



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**PAULO DE SOUZA ALBUQUERQUE JUNIOR**

**BIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833)  
(HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) E SEU CONTROLE COM EXTRATO DE SISAL**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2022**

**PAULO DE SOUZA ALBUQUERQUE JUNIOR**

**BIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833)  
(HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) E SEU CONTROLE COM EXTRATO DE SISAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias. Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

**Orientador:** Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2022**

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

A345b Albuquerque Junior, Paulo de Souza.  
Biologia e exigências térmicas de *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae) e seu controle com extrato de sisal [manuscrito] / Paulo de Souza Albuquerque Junior. - 2022.  
53 p. : il. colorido.  
  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2022.  
"Orientação : Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva, Embrapa Algodão."  
1. Cochonilha de escamas. 2. *Opuntia stricta*. 3. Limiar térmico. 4. Inseticida botânico. I. Título  
21. ed. CDD 633.577

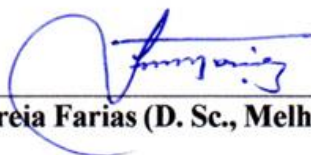
**PAULO DE SOUZA ALBUQUERQUE JUNIOR**

**BIOLOGIA E EXIGÊNCIAS TÉRMICAS DE *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833)  
(HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) E SEU CONTROLE COM EXTRATO DE SISAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Paraíba/ Embrapa Algodão, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias. Área de Concentração: Agrobioenergia e Agricultura Familiar.

Aprovada em: 25/08/2022

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof. Dr. Francisco José Correia Farias (D. Sc., Melhoramento de plantas) – Embrapa Algodão**



Prof. Carlos Henrique de Brito  
UFPB - CCA  
SIAPE 17163109

**Prof. Dr. Carlos Henrique de Brito (D. Sc., Agronomia) – UFPB**



Carlos Alberto D. da Silva  
Entomologista Embrapa Algodão  
Mat. 293.874-00

**Prof. Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva (D. Sc., Entomologia) – Embrapa Algodão  
(Orientador)**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a **Deus**, por ter me dado o dom da vida, saúde, inteligência, sabedoria, paciência, foco, força e fé. Por ter abençoado meus estudos, me ajudando a cumprir com minhas obrigações acadêmicas, e acima de tudo, pela superação nos momentos difíceis, que em meio às dificuldades consegui me manter firme e forte em busca dos meus objetivos.

Aos meus pais **Paulo de Souza Albuquerque** e **Maria José Nunes de Albuquerque**, pelo incentivo, colaboração e investimento nos meus estudos desde os níveis da Educação Básica até o Ensino Superior. Pela educação, amor, confiança, conselhos, motivação, e por ter acreditado na minha capacidade de vencer.

Às minhas irmãs **Ana Paula** e **Palloma**, pela motivação, incentivo e apoio durante todo meu percurso acadêmico.

À minha avó **Maria Lúcia de Souza Albuquerque** (*in memoriam*), eterna professora do fundamental I, que sempre me apoiava e se orgulhava dos meus avanços nos estudos.

À toda minha família, que sempre me incentivou e acreditou no meu potencial, e por me fazer ser um ser cada vez melhor.

A todos os amigos e colegas de turma; pelos os bons momentos compartilhados, interação e apoio. E aos integrantes do Laboratório de Entomologia (Embrapa Algodão) pela amizade e contribuições para a realização da pesquisa.

Aos meus professores da UEPB/EMBRAPA, por todos os ensinamentos, conhecimentos adquiridos e contribuições para minha formação acadêmica.

Ao meu orientador **Dr. Carlos Alberto Domingues da Silva**, pelos ensinamentos, orientações, conhecimentos compartilhados, apoio e disponibilidade para a realização e sucesso dessa pesquisa; e pela contribuição significativa para meu crescimento acadêmico e profissional.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias (PPGCA), pela oportunidade e oferta do curso de Mestrado em Ciências Agrárias.

À Embrapa Algodão pela acolhida, infraestrutura e oportunidade de conduzir a pesquisa no laboratório de Entomologia, campo experimental e casa de vegetação.

À banca examinadora, pela disponibilidade, sugestões e contribuições para a construção e enriquecimento do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, pelo apoio e concessão da bolsa de mestrado.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente, meu muito obrigado.

## RESUMO

A Palma forrageira é uma importante cultura que serve de suporte para a manutenção de atividades agropecuárias no semiárido brasileiro. Com caráter xerófilo, os gêneros *Opuntia* e *Nopalea* têm sido a principal fonte alimentar dos rebanhos, principalmente nos períodos de extrema seca. No entanto, a redução na produtividade da cultura tem se tornado um problema, em função do aumento de ataques e danos ocasionados por insetos-praga, como é o caso da cochonilha de escama, *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae). O objetivo desta pesquisa foi estudar a biologia e exigências térmicas de *D. echinocacti* e seu controle com extrato de sisal. Os bioensaios foram efetuados no laboratório de Entomologia e em casa de vegetação da Embrapa Algodão, Campina Grande, Paraíba. As respostas biológicas e exigências térmicas de *D. echinocacti* foram avaliadas nas temperaturas constantes de 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12 horas em laboratório. Foram realizados dois experimentos para testar a eficácia de extrato de sisal contra a cochonilha de escamas da palma forrageira. O primeiro objetivou selecionar uma concentração de extrato do genótipo de sisal mais promissor para causar mortalidade em 80% da população ( $CL_{80}$ ) de ninfas móveis de primeiro instar de *D. echinocacti* e o segundo para determinar a eficácia do extrato selecionado contra ninfas, pupas e adultos de diferentes idades da cochonilha em laboratório e casa de vegetação. O período de desenvolvimento e a sobrevivência nos estágios de ovo, ninfa e pupa, ciclo de ovo-adulto, longevidade e fecundidade de *D. echinocacti* nos cladódios de palma forrageira variou com as temperaturas, sendo a faixa de 25°C e 30°C as mais favoráveis para esta cochonilha de escamas. O potencial de crescimento populacional de *D. echinocacti* foi maior nos municípios Barra de Santana, João Pessoa, Monteiro e Patos, Paraíba, Brasil. O maior número de gerações por ano de *D. echinocacti*, estimado para João Pessoa e Patos, indica que o cultivo da palma forrageira deve ser evitado nesses municípios. A concentração letal mais eficiente em causar mortalidade em 80% da população de ninfas móveis de primeiro instar de *D. echinocacti* foi obtida para o extrato do genótipo de sisal *A. fourcroydes* cv. Cabinho, seguido por *A. sisalana* cv. Tatuí 3. O extrato de sisal do genótipo *A. fourcroydes* cv. Cabinho foi responsável por causar mortalidade superior a 74% em ninfas, pupas e adultos de diferentes idades de *D. echinocacti* em condições de laboratório e casa de vegetação. No entanto, maior eficácia em causar mortalidade dessa cochonilha foi obtida após aplicações com óleo mineral isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal.

**Palavras-chave:** Cochonilha de escamas. *Opuntia stricta*. Limiar térmico. Inseticida botânico.

## ABSTRACT

The forage palm is an important crop that supports the maintenance of agricultural activities in the Brazilian semiarid region. With a xerophilous character, the genera *Opuntia* and *Nopalea* have been the main food source for herds, especially in periods of extreme drought. However, the reduction in crop productivity has become a problem, due to the increase in attacks and damage caused by insect pests, such as the scale mealybug *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae). The objective of this research was to study the biology and thermal requirements of *D. echinocacti* and its control with sisal extract. The bioassays were carried out in the Entomology laboratory and in a greenhouse at Embrapa Algodão, Campina Grande, Paraíba. The biological responses and thermal requirements of *D. echinocacti* were evaluated at constant temperatures of 25, 28, 30, 33 and 35 °C, relative humidity of 60 ± 10% and photoperiod of 12 hours in the laboratory. Two experiments were carried out to test the efficacy of sisal extract against cactus scale mealybug. The first aimed to select a concentration of extract from the most promising sisal genotypes to cause mortality in 80% of the population (LC80) of first instar *D. echinocacti* crawlers nymphs and the second to determine the effectiveness of the selected extract against nymphs, pupae and mealybug adults of different ages in laboratory and greenhouse. The period of development and survival in the stages of egg, nymph and pupa, egg-adult cycle, longevity and fecundity of *D. echinocacti* in the cladodes of forage cactus varied with the temperatures, being the range of 25°C and 30°C the most favorable for this scale mealybug. The population growth potential of *D. echinocacti* was higher in the municipalities of Barra de Santana, João Pessoa, Monteiro and Patos, Paraíba, Brazil. The highest number of generations per year of *D. echinocacti*, estimated for João Pessoa and Patos, indicates that the cultivation of forage cactus should be avoided in these municipalities. The most efficient lethal concentration in causing mortality in 80% of the population of first instar crawlers nymphs of *D. echinocacti* was obtained for the extract of the sisal genotype *A. fourcroydes* cv. Cabinho, followed by *A. sisalana* cv. Tatuí 3. The sisal extract of the genotype *A. fourcroydes* cv. Cabinho was responsible for causing mortality greater than 74% in nymphs, pupae and adults of different ages of *D. echinocacti* under laboratory and greenhouse conditions. However, greater effectiveness in causing mortality of this mealybug was obtained after applications with mineral oil alone or in mixture with sisal extract.

