Molina-Montenegro *et al.*, 2018).

Outrossim, é importante lembrar que segundo autores como Gomola *et al.* (2018) sugerem que há outros fatores que possam estar relacionados às essas variações como o tipo do solo, que pode afetar a disponibilidade de nutrientes para o organismo da planta. Outra possibilidade, é a quantidade de água disponível (rios, poças, lagoas e quadra chuvosas) que pode ou não suprimir fatores fisiológicos como dormência, falha hidráulica entre outros (Westerband; Knight; Barton, 2020).

Outro caso, é quando sementes podem apresentar pequenas diferenças genéticas que varie os fenótipos e torne-a mais resistente ou resiliente a determinados locais (Gioria *et al.*, 2023). Do mesmo modo, um fator importante é a diminuição da riqueza de espécies nativas como uma estratégia para expandir seu estabelecimento, que pode ser feito evitando áreas de vegetação nativa ou por meio de alelopatia (Lucena *et al.*, 2018).

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados expostos, pode-se justificar a existência de variabilidade nos frutos e nas sementes das diferentes populações de *Cryptostegia madagascariensis*, sendo que pode se relacionar a vários fatores principalmente sobre as questões fisiológicas e abióticas.

As sementes de *C. madagascariensis* se mostraram resistentes ao envelhecimento acelerado, sendo que efeitos significativos nas variáveis analisadas foram observados principalmente a partir de 50°C em sementes provenientes do município de Acaraú. Indicando que as populações apresentam significativas diferenças na resistência a fatores abióticos.

A variabilidade observada, mostra que esta espécie invasora apresenta alta plasticidade e capacidade de se adaptar a diferentes ambientes. Além disso, a resistência das sementes a elevadas temperaturas e umidade mostra o potencial invasor e a dificuldade de controlar esta planta. Desse modo, estudos futuros podem abordar esse e diversos outros fatores, para o melhor entendimento dessa espécie e as estratégias das quais plantas invasoras podem usar para ampliar seu nicho ecológico.

7 REFERÊNCIAS

- AUBRY, P. Intoxicações por plantas tóxicas nas zonas tropicais e intertropicais. **Médecine Tropicale**, v. 1, p. 1–10, 2012. Disponível em: <http://medecinotropicale.free.fr/cours/intoxplante.pdf>. Acesso em: 05 de janeiro de 2026.
- BARROSO, F. R. G. *et al.* Socioeconomic and environmental impacts in the carnaúba production chain by invasions of devil's claw (*Cryptostegia madagascariensis*). **M. K.**, 2024.
- BONILLA, O. H. *et al.* Distribuição e intensidade de invasão de *Cryptostegia* spp. em quatro estados no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 2, p. 986–1000, 2023.
- BRASIL, J. B. *et al.* Characteristics of precipitation and the process of interception in a seasonally dry tropical forest. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 19, p. 307–317, 2018.
- CARVALHO, L. R. de; SILVA, E. A. A. da; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 2, p. 15–25, 2006.
- CHARLES, H.; DUKES, J. S. Impacts of invasive species on ecosystem services. In: NENTWIG, W. (ed.). *Biological invasions*. Berlin: Springer, 2007. p. 217–237.
- COCHRANE, A.; YATES, C.J.; HOYLE, G.L.; NICOTRA, A.B. Will among-population variation in seed traits improve the chance of species persistence under climate change?. **Global Ecology and Biogeography**, 24, 12–24, 2015.
- COMPANY, T.; SORIANO, P.; ESTRELLES, E.; MAYORAL, O. Seed bank longevity and germination ecology of invasive and native grass species from Mediterranean wetlands. **Folia Geobotanica**, v. 54, n. 1, p. 151–161, 2019.
- ENDRESS, M. E.; BRUYNS, P. V. A revised classification of the Apocynaceae s.l. **The Botanical Review**, v. 66, n. 1, p. 1–56, 2000.
- FENOLLOSA, E.; JENÉ, L.; MUNNÉ-BOSCH, S. Geographic patterns of seed trait variation in an invasive species: how much can close populations differ? **Oecologia**, v. 196, n. 3, p. 747–761, 2021.
- FLETCHER, R. A.; VARNON, K. M.; BARNEY, J. N. Climate drives differences in the germination niche of a globally distributed invasive grass. **Journal of Plant Ecology**, v. 13, n. 2, p. 195–203, 2020.
- GIORIA, M. *et al.* Why are invasive plants successful? **Annual Review of Plant Biology**, v. 74, p. 635–670, 2023.
- GIORIA, M.; PYŠEK, P.; MORAVCOVÁ, L. Soil seed banks in plant invasions: promoting species invasiveness and long-term impact on plant community dynamics. **Preslia**, v. 84, p. 327–350, 2012.

