



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

ANA LÍVIA DE CASTRO SEVERO DE OLIVEIRA

**A INFLUÊNCIA DA ABUNDÂNCIA POPULACIONAL DE ADULTOS E/OU
IMATUROS DE UMA TREPadeira INVASORA, BEM COMO DA SUA ESPÉCIE
SUPORTE, NA CHUVA DE SEMENTES**

FORTALEZA

2023

ANA LÍVIA DE CASTRO SEVERO DE OLIVEIRA

A INFLUÊNCIA DA ABUNDÂNCIA POPULACIONAL DE ADULTOS E/OU IMATUROS
DE UMA TREPadeira INVASORA, BEM COMO DA SUA ESPÉCIE SUPORTE, NA
CHUVA DE SEMENTES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais. Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa.

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- O45i Oliveira, Ana Livia de Castro Severo de.
A influência da abundância populacional de adultos e/ou imaturos de uma trepadeira invasora, bem como da sua espécie suporte, na chuva de sementes / Ana Livia de Castro Severo de Oliveira. – 2023.
43 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa.
1. Chuva de propágulos. 2. Dinâmica populacional. 3. Dispersão. 4. Invasão biológica. 5. *Cryptostegia madagascariensis*. I. Título.

CDD 577

ANA LÍVIA DE CASTRO SEVERO DE OLIVEIRA

INFLUÊNCIA DE FATORES LOCAIS E REGIONAIS SOBRE A CHUVA DE SEMENTES
DE UMA TREPadeira INVASORA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ecologia e Recursos Naturais Área de concentração: Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 27/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.^a Dra. Andréa Pereira Silveira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

A Deus.

A minha mãe, Inês Christina.

A minha irmã, Carla Christina.

A minha avó, Maria de Fátima.

Ao meu avô, Francisco Afonso.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de ingressar no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES, código de financiamento 001), pelo apoio financeiro com a manutenção da minha bolsa de auxílio.

Ao Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP), pelo apoio financeiro com os trabalhos de campo.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio dos alunos de iniciação científica que me ajudaram nos trabalhos de campo.

À Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e ao Sindicato das Indústrias Refinadoras de Cera de Carnaúba no estado do Ceará (SINDCARNAÚBA), pelo apoio gerencial e financiamento desta pesquisa através do projeto: “Embarking on classical biological weed control in Brazil? The rust fungus, *Maravalia cryptostegiae* versus *Cryptostegia madagascariensis*”.

Ao Memorial da Carnaúba em Jaguaruana, Afro Moura Negrão Júnior e Daysi de Miranda Rocha, ao sítio de Granja, Mário Davi, e ao sítio de Caucaia, Mauro, por nos conceder acesso ao local de estudo e apoio às atividades de campo.

À Associação Caatinga, pelo apoio gerencial e logístico.

Ao meu professor orientador Rafael Carvalho da Costa, pelo conhecimento repassado, pela paciência, pela compreensão e por estar ao meu lado dando apoio, sempre preparado para começar o projeto do “zero” mais uma vez.

Aos componentes da banca, Andréa Pereira Silveira e Jefferson Thiago Souza, que prontamente aceitaram o nosso convite.

Aos amigos que conquistei durante o mestrado, Mirela Ribeiro Marinho Gomes, Thyago Roberto Batista Lima e Juliane da Silva Portela, que me ajudaram bastante durante os trabalhos de campo, coleta de dados, triagem da serapilheira e/ou disciplinas.

A minha mãe, Inês Christina de Castro Severo de Oliveira, pelo empenho de ser pai e mãe durante a minha criação.

A minha irmã, Carla Christina de Castro Severo de Oliveira, por escutar meus problemas.

A minha avó, Maria de Fátima Almeida de Castro, e ao meu avô, Francisco Afonso Rodrigues de Castro, por todo amor e dedicação investidos na minha educação.

Ao meu namorado e “common law partner”, Rafael Almeida Albuquerque, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo mesmo estando em outro hemisfério.

“Individuals vary, but percentages remain constant.” (DOYLE, 2023, p. 180-181).

RESUMO

O estudo dos fatores que influenciam a chegada de sementes em uma determinada localidade, a chuva de sementes, auxilia a compreensão do potencial de regeneração e expansão espacial de populações vegetais. Portanto, ele é fundamental para compreender e controlar a propagação de espécies invasoras, uma ameaça à biodiversidade global, às economias e à saúde humana. Dessa forma, tivemos como objetivo investigar quais fatores influenciam a chuva de sementes da trepadeira invasora *Cryptostegia madagascariensis* Bojer. Para tal, nós coletamos a chuva de sementes de três sítios de monitoramentos permanentes nos anos de 2019 e 2020. Este material coletado foi triado e as sementes de *Cryptostegia madagascariensis* contabilizadas no Laboratório de Experimentação Vegetal da Universidade Federal do Ceará (UFC). Além disso, coletamos os dados da abundância e da estrutura populacional das espécies *C. madagascariensis* e *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore, palmeira frequentemente utilizada pela invasora como suporte. As análises dos dados foram realizadas no ambiente computacional R por meio de modelos lineares generalizados mistos (GLMM), a fim de relacionar a chuva de sementes às variáveis preditoras propostas, incluindo o ano de coleta como variável aleatória. Em relação às variáveis, elas foram divididas em duas escalas: (i) regional, diferenças climáticas entre os três sítios de monitoramento; e (ii) locais, abundância de indivíduos das espécies *C. madagascariensis* e *Copernicia prunifera*. No total, contabilizamos 938 sementes da espécie *C. madagascariensis*, sendo o sítio de Caucaia o mais abundante. Esta chuva de sementes sofre a influência do sítio de monitoramento, da abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* e os efeitos aditivos entre estes dois fatores. A abundância de indivíduos de *C. madagascariensis* influenciou negativamente a chuva de sementes. Este efeito variou de acordo com os sítios de monitoramento. A chuva de sementes não foi influenciada pela abundância populacional de *C. prunifera* ou qualquer relação aditiva com esta variável. Em resumo, encontramos que a chuva de sementes é regulada pela própria densidade populacional e que o ambiente em que a população invasora se estabelece é um importante fator para determinar sua chuva de sementes e sua densidade potencial.

Palavras-chave: chuva de propágulos; dinâmica populacional; dispersão; invasão biológica; *Cryptostegia madagascariensis*.

ABSTRACT

The study of the factors that influence the arrival of seeds in a locality, the seed rain, helps to understand the potential for regeneration and spatial expansion of plant populations. The seed rain is therefore critical to understanding and controlling the spread of invasive species, a threat to global biodiversity, economies and human health. Hence, we aimed to investigate which factors influence the seed rain of the invasive vine *Cryptostegia madagascariensis* Bojer. To this end, we collected the seed rain from three permanent monitoring sites in the years 2019 and 2020. This collected material was analyzed and the *Cryptostegia madagascariensis* seeds counted at the Vegetal Experimentation Laboratory of the Federal University of Ceará (UFC). In addition, we collected data on the abundance and population structure of the species *C. madagascariensis* and *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore, a native palm frequently used by the invasive as a support. Data analyzes were carried out in the R computational environment using mixed generalized linear models (GLMM), in order to relate seed rain to the proposed predictive variables, including the year of collection as a random variable. Regarding the variables, they were divided into two scales: (i) regional, climatic differences between the three monitoring sites; and (ii) locations, abundance of individuals of the species *C. madagascariensis* and *Copernicia prunifera*. In total, we counted 938 seeds of the species *C. madagascariensis*. Caucaia being the most abundant site. The seed rain is influenced by the monitoring site, the abundance of adult individuals of the species *C. madagascariensis* and the additive effects between these two factors. The abundance of *C. madagascariensis* individuals negatively influenced seed rain. This effect varied according to the monitoring sites. The seed rain was not influenced by population abundance of *C. prunifera* or any additive relationship with this variable. To summarize, we found that seed rain is regulated by population density itself and that the environment in which the invasive population establishes itself is an important factor in determining its seed rain and potential density.

Keywords: propagule rain; population dynamics; dispersal; biological invasion; *Cryptostegia madagascariensis*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Unha-do-diabo projetando-se em direção à copa da carnaúba	18
Figura 2 -	Mapa com a localização e distribuição das parcelas nos três sítios de monitoramento permanentes	20
Figura 3 -	Coletor de sementes em uma parcela de monitoramento	21
Figura 4 -	Abundância prevista pelo modelo final para a chuva de sementes de <i>C. madagascariensis</i> de acordo com o sítio de monitoramento	27
Figura 5 -	Efeito previsto pelo modelo final para abundâncias de referência dos indivíduos adultos e imaturos da espécie <i>C. madagascariensis</i> , sobre a chuva de sementes, de acordo com o sítio de monitoramento	27
Figura 6 -	Efeito da abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie <i>C. madagascariensis</i> sobre a chuva de sementes	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Caracterização geográfica dos municípios cearenses de Caucaia, Granja e Jaguaruana	19
Tabela 2 -	Variáveis utilizadas no modelo da chuva de sementes de <i>C. madagascariensis</i>	23
Tabela 3 -	Abundância, média, densidade e desvio padrão da chuva de sementes, dos indivíduos adultos e imaturos de <i>C. prunifera</i> e dos indivíduos adultos de <i>C. madagascariensis</i> , por sítio de monitoramento e ano	24
Tabela 4 -	Efeitos das variáveis sobre a chuva de sementes da espécie <i>C. madagascariensis</i> , estimados através de GLMM com distribuição estatística binomial negativa	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1	<i>Cryptostegia madagascariensis</i> Bojer, uma liana exótica e invasora no Brasil	17
2.2	Áreas de estudo	19
2.3	Procedimentos de campo	20
2.4	Análise de dados	22
3	RESULTADOS	24
4	DISCUSSÃO	29
	REFERÊNCIAS	31
	APÊNDICE A - PRANCHA BOTÂNICA COM A MORFOLOGIA DA ESPÉCIE <i>CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS</i> BOJER	40
	ANEXO A - MATERIAL SUPLEMENTAR	41

1 INTRODUÇÃO

A dispersão de sementes fornece muitas vantagens para as plantas, além de ser um dos caminhos-chave nos quais elas interagem com os outros organismos e com o ambiente físico que as rodeiam. As plantas, por meio da dispersão, podem fugir de predadores especializados e patógenos presentes na planta-mãe (LEIRFALLOM *et al.*, 2015); escapar de um ambiente instável (LARRUE *et al.*, 2021); prevenir ou reduzir a competição entre as gerações (GRATZER *et al.*, 2022; LARRUE *et al.*, 2021) e encontrar locais seguros, caracterizados como clareiras na vegetação ou grandes áreas de perturbação onde as sementes podem germinar com sucesso e se estabelecer (LANTA *et al.*, 2022; LARRUE *et al.*, 2021; NEŠIĆ *et al.*, 2022; THIERRY; ROSE; ROGERS, 2022).

A chuva de sementes, por sua vez, é uma consequência desse processo de dispersão. Ela pode ser definida como a chegada das sementes a uma determinada área devido à dispersão ativa por agentes dispersores ou dispersão passiva por meio da gravidade, vento ou água (HUANCA NUÑEZ; CHAZDON; RUSSO, 2021). O estudo da chuva de sementes é relevante porque nos permite inferir e explicar diversas características ecológicas das espécies vegetais, como o padrão espacial e sazonal (CARVALHO *et al.*, 2020; GRATZER *et al.*, 2022; JARA-GUERRERO *et al.*, 2020); o tamanho populacional (LARRUE *et al.*, 2021); a estrutura demográfica e genética (BALDAUF *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2019; GRATZER *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2022); a competição intra- e interespecífica (WANG *et al.*, 2022) e a distribuição ecológica das espécies (MORAIS *et al.*, 2022; PERINI; DIAS; KUNZ, 2019; TREPANIER; PINNO; ERRINGTON, 2021).