**Keywords:** Scale mealybug. *Opuntia stricta*. Thermal threshold. Botanical insecticide.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Modelos resumidos dos efeitos da temperatura e estágios sobre o tempo de desenvolvimento e sobrevivência da cochonilha *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) usando análise de variância de duas vias (ANOVA). .....27
- Tabela 2.** Sobrevivência dos estágios de ovo, ninfa, pupa e do ciclo de ovo a adulto de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) com cladódios de palma forrageira, *Opuntia stricta* [Haw.] nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas.....28
- Tabela 3.** Duração do desenvolvimento dos estágios de ovo, ninfa, pupa e do ciclo de ovo a adulto de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) com cladódios de palma forrageira, *Opuntia stricta* [Haw.] nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas.....29
- Tabela 4.** Parâmetros reprodutivos (média ± erro padrão) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C e 33°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas..... 30
- Tabela 5.** Temperatura-base (T<sub>b</sub>), constante térmica (K), intercepta (a), coeficiente angular (b) da equação de regressão da velocidade de desenvolvimento dos estágios imaturos e ciclo de ovo-adulto de fêmeas de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira. .... 31
- Tabela 6.** Acúmulo de graus-dia anual (GDA) e prováveis números de gerações (Gerações) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cinco municípios produtores de palma forrageira em quatro mesorregiões do Estado da Paraíba, baseado na constante térmica<sup>(1)</sup> ..... 32
- Tabela 7.** Estimativa da concentração letal de extratos aquosos de seis acessos de sisal para causar mortalidade em 80% da população (DL80) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae). ..... 33
- Tabela 8.** Estimativa ajustada da concentração letal do extrato aquoso de *Agave fourcroydes* cv. Cabinho para causar mortalidade em 80% da população (CL80) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae). ..... 33



**Tabela 9.** Mortalidade (% , Média  $\pm$  EP) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) alimentada com discos de cladódios de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.] Haw., impregnados com extrato de sisal (valor ajustado ao modelo proposto), óleo mineral (Assist®), Thiamethoxan (Actara 250 WG®), mistura de extrato de sisal + óleo mineral (ES + OM) e água destilada (Testemunha). ..... 34

**Tabela 10.** Tratamentos, áreas do cladódio (AC) e do disco (AD) de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.], números prévios de cochonilhas de escamas, *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) estimados por discos e cladódios dessa mesma espécie de planta em casa de vegetação. .... 35

**Tabela 11.** Mortalidade (%) da cochonilha de escamas, *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.] em casa de vegetação com 1, 3, 5, 8 e 10 dias após a pulverização (DAP) com extrato de sisal (ES, valor ajustado ao modelo proposto), óleo mineral (OM, Assist®), Thiamethoxan (Actara 250 WG®) e mistura de extrato de sisal + óleo mineral (ES + OM) e a Testemunha (água destilada)..... 35

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Estágios imaturos de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódio de palma forrageira com a massa de ovos próxima à fêmea com a carapaça removida (A), ninfa móvel de primeiro instar (B) e sésil de segundo instar (C), pupa do macho (D), fêmea com carapaça (E) e macho alado (F).....21
- Figura 2.** Longevidade de fêmeas e machos de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas.....30

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	12
<b>2.1</b>	<b>A cultura da palma forrageira</b>	12
<b>2.2</b>	<b>Bioecologia da cochonilha de escama <i>Diaspis echinocacti</i></b>	14
<b>2.3</b>	<b>Controle da cochonilha de escama com extrato de <i>Agave sisalana</i></b>	16
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	19
<b>3.1</b>	<b>Local do estudo</b>	19
<b>3.2</b>	<b>Insetos, plantas e extrato vegetal</b>	19
<b>3.3</b>	<b>Biologia e exigências térmicas de <i>Diaspis echinocacti</i></b>	20
<b>3.4</b>	<b>Seleção de extratos de acessos de sisal com base na concentração letal</b>	22
<b>3.5</b>	<b>Eficácia do extrato de sisal em laboratório</b>	23
<b>3.6</b>	<b>Eficácia do extrato de sisal em casa de vegetação</b>	24
<b>3.7</b>	<b>Análise dos dados</b>	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	27
<b>4.1</b>	<b>Aspectos biológicos e exigências térmicas de <i>Diaspis echinocacti</i> (Hemiptera: Diaspididae)</b>	27
<b>4.2</b>	<b>Seleção de extratos de acessos de sisal com base na concentração letal</b>	32
<b>4.3</b>	<b>Eficácia do extrato de sisal em condições de laboratório e em casa de vegetação</b>	32
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	36
<b>5.1</b>	<b>Aspectos biológicos e exigências térmicas de <i>Diaspis echinocacti</i> (Hemiptera: Diaspididae)</b>	36
<b>5.2</b>	<b>Seleção de extratos de sisal e eficácia de mortalidade em condições de laboratório e em casa de vegetação</b>	38
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	41
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	42

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões de condições semiáridas são caracterizadas pela baixa precipitação, com chuvas irregulares e altas temperaturas, o que afeta diretamente a disponibilidade de alimentos para a produção animal (MARQUES et al., 2017). Apesar disso, o semiárido brasileiro se destaca com atividade agropastoril envolvendo lavouras de baixa produtividade e a criação de bovinos, caprinos e ovinos de dupla aptidão (BATISTA; SOUZA, 2015). Além das condições sanitárias favoráveis à pecuária, a integração com a caatinga fornece características especiais para muitos produtos, ao longo da cadeia produtiva, os quais podem ser produzidos com alta qualidade para mercados exigentes e ainda pouco explorados (SILVA et al., 2019).

O aumento da produção pecuária está associado ao aumento das demandas sobre os requisitos de nutrientes para alimentar os animais (PASTORELLI et al., 2022). Nesse sentido, a principal limitação para expansão e rentabilidade agropecuária no bioma Caatinga é a falta de suporte forrageiro para períodos de estiagem que podem se prolongar por até nove meses seguidos, associado à alta variabilidade de chuvas e baixo potencial de água de subsolo (NYS; ENGLE, 2014). Nessa condição natural, culturas xerófilas e de tolerância hídrica se sobressaem e têm sido essencial para a manutenção dos rebanhos com custos melhores que a utilização de concentrados de grãos (SILVA; SAMPAIO, 2015).

*Opuntia* e *Nopalea* são os principais gêneros de palma forrageira cultivados no semiárido brasileiro e ocupam uma área de aproximadamente 600.000 hectares (EDVAN et al., 2020; MOREIRA, et al., 2020). Essas palmas têm sido a melhor opção com vantagens de custos e sustentabilidade para as propriedades dessa região (OLIVEIRA et al., 2007). Quando comparada ao milho, elas apresentam coeficientes de alta taxa de produção de matéria seca para a mesma quantidade de água (VERAS et al., 2002). Se manuseada adequadamente, a palma pode alcançar alta produtividade, garantindo os nutrientes necessários aos animais (SILVA et al., 2020). Além de sua tolerância à seca e grande quantidade de forragem produzida, a palma forrageira é rica em água, energia e minerais; e apesar de possuir baixo teor de proteína, possui altos teores de carboidratos, fibras e fitoquímicos (antioxidantes); características importantes na alimentação e dessedentação dos animais devido à escassez hídrica (FROTA et al., 2015; MOREIRA et al., 2020; PASTORELLI et al., 2022).

A cochonilha de escamas, *Diaspis echinocacti* é considerada uma das principais pragas da palma forrageira no Brasil, devido a sua alta adaptação e danos causados em plantas hospedeiras (LOPES et al., 2018). Apesar disso, poucos são os estudos realizados sobre sua bioecologia (OETTING, 1984). A temperatura, por exemplo, é um fator abiótico com

importantes efeitos na dinâmica populacional, ecologia e biologia de pragas e inimigos naturais (BAYINDIR; BİRGÜCÜ, 2016). Porém, para entender seu efeito no ciclo de vida dos insetos, é necessário determinar a temperatura-base e a constante térmica desses artrópodes (DAMOS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008, 2011; BAYINDIR; BİRGÜCÜ, 2016), o que pode afetar o manejo desses organismos.

O manejo de *D. echinocacti* através da aplicação de inseticidas químicos não é indicado, porque eles podem selecionar populações resistentes desta praga e tornar a carne e o leite de bovinos, caprinos e ovinos inadequados para o consumo humano; devido ao acúmulo de resíduos nos cladódios que são utilizados na alimentação desses animais (SANTOS et al., 2013). Portanto, para amenizar os problemas associados ao uso de pesticidas químicos no controle da cochonilha, torna-se necessário a busca de alternativas sustentáveis. O uso de substâncias com ação inseticida, como extratos botânicos e óleos essenciais, tem sido uma excelente alternativa no controle de insetos-praga (RAMDANI et al., 2021).