- GOMOLA, C. E. *et al.* Within-species trade-offs in plant-stimulated soil enzyme activity and growth, flowering, and seed size. **Ecology and Evolution**, v. 8, n. 23, p. 11717–11724, 2018.
- KLACKENBERG, J. Revision of the genus *Cryptostegia* R. Br. (Apocynaceae, Periplocoideae). **Adansonia**, v. 23, n. 3, p. 205–218, 2001.
- LABOURIAU, L. G. A germinação das sementes. Washington: Secretaria Geral da OEA, 1983.
- LAVÔR, I. A. de *et al.* Análise da diversidade e caracterização das síndromes de dispersão de diásporos em um gradiente sucessional de caatinga hiperxerófila. **Biodiversidade Brasileira**, v. 13, n. 3, 2023.
- LI, Y. *et al.* Variation in seed morphological traits affects the dispersal strategies of *Chromolaena odorata* following invasion. **Plants**, v. 13, n. 13, p. 1747, 2024.
- LUCENA, E. O. de *et al.* Occurrence and distribution of *Gigaspora* under *Cryptostegia madagascariensis* in Brazilian tropical seasonal dry forest. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 3, p. 221–227, 2018.
- MAGUIRRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176–177, 1962.
- MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 27–30, 2009.
- MOLINA-MONTENEGRO, M. A. *et al.* Is the success of plant invasions the result of rapid adaptive evolution in seed traits? **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018.
- MORO, M. F. *et al.* Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, p. 991–999, 2012.
- MORO, M. F. *et al.* Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, p. 717–743, 2015.
- PINTO, A. S. *et al.* Invasive plants in the Brazilian Caatinga: a scientometric analysis with prospects for conservation. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 15, n. 4, p. 503–520, 2020.
- SÁ, A. A. de; SOUSA, C. R. de C. Biodiversidade e conservação da Caatinga: um desafio para a ciência. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 12, e7136, 2024.
- SAATKAMP, A. *et al.* A research agenda for seed-trait functional ecology. **New Phytologist**, v. 221, n. 4, p. 1764–1775, 2019.
- SANDER, N. L. *et al.* The influence of environmental features on the morphometric variation in *Mauritia flexuosa* fruits and seeds. **Plants**, v. 9, n. 10, p. 1304, 2020.
- SANTOS, C. E. M. D., MORGADO, M. A. D. O., MATIAS, R. G. P., WAGNER, A., & BRUCKNER, C. H. . Germination and emergence of passion fruit (*Passiflora edulis*) seeds obtained by self-and open-pollination. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 37(4), 489-493, 2015.

SILVA, J. L. S. e *et al.* Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. **PLOS ONE**, v. 14, n. 5, e0217028, 2019.

SMANIOTTO, T. A. D. S. *et al.* Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 446–453, 2014.

SOUSA, F. Q. de *et al.* Impactos da invasão por *Cryptostegia madagascariensis* em remanescentes de Caatinga. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, p. 1243–1255, 2017.

SOUSA, R. F. DE.; SILVA, R. A. R.; ROCHA, T. G. F.; SANTANA, J. A. DA S.; VIEIRA, F. DE A. ETNOECOLOGIA E ETNOBOTÂNICA DA PALMEIRA CARNAÚBA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **CERNE**, 21(4), 587–594, 2015.
<https://doi.org/10.1590/01047760201521041764>

VENZKE, T. S. *et al.* Síndromes de dispersão de sementes em estágios sucessionais de mata ciliar. **Revista Árvore**, v. 38, p. 403–413, 2014.

VIEIRA, I. R.; OLIVEIRA, J. S. de; LOIOLA, M. I. B. Effects of harvesting on leaf production and reproductive performance of *Copernicia prunifera*. **Revista Árvore**, v. 40, p. 117–123, 2016.

VIEIRA, M. F. *et al.* Biologia reprodutiva de *Cryptostegia madagascariensis*. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 325–334, 2004.

WESTERBAND, A. C.; KNIGHT, T. M.; BARTON, K. E. Intraspecific trait variation and reversals of trait strategies across key climate gradients. **Annals of Botany**, v. 127, n. 4, p. 553–564, 2020.

XU, X. *et al.* Differential germination strategies of native and introduced populations of the invasive species *Plantago virginica*. **NeoBiota**, v. 43, p. 101–118, 2019.

YEŞİLYURT, E. B.; ŞİMŞEK, I.; AKAYDIN, G.; YEŞİLADA, E. Um levantamento etnobotânico em distritos selecionados da região do Mar Negro (Turquia). **Turkish Journal of Botany** 41 (1): 47-62, 2017. <https://doi.org/10.3906/bot-1606-12>

YUYAMA, K.; MENDES, N. B.; VALENTE, J. P. Longevidade de sementes de camu-camu submetidas a diferentes ambientes e formas de conservação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 601–607, 2011

ZHANG, J.; SIEMANN, E.; TIAN, B.; HUANG, W.; DING, J. Differences in seed properties and germination between native and introduced populations of *Triadica sebifera*. **Journal of Plant Ecology**, v. 13, n. 1, p. 70–77, 2020. DOI: 10.1093/jpe/rtz048.

ZILLER, S. R.; ZALBA, S. M. . Proposals to prevent and control exotic invasive species. *Natureza & conservação revista brasileira de conservação da natureza*. 5. 78-85, 2007.