O padrão da chuva de sementes ocorre em função de vários fatores ou condicionantes, sendo eles de escala local ou regional. Os principais condicionantes encontrados, em escala local, são: (i) distância da planta-mãe, quanto maior a distância da planta-mãe menos abundante será a chuva de sementes (LORENZON; MASSI, 2022; SOUZA *et al.*, 2014; VÁSQUEZ *et al.*, 2022); (ii) altura de liberação, o aumento da altura vegetal pode reduzir ou aumentar a distância média de dispersão de acordo com a biologia da espécie (DITOMMASO *et al.*, 2018; STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020; SÁNCHEZ; GREENE; QUESADA, 2011); (iii) intensidade de produção de sementes pela planta-mãe, quanto maior a concentração de sementes no indivíduo, mais abundante será a chuva de sementes (LARRUE *et al.*, 2021); (iv) dispersibilidade da semente, refere-se ao formato arquitetônico, peso e sua forma de dispersão (CAPPUCCINO; MACKAY; EISNER, 2002; LORENZON; MASSI, 2022; QIAN; LI; LI, 2022; VÁSQUEZ *et al.*, 2022); (v)

atividade de agentes dispersores, os dispersores modificam a chuva de sementes local ao mover as sementes para outro ambiente (GARCÍA-RODRÍGUEZ *et al.*, 2022; POULSEN *et al.*, 2021; THIERRY; ROSE; ROGERS, 2022); (vi) dispersão secundária, as sementes não necessariamente ficam onde elas caem depois da dispersão, podendo ser deslocadas pela água, vento ou agentes dispersores (ANDERSON *et al.*, 2011); e (vii) vegetação local, a chuva de sementes é mais diversa e abundante em ambientes arbustivos e arbóreos, mas esta vegetação densa pode fisicamente interceptar muitas sementes e evitar que elas atinjam o solo (BULLOCK; MOY, 2004; CARVALHO *et al.*, 2020).

A atuação desses fatores locais pode ainda ser influenciada por processos que se manifestam em escala regional relacionadas ao clima; como temperatura, precipitação, umidade, vento e intensidade da luz; além da altitude e relevo (BOURGEOIS; GONZÁLEZ, 2019; PERINI; DIAS; KUNZ, 2019; STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020; WANG *et al.*, 2022). Dentre estes, a temperatura é dita como um dos fatores mais importantes, podendo interferir em diferentes etapas da fenologia dos indivíduos estabelecidos, atrasando ou adiantando o desenvolvimento da planta e, conseqüentemente, afetando o número de sementes produzidas pelas plantas ou altura que elas atingem (BOURGEOIS; GONZÁLEZ, 2019; PERINI; DIAS; KUNZ, 2019; WANG *et al.*, 2022). Apesar disso, em ambientes semiáridos, onde não há muita variação de temperatura, a precipitação acaba sendo a principal fonte de influência nas populações vegetais. Nestes ambientes, a chuva de sementes está diretamente relacionada à precipitação do ano de produção (SMITH; MEYER; ANDERSON, 2008). Por fim, eventos climáticos extremos podem possibilitar a dispersão e o estabelecimento bem-sucedido de espécies anemocóricas com baixa dispersão de sementes (STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020).

Além do conjunto de fatores exógenos discutidos acima, cada espécie possui fatores ou condicionantes específicos de acordo com sua biologia de dispersão. No caso de sementes anemocóricas, os condicionantes fundamentais são altura de liberação das sementes, que depende da arquitetura e porte das plantas (DITOMMASO *et al.*, 2018; STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020) e a influência do formato das unidades de dispersão (CAPPUCCINO; MACKAY; EISNER, 2002) que possuem implicações importantes sobre aspectos físicos dos processos dispersivos como turbulência e sustentação no ar (DORP; HOEK; DALEBOUDT, 1996; STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020) e velocidade terminal (QIN *et al.*, 2022) durante o movimento do diásporo após se desprender da planta mãe até chegar ao solo. A altura vegetal ou altura de liberação da semente é diretamente proporcional à distância de dispersão das sementes anemocóricas (STEWART; SCOGINGS;

BAIJNATH, 2020). Ademais, a altura de liberação pode ser altamente influente na promoção da dispersão a longa distância, em consequência de uma maior turbulência ocasionada pela altura da vegetação (DITOMMASO *et al.*, 2018). A velocidade do vento também é diretamente proporcional à distância de dispersão das sementes (CAPPUCCINO; MACKAY; EISNER, 2002; DITOMMASO *et al.*, 2018; STEWART; SCOGINGS; BAIJNATH, 2020). Naturalmente, a diminuição da velocidade do vento aumenta a chuva de sementes nas proximidades da planta-mãe e diminui a distância de dispersão (FU, 2021). A velocidade terminal depende do formato arquitetônico da semente, que leva em consideração a sua forma, peso e tamanho (QIN *et al.*, 2022). A distância de dispersão das sementes com espinhos ou sem apêndices é promovida em baixa velocidade do vento, enquanto a de diásporos com baixa carga alar e baixa velocidade terminal é promovida pela alta velocidade do vento (QIN *et al.*, 2022).

As espécies invasoras parecem se favorecer das forças dispersivas da mesma forma ou até melhor do que uma espécie nativa. Esta maior invasividade em certas espécies tenta ser explicada por várias hipóteses, como a hipótese da melhor habilidade competitiva, a hipótese do nicho estocástico e a hipótese de liberação do inimigo (CRAWLEY; HARVEY; PURVIS, 1996; HUANG *et al.*, 2020; TILMAN, 2004). Evidentemente, as espécies invasoras e exóticas possuem diversas características ou condicionantes locais que ajudam na sua manutenção, dispersão e expansão territorial, como crescimento rápido (LANTA *et al.*, 2022); alta concentração de sementes por indivíduo adulto (LARRUE *et al.*, 2021); longo alcance de dispersão (LANTA *et al.*, 2022; LARRUE *et al.*, 2021); alta taxa de germinação (LARRUE *et al.*, 2021; OLLIVIER *et al.*, 2020) e período reprodutivo prolongado (MAAN *et al.*, 2020; SHIFERAW *et al.*, 2020). Além disso, em relação aos condicionantes regionais, as espécies invasoras e exóticas conseguem sobreviver e se desenvolver sob uma ampla faixa climática (MAAN *et al.*, 2020; SHIFERAW *et al.*, 2020). Na estação mais seca, geralmente, ocorre uma maior deposição de sementes (DIOGO; FORTUNATO; COSTA, 2015; SOUZA, 2010), apesar disso algumas espécies invasoras, como *Calotropis procera* (Aiton) W.T.Aiton, podem liberar suas sementes tanto na estação seca quanto chuvosa (LIMA; RODAL; SILVA, 2008). Ademais, mesmo sendo sensíveis à intensidade de luz, as espécies invasoras e exóticas podem germinar com pouca luz e sob o dossel (LANTA *et al.*, 2022; LARRUE *et al.*, 2021; NEŠIĆ *et al.*, 2022). Os condicionantes regionais também podem modificar os condicionantes locais, alterando a densidade anual dos indivíduos e, conseqüentemente, a chuva de sementes (REIS *et al.*, 2006). As altas precipitações e a alta umidade, por exemplo, influenciam negativamente a concentração de sementes na planta-mãe e o número de sementes dispersas (DIOGO;

FORTUNATO; COSTA, 2015; OLLIVIER *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2022). Enquanto isso, o aumento da temperatura parece influenciar positivamente a abundância da chuva de sementes (DIOGO; FORTUNATO; COSTA, 2015; ZHANG *et al.*, 2022) e a altura atingida pelos indivíduos (OLLIVIER *et al.*, 2020), o que também influencia a distância de dispersão das sementes. Do mesmo modo, o aumento da altitude também influencia positivamente a distância de dispersão (LARRUE *et al.*, 2021; LIU *et al.*, 2021).

Portanto, compreender os condicionantes da chuva de sementes é altamente relevante porque este processo influencia não apenas as características ecológicas das espécies vegetais, como dito anteriormente, mas também a dinâmica de regeneração das espécies. As sementes dispersas que caem na superfície do solo resultam na germinação direta ou na entrada destes diásporos para o banco de sementes do solo, duas importantes estratégias de regeneração (JARA-GUERRERO *et al.*, 2020). Assim, a chuva de sementes pode ser utilizada para monitorar a dinâmica populacional, prever a regeneração das espécies vegetais, prever a taxa de expansão das espécies exóticas e desenvolver planos de manejo das espécies exóticas e invasoras (BARBOSA; PIZO, 2006; DIVITTORIO; CORBIN; D'ANTONIO, 2007; LONDE; SOUSA; MESSIAS, 2020; MCCAY; MCCAY; CZAJKA, 2009; MICHEL; HELFIELD; HOOPER, 2011; QUIROZ; CAVIERES; PAUCHARD, 2011).

Desta forma, neste estudo, buscamos compreender a influência da abundância populacional de adultos e/ou imaturos de uma trepadeira invasora, bem como da sua espécie suporte, na chuva de sementes da espécie invasora *Cryptostegia madagascariensis* Bojer. Nossa hipótese é de que as variações na abundância das populações da palmeira nativa *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore, conhecida como a principal espécie "suporte" da invasora, e da trepadeira invasora *C. madagascariensis*, em diferentes locais de monitoramento, possam explicar as diferenças observadas na chuva de sementes desta última. Caso a hipótese esteja correta esperamos que:

1. A chuva de sementes varie de acordo com o sítio de monitoramento;
2. A abundância populacional da trepadeira invasora influencie sua chuva de sementes;
3. A abundância populacional da palmeira nativa seja um fator que influencia a chuva de sementes da trepadeira invasora;
4. A influência da abundância populacional da trepadeira invasora sobre a chuva de sementes varie de acordo com o sítio de monitoramento;
5. O efeito da abundância da palmeira nativa, sobre a chuva de sementes, varie dependendo do sítio de monitoramento; e

6. As abundâncias de *C. prunifera* e de *C. madagascariensis* tenham um efeito sinérgico sobre a chuva de sementes.

Almejamos com esta pesquisa contribuir com um avanço no conhecimento sobre o efeito dos condicionantes na chuva de sementes, a fim de prever os padrões de invasão e expansão de uma espécie invasora e ajudar no desenvolvimento de medidas de controle efetivas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, uma liana exótica e invasora no Brasil

O gênero *Cryptostegia* R. Br. pertencente à família Apocynaceae Juss. e sua distribuição nativa é endêmica de Madagascar, no continente africano (KLACKENBERG, 2001). Este gênero possui apenas duas espécies, *Cryptostegia madagascariensis* Bojer e *Cryptostegia grandiflora* R.Br. (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022). No Brasil, ele possui ocorrências confirmadas nos domínios fitogeográficos da Amazônia e da Caatinga e, mais especificamente, nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022; REBOUÇAS FILHO, 2020).