A prospecção de inseticidas naturais com princípios ativos obtidos de extrato de plantas tem sido uma estratégia eficiente para controle de pragas em cultivos agrícolas com menor impacto sobre humanos, animais domésticos e o meio ambiente (SANTOS et al., 2013). Extratos de plantas do gênero *Agave* mostraram ação biocida sobre o carrapato bovino *Boophilus microplus*, Canestrini, 1887 (PIZARRO, 1998); larvas dos mosquitos *Aedes aegypti*, Linnaeus, 1762 e *Culex quinquefasciatus*, Say, 1823 (PIZARRO et al., 1999; NUNES et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016); e no controle do nematoide de galhas do tomateiro (GONÇALVES JÚNIOR, 2002). Estudos conduzidos com extratos de *Agave* híbrido (*Agave sisalana* Perrine) em cultura de células primárias de larvas de *A. aegypti* demonstraram ação citotóxica (OLIVEIRA et al., 2016). Essa formulação foi depositada no INPI BR1020180130056 que descreve a coleta, estabilização e processamento de um material em pó concentrado, solúvel em água e com capacidade inseticida.

Com a identificação de variabilidade em acessos de *Agave* promissores para a indústria de fibras, novos produtos naturais com componentes isolados e purificados poderão ser desenvolvidos com características comerciais, envolvendo processos de transformação em escala, bem como a identificação, purificação e concentração de novos princípios ativos. Sendo assim, a aplicação do extrato de *Agave* como princípio ativo pode ser uma excelente alternativa para o controle da cochonilha de escama na palma forrageira.

Dessa forma, esta pesquisa teve por objetivo estudar a biologia e exigências térmicas de *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae) e seu controle com extrato de sisal.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A cultura da palma forrageira

O Semiárido brasileiro é composto por 1.262 municípios, ocupando uma área de 969.589 km<sup>2</sup>, onde estão incluídos os Estados do Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, Sudeste do Piauí, Oeste de Alagoas e Sergipe, região central da Bahia e uma faixa que se estende em Minas Gerais, seguindo o Rio São Francisco, juntamente com um enclave no vale seco da região média do rio Jequitinhonha (BRASIL, 2020; SUDENE, 2017). Esta região é marcada pela variabilidade espaço-temporal, que, associada aos baixos totais anuais de precipitação, resulta na frequente ocorrência de dias sem chuva (veranicos), e conseqüentemente, em eventos de “seca” (CORREIA et al., 2011).

Caracterizado pelo clima instável, o acentuado déficit hídrico do semiárido se constitui no principal fator limitante para a exploração pecuária da região por causa da baixa produção de plantas forrageiras, o que tem impacto negativo na viabilidade técnica e econômica da produção animal; dificultando a manutenção e criação de bovinos, caprinos e ovinos (NYS; ENGLE, 2014; SILVA et al., 2020). Para suplantarmos esse problema, a utilização de espécies vegetais adaptadas à região é essencial para evitar perdas produtivas e financeiras em sistemas de produção, e neste sentido, a palma forrageira aparece como importante fonte alimentar para a criação desses rebanhos (SILVA; SAMPAIO, 2015; MARQUES et al., 2017).

Cactácea originária das regiões áridas do continente americano, mais especificamente no México, a palma forrageira vem sendo cultivada nas zonas áridas e semiáridas de todo o mundo (SENAR, 2018). Sua adaptabilidade às condições edafoclimáticas desta região, apresentando baixa demanda hídrica, bom valor nutricional e alto potencial produtivo, são atributos essenciais para o cultivo no semiárido brasileiro (REIS FILHO, et al., 2022). Acredita-se que a introdução da palma no Brasil ocorreu por volta do século XVIII, trazida por colonizadores portugueses, tendo como principal objetivo a produção do corante carmin, usado na época pela indústria têxtil. No entanto, somente no início do século XX, a palma passou a ser cultivada como recurso forrageiro no semiárido nordestino, com o advento das grandes secas (DOMINGUES, 2001).

Nas primeiras décadas do século 20, os produtores brasileiros de palma ao perceberem sua elevada resistência à seca e palatabilidade ao gado, passaram a cultivar a palma como espécie forrageira (FROTA et al., 2015). O cultivo da palma forrageira teve início em meados de 1932 por ação governamental que autorizou a implantação de 200 campos de palma no

Nordeste do Brasil para diminuir o impacto provocado pela seca que assolava a região (SUASSUNA, 2013; FROTA et al., 2015). Esses campos se localizavam próximo às regiões onde já se cultivava a planta e se estabeleceram no entorno da cidade de Pedra, Alagoas, da cidade de Paulista, Pernambuco, e da cidade de Rio Tinto, Paraíba, motivo pelo qual esses são os três estados de maior tradição no cultivo e produção de palma no Brasil (SUASSUNA, 2013). Além de ser adaptável ao clima, a palma forrageira tem boa capacidade de rebrota após o corte, como uma cultura que pode ser explorada por vários anos seguidos, possibilitando em plantios adensados, maior eficiência no uso da terra (ANDRADE et al., 2010).

Neste sentido, merece destaque as palmas forrageiras pertencentes aos gêneros *Opuntia* e *Nopalea*, porque nelas se encontram as principais espécies associadas às alimentações humana e animal, o que pode explicar o maior sucesso nos processos de distribuição, dispersão e multiplicação destas plantas na região do semiárido brasileiro (BAYAR et al., 2018; VOLPE et al., 2018). No Brasil, a palma gigante (*Opuntia ficus indica*), palma redonda (*Opuntia* sp.), palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) e a palma doce ou miúda (*Nopalea cochenillifera*) são as principais variedades de palma que são cultivadas como recurso forrageiro (LOPES, 2012; SENAR, 2018). Essas palmas forrageiras se concentram no semiárido nordestino e ocupam uma área de aproximadamente 600.000 hectares (MOREIRA, et al., 2020). No Nordeste brasileiro, a expansão do cultivo se deu de forma expressiva nos estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco e Paraíba, todos certamente com áreas superiores a 100 mil hectares. O restante é cultivado no Estado de São Paulo, nos municípios de Valinhos, Jundiaí, Mogi das Cruzes, Campinas e Itapeva, onde são cultivadas para produção de frutos, comercializadas nos principais supermercados das capitais brasileiras e exportadas para países europeus e para os Estados Unidos (DUBEUX-JUNIOR et al., 2017; LIMA et al., 2019).

A palma forrageira pertence à divisão Embryophyta, subdivisão Angiospermea, classe Dicotyledoneae, subclasse Archiclamideae, ordem Opuntiales e família das Cactáceas (SILVA; SAMPAIO, 2015). Essa família tem cerca de 178 gêneros e 2.000 espécies conhecidas (SILVA; SANTOS, 2007) e comparada com outras famílias de plantas, relativamente poucas espécies de insetos-praga tem coevoluído com essa Cactaceae (MORAN, 1980). Por isto, os insetos que se alimentam desta suculenta cactácea, normalmente, apresentam características e adaptações que lhes permitem sobreviver alimentando-se destas plantas (ZIMMERMANN; GRANATA, 2002). A principal força motriz na evolução desta cactácea foi à seleção de fatores que reduzem a dessecação, o que resulta em mudanças morfofisiológicas, tais como suculência (80-90% de água), metabolismo

fotossintético ácido crassuláceo (CAM) e uma ampla diversidade de alcaloides, abundância de ácido oxálico, perda de folhas, decréscimo na proporção entre superfície/volume, mucilagem e cutícula dura; requisitos necessários para suportar os rigores de clima e as especificidades físico-químicas dos solos das zonas semiáridas (BENSON, 1982; BARTHLOTT; HUNT, 1993; CHIACCHIO et al., 2006). Muitos dos insetos que se alimentam da palma forrageira têm que suplantar essas barreiras e se adaptar de maneira única a essas modificações morfofisiológicas. Entre esses insetos, destaca-se a cochonilha de escama da palma forrageira, *Diaspis echinocacti* (Hemiptera: Diaspididae).

## 2.2 Bioecologia da cochonilha de escama *Diaspis echinocacti*

Pertencente à classe Insecta, a cochonilha de escama *Diaspis echinocacti* (Bouché) está incluída na ordem Hemiptera, subordem Sternorrhyncha, superfamília Coccoidea e família Diaspididae (GALLO et al., 2002). Diaspididae constitui um dos grupos que afetam uma ampla variedade de plantas hospedeiras e inclui várias das pragas agrícolas em todo o mundo (MOGHADDAM et al., 2021). Em geral, o maior número e diversidade de espécies são encontrados nas regiões tropicais e subtropicais e em áreas com altas temperaturas (CLAPS et al., 2001; OJHA; SINGH, 2019).

Essa família inclui pequenos insetos com cerca de 1-3 mm; caracterizados por apresentar um escudo protetor endurecido, escamas blindadas de cera de proteína autoproduzida, que inclui as exúvias ninfais, e que cresce junto com o inseto, protegendo-o durante quase toda a sua vida (CLAPS et al., 2001; BEM-DOV, 2011, 2012; ROUHANI et al., 2018). Possuem também um "pigídio", produto da fusão dos últimos segmentos abdominais posteriores, na qual tem lóbulos especiais na margem que agem como espátulas e muitas vezes apêndices em forma de pincel, e que ajudam a espalhar as ceras quando o inseto torce e gira durante a construção da cobertura da escama (HENDERSON, 2011).