A espécie *Cryptostegia madagascariensis*, uma liana exótica e invasora popularmente conhecida como unha-do-diabo, pode ser identificada a partir do caule com lenticelas proeminentes, mas pouco numerosas, e pelos filamentos inteiros, não-bifurcados, da corona (MAROHASY; FORSTER, 1991, APÊNDICE A). Suas folhas são opostas, pecioladas e possuem uma lâmina glabra, elíptica, com ápice acuminado e base truncada (BURROWS; TYRL, 2012; MAROHASY; FORSTER, 1991, APÊNDICE A). A floração é altamente influenciada pelo clima, podendo ocorrer ao longo de todo o ano, e cada flor pode originar até dois frutos (VIEIRA *et al.*, 2004). As inflorescências possuem um pedicelo glabro e são cimosas do tipo dicásio (BURROWS; TYRL, 2012, APÊNDICE A). As flores são campanuladas, em forma de funil, e as pétalas de rosa pálido a rosa-púrpura (BURROWS; TYRL, 2012; MAROHASY; FORSTER, 1991, APÊNDICE A). As sépalas possuem lóbulos lanceolados-ovais (MAROHASY; FORSTER, 1991, APÊNDICE A). A seiva é viscosa, branca e cardiotoxica, capaz de causar distúrbios digestivos em animais (BURROWS; TYRL, 2012, APÊNDICE A). Os frutos, quando maduros, são castanhos, secos e deiscentes, possuindo entre 97 a 131 sementes (VIEIRA *et al.*, 2004; SILVA, 2014, APÊNDICE A). As sementes são muito leves e plumadas, o que possibilita uma grande amplitude de dispersão (SILVA, 2014; SOUSA *et al.*, 2017a, APÊNDICE A).

No Brasil, a espécie *C. madagascariensis* foi introduzida provavelmente com fins ornamentais e tem seu registro documentado, por meio de exsicata, desde 1930 na região nordeste (REFLORA, 2021; SILVA *et al.*, 2017). Ela pode ser encontrada em áreas antrópicas ou de Caatinga *stricto sensu* (FLORA E FUNGA DO BRASIL, 2022) e geralmente está associada a florestas de *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E.Moore, uma palmeira nativa

popularmente conhecida como carnaúba (REBOUÇAS FILHO, 2020). Esta interação é altamente prejudicial para a palmeira nativa porque a unha-do-diabo cresce projetando-se sobre a copa das carnaubeiras e dificulta seu desenvolvimento, reduzindo as taxas fotossintéticas e acelerando a senescência foliar, Figura 1 (MEDEIROS, 2021; REBOUÇAS FILHO, 2020). Sua invasividade está associada a altas taxas de germinação, rápido desenvolvimento, plasticidade de crescimento e capacidade competitiva superior (BRITO, 2016; FEITOSA *et al.*, 2022). As plântulas toleram ambientes sombreados e podem crescer em forma de arbusto ou trepadeira de acordo com a disponibilidade de luz (BRITO, 2016) ou suporte (FEITOSA *et al.*, 2022). As partes aéreas possuem efeito alelopático, inibindo a germinação das sementes, a velocidade de germinação e o comprimento das plântulas de outras espécies presentes no local, sejam elas nativas ou exóticas (ARAÚJO, 2017; PINHEIRO, 2020). Elas também apresentam uma maior vantagem competitiva em áreas alagadas e em solos sódicos, mantendo altas taxas fotossintéticas, em relação a espécie nativa *C. prunifera* (BARBOSA, 2019; MEDEIROS, 2021). Além disso, ela apresenta senescência foliar para conservar água no seu interior, confirmando também sua capacidade de sobreviver em clima tropical semiárido (MEDEIROS, 2021; SARAIVA, 2016). Dessa forma, a presença desta espécie invasora ocasiona impactos estruturais na comunidade, afetando espécies residentes desde o banco de sementes (SOUSA *et al.*, 2017b) até os indivíduos adultos (REBOUÇAS FILHO, 2020).

Figura 1 - Unha-do-diabo projetando-se em direção à copa da carnaúba.



Fonte: Autoria própria.

2.2 Áreas de estudo

As áreas de estudo selecionadas para esta pesquisa consistem em sítios de monitoramento permanente das populações de *C. madagascariensis* e *C. prunifera*, concebidos a partir do projeto “Controle biológico da unha do diabo para a proteção e resgate dos carnaubais no Ceará”, cujo objetivo é o controle biológico da espécie invasora (SEIER *et al.*, 2019). Esses sítios estão localizados nos municípios cearenses de Caucaia, Granja e Jaguaruana (Tabela 1).

Tabela 1 - Caracterização geográfica dos municípios cearenses de Caucaia, Granja e Jaguaruana.

Dados	Caucaia	Granja	Jaguaruana
Área (km ²)	1.223	2.663	854,4
Altitude (m)	29,91	10,55	20
Clima	TQSB e TQSU	TQSB e TQSU	TQSA e TQSB
Pluviometria histórica (mm)	1.243	1.033	752,6
Temperatura média (°C)	26° a 28°	26° a 28°	26° a 28°
Período chuvoso	janeiro a maio	janeiro a maio	janeiro a abril
Relevo	PL, SS, SU, S e TC	PI, PL, SS, S e TC	CA, PR, S, TC e TI
Solos	AS, LS, NS e PS	AS, NS e PS	AS, CS, NS e VS
Vegetação	CAD e CVZL	C, CVZL, FCE e FSTP	CAD, CVZL, FCE e FMDP
População residente estimada	368.918	55.170	33.960

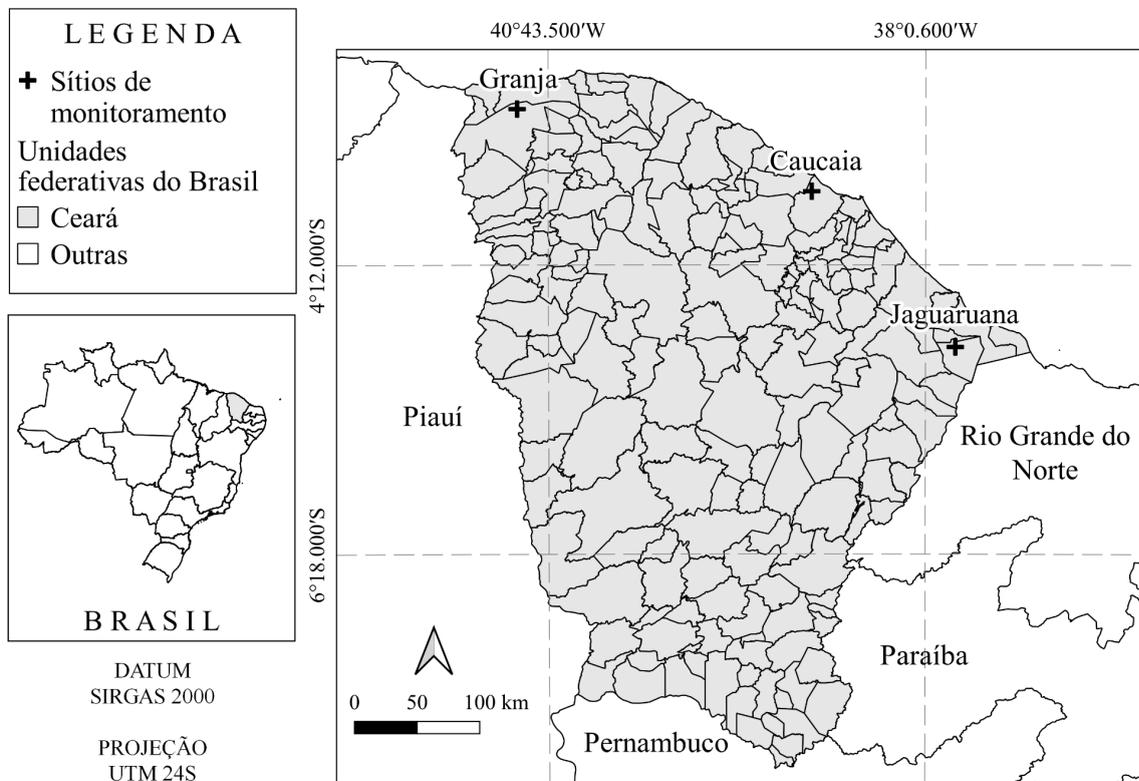
Fonte: IPECE, 2021.

Climas: TQSB - tropical quente semiárido brando, TQSU - tropical quente subúmido e TQSA - tropical quente semiárido. Relevos: CA - chapada do Apodi, PI - planalto da Ibiapaba, PL - planície litorânea, PR - planície ribeirinha, SS - serras secas, SU - serras úmidas, S - sertões, TC - tabuleiros costeiros e TI - tabuleiros interiores. Solos: AS - argissolos, CS - cambissolos, LS - luvisolos, NS - neossolos, PS - planossolos e VS - vertissolos. Vegetação: CAD - caatinga arbustiva densa, C - cerrado, CVZL - complexo vegetacional da zona litorânea, FCE - floresta caducifólia espinhosa (caatinga arbórea), FMDP - floresta mista dicótilo-palmácea (mata ciliar com carnaúba) e FSTP - floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca).

2.3 Procedimentos de campo

Os sítios de monitoramento consistiam em sistemas de amostragem sistemática. O sítio de monitoramento de Caucaia possuía 24 parcelas de 5 x 5 m, divididas em 6 transectos de 80 m, e os sítios de monitoramento de Granja e Jaguaruana possuíam 25 parcelas de 5 x 5 m, divididas em 5 transectos de 150 m (Figura 2).

Figura 2 - Mapa com a localização e distribuição das parcelas nos três sítios de monitoramento permanentes.



Fonte: Autoria própria.

Nós colocamos um coletor de sementes no meio de cada uma das 74 parcelas. Os coletores consistiam em estruturas de PVC de 0,5 x 0,5 x 0,5 m com uma rede de nylon para armazenar a chuva de sementes (Figura 3). Dessa forma, a área dos coletores era de 6,25 m² nos sítios de monitoramento de Granja e Jaguaruana e de 6 m² no sítio de monitoramento de Caucaia, totalizando 18,5 m². Cada coletor contava ainda com um peso, que consistia em um saco de pano com pedras, a fim de aumentar as chances das sementes entrarem e ficarem nos coletores até que fossemos recolher o material.

Figura 3 - Coletor de sementes em uma parcela de monitoramento.



Fonte: Autoria própria.

Durante os anos de 2019 e 2021 ocorreram censos onde todos os indivíduos de *C. madagascariensis* e *C. prunifera* foram marcados e foram obtidas as seguintes medidas ou classificações: (i) diâmetro a 0,2 m do solo de *C. madagascariensis*, medido com paquímetro digital; (ii) abundância de *C. madagascariensis* e *C. prunifera*, número absoluto de indivíduos de cada espécie; e (iii) estádios de desenvolvimento dos indivíduos de *C. madagascariensis* e *C. prunifera*. Os estádios de desenvolvimento de *C. madagascariensis* foram atribuídos classificando cada indivíduo segundo sua fase de desenvolvimento, sendo elas: (i) plântula, indivíduos com menos de 20 cm de altura; (ii) juvenil, indivíduos acima de 20 cm de altura e com diâmetro do caule menor que 1,8 cm, diâmetro medido na altura de 20 cm; (iii) imaturo, indivíduos com diâmetro do caule maior ou igual a 1,8 cm e menor que 8,3 cm, diâmetro medido na altura de 20 cm; e (iv) adulto, indivíduos com diâmetro do caule maior ou igual a 8,3 cm, diâmetro medido na altura de 20 cm. Consideramos o limite de 1,8 cm entre juvenis e imaturos baseando-nos no tamanho crítico em que os indivíduos de *C. madagascariensis* são capazes de infestar uma carnaúba e o limite de 8,3 cm entre imaturos e adultos baseando-nos no tamanho crítico em que os indivíduos de *C. madagascariensis* tornam-se capazes de se reproduzir. A classificação de *C. prunifera* consistiu em: (i) plântula, indivíduo exibindo apenas folha inteira, sem caule; (ii) infante, indivíduo exibindo folha palmada, sem caule; (iii) juvenil, indivíduo exibindo folha palmada, com caule mas que não atingiu o tamanho reprodutivo; (iv) imaturo, indivíduo exibindo folha palmada, com caule, que atingiu o

tamanho reprodutivo, mas não exibe sinais de atividade reprodutiva; e (v) adulto: indivíduo exibindo folha palmada, com caule e evidência de reprodução.

A chuva de sementes de cada parcela, capturada pelos coletores de sementes, foi coletada nos anos de 2019 e 2021. Durante o ano de 2019, o material desses coletores foi recolhido em excursões bimestrais para triagem e contagem das sementes. No ano de 2020 pretendíamos seguir o mesmo sistema de coleta de dados de 2019, mas modificamos frente às medidas de segurança adotadas pelo Estado e para evitar a contaminação e disseminação do coronavírus. Assim, toda chuva de sementes produzida em 2020 acumulada nos coletores foi recolhida entre dezembro de 2020 e janeiro de 2021. Todo o material recolhido foi transportado para o Laboratório de Experimentação Vegetal da Universidade Federal do Ceará (UFC) onde, por meio de comparações com sementes coletadas diretamente dos frutos em campo, a chuva de sementes de *C. madagascariensis* foi triada e sua abundância determinada.

2.4 Análise de dados

A fim de responder a nossa hipótese, ajustamos modelos lineares generalizados mistos (GLMM), considerando uma distribuição estatística do tipo binomial negativa, utilizando cada parcela como unidade amostral. Nós levamos em consideração variáveis em duas escalas: (i) regional, sítio de monitoramento (*sítio*); e (ii) locais, abundância de *C. madagascariensis* adultos (*aCry*), e abundância de *C. prunifera* adultos e imaturos (*aiCop*) (Tabela 2). Nós levamos em consideração apenas os indivíduos adultos de *C. madagascariensis* porque eles produzem sementes apenas nesta fase de desenvolvimento. No caso da espécie *C. prunifera*, nós utilizamos a abundância de indivíduos adultos e imaturos porque nestas fases ocorre uma maior incidência de infestação pela *C. madagascariensis* (GOMES, 2022). Além disso, a variável ano foi considerada como uma variável aleatória para não obscurecer os efeitos das nossas variáveis de interesse. A análise consistiu no ajuste de um modelo máximo, com todas as variáveis e interações, seguido de uma simplificação realizada através da remoção de interações e variáveis cujo efeito não foi significativo até chegar em um modelo final (CRAWLEY, 2007). Após cada remoção de variável ou interação comparamos o AIC de cada versão do modelo para verificar se o modelo simplificado era melhor que o anterior, repetindo esse procedimento até chegar ao modelo final (CRAWLEY, 2007). Os modelos foram ajustados utilizando o método de soma de quadrados tipo III. Para analisar especificamente os efeitos de cada variável preditora ou interações significativas, calculamos médias marginais da chuva de sementes estimadas a partir do modelo final. Todas

as análises e gráficos foram realizadas no ambiente computacional R versão 4.0.0, utilizando os pacotes *car* (ANOVA tipo III) e *emmeans* (médias marginais estimadas do modelo) (THE R FOUNDATION, 2022).

Tabela 2 - Variáveis utilizadas no modelo da chuva de sementes de *C. madagascariensis*.

Nome da variável	Classe da variável	Escala da variável	Descrição da variável
<i>ano</i>	Aleatória	-	A chuva de sementes foi coletada durante dois anos (2019 e 2020)
<i>sítio</i>	Catégorica	Regional	As coletas ocorreram em três sítios de monitoramento, nos municípios cearenses de Caucaia, Granja e Jaguaruana
<i>aCry</i>	Contínua	Local	Os indivíduos adultos de <i>C. madagascariensis</i> presentes em cada parcela somados
<i>aiCop</i>	Contínua	Local	Os indivíduos adultos e imaturos de <i>C. prunifera</i> presentes em cada parcela somados

Fonte: Autoria própria.

Ano de coleta (*ano*), sítio de monitoramento (*sítio*), abundância de adultos e imaturos da espécie *C. madagascariensis* (*aiCry*) e abundância de adultos e imaturos da espécie *C. prunifera* (*aiCop*).

3 RESULTADOS

A abundância total da chuva de sementes da espécie *C. madagascariensis*, durante os dois anos, foi de 938 sementes. Esta chuva cumulativa de sementes gerou uma densidade de 25,35 sementes por metro quadrado. No ano de 2019, a abundância total foi de 167 sementes ou 12,84 sementes por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 16,8 sementes por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 1,47 sementes por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 23,38 sementes por metro quadrado (Tabela 3). No ano de 2020, a abundância total foi de 771 sementes ou 61,68 sementes por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 64,95 sementes por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 61,33 sementes por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 54,66 sementes por metro quadrado (Tabela 3).

Tabela 3 - Abundância, média, densidade e desvio padrão da chuva de sementes, dos indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* e dos indivíduos adultos de *C. madagascariensis*, por sítio de monitoramento e ano.

SM	Caucaia		Granja		Jaguaruana	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020
CS	84	341	7	184	76	246
Média CS	4,20	16,23	0,36	15,33	5,84	13,66
DS CS	16,8	64,95	1,47	61,33	23,38	54,66
DP CS	3,205259	21,33285	0,830698	40,50664	6,542759	11,76735
aiCop	5	5	10	9	17	8
Média Cop	0,20	0,20	0,40	0,36	0,68	0,32
DS Cop	0,0083	0,0083	0,016	0,0144	0,0272	0,0128
DP Cop	0,508977	0,414851	0,645497	0,907377	0,988264	0,748331
aCry	596	588	404	369	568	565
Média Cry	24,83	24,5	16,16	14,76	22,72	22,6
DS Cry	0,9933	0,98	0,6464	0,5904	0,9088	0,904
DP Cry	14,26661	14,27981	11,87673	10,95171	24,26678	24,13849

Fonte: Autoria própria.

A primeira coluna apresenta o sítio de monitoramento (SM), ano de coleta (Ano), chuva de sementes (CS), média da chuva de sementes entre as parcelas (Média CS), densidade da chuva de sementes por metro quadrado (DS CS), desvio padrão da chuva de sementes entre as parcelas (DP CS), abundância de indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* (aiCop), média dos indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* (Média Cop), densidade dos indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* (DS Cop), desvio padrão dos indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* (DP Cop). Logo em seguida, na mesma coluna, apresenta-se a abundância de indivíduos adultos de *C. madagascariensis* (aCry), média dos indivíduos adultos de *C. madagascariensis* (Média Cry), densidade dos indivíduos adultos de *C. madagascariensis* (DS Cry) e desvio padrão dos indivíduos adultos de *C. madagascariensis* (DP Cry).

Em relação a dinâmica populacional da espécie *C. prunifera*, encontramos, no ano de 2019, um total de 32 indivíduos adultos e imaturos, o que gerou uma densidade de 0,017 indivíduos por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 0,0083 indivíduos por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 0,016 indivíduos por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 0,0272 indivíduos por metro quadrado (Tabela 3). No ano de 2020, encontramos um total de 22 indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera*, o que gerou uma densidade de 0,011 indivíduos por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 0,0083 indivíduos por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 0,0144 indivíduos por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 0,0128 indivíduos por metro quadrado (Tabela 3).

Em relação a dinâmica populacional da espécie *C. madagascariensis*, encontramos, no ano de 2019, um total de 1.568 indivíduos adultos, o que gerou uma densidade de 0,84 indivíduos por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 0,99 indivíduos por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 0,64 indivíduos por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 0,90 indivíduos por metro quadrado (Tabela 3). No ano de 2020, encontramos um total de 1.522 indivíduos adultos de *C. madagascariensis*, o que gerou uma densidade de 0,82 indivíduos por metro quadrado. Além disso, em Caucaia foi encontrada uma densidade de 0,98 indivíduos por metro quadrado, em Granja foi encontrada uma densidade de 0,59 indivíduos por metro quadrado e em Jaguaruana foi encontrada uma densidade de 0,90 indivíduos por metro quadrado (Tabela 3).

O melhor modelo ajustado aos dados (ANEXO A) demonstra que a chuva de sementes de *C. madagascariensis* sofre a influência dos seguintes fatores: sítio de monitoramento, abundância de indivíduos adultos de *C. madagascariensis* e o efeito de interação entre estes dois fatores (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeitos das variáveis sobre a chuva de sementes da espécie *C. madagascariensis*, estimados através de GLMM com distribuição estatística binomial negativa.

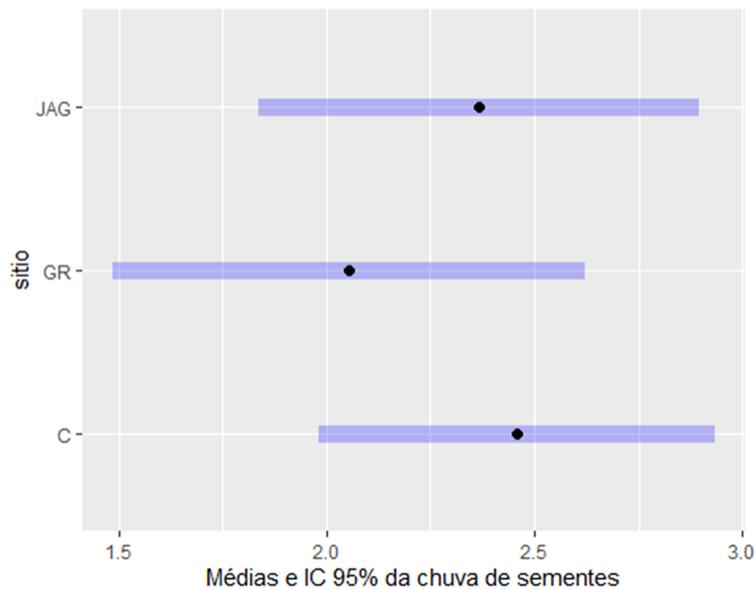
	Estimativa	Erro padrão	z	P (> z)
<i>sítioC</i> (referência)	3,46993	0,50337	6,893	5,45e-12 ***
<i>sítioGR</i>	-2,58914	0,68058	-3,804	0,000142 ***
<i>sítioJAG</i>	-0,89713	0,63549	-1,412	0,158035
<i>aCry</i>	-0,04901	0,01797	-2,728	0,006374 **
<i>sítioGR:aCry</i>	0,10586	0,02925	3,619	0,000295 ***
<i>sítioJAG:aCry</i>	0,03900	0,02106	1,852	0,064073 .

Fonte: Autoria própria.