A cochonilha de escama da palma forrageira, conhecida vulgarmente por piolho ou mofo da palma, representa o grupo de mais alto nível de evolução, tanto por ser sésil, quanto por secretar carapaça cerosa (MILLER; KOSZTARAB, 1979). A palma infestada pela cochonilha de escama é facilmente reconhecida pelo aspecto peculiar do aglomerado de escamas em diferentes estágios de desenvolvimento, com coloração marrom-clara a esbranquiçada, mascarando o verde típico da cactácea ao formar colônias (FERRAZ et al., 2017; LIMA et al., 2019). Além de possuir carapaça protetora, essa espécie se reproduz por



partenogênese telítoca e por anfigonia (reprodução sexuada), o que proporciona a essa cochonilha alto potencial reprodutivo e de infestação (LIMA; GAMA, 2001).

*Diaspis echinocacti* ao reproduzir-se sexuadamente, apresenta várias gerações sobrepostas por ano (FERRIS, 1954). Cada fêmea põe aproximadamente 150 ovos (276 é o máximo registrado) e vive por até 230 dias (OETTING, 1984). A duração do desenvolvimento de ovo a adulto é de aproximadamente 23 dias para fêmeas (24 para machos) a 27 °C e uma geração dura cerca de 50 dias (GILL, 1997). As ninfas de primeiro instar são móveis e se dispersam para novas partes da planta ou são dispersas pelo vento ou contato com animais. As ninfas de 2º instar são sésseis e apresentam dimorfismo sexual aparente, na qual a escama masculina é mais alongada, enquanto que a da fêmea é maior e circular (HENDERSON, 2011). O 3º instar é o estágio ninfal final da fêmea, enquanto no macho, o 3º estágio é a pré-pupa, que é seguido pelo estágio de pupa antes que o adulto alado emerja. Os estádios de pré-pupa e pupa são agrupados pela dificuldade de diferenciá-los (OETTING, 1984). A dispersão de adultos sésseis e ovos ocorrem por meio do transporte humano de material vegetal infestado. Os machos são pequenos e alados, com uma duração de vida de dois a três dias, tempo suficiente para fecundar as fêmeas, mas não para se alimentar (ARRUDA FILHO; ARRUDA, 2002).

A infestação de *D. echinocacti* ocorre diretamente nos cladódios (raquetes) da palma, onde formas imaturas e adultas recobrem com suas colônias. Ao se alimentar, as cochonilhas de escama danificam estas estruturas da palma causando, inicialmente, dano direto, pela ação espoliadora de seu aparelho bucal, quando as raquetes começam a apresentar clorose (DAVIDSON; MILLER, 1990; FERRAZ et al., 2017). O dano indireto ocorre pela ação de microrganismos que penetram nos locais espoliados pela cochonilha, causando apodrecimento, queda das raquetes e morte nos cladódios da palma (LIMA et al., 2015; FERRAZ et al., 2017). Os danos ocasionados pela cochonilha de escama dependem dos níveis de infestação do inseto, manejo da cultura e a influência dos fatores bióticos e/ou abióticos sobre o seu desenvolvimento (LIMA et al., 2019). Ataques da cochonilha da palma têm sido relatados em cultivos de palma nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (LOPES, 2012).

A cochonilha de escamas pode ser uma praga particularmente séria de hospedeiros suscetíveis em estufas, às vezes fazendo com que plantas inteiras de cactos murchem e morram (DAVIDSON; MILLER, 1990). Espécie cosmopolita, foi relatada como praga de *Opuntia* sp. na Argentina, Brasil, Estados Unidos, França, Polinésia Francesa e outros países (REBOUL, 1976; ALMEIDA, 1986; LIMA; BARBOSA, 1988; CLAPS et al., 2001; FOLDI,

2001). Na Argentina, esta espécie pode causar a dessecação de plantas hospedeiras que crescem em grandes altitudes (CLAPS et al., 2001). Na Califórnia, aplicações ocasionais de inseticidas são necessárias para controlar as infestações de *D. echinocacti* em cactos cultivados em viveiros e outros lugares (GILL, 1997). Na França, *D. echinocacti* é descrita como praga ocasional de cactáceas (DANZIG; PELLIZZARI, 1998), mas no Brasil é considerada praga séria da palma forrageira (ALMEIDA, 1986; LIMA; BARBOSA, 1988). A espécie é também considerada praga de *Opuntia* na Sicília (RUSSO; SISCARO, 1994). No México, é conhecida por escama blindada, por dificultar à adoção de medidas de controle (FERRAZ et al., 2017).

Apesar da importância atribuída a essa cochonilha, poucos estudos tem sido realizados sobre sua biologia (OETTING, 1984), em especial sobre suas exigências térmicas. A temperatura é um fator determinante na distribuição geográfica das espécies (CALOSI et al., 2010; KELLERMANN et al., 2012a, b; OVERGAARD et al., 2014) e particularmente na atividade metabólica e no tempo de desenvolvimento dos insetos (DAMOS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2011). Porém, para entender o efeito da temperatura no ciclo de vida dos insetos, é necessário determinar a temperatura-base e a constante térmica desses artrópodes (DAMOS; SAVOPOULOU-SOULTANI, 2008, 2011). Portanto, as informações sobre as necessidades térmicas de *D. echinocacti* podem ter implicações importantes nos programas de controle dessa praga, pois a temperatura determina o crescimento e o tamanho da população dos insetos e sua variação nas diferentes condições ambientais (OLIVEIRA et al., 2019). Assim, o conhecimento dessas informações podem fornecer importantes subsídios para a previsão da sua dinâmica populacional, distribuição espacial e sazonal e controle de *D. echinocacti* nas principais regiões produtoras de palma forrageira do Brasil.

### **2.3 Controle da cochonilha de escama com extrato de *Agave sisalana***

Atualmente, a cochonilha de escama da palma forrageira, *D. echinocacti*, é considerada praga-chave dessa cultura nas principais regiões produtoras do Nordeste, principalmente por conta do material genético homogêneo das plantas. Tais perdas também ocorrem devido à agressividade e ao potencial biótico da praga (LOPES et al., 2010). Para a adoção do MIP em cultivos de plantas forrageiras são necessárias etapas básicas como; monitoramento das pragas, conhecimento dos níveis de tolerância das plantas aos danos causados, informações sobre os aspectos bioecológicos, seleção e uso planejado dos métodos de controle possíveis de serem adotados (FAVETTI et al., 2021).

O manejo de *D. echinocacti* através da aplicação de inseticidas químicos não é indicado, porque eles podem selecionar populações resistentes desta praga e tornar a carne e o leite de bovinos, caprinos e ovinos inadequados para o consumo humano devido ao acúmulo de resíduos nos cladódios que são utilizados na alimentação desses animais (SANTOS et al., 2013). Para amenizar os problemas associados ao uso de pesticidas químicos no controle de insetos-praga, torna-se necessário a adoção de alternativas sustentáveis. Sendo assim, o conjunto de plantas que possuem substâncias inseticidas são enormes, como extratos botânicos e óleos essenciais, e podem fornecer uma abordagem alternativa no controle desses insetos (RAMDANI et al., 2021).

A utilização de plantas como inseticidas é uma prática bastante antiga utilizada no controle de insetos-praga (ROEL et al., 2000). Inseticidas naturais, de origem vegetal, fazem uso de partes botânicas, para o desenvolvimento de extratos e óleos essenciais (ROEL, 2001), os quais podem ser empregados na forma de substâncias isoladas ou em misturas complexas que exibem uma série de atividades biológicas, agindo como repelentes, inseticidas, fungicidas, nematicidas e bactericidas (ISMAN, 2006). Estudos descobriram que em várias espécies de insetos, incluindo espécies de importância agrícola, os pesticidas botânicos inibem a ingestão de alimentos, o crescimento em vários estágios de desenvolvimento e a postura de ovos (AHARONI et al., 2005; NAGEGOWDA, 2010; PAVELA, 2011; REGNAULT-ROGER et al., 2012).

Existem evidências de que os pesticidas botânicos podem apresentar diferentes mecanismos de ação em insetos e mamíferos, agindo especialmente no sistema nervoso, afetando os canais de cloreto de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), acetilcolinesterase, acetilcolinesterase nicotínica (nAChR), receptores de octopamina e tiramina, e canais de sódio, entre outros mecanismos possíveis (REGNAULT-ROGER et al., 2012; PAVELA; BENELLI, 2016). Substâncias botânicas, como piretrinas, rotenona, nicotina e azadiractina, entre outras, possuem atividades inseticidas bem documentadas na literatura (BENNETT; WALLSGROVE, 1994; REGNAULT-ROGER, 1997; PASCUAL-VILLALOBOS; ROBLEDO, 1998; ISMAN, 2000, 2006; CAMPOS et al., 2016). Isto tem aumentado o interesse de pesquisadores, extensionistas e agricultores em empregar substâncias mais seguras ao ambiente para controlar as pragas. Além disso, pesquisas recentes tem demonstrado que os óleos essenciais ou seus compostos constituintes, como carvacrol e linalol, são capazes de repelir insetos (TAMBWE et al., 2014) e também apresentar ação inseticida após contato direto ou entrada no sistema respiratório do inseto (BEIER et al., 2014). Estudos conduzidos com extrato aquoso de plantas do gênero *Agave* tem demonstrado atividade biocida sobre o

ácaro rajado, *Tetranychus urticae* (Koch, 1836) (Acari: Tetranychidae) (BARRETO et al., 2010); carrapato bovino, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Cannestrini, 1887) (Acari: Ixodidae) (PIZARRO, 1998); larvas dos mosquitos *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) (Diptera: Culicidae) (PIZARRO et al., 1999; NUNES et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2016); nematoides de galhas do tomateiro (GONÇALVES JÚNIOR, 2002) e nematoides gastrointestinais em cabras (BOTURA et al., 2013; SANTOS et al., 2017).