As três primeiras linhas detalham os efeitos do sítio de estudos sobre a chuva de sementes, onde Caucaia (*sítioC*) foi tomada como de referência para as comparações com os sítios de Granja (*sítioGR*) e Jaguaruana (*sítioJAG*) e as outras variáveis. A quarta linha descreve o efeito da abundância de adultos da espécie *C. madagascariensis* (*aCry*) e as últimas duas linhas descrevem os efeitos sinérgicos entre a abundância de *C. madagascariensis* e os sítios de monitoramento de Granja (*sítioGR:aCry*) e Jaguaruana (*sítioJAG:aCry*). Os códigos na coluna P (>|z|) significam números próximos de zero (***), próximos de 0,001 (**), próximos de 0,05 (.) e próximos ou acima de 0,1 ().

O modelo confirmou que o sítio de monitoramento influencia a variação na chuva de sementes, mesmo que em diferentes intensidades (Tabela 4, Figura 4). Além disso, o efeito da abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis*, sobre a chuva de sementes, também depende do sítio de monitoramento. Este efeito foi positivo e significativo em Granja, ou seja, a chuva de sementes foi diretamente proporcional à abundância populacional da espécie invasora em Granja (Figura 5).

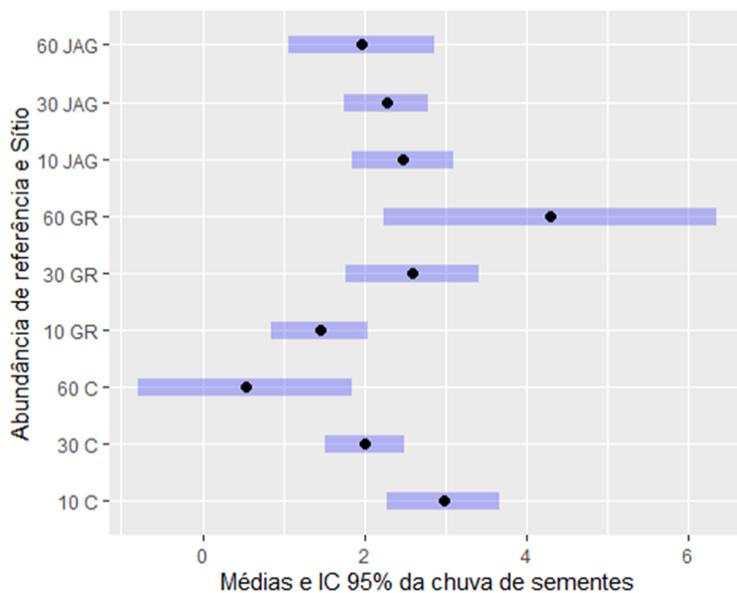
Figura 4 - Abundância prevista pelo modelo final para a chuva de sementes de *C. madagascariensis* de acordo com o sítio de monitoramento.



Fonte: Autoria própria.

No eixo y, os sítios de monitoramento são Jaguaruana (JAG), Granja (GR) e Caucaia (C). No eixo x, estão as médias e o intervalo de confiança (IC) da chuva de sementes.

Figura 5 - Efeito previsto pelo modelo final para abundâncias de referência dos indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis*, sobre a chuva de sementes, de acordo com o sítio de monitoramento.

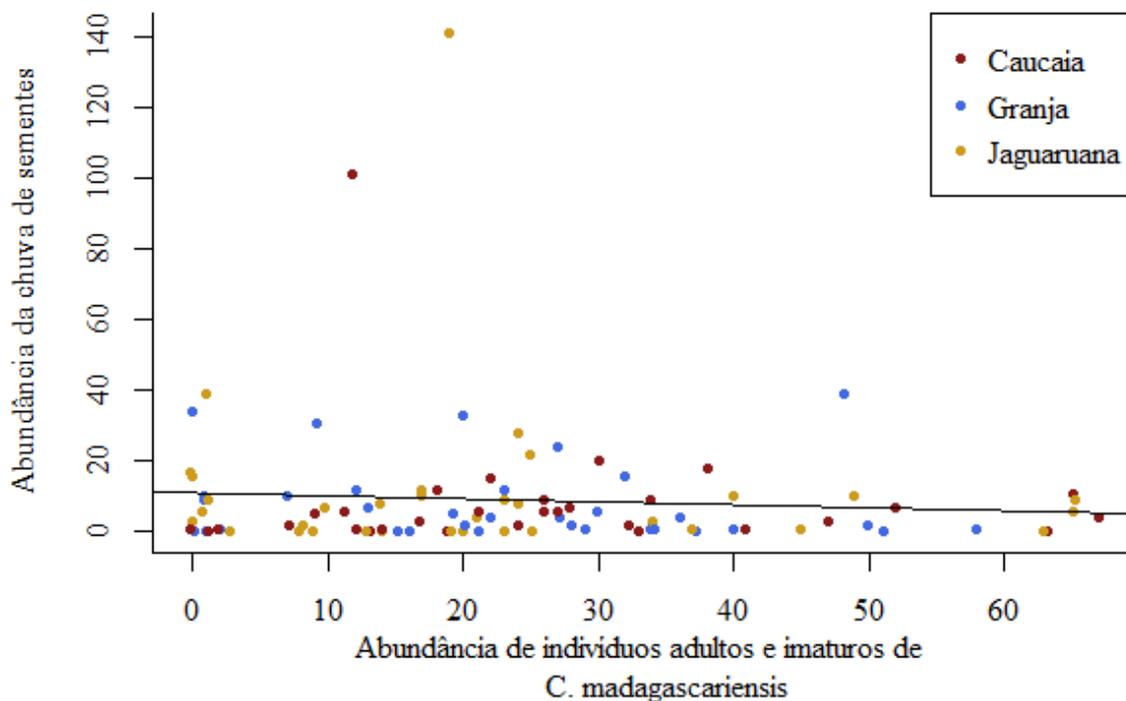


Fonte: Autoria própria.

No eixo y, os sítios de monitoramento são Jaguaruana (JAG), Granja (GR) e Caucaia (C). No eixo x, estão as médias e o intervalo de confiança (IC) da chuva de sementes.

Também encontramos que a abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis*, sozinha, influencia negativamente a sua chuva de sementes local (Tabela 4, Figura 6).

Figura 6 - Efeito da abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie *C. madagascariensis* sobre a chuva de sementes.



Fonte: Autoria própria.

O efeito da abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie *C. prunifera* não foi significativo (Tabela 4, ANEXO A). Em concordância com este resultado, as interações com o efeito de *aiCop* também não se provaram significativas, sendo eles: (i) interações triplas entre sítios de monitoramento, abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* e abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie *C. prunifera*; (ii) interações duplas entre sítios de monitoramento e abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie *C. prunifera*; e (iii) interação dupla entre abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* e abundância de indivíduos adultos e imaturos da espécie *C. prunifera* (Tabela 3, ANEXO A).

4 DISCUSSÃO

A abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* influencia negativamente a sua chuva de sementes local. A partir deste resultado podemos inferir que a chuva de sementes de *C. madagascariensis* sofre um efeito denso dependente, como é o caso de espécies em que as plantas adultas parecem suprimir suas próprias mudas, provavelmente pelo maior uso dos nutrientes do solo (KATEMBO *et al.*, 2022). Além disso, Brito (2016) mostra que a espécie *C. madagascariensis* sofre com o sombreamento, principalmente reduzindo a produção de biomassa, e espera-se que o adensamento gere um forte efeito dependente de densidade. Em conformidade, sabe-se que lianas quando estão em ambientes com limitação de luz e de suporte sofrem com este efeito denso dependente negativo (LEICHT-YOUNG; LATIMER; SILANDER, 2011).

Observamos ainda que o efeito da abundância de indivíduos adultos e imaturos de *C. prunifera* sobre a chuva de sementes da espécie *C. madagascariensis* não foi significativo. Do mesmo modo, as outras interações com a abundância de *C. prunifera* também não se provaram significativas. Este resultado é consistente com estudos anteriores que demonstraram que o uso de suporte não aumenta o investimento em frutos da invasora (FEITOSA *et al.*, 2022). Apesar disso, ao utilizar a carnaúba como suporte, as sementes de *C. madagascariensis* podem alcançar maiores distâncias de dispersão (FEITOSA *et al.*, 2022; LARRUE *et al.*, 2020; MAO *et al.*, 2022).

Também verificamos este efeito denso dependente muda de um lugar para outro, variando de acordo com o sítio de monitoramento. Em Granja, a abundância de *C. madagascariensis* e a chuva de sementes foram diretamente proporcionais, enquanto em Caucaia e Jaguaruana foram inversamente. Em outras palavras, encontramos que o efeito denso dependente negativo pode ser revertido em positivo dependendo do local invadido. Essa divergência pode ser explicada pela menor abundância de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* em Granja. Esta informação nos leva a deduzir que nesse sítio de monitoramento pode não haver tanta limitação de luz e nutrientes (QUIROZ; CAVIERES; PAUCHARD, 2011) quanto os outros dois, o que resulta no efeito denso dependente positivo (MCCAY; MCCAY; CZAJKA, 2009). Além disso, nos sítios de monitoramento de Caucaia e Jaguaruana, onde a densidade de indivíduos adultos da espécie *C. madagascariensis* é maior, a vegetação pode estar interceptando fisicamente as sementes (BULLOCK; MOY, 2004).

Nossos resultados confirmaram que o sítio de monitoramento sozinho também influencia uma variação na chuva de sementes. Os três municípios, onde estão localizados os

sítios de monitoramento, possuem médias de temperatura iguais, mas se diferem nos fatores de altitude e pluviometria (IPECE, 2021). O sítio de monitoramento de Caucaia apresentou uma chuva de sementes mais abundante, o que era esperado visto que o município apresenta uma maior pluviometria (SMITH; MEYER; ANDERSON, 2008). Nesse sentido, esperávamos também que o sítio de monitoramento de Jaguaruana obtivesse uma menor abundância, o que não foi o caso. Esse resultado pode estar relacionado a não termos medidas exatas para cada sítio de monitoramento e estarmos usando médias do município que podem não ser tão exatas.

Diante do exposto, nossos resultados confirmaram que a chuva de sementes da espécie invasora *C. madagascariensis* é influenciada pela densidade de indivíduos adultos de sua população, ou seja, o ambiente em que a população invasora se estabelece é um importante fator para determinar sua chuva de sementes e sua densidade potencial. Conhecer este efeito é importante para planejar o manejo da espécie invasora, pois a redução de sua densidade pode aumentar seu potencial de expansão local e alta densidade pode diminuir esta expansão. Sugerimos que novos estudos avaliem quais são os fatores ambientais que melhor explicam a abundância e dispersão da espécie *C. madagascariensis*, como a limitação de luz e disponibilidade de nutrientes no solo.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. T. *et al.* Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S. l.], v. 278, n. 1723, p. 3329–3335, 2011. DOI: 10.1098/rspb.2011.0155. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2011.0155>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ARAÚJO, H. T. N. **Potencial alelopático e identificação de composto de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne**. 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/26675>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BALDAUF, C. *et al.* Tapping latex and alleles? The impacts of latex and bark harvesting on the genetic diversity of *Himatanthus drasticus* (Apocynaceae). **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 310, p. 434–441, 2013. DOI: 10.1016/j.foreco.2013.08.049. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112713005768>. Acesso em: 13 fev. 2023.

BARBOSA, E. M. **Potencial invasor e resposta ao estresse salino de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne**. 2019. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Ceará, 2019. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=83005>. Acesso em: 12 jul. 2022

BARBOSA, K. C.; PIZO, M. A. Seed rain and seed limitation in a planted gallery forest in Brazil. **Restoration Ecology**, [S. l.], p. 504, 2006. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2006.00162.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1526-100X.2006.00162.x>. Acesso em: 13 fev. 2023.

BOURGEOIS, B.; GONZÁLEZ, E. Pulses of seed release in riparian Salicaceae coincide with high atmospheric temperature. **River Research and Applications**, [S. l.], v. 35, n. 9, p. 1590–1596, 2019. DOI: 10.1002/rra.3505. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rra.3505>. Acesso em: 13 fev. 2023.

BRITO, S. F. de. **Potencial invasor de *Cryptostegia madagascariensis*: efeito de fatores bióticos e abióticos durante a colonização**. 2016. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/21596>. Acesso em: 12 jul. 2022.

BULLOCK, J. M.; MOY, I. L. Plants as seed traps: inter-specific interference with dispersal. **Acta Oecologica**, [S. l.], v. 25, n. 1–2, p. 35–41, 2004. DOI: 10.1016/j.actao.2003.10.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1146609X03001152>. Acesso em: 13 fev. 2023.

BURROWS, G. E.; TYRL, R. J. Apocynaceae Juss. *Em: Toxic Plants of North America*. 2. ed. [s.l.] : John Wiley & Sons, Ltd, 2012. p. 81–126. DOI: 10.1002/9781118413425.ch9. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118413425.ch9>. Acesso em: 27 set. 2022.

CAPPUCCINO, N.; MACKAY, R.; EISNER, C. Spread of the Invasive alien vine *Vincetoxicum rossicum*: tradeoffs between seed dispersability and seed quality. **The American Midland Naturalist**, [S. l.], v. 148, n. 2, p. 263, 2002. DOI: 10.1674/0003-0031(2002)148[0263:SOTIAV]2.0.CO;2. Disponível em: [https://bioone.org/journals/the-american-midland-naturalist/volume-148/issue-2/0003-0031_2002_148_0263_SOTIAV_2.0.CO_2/Spread-of-the-Invasive-Alien-Vine-Vincetoxicum-rossicum--Tradeoffs/10.1674/0003-0031\(2002\)148\[0263:SOTIAV\]2.0.CO;2.short](https://bioone.org/journals/the-american-midland-naturalist/volume-148/issue-2/0003-0031_2002_148_0263_SOTIAV_2.0.CO_2/Spread-of-the-Invasive-Alien-Vine-Vincetoxicum-rossicum--Tradeoffs/10.1674/0003-0031(2002)148[0263:SOTIAV]2.0.CO;2.short). Acesso em: 13 fev. 2023.

CARVALHO, A. S. da R. *et al.* Aggregated seed dispersal in a Neotropical coastal thicket vegetation: the role of microhabitat, dispersal syndrome and growth form. **Acta Oecologica**, [S. l.], v. 108, p. 103618, 2020. DOI: 10.1016/j.actao.2020.103618. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1146609X20301107>. Acesso em: 13 fev. 2023.

CARVALHO, C. da S. *et al.* The role of thrushes in maintaining the genetic diversity and structure of a tropical palm. **Ecosistemas**, [S. l.], v. 28, n. 1, p. 26–34, 2019. DOI: 10.7818/ECOS.1530. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/185665>. Acesso em: 13 fev. 2023.

CRAWLEY, M. J. **The R Book**. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2007.

CRAWLEY, M. J.; HARVEY, P. H.; PURVIS, A. Comparative ecology of the native and alien floras of the british isles. **Philosophical Transactions: Biological Sciences**, The Royal Society, v. 351, n. 1345, p. 1251–1259, 1996. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/56200>. Acesso em: 13 fev. 2023.

DIOGO, I. J. S.; FORTUNATO, M. E. M.; COSTA, I. R. Seed deposition in the edge-interior gradient of a degraded fragment of tropical semideciduous forest, Northeastern Brazil. **Rev. Biol. Trop.**, [S. l.], v. 63, n. 4, p. 981–994, 2015. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442015000400981&script=sci_abstract. Acesso em: 13 fev. 2023.

DITOMMASO, A. *et al.* Seed-dispersal ability of the invasive perennial vines *Vincetoxicum nigrum* and *Vincetoxicum rossicum*. **Invasive Plant Science and Management**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 10–19, 2018. DOI: 10.1017/inp.2018.8. Disponível em: <https://bioone.org/journals/invasive-plant-science-and-management/volume-11/issue-1/inp.2018.8/Seed-Dispersal-Ability-of-the-Invasive-Perennial-Vines-Vincetoxicum-nigrum/10.1017/inp.2018.8.short>. Acesso em: 13 fev. 2023.

DIVITTORIO, C. T.; CORBIN, J. D.; D'ANTONIO, C. M. Spatial and temporal patterns of seed dispersal: an important determinant of grassland invasion. **Ecological Applications**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. 311–316, 2007. DOI: 10.1890/06-0610. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1890/06-0610>. Acesso em: 13 fev. 2023.

DORP, D. van; HOEK, W. P. M. van den; DALEBOUDT, C. Seed dispersal capacity of six perennial grassland species measured in a wind tunnel at varying wind speed and height. **Canadian Journal of Botany**, [S. l.], v. 74, n. 12, p. 1956–1963, 1996. DOI:

10.1139/b96-234. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b96-234>. Acesso em: 13 fev. 2023.

DOYLE, A. C. **Sherlock Holmes: the complete collection (English Edition)**. [S. l.]: KTHTK, 2023.

FEITOSA, T. S. *et al.* Use of support influences height and above-ground allometry but not biomass allocation to different aerial organs of an invasive vine. **Trees**, [S. l.], 2022. DOI: 10.1007/s00468-022-02356-3. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s00468-022-02356-3>. Acesso em: 7 fev. 2023.

FLORA E FUNGA DO BRASIL. **Cryptostegia R.Br.** 2022. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB80341>. Acesso em: 27 set. 2022.

FU, Lin-Tao. Effect of the local wind reduction zone on seed dispersal from a single shrub element on sparsely vegetated land. **AoB PLANTS**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. plab025, 2021. DOI: 10.1093/aobpla/plab025. Disponível em: <https://academic.oup.com/aobpla/article/13/4/plab025/6279781>. Acesso em: 13 fev. 2023.

GARCÍA-RODRÍGUEZ, A. *et al.* Functional complementarity of seed dispersal services provided by birds and mammals in an alpine ecosystem. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 110, n. 1, p. 232–247, 2022. DOI: 10.1111/1365-2745.13799. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.13799>. Acesso em: 13 fev. 2023.

GOMES, M. R. M. **Aspectos da interação entre a planta invasora *Cryptostegia madagascariensis* e a palmeira nativa *Copernicia prunifera* como subsídio para ações de controle e manejo da invasão**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Curso de Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/67585>. Acesso em: 13 fev. 2023.

GRATZER, G. *et al.* Does fine scale spatiotemporal variation in seed rain translate into plant population structure? **Oikos**, [S. l.], v. 2022, n. 2, p. oik.08826, 2022. DOI: 10.1111/oik.08826. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/oik.08826>. Acesso em: 13 fev. 2023.

HUANCA NUÑEZ, N.; CHAZDON, R. L.; RUSSO, S. E. Seed-rain–successional feedbacks in wet tropical forests. **Ecology**, [S. l.], v. 102, n. 7, 2021. DOI: 10.1002/ecy.3362. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecy.3362>. Acesso em: 31 jan. 2023.

HUANG, K. *et al.* Lesser leaf herbivore damage and structural defense and greater nutrient concentrations for invasive alien plants: Evidence from 47 pairs of invasive and non-invasive plants. **Science of The Total Environment**, Elsevier BV, v. 723, p. 137829, jun. 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137829. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137829>. Acesso em: 13 fev. 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ - IPECE. **IPECEDATA**: sistema de informações geossocioeconômicas do Ceará. 2021. Disponível em: <http://ipecedata.ipece.ce.gov.br/ipece-data-web/module/perfil-municipal.xhtml>. Acesso em: 11 nov. 2022.

JARA-GUERRERO, A. *et al.* Dispersal syndrome influences the match between seed rain and soil seed bank of woody species in a Neotropical dry forest. **Journal of Vegetation Science**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 995–1005, 2020. DOI: 10.1111/jvs.12894. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jvs.12894>. Acesso em: 13 fev. 2023.

KATEMBO, N. *et al.* Impact of biocontrol on the seed regenerative capacity of *Lantana camara* L. (sensu lato) (Verbenaceae). **Biocontrol Science and Technology**, [S. l.], v. 32, n. 6, p. 685–699, 2022. DOI: 10.1080/09583157.2022.2045002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09583157.2022.2045002>. Acesso em: 13 fev. 2023.

KLACKENBERG, J. Revision of the genus *Cryptostegia* R. Br. (Apocynaceae, Periplocoideae). **Adansonia**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 205–218, 2001. Disponível em: <https://sciencepress.mnhn.fr/en/periodiques/adansonia/23/2/revision-du-genre-cryptostegia-r-br-apocynaceae-periplocoideae>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LADD, D.; CAPPUCCINO, N.. A field study of seed dispersal and seedling performance in the invasive exotic vine *Vincetoxicum rossicum*. **Canadian Journal of Botany**, [S. l.], v. 83, n. 9, p. 1181–1188, 2005. DOI: 10.1139/b05-093. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/b05-093>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LANTA, V. *et al.* Determinants of invasion by single versus multiple plant species in temperate lowland forests. **Biological Invasions**, [S. l.], v. 24, n. 8, p. 2513–2528, 2022. DOI: 10.1007/s10530-022-02793-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-022-02793-8>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LARRUE, S. *et al.* Seed rain, dispersal distance, and germination of the invasive tree *Spathodea campanulata* on the Island of Tahiti, French Polynesia (South Pacific). **Pacific Science**, [S. l.], v. 74, n. 4, 2021. DOI: 10.2984/74.4.8. Disponível em: <https://bioone.org/journals/pacific-science/volume-74/issue-4/74.4.8/Seed-Rain-Dispersal-Distance-and-Germination-of-the-Invasive-Tree/10.2984/74.4.8.full>. Acesso em: 19 jan. 2023.

LEICHT-YOUNG, S. A.; LATIMER, A. M.; SILANDER, J. A. Lianas escape self-thinning: Experimental evidence of positive density dependence in temperate lianas *Celastrus orbiculatus* and *C. scandens*. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 163–172, 2011. DOI: 10.1016/j.ppees.2011.04.002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1433831911000278>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LEIRFALLOM, S. B. *et al.* The effects of seed source health on whitebark pine (*Pinus albicaulis*) regeneration density after wildfire. **Canadian Journal of Forest Research**, [S. l.], v. 45, n. 11, p. 1597–1606, 2015. DOI: 10.1139/cjfr-2015-0043. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjfr-2015-0043>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LIMA, A. B. de; RODAL, M. J. N.; SILVA, A. C. B. L. e. Chuva de sementes em uma área de vegetação de Caatinga no estado de Pernambuco. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 59, n. 4, p. 649–658, 2008. DOI: 10.1590/2175-7860200859402. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rod/a/6mbQVP7Hr3TpWBgzNxfkfqC/?lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LIU, Rui-Ling. *et al.* The dispersal-related traits of an invasive plant *Galinsoga quadriradiata* correlate with elevation during range expansion into mountain ranges. **AoB PLANTS**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. plab008, 2021. DOI: 10.1093/aobpla/plab008. Disponível em: <https://academic.oup.com/aobpla/article/13/3/plab008/6300164>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LONDE, V.; DE SOUSA, H. C.; MESSIAS, M. C. T. B. Monitoring of forest components reveals that exotic tree species are not always invasive in areas under ecological restoration. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S. l.], v. 192, n. 10, p. 618, 2020. DOI: 10.1007/s10661-020-08583-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-020-08583-w>. Acesso em: 13 fev. 2023.