Portanto, a busca por novos princípios ativos oriundos de extratos vegetais capazes de combaterem insetos-praga de cultivos agrícolas são bastante desejáveis. O sisal, *Agave sisalana* Perrine ex Engelm (Asparagales: Agavaceae) é uma planta produzida em vários estados da região nordeste brasileira, ocupando uma extensa área na região semiárida dos Estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, gerando atividade econômica por meio da sua cadeia produtiva; podendo ser utilizada na indústria de confecção de cordas, na produção de “fio baler twine” para enfardamento de feno, peças de artesanato, carpete e tapetes (COUTINHO et al., 2006; SILVA et al., 2019). No entanto, apenas 5% da planta são utilizadas, com seu líquido residual totalmente desperdiçado. Isto demonstra a necessidade de investigar a ação larvicida do suco de *A. sisalana* contra a cochonilha da palma forrageira.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local do estudo

Os estudos foram conduzidos no laboratório de entomologia (7° 13'32''S latitude e 35° 54'19''W longitude), casa de vegetação (7°13'35''S latitude e 35°54'21''W longitude) e no campo experimental (7°13'50''S latitude e 35°52'52''W longitude) da Embrapa Algodão no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil, entre os anos 2021/2022.

#### 3.2 Insetos, plantas e extrato vegetal

Cinquenta cladódios de palma, cultivar Orelha de Elefante Mexicana, *Opuntia stricta* [Haw.] Haw. foram coletados de um plantio experimental de palma forrageira com cinco anos de idade localizado no campo experimental do Instituto Nacional do Semiárido – INSA (07°14'00''S latitude e 35°57'00''W longitude), município de Campina Grande, Paraíba. Metade desses cladódios foram plantados no campo experimental da Embrapa Algodão em uma área de 54 m<sup>2</sup> (6 × 9 m), no espaçamento de 2,0 x 1,5 m e a outra metade em 25 vasos plásticos com capacidade de 10 litros, preenchidos com mistura contendo 60% de solo, 30% de terra vegetal, 10% de areia e adubado com 5g de sulfato de amônio; sendo mantidos em casa de vegetação desta mesma instituição. Noventa dias após o plantio, dez plantas de palma forrageira cultivadas no campo foram infestadas com ninfas *D. echinocacti*, sendo 50 ninfas de primeiro instar por planta.

Sessenta dias após a infestação, os cladódios de palma foram coletados, acondicionados em sacos de papel Kraft e encaminhados ao laboratório de Entomologia, onde foram mantidos em caixas plásticas (29 cm x 20 cm x 10 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e em câmaras climatizadas até o início dos bioensaios. Para a multiplicação das cochonilhas de escama, cladódios sadios foram colocados sobrepostos em cladódios infestados, possibilitando novas infestações por ninfas móveis.

Os extratos foram obtidos a partir de folhas de *Agave* coletadas da Coleção de Germoplasma de *Agave* da Embrapa (CGAE) que foi replicada no Campo Experimental de Monteiro, Paraíba, Brasil, sob as coordenadas geográficas: 7°52'33''S latitude e 37°07'37''W longitude. Foram coletadas folhas de seis genótipos de *Agave*: (1) Híbrido 22648, (2) *A. fourcroydes* cv. Cabinho, (3) *A. fourcroydes*, (4) *A. sisalana* cv. Valente, (5) *A. sisalana* cv. Tatuí 3, (6) *A. sisalana* cv. Tatuí 4.

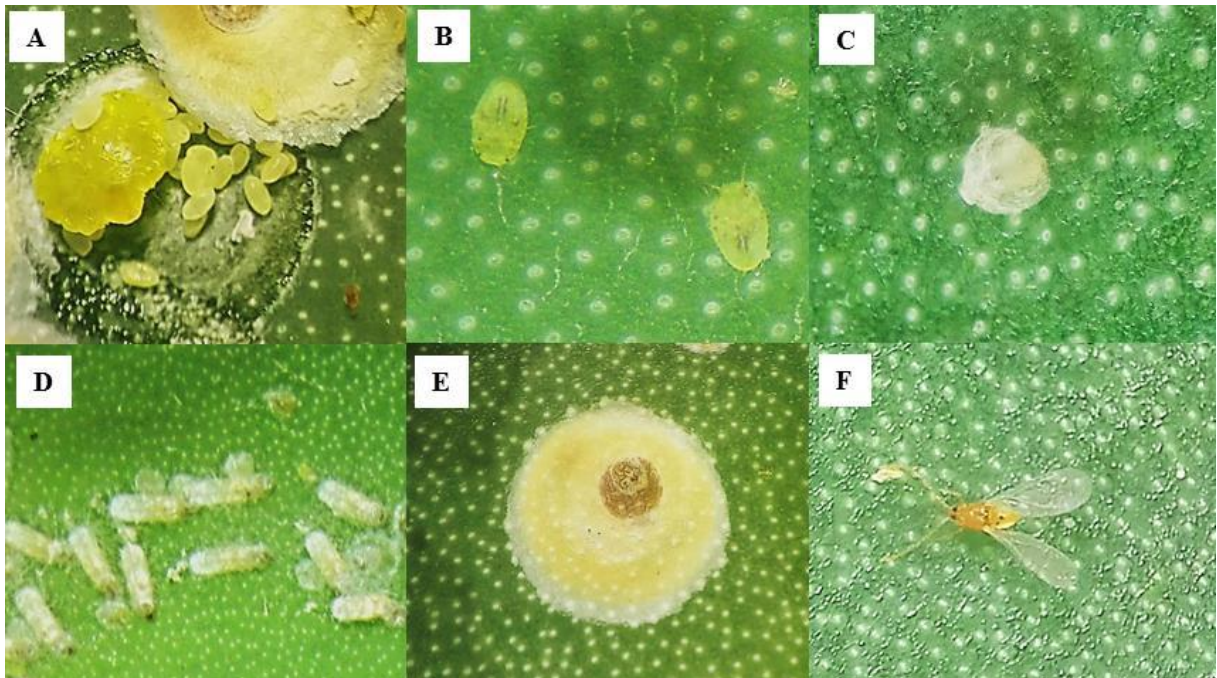
Os extratos brutos dos seis acessos de sisal foram preparados por trituração e prensagem das folhas em moedor manual até sua extração completa; e adicionado estabilizante na proporção de 0,5%. Em seguida, os extratos foram coados, transferidos para recipientes plásticos e armazenados protegido da luz em freezer a -10 °C até o uso (OLIVEIRA et al., 2016).

### 3.3 Biologia e exigências térmicas de *Diaspis echinocacti*

Ovos recém-depositados ( $\leq 24$  h) por fêmeas de *D. echinocacti* foram individualizados, transferidos para recipientes plásticos e mantidos em câmaras climatizada do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) ajustadas a 25, 28, 30, 33 e 35 °C, umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12 horas. Para cada temperatura, cinquenta ovos recém-depositados foram individualizados em discos de cladódios de palma forrageira, cultivar “Orelha de Elefante Mexicana”, medindo 3,0 cm de diâmetro e 1,0 cm de espessura, mantidos em unidades de criação compostas por recipientes plásticos circulares e transparentes de 20 ml (3,5 de diâmetro  $\times$  2,2 cm de altura). Os discos com os ovos foram divididos em cinco lotes de 10 ovos por temperatura (tratamento) e observados diariamente. As unidades experimentais de cada tratamento foram conduzidas ao mesmo tempo em uma única câmara climatizada. O número total de ninfas eclodidas por temperatura e o período de desenvolvimento de cada ovo (incubação) foi registrado.

Ninfas de primeiro instar recém-emergidas e móveis quando próximas de se fixar nos discos foram transferidas em cladódios inteiros de palma não infestado (25 cm de comprimento por 15 cm da maior largura com área da elipse de 294,4 cm<sup>2</sup>) em bandeja plástica (46,5 cm x 29,6 cm x 7,5 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) para se avaliar os demais estágios ninfais e longevidade de *D. echinocacti* em cada temperatura. A epiderme do cladódio, próximo à ninfa fixada no mesmo, foi numerado com tinta azul para marcação daquelas sésseis a serem observadas. A porção seccionada do cladódio foi envolvida por um chumaço de algodão embebido em água destilada e umedecido a cada dois dias para manter a turgidez dos cladódios. As ninfas foram divididas em cinco repetições, sendo as 10 ninfas sésseis mais próximas consideradas uma única repetição. Essas ninfas foram observadas, diariamente, com o auxílio de um estereomicroscópio EL224 (BEL Engenharia, Monza, Milão, Itália) com aumento de 20x até a emergência dos adultos de *D. echinocacti*.

Os estágios de *D. echinocacti* foram determinados com base na sua morfologia externa e período entre um e outro. Os ovos de *D. echinocacti* eram, inicialmente, claros e translúcidos depositados sob a armadura da fêmea e, próximos à eclosão, tornavam-se amarelados (Figura 1A). Ninfas de primeiro instar são semelhantes e indistinguíveis para a identificação dos sexos, sendo facilmente, identificadas, por serem móveis com pernas, um par de olhos escuros e antenas visíveis (Figura 1B) e as de segundo com dimorfismo sexual marcante, pois, apenas, as fêmeas aumentam o diâmetro de suas conchas em forma circular (Figura 1C), enquanto uma extensão posterior projetando-se sob a concha original é observada nas dos machos (Oetting, 1984). Pupas dos machos são brancas com formato oval alongado, recobertas por filamentos brancos de natureza mucoproteica (Figura 1D). Fêmeas neotênicas com coloração variando do branco ao amarelo claro (Figura 1E) e semelhantes às ninfas de segundo e terceiro instar, mas diferindo em tamanho e maturidade sexual, enquanto os machos são alados (Figura 1F).



**Figura 1.** Estágios imaturos de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódio de palma forrageira com a massa de ovos próxima à fêmea com a carapaça removida (A), ninfa móvel de primeiro instar (B) e sésil de segundo instar (C), pupa do macho (D), fêmea com carapaça (E) e macho alado (F).

O período de desenvolvimento, viabilidade dos ovos e a sobrevivência de ninfas e pupas, ciclo de ovo-adulto e a longevidade de adultos e a fecundidade das fêmeas de *D. echinocacti* foram determinados. As observações biológicas nos discos de cladódios de palma forrageira foram realizadas diariamente às 9 horas. O total de ovos e número de ovos por fêmea/dia foi determinado em 10 fêmeas por temperatura. Para determinar o período de incubação dos ovos foi preciso descolar e levantar um dos lados da escama para possibilitar a avaliação. Os ovos depositados nos cladódios de palma forrageira foram quantificados, diariamente, em observações às 8 horas e às 16 horas. Durante a montagem e avaliação dos bioensaios, os insetos foram manuseados com auxílio do microscópio estereoscópio, pincéis, alfinetes e pinças entomológicas.

### **3.4 Seleção de extratos de acessos de sisal com base na concentração letal**

A seleção do extrato de acesso de sisal mais eficiente foi realizada com base na concentração letal de extratos aquosos de seis genótipos de sisal responsáveis por causar mortalidade em 80% da população ( $CL_{80}$ ) de ninfas de *D. echinocacti*, uma vez que este é o valor mínimo exigido pela legislação brasileira para selecionar potenciais moléculas inseticidas (BRASIL, 2004). Essa seleção foi determinada em condições de laboratório usando o método da submersão de discos de cladódios de palma na calda inseticida e posterior contaminação do inseto com o tecido vegetal impregnado pelo extrato de sisal.

Foram utilizados cladódios (raquetes) intermediários infestados com 120 dias de idade do plantio experimental de palma da Embrapa Algodão. A cultivar de palma foi Orelha de Elefante Mexicana, *Opuntia stricta* [Haw.] Haw.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com sete tratamentos e cinco repetições por concentração de cada extrato de sisal. Os tratamentos consistiram de ninfas móveis de primeiro instar de *D. echinocacti* submetidas a cinco concentrações dos extratos de *Agave* híbrido 22648 (1), *A. fourcroydes* cv Cabinho (2), *A. fourcroydes* (3), *A. sisalana* Valente (4), *A. sisalana* Tatuí 3 (5), *A. sisalana* Tatuí 4 (6) e a testemunha (7, água destilada) pelo método de submersão de discos e contaminação tarsal. As concentrações foram as seguintes: Extrato Puro de Sisal (EPDS), EPDS 10 mL<sup>-1</sup>, EPDS 10 mL<sup>-2</sup>, EPDS 10 mL<sup>-3</sup> e EPDS 10 mL<sup>-4</sup> de água destilada de cada um dos genótipos de sisal. Cada disco de cladódio secundário e/ou terciário (3,0 cm de diâmetro x 1,0 cm de espessura) foi recortado de uma raquete não infestada pela cochonilha por meio de um vazador de aço, sendo em seguida submerso na calda inseticida. Após a submersão, os discos foram secos ao ar por 1 hora. Em



seguida, dez ninfas móveis de primeiro instar foram transferidas para cada um dos cinco discos por concentração (repetição) nas cinco concentrações por tratamento, totalizando 250 ninfas móveis para cada extrato. Os discos foram acondicionados em placas de petri e mantidos em câmara climatizada ajustada a  $25 \pm 2$  °C,  $60 \pm 10\%$  de umidade relativa e 12 horas de fotofase até o término das avaliações.

A mortalidade das ninfas móveis de primeiro instar de *D. echinocacti* foi determinada diariamente durante oito dias, com o auxílio de um estereomicroscópio EL224 (BEL Engenharia, Monza, Milão, Itália) com aumento de 20x. O tratamento controle com água destilada foi usado para corrigir os dados de mortalidade natural (ABBOTT, 1925). Os insetos foram considerados mortos quando secos, apresentando coloração escura e por se desprenderem facilmente do tecido vegetal ao serem tocados pelas cerdas macias de um pincel fino conforme (ZEITOUN et al., 2020).

### **3.5 Eficácia do extrato de sisal em laboratório**

A eficácia do extrato aquoso de sisal para causar mortalidade de *D. echinocacti* foi determinada no laboratório usando a  $CL_{80}$  selecionada e a mesma metodologia de submersão de cladódios de palma conforme descrito anteriormente.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x5, representado por discos de cladódios de palma forrageira infestada artificialmente com ninfas de primeiro instar (1) ou infestada naturalmente no campo por ninfas, pupas e adultos com diferentes idades de *D. echinocacti* (2) submersos em extrato de *A. sisalana* (na concentração mais eficiente determinada no bioensaio de laboratório) (1), óleo mineral (Assist<sup>®</sup>) na concentração de 7,5 ml/L (2), Thiamethoxan (Actara 250 WG<sup>®</sup>) na concentração de 0,2g/L (3); extrato de *A. sisalana* (na concentração mais eficiente determinada no bioensaio de laboratório) + (Assist<sup>®</sup>) na concentração de 7,5 ml/L (4) e água destilada (5) (testemunha), com cinco tratamentos e cinco repetições (blocos). Os discos infestados naturalmente por *D. echinocacti* (3,0 cm de diâmetro x 1,0 cm de espessura) foram recortados de cladódios de palma no campo experimental localizado na Embrapa Algodão. Em seguida, esses discos foram transferidos para placas de petri devidamente identificadas e levadas ao laboratório para contagem prévia do número de indivíduos vivos. Após a contagem, os discos foram submersos na calda inseticida. Os discos de palma infestados artificialmente seguiram a mesma metodologia usada no experimento anterior.

A mortalidade de ninfas de primeiro instar e de fêmeas, ninfas e pupas de *D. echinocacti* com diferentes idades nos discos de cladódios de palma infestados naturalmente e artificialmente, respectivamente, foi avaliada diariamente durante oito dias utilizando a mesma metodologia e critérios para confirmação da morte do inseto, conforme descrito anteriormente.

### 3.6 Eficácia do extrato de sisal em casa de vegetação

A eficácia do extrato de sisal contra os adultos, ninfas e pupas de diferentes idades de *D. echinocacti* em casa de vegetação foi determinada utilizando a mesma concentração testada no bioensaio de laboratório.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com cinco tratamentos e cinco repetições (blocos). Os tratamentos consistiram de cladódios de palma infestados artificialmente por *D. echinocacti* pulverizados com extrato de sisal (na concentração mais eficiente determinada no bioensaio de laboratório) (1), óleo mineral (Assist<sup>®</sup>) na concentração de 7,5 mL/L (2), Thiamethoxan (Actara 250 WG<sup>®</sup>) na concentração de 0,2g/L (3); extrato de *A. sisalana* (na concentração mais eficiente determinada no bioensaio de laboratório) + (Assist<sup>®</sup>) na concentração de 7,5 mL/L (4) e testemunha (5, água destilada).

Os cladódios de palma forrageira utilizados no bioensaio foram infestados aos 90 dias após o plantio em vasos e o experimento iniciado 60 dias após a infestação. Na infestação, um único cladódio por planta de 25 plantas de palma forrageira foi infestado artificialmente com 10 ninfas móveis de primeiro instar de *D. echinocacti*, totalizando 250 ninfas móveis. A segunda infestação artificial foi realizada nos cladódios localizados na região apical da planta, fixando-se um disco de palma infestado pela cochonilha sobre uma das faces do cladódio de palma forrageira cultivado em vasos na casa de vegetação. Os discos de palma (3,5 cm de diâmetro x 1,0 cm de espessura) foram fixados na planta com auxílio de um alfinete entomológico previamente desinfetado com álcool 70%.

Sessenta dias após a infestação, um cladódio primário por planta foi selecionado e calculado a área (cm<sup>2</sup>); e desse cladódio de palma foi recortado um disco (2,0 cm de diâmetro) por cada planta para contagem prévia do número de adultos, ninfas e pupas de diferentes idades de *D. echinocacti*. Os discos foram recortados com auxílio de um vazador de aço e as amostras colocadas em placas de petri devidamente identificadas, dentro de uma bandeja plástica para contagem dos exemplares vivos em laboratório. Após a contagem, as plantas foram pulverizadas com os respectivos tratamentos utilizando pulverizador manual (Brudden,

Brudden Equipamentos Ltda, Pompeia-SP, Brasil) com capacidade para 1,5 L de calda e bico de cone vazio regulável tipo D2. A ponta de pulverização foi posicionada lateralmente em relação aos cladódios de palma a cerca de 20 cm das plantas com vazão ajustada de acordo com o estágio de crescimento das plantas.

As avaliações de mortalidade de *D. echinocacti* foram realizadas no 1° (24h), 3°, 5°, 8° e 10° dias após a aplicação, em cada um dos discos de cladódios de palma amostrados em cada período. A confirmação da morte do inseto foi determinada utilizando a mesma metodologia e critérios descritos anteriormente. Os machos adultos da cochonilha não foram examinados porque eles duram poucos dias (4 dias, aproximadamente).

### 3.7 Análise dos dados

O período de desenvolvimento e a sobrevivência de ovo, ninfa, pupa e da fase imatura de *D. echinocacti* foram transformados, respectivamente, em  $1/\sqrt{x}$  e em  $\log(x)$  (BOX; COX, 1964) e submetidos à análise de variância (ANOVA) de duas vias e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P = 0,05$ ) utilizando o Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG) (RIBEIRO JÚNIOR, 2001).

O limiar de temperatura ( $T_b$ ) e a constante térmica ( $K$ ) de *D. echinocacti* foram estimados pelo método da hipérbole (HADDAD et al., 1999) baseado na duração dos estágios imaturos desse inseto. O acúmulo anual de graus-dia e o número provável de gerações (NG) dessa cochonilha de escamas em cinco municípios paraibanos produtores de palma forrageira foram calculados de acordo com sua constante térmica (WILSON; BARNETT, 1983) com NG calculado usando a equação:  $NG = T(T_m - T_b)/K$ , onde  $T_m$  = temperatura média por local estudado;  $T_b$  = limiar de temperatura inferior, e  $T$  = tempo (em dias) e  $K$  = constante térmica.

A concentração letal ( $CL_{80}$ ) e seus respectivos intervalos de confiança ( $IC_{95}$ ) para os extratos aquosos de seis acessos de sisal foram estimadas por análise de regressão da mortalidade Probit (FINNEY, 1971) para ninfas de primeiro instar de *D. echinocacti* versus  $\log_{10}$  da dose. A qualidade do ajuste foi avaliada usando o teste qui-quadrado de Pearson. As estimativas das concentrações letais foram significativamente diferentes quando seus  $IC_{95}$  não se sobrepuseram. Os dados foram analisados utilizando o programa R (R CORE TEAM, 2017). O extrato aquoso de sisal foi selecionado com base na sua maior eficácia e menor concentração letal estimada para causar mortalidade em 80% da população ( $CL_{80}$ ) de ninfas de *D. echinocacti*. Replicações ou diluições adicionais foram realizadas, sempre que a linha de regressão não se ajustasse ao modelo proposto (PUM, 2019). Para ajustar a concentração

do extrato de sisal, a uma eficácia de mortalidade de *D. echinocacti*  $\geq 80\%$ , multiplicamos por 2, 4, 8 e 10 vezes a dose letal obtida inicialmente e recalculamos a concentração letal novamente por análise de Probit (FINNEY, 1971).

Os dados de mortalidade de *D. echinocacti* em palma forrageira nos bioensaios de eficácia de laboratório e casa de vegetação foram verificados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e para homocedasticidade dos resíduos (teste de Bartlett) e submetidos à ANOVA de duas vias, sendo as médias comparadas pelo teste de Student Newman Keuls ( $P=0,05$ ). Os dados foram analisados utilizando o Sistema de Análise Estatística e Genética (SAEG) (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). As concentrações do extrato de sisal utilizadas nos bioensaios de eficácia foram calculadas com base na  $CL_{80}$  estimada por Probit no primeiro bioensaio.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Aspectos biológicos e exigências térmicas de *Diaspis echinocacti* (Hemiptera: Diaspididae)

O período de desenvolvimento dos estágios imaturos de fêmeas e machos de *D. echinocacti*, alimentados em cladódios de palma forrageira apresentou interação significativa com a temperatura (Tabela 1), sendo inversamente correlacionados com todos os estágios imaturos de fêmeas desse inseto se desenvolvendo entre 25 °C e 35 °C, mas não os de seus machos (Tabela 1). A maioria dos indivíduos da população, desse inseto foi composta por fêmeas em todas as temperaturas (Tabelas 2 e 3). Estágios imaturos de machos de *D. echinocacti* se desenvolveram, entre 25 °C e 30 °C, mas não entre 33 °C e 35 °C.

**Tabela 1.** Modelos resumidos dos efeitos da temperatura<sup>1</sup> e estágios sobre o tempo de desenvolvimento<sup>2</sup> e sobrevivência<sup>3</sup> da cochonilha *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) usando análise de variância de duas vias (ANOVA).

Sexo	Fonte	Modelo	GL	F	P
Fêmea	Desenvolvimento	Temperatura (T)	4	791,03	< 0,001
		Estágio (E)	2	50.687,19	< 0,001
		T x E	8	5,58	< 0,001
	Sobrevivência	Temperatura (T)	4	610,65	< 0,001
		Estágio (E)	2	377,31	< 0,001
		T x E	8	312,83	< 0,001
Macho	Desenvolvimento	Temperatura (T)	2	45,72	< 0,001
		Estágio (E)	3	2.158,41	< 0,001
		T x E	6	2,51	= 0,050
	Sobrevivência	Temperatura (T)	2	-	n.s
		Estágio (E)	2	-	n.s
		T x E	4	-	n.s

<sup>1</sup>Temperaturas: 25 °C, 28 °C, 30 °C, 33 °C e 35 °C.

<sup>2</sup>Desenvolvimento: dados transformados em log (x).

<sup>3</sup>Sobrevivência: dados transformados em 1/raiz(x).

A sobrevivência de fêmeas de *D. echinocacti*, nos estágios de ovo, ninfa e durante o ciclo ovo-adulto variou de 92% (35 °C) a 100% (28 °C a 30 °C); 21,8% (35 °C) a 100% (28 °C) e 20% (35 °C) a 100% (28 °C), respectivamente (Tabela 2) e a dos machos foi de 100%

entre 25 °C e 30 °C. Os machos não se desenvolveram entre as temperaturas de 33 °C e 35 °C. A sobrevivência de ninfas e imaturos das fêmeas foi maior entre 25 °C e 30 °C e menor entre 33 °C e 35 °C.

**Tabela 2.** Sobrevivência dos estágios de ovo, ninfa, pupa e do ciclo de ovo a adulto de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) com cladódios de palma forrageira, *Opuntia stricta* [Haw.] nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas.

Estágio/ Ciclo de vida	Temp. (°C)	Sobrevivência (%) ± EP			
		Fêmea	N	Macho	N
Ovo	25	95,78 ± 2,59 Aa	41	100,00 ± 0,00 Aa	03
	28	100,00 ± 0,00 Aa	48	100,00 ± 0,00 Aa	02
	30	100,00 ± 0,00 Aa	48	100,00 ± 0,00 Aa	03
	33	96,00 ± 2,45 Aa	48	-	00
	35	92,00 ± 2,00 Aa	46	-	00
Ninfa	25	91,55 ± 5,18 Abc	41	100,00 ± 0,00 Aa	03
	28	100,00 ± 0,00 Aa	48	100,00 ± 0,00 Aa	02
	30	96,00 ± 4,00 Aa	45	100,00 ± 0,00 Aa	03
	33	54,22 ± 5,10 Bbc	26	-	00
	35	21,78 ± 3,54 Bc	10	-	00
Pupa	25	-	00	100,00 ± 0,00 Aa	03
	28	-	00	100,00 ± 0,00 Aa	02
	30	-	00	100,00 ± 0,00 Aa	03
	33	-	00	-	00
	35	-	00	-	00
Ovo-adulto	25	87,33 ± 3,97 Aa	41	100,00 ± 0,00 Aa	03
	28	100,00 ± 0,00 Aa	48	100,00 ± 0,00 Aa	02
	30	96,00 ± 4,00 Aa	45	100,00 ± 0,00 Aa	03
	33	52,00 ± 4,90 Bb	26	-	00
	35	20,00 ± 3,16 Bc	10	-	00

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna, entre estágios e dentro de cada estágio de desenvolvimento, respectivamente, não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Temp**: temperatura. **N**: número de indivíduos.

O período de desenvolvimento dos estágios de ovo, ninfa e o ciclo de ovo-adulto de fêmeas de *D. echinocacti*, alimentadas com cladódios de palma forrageira diminuíram com o aumento da temperatura (Tabela 3), variando de 2,5 a 4,0 dias; 19,0 a 31,0 dias e de 22,1 a 35,0 dias, respectivamente, a 35 °C e 25 °C. O desenvolvimento dos machos diferiu daquele das fêmeas com estágios de ovos e ninfas, além do de pupa com 9,0 a 13,0 dias, entre 25 °C a

30 °C. Os períodos de incubação dos ovos e a duração dos estágios de ninfa, pupa e de ovo-adulto nos machos não diferiram entre 28-30 °C.

**Tabela 3.** Duração do desenvolvimento dos estágios de ovo, ninfa, pupa e do ciclo de ovo a adulto de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) com cladódios de palma forrageira, *Opuntia stricta* [Haw.] nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60 ± 10% e fotofase de 12 horas.

Estágio/ Ciclo de vida	Temp. (°C)	Duração desenvolvimento (dias) ± EP			N
		Fêmea	N	Macho	
Ovo	25	4,04 ± 0,07 Ca	41	3,33 ± 0,33 Ca	03
	28	3,50 ± 0,04 Cb	48	3,00 ± 0,00 Ca	02
	30	2,78 ± 0,05 Cc	48	3,00 ± 0,00 Ca	03
	33	2,69 ± 0,05 Cc	48	-	00
	35	2,50 ± 0,03 Cd	46	-	00
Ninfa	25	31,03 ± 0,15 Ba	41	19,67 ± 0,88 Aa	03
	28	28,35 ± 0,13 Bb	48	17,50 ± 0,35 Ab	02
	30	24,16 ± 0,25 Bc	45	16,33 ± 0,88 Ab	03
	33	20,57 ± 0,27 Bd	26	-	00
	35	19,37 ± 0,29 Be	10	-	00
Pupa	25	-	00	13,00 ± 0,00 Ba	03
	28	-	00	9,50 ± 0,35 Bb	02
	30	-	00	9,00 ± 0,00 Bb	03
	33	-	00	-	00
	35	-	00	-	00
Ovo-adulto	25	35,01 ± 0,20 Aa	41	36,00 ± 1,00 Aa	03
	28	31,88 ± 0,16 Ab	48	30,00 ± 0,00 Ab	02
	30	29,93 ± 0,25 Ac	45	28,33 ± 0,88 Ab	03
	33	23,25 ± 0,26 Ad	26	-	00
	35	22,10 ± 0,19 Ae	10	-	00

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula e minúscula na coluna, entre estágios e dentro de cada estágio de desenvolvimento, respectivamente, não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. **Temp**: temperatura. **N**: número de indivíduos.

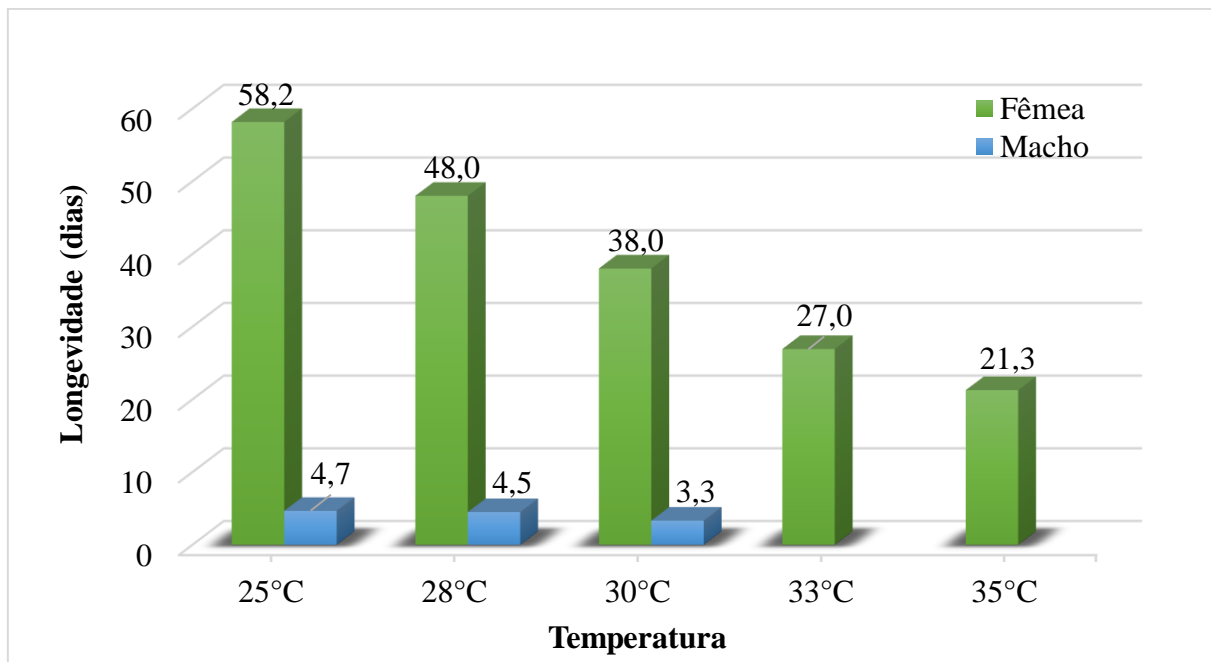
Os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição de fêmeas de *D. echinocacti*, alimentadas com cladódios de palma forrageira, foram maiores e menores, respectivamente, a 25 °C e 33 °C, variando de 5,1 a 9,4 dias; 18,7 a 40,1 dias e de 4,9 a 10,2 dias, respectivamente (Tabela 4). O número total de ovos e de ovos/fêmea/dia de *D. echinocacti* foram menores e maiores, respectivamente, a 33 °C e 25 °C, com 33 a 112 ovos e

2,9 a 3,9 ovos/fêmea/dia, respectivamente. Fêmeas desse inseto não ovipositaram a 35 °C. A longevidade das fêmeas dessa cochonilha, entre 25 °C e 35 °C variou de 21,3 dias a 58,2 dias, sendo maior que a dos machos (Figura 2). A longevidade dos machos variou de 3,3 a 4,7 dias, nas temperaturas entre 25 e 30 °C.

**Tabela 4.** Parâmetros reprodutivos (média  $\pm$  erro padrão) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C e 33°C, umidade relativa de 60  $\pm$  10% e fotofase de 12 horas.

Parâmetro reprodutivo	Temperatura (°C)			
	25	28	30	33
Pré-oviposição	9,40 $\pm$ 0,27 bA	6,70 $\pm$ 0,15 cBC	5,50 $\pm$ 0,31 bBC	5,10 $\pm$ 0,23 bC
Oviposição	40,10 $\pm$ 0,48 aA	35,00 $\pm$ 0,54 aB	27,90 $\pm$ 0,67 aC	18,70 $\pm$ 0,26 aD
Pós-oviposição	10,20 $\pm$ 0,33 bA	8,30 $\pm$ 0,21 bB	6,60 $\pm$ 0,27 bC	4,90 $\pm$ 0,23 bD
Total de ovos	112,00 $\pm$ 2,34 A	90,00 $\pm$ 1,61 B	71,00 $\pm$ 1,15 C	33,00 $\pm$ 0,82 D
Nº de ovos/dia	3,91 $\pm$ 0,06 A	3,65 $\pm$ 0,05 B	3,63 $\pm$ 0,06 B	2,87 $\pm$ 0,05 C

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não são diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



**Figura 2.** Longevidade de fêmeas e machos de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira nas temperaturas 25°C, 28°C, 30°C, 33°C e 35°C, umidade relativa de 60  $\pm$  10% e fotofase de 12 horas.



O período de desenvolvimento dos estágios de ovo, ninfa e imaturo de fêmeas de *D. echinocacti*, alimentadas com cladódios de palma forrageira, se correlacionaram, positivamente, nas temperaturas entre 25 °C e 33 °C (Tabela 5), com ovos e ninfas de indivíduos que originaram fêmeas requerendo 73,26 e 473,93 graus-dia, acima do limite inferior de 5,54 °C e 10,53 °C, respectivamente. O maior e menor período de desenvolvimento foi nos estágios de ovo e ninfa de *D. echinocacti*, respectivamente, como confirmado pelos maiores coeficientes angular das equações de regressão estimado para esses estágios. O estágio imaturo de fêmeas de *D. echinocacti* requereu 555,56 graus-dia acima do limite de 9,68 °C. As exigências térmicas de machos não foram estimadas por terem se desenvolvido, apenas, a 25 °C, 28 °C e 30 °C.

**Tabela 5.** Temperatura-base ( $T_b$ ), constante térmica (K), intercepta (a), coeficiente angular (b) da equação de regressão da velocidade de desenvolvimento dos estágios imaturos e ciclo de ovo-adulto de fêmeas de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira.

Estágio/ Ciclo de vida	$T_b$ (°C)	K(GD)	$a^{(1)} \pm$ erro padrão	$b^{(2)} \pm$ erro padrão	$Pr > \chi^2$	$R^2$
Ovo	5,54	73,26	$-0,07558 \pm 0,03877$	$0,01365 \pm 0,00127$	0,001	0,97
Ninfa	10,53	473,93	$-0,02221 \pm 0,00438$	$0,00211 \pm 0,00014$	0,001	0,99
Ovo-adulto	9,68	555,56	$-0,01745 \pm 0,00371$	$0,00180 \pm 0,00012$	0,001	0,99

( $T_b$ )= Temperatura base ou limiar de desenvolvimento inferior é calculado como  $T_b = 2a/b$ ;  
(k)= constante térmica (graus-dia), calculada como  $K = 1/b$ ;  $a^{(1)}$  é a intercepta e  $b^{(2)}$  é a inclinação da linha de regressão.

O número provável de gerações de *D. echinocacti* por ano nos