LORENZON, P. C.; MASSI, K. G. The influence of size and distance of Atlantic forest patches on seed rain over tropical pasture. **Tropical Ecology**, [S. l.], 2022. DOI: 10.1007/s42965-022-00266-6. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s42965-022-00266-6>. Acesso em: 19 jan. 2023.

MAAN, I. *et al.* Evaluating the role of phenology in managing urban invasions: A case study of *Broussonetia papyrifera*. **Urban Forestry & Urban Greening**, [S. l.], v. 48, p. 126583, 2020. DOI: 10.1016/j.ufug.2020.126583. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866719307186>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MAO, R. *et al.* Wind dispersal of seeds of *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae) contributes to its steady invasion and spread. **Austral Ecology**, [S. l.], v. 47, n. 4, p. 791–803, 2022. DOI: 10.1111/aec.13159. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/aec.13159>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MAROHASY, J.; FORSTER, P. A taxonomic revision of *Cryptostegia* R. Br. (Asclepiadaceae: Periplocoideae). **Australian Systematic Botany**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 571, 1991. DOI: 10.1071/SB9910571. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/sb/sb9910571>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MCCAY, T. S.; MCCAY, D. H.; CZAJKA, J. L. Deposition of exotic bird-dispersed seeds into three habitats of a fragmented landscape in the northeastern United States. **Plant Ecology**, [S. l.], v. 203, n. 1, p. 59–67, 2009. DOI: 10.1007/s11258-008-9509-8. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-008-9509-8>. Acesso em: 13 fev. 2023.

MEDEIROS, W. J. F. de. **Impactos de fatores do solo e da competição com *Cryptostegia madagascariensis* sobre as respostas ecofisiológicas de plantas jovens e adultas de *Copernicia prunifera***. 2021. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/62553>. Acesso em: 12 jul. 2022.

MICHEL, J. T.; HELFIELD, J. M.; HOOPER, D.U. Seed rain and revegetation of exposed substrates following dam removal on the Elwha River. **Northwest Science**, [S. l.], v. 85, n. 1, p. 15–29, 2011. DOI: 10.3955/046.085.0102. Disponível em: <https://bioone.org/journals/Northwest-Science/volume-85/issue-1/046.085.0102/Seed-Rain-an>

d-Revegetation-of-Exposed-Substrates-Following-Dam-Removal/10.3955/046.085.0102.short . Acesso em: 13 fev. 2023.

MORAIS, R. F. de. *et al.* Chuva de sementes em uma região ecotonal entre Cerrado e Caatinga no Piauí, Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 32, n. 2, p. 673–697, 2022. DOI: 10.5902/1980509846859. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/xCzDf5pXNjTDh7MRzvqNQ8N/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2023.

NEŠIĆ, M. *et al.* Factors affecting seed germination of the invasive species *Symphytotrichum lanceolatum* and their implication for invasion success. **Plants**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. 969, 2022. DOI: 10.3390/plants11070969. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/7/969>. Acesso em: 13 fev. 2023.

OLLIVIER, M. *et al.* Trait differentiation between native and introduced populations of the invasive plant *Sonchus oleraceus* L. (Asteraceae). **NeoBiota**, [S. l.], v. 55, p. 85–115, 2020. DOI: 10.3897/neobiota.55.49158. Disponível em: <https://neobiota.pensoft.net/article/49158/>. Acesso em: 13 fev. 2023.

PERINI, M.; DIAS, H. M.; KUNZ, S. H. The role of environmental heterogeneity in the seed rain pattern. **Floresta e Ambiente**, [S. l.], v. 26, n. spe1, p. e20180406, 2019. DOI: 10.1590/2179-8087.040618. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/cJjNpXXQmF7PNhBSzt6gRbH/?lang=en>. Acesso em: 13 fev. 2023.

PINHEIRO, H. B. **Caracterização química e atividades biológicas do látex de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer (Apocynaceae)**. 2020. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=98184>. Acesso em: 12 jul. 2022.

POULSEN, J. R. *et al.* Long distance seed dispersal by forest elephants. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [S. l.], v. 9, p. 789264, 2021. DOI: 10.3389/fevo.2021.789264. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2021.789264/full>. Acesso em: 13 fev. 2023.

QIAN, H.; LI, W.; LI, J.. The influence of seed characteristics on seed dispersal early stages by tibetan macaques. **Animals**, [S. l.], v. 12, n. 11, p. 1416, 2022. DOI: 10.3390/ani12111416. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/11/1416>. Acesso em: 13 fev. 2023.

QIN, X. *et al.* Plant canopy may promote seed dispersal by wind. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 63, 2022. DOI: 10.1038/s41598-021-03402-9. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-03402-9>. Acesso em: 13 fev. 2023.

QUIROZ, C. L.; CAVIERES, L. A.; PAUCHARD, A. Assessing the importance of disturbance, site conditions, and the biotic barrier for dandelion invasion in an Alpine habitat. **Biological Invasions**, [S. l.], v. 13, n. 12, p. 2889–2899, 2011. DOI: 10.1007/s10530-011-9971-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-011-9971-4>. Acesso em: 13 fev. 2023.

REBOUÇAS FILHO, J. V. **Estudo do potencial invasor de *Cryptostegia* spp. (Apocynaceae) no nordeste do Brasil**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) - Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=97655>. Acesso em: 12 jul. 2022.

REFLORA. **Herbário Virtual**. [S.l.], 2021. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/ConsultaPublicoHVUC/ConsultaPublicoHVUC.do?idTestemunho=3412010>. Acesso em: 12 jul. 2022.

REIS, A. M. S. *et al.* Inter-annual variations in the floristic and population structure of an herbaceous community of “caatinga” vegetation in Pernambuco, Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 497–508, 2006. DOI: 10.1590/S0100-84042006000300017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/cZcdvkSkvS8dqD3HbmRz4GK/?lang=en>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SÁNCHEZ, J. M. C.; GREENE, D. F.; QUESADA, M. A field test of inverse modeling of seed dispersal. **American Journal of Botany**, [S. l.], v. 98, n. 4, p. 698–703, 2011. DOI: 10.3732/ajb.1000152. Disponível em: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.3732/ajb.1000152>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SARAIVA, J. G. O. **Ecofisiologia de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne submetida à restrição hídrica**. 2016. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/120>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SEIER, M. K. *et al.* Embarking on classical biological weed control in Brazil: the rust fungus *Maravalia cryptostegiae* versus *Cryptostegia madagascariensis*. In: **XV International Symposium on Biological Control of Weeds**, Engelberg, Switzerland, v.15, p. 71-73, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335714772_Embarking_on_classical_biological_weed_control_in_Brazil_the_rust_fungus_Maravalia_cryptostegiae_versus_Cryptostegia_madagascariensis. Acesso em: 13 fev. 2023.

SHIFERAW, W. *et al.* Phenology of the alien invasive plant species *Prosopis juliflora* in arid and semi-arid areas in response to climate variability and some perspectives for its control in Ethiopia. **Polish Journal of Ecology**, [S. l.], v. 68, n. 1, p. 37, 2020. DOI: 10.3161/15052249PJE2020.68.1.004. Disponível em: <https://bioone.org/journals/polish-journal-of-ecology/volume-68/issue-1/15052249PJE2020.68.1.004/Phenology-of-the-Alien-Invasive-Plant-Species-Prosopis-juliflora-in/10.3161/15052249PJE2020.68.1.004.short>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SILVA, M. L. M. **Caracterização biométrica de frutos, emergência e vigor de sementes de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne., espécie invasora no bioma Caatinga**. 2014. 45 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba (CCA/UFPB), Areia. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/123456789/706>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SILVA, M. L. M. da. *et al.* Aspectos reprodutivos e potencial de emergência de plântulas de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 1297–1309, 2017. DOI: 10.5902/1980509829892. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/29892>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SMITH, D. C.; MEYER, S. E.; ANDERSON, V. J. Factors affecting *Bromus tectorum* seed bank carryover in Western Utah. **Rangeland Ecology & Management**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 430–436, 2008. DOI: 10.2111/07-035.1. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1550742408500480>

SOUSA, F. Q. de. *et al.* Impactos da invasão por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (Apocynaceae Juss.) em remanescentes de caatinga no município de Ibaretama, Ceará, Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 27, p. 1243–1255, 2017a. DOI: 10.5902/1980509830312. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/g3RP6ztd47mCXgFn3XRQ64f/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SOUSA, F. Q. *et al.* Banco de sementes do solo de caatinga invadida por *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. **Ciências Florestais**, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 220-226, 2017b. DOI: 10.5039/agraria.v12i2a5440. Disponível em: <http://www.agraria.pro.br/ojs32/index.php/RBCA/article/view/v12i2a5440>. Acesso em: 13 fev. 2023.

SOUZA, J. T. **Chuva de sementes em área abandonada após cultivo próxima a um fragmento preservado de caatinga em Pernambuco, Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/4833>. Acesso em: 12 fev. 2022.

SOUZA, J. T. *et al.* Does proximity to a mature forest contribute to the seed rain and recovery of an abandoned agriculture area in a semiarid climate? **Plant Biology**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 748–756, 2014. DOI: 10.1111/plb.12120. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/plb.12120>. Acesso em: 13 fev. 2023.

STEWART, T.; SCOGINGS, P. F.; BAIJNATH, H. Dispersal of a forest liana into grasslands and post-establishment stand expansion. **South African Journal of Botany**, [S. l.], v. 131, p. 51–55, 2020. DOI: 10.1016/j.sajb.2020.02.013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629919315492>. Acesso em: 13 fev. 2023.

THE R FOUNDATION. **The R Project for Statistical Computing**. 2022. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 11 nov. 2022.

THIERRY, H.; ROSE, E.; ROGERS, H. Landscape configuration and frugivore identity affect seed rain during restoration. **Oikos**, [S. l.], v. 2022, n. 2, p. oik.08323, 2022. DOI: 10.1111/oik.08323. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/oik.08323>. Acesso em: 13 fev. 2023.

TILMAN, D. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: A stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 101, n. 30, p. 10854–10861, jul. 2004. DOI:

10.1073/pnas.0403458101. Disponível em: <https://doi.org/10.1073/pnas.0403458101>. Acesso em: 13 fev. 2023.

TREPANIER, K. E.; PINNO, B. D.; ERRINGTON, R. C. Dominant drivers of plant community assembly vary by soil type and time in reclaimed forests. **Plant Ecology**, [S. l.], v. 222, n. 2, p. 159–171, 2021. DOI: 10.1007/s11258-020-01096-z. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-020-01096-z>. Acesso em: 13 fev. 2023.

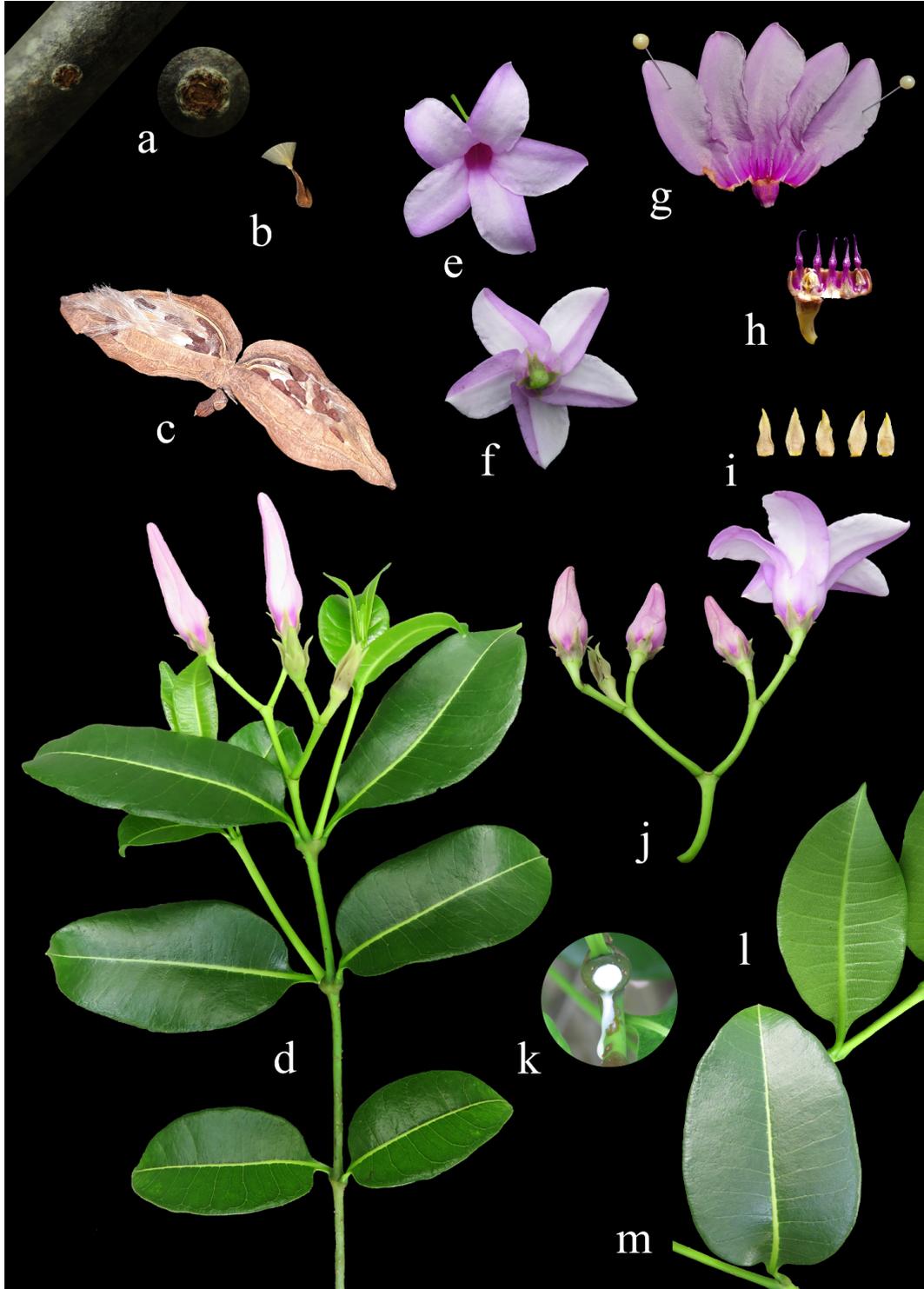
VÁSQUEZ, I. *et al.* Seed dispersal distance, seed morphology, and recruitment in the Chilean sclerophyllous tree *Quillaja saponaria*: implications for passive restoration in a semiarid ecosystem. **Plant Ecology**, [S. l.], v. 223, n. 3, p. 273–283, 2022. DOI: 10.1007/s11258-021-01207-4. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11258-021-01207-4>. Acesso em: 13 fev. 2023.

VIEIRA, M. F. *et al.* Biologia reprodutiva de *Cryptostegia madagascariensis* Bojer ex Decne. (Periplocoideae, Apocynaceae), espécie ornamental e exótica no Brasil. **Bragantia**, [S.L.], v. 63, n. 3, p. 325-334, dez. 2004. DOI: 10.1590/S0006-87052004000300002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/qJ8NTyW9jW5vpJyH3JfnSDh/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 fev. 2023.

WANG, J. *et al.* Long-term effects of climate variability on seed rain dynamics of four fagaceae sympatric species in Qinling Mountains, China. **Biology**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 533, 2022. DOI: 10.3390/biology11040533. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-7737/11/4/533>. Acesso em: 13 fev. 2023.

ZHANG, Z. *et al.* Long-distance wind dispersal drives population range expansion of *Solidago canadensis*. **Plants**, [S. l.], v. 11, n. 20, p. 2734, 2022. DOI: 10.3390/plants11202734. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/20/2734>. Acesso em: 13 fev. 2023.

APÊNDICE A - PRANCHA BOTÂNICA COM A MORFOLOGIA DA ESPÉCIE
 CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS BOJER



a. Caule lenticelado; b. Semente plumada; c. Fruto seco deiscente do tipo foliculo; d. Folhas com filotaxia oposta; e. Flor com corola de cor rósea; f. Flor com simetria radial, actinomorfa; g. Pétalas fundidas, gamopétalas; h. Corona com 5 filamentos inteiros; i. Sépalas com lóbulo lanceolado-ovalado; j. Inflorescência cimosa do tipo dicásio; k. Látex de cor branca; l. Folha simples, elíptica, glabra, ápice curto-acuminado e base truncada; m. Pecíolo glabro

ANEXO A - MATERIAL SUPLEMENTAR

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFLUÊNCIA DE FATORES LOCAIS E REGIONAIS SOBRE A CHUVA DE SEMENTES DA TREPadeira INVASORA *CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS* BOJER

AUTOR: ANA LÍVIA DE CASTRO SEVERO DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: RAFAEL CARVALHO DA COSTA

INSTITUIÇÃO: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO: PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS

CURSO: MESTRADO

Obs. 1: Os nomes das variáveis estão de acordo com as tabelas 2 e 3 do texto principal.

Obs. 2: **As variáveis excluídas estão em vermelho e negrito.**

Obs. 3: **As variáveis selecionadas estão em verde e negrito.**

Tabela 1 - Seleção de modelo para chuva de sementes da *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, modelo: glm.nb (formula = CS ~ sitio * aiCry * aiCop + (1 | ano), data = dados, init.theta = 0.5973471802, link = log).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	2,85880	0,47968	5,960	2,53E-09 ***
sitioGR	-3,49519	0,70165	-4,981	6,31E-07 ***
sitioJAG	-0,22698	0,60863	-0,373	0,7092
aiCry	-0,03061	0,01650	-1,856	0,0635 .
aiCop	2,14603	1,86733	1,149	0,2505
1 ano TRUE	NA	NA	NA	NA
sitioGR:aiCry	0,18015	0,02932	6,144	8,02E-10 ***
sitioJAG:aiCry	0,02708	0,02063	1,313	0,1893
sitioGR:aiCop	0,07819	1,95931	0,040	0,9682
sitioJAG:aiCop	-2,55030	1,93538	-1,318	0,1876
aiCry:aiCop	-0,07362	0,07549	-0,975	0,3294
sitioGR:aiCry:ai Cop	-0,11298	0,08746	-1,292	0,1964
sitioJAG:aiCry:a iCop	0,06903	0,07665	0,901	0,3678
AIC	635.91			

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Seleção de modelo para chuva de sementes da *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, modelo:glm.nb (formula = CS ~ sitio + aiCry + aiCop + (1 | ano) + sitio : aiCry + sitio : aiCop + aiCry : aiCop, data = dados, init.theta = 0.5191232651, link = log).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	3,10640	0,50388	6,165	7,05E-10 ***
sitioGR	-2,89223	0,70641	-4,094	4,24E-05 ***
sitioJAG	-0,54616	0,63949	-0,854	0,3931
aiCry	-0,04011	0,01734	-2,313	0,0207 *
aiCop	0,75816	0,55867	1,357	0,1748
1 ano TRUE	NA	NA	NA	NA
sitioGR:aiCry	0,13242	0,02888	4,585	4,55E-06 ***
sitioJAG:aiCry	0,04098	0,02147	1,909	0,0563 .
sitioGR:aiCop	-0,47860	0,55912	-0,856	0,3920
sitioJAG:aiCop	-0,80792	0,55883	-1,446	0,1482
aiCry:aiCop	-0,01411	0,01326	-1,064	0,2874
AIC	645.26			

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 - Seleção de modelo para chuva de sementes da *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, modelo:glm.nb (formula = CS ~ sitio + aiCry + aiCop + (1 | ano) + sitio : aiCry + sitio : aiCop, data = dados, init.theta = 0.5108884723, link = log).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	3,18369	0,5084	6,262	3,80E-10 ***
sitioGR	-2,95194	0,71124	-4,150	3,32E-05 ***
sitioJAG	-0,51459	0,63823	-0,806	0,4201
aiCry	-0,04298	0,01754	-2,451	0,0143 *
aiCop	0,46057	0,4612	0,999	0,318
1 ano TRUE	NA	NA	NA	NA
sitioGR:aiCry	0,13381	0,02904	4,608	4,07E-06 ***
sitioJAG:aiCry	0,03724	0,02096	1,776	0,0757 .
sitioGR:aiCop	-0,29880	0,54223	-0,551	0,5816
sitioJAG:aiCop	-0,99979	0,55807	-1,791	0,0732 .
AIC	644.73			

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 - Seleção de modelo para chuva de sementes da *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, modelo:glm.nb (formula = CS ~ sitio + aiCry + aiCop + (1 | ano) + sitio : aiCry, data = dados, init.theta = 0.4881210812, link = log).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	3,40220	0,50606	6,723	1,78E-11 ***
sitioGR	-2,82926	0,68678	-4,120	3,79E-05 ***
sitioJAG	-0,83727	0,63524	-1,318	0,18749
aiCry	-0,04762	0,01795	-2,652	0,00799 **
aiCop	0,10032	0,19461	0,515	0,60620
1 ano TRUE	NA	NA	NA	NA
sitioGR:aiCry	0,11860	0,02939	4,036	5,44E-05 ***
sitioJAG:aiCry	0,03698	0,02122	1,742	0,08143 .
AIC	645.6			

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5 - Seleção de modelo para chuva de sementes da *Cryptostegia madagascariensis* Bojer, modelo:glm.nb (formula = CS ~ sitio + aiCry + aiCop + (1 | ano) + sitio : aiCry, data = dados, init.theta = 0.4881210812, link = log).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr (> z)
(Intercept)	3,46993	0,50337	6,893	5,45E-12 ***
sitioGR	-2,58914	0,68058	-3,804	1,42E-04 ***
sitioJAG	-0,89713	0,63549	-1,412	0,158035
aiCry	-0,04901	0,01797	-2,728	0,006374 **
1 ano TRUE	NA	NA	NA	NA
sitioGR:aiCry	0,10586	0,02925	3,619	2,95E-04 ***
sitioJAG:aiCry	0,03900	0,02106	1,852	0,064073 .
AIC	643.95			

Fonte: Autoria própria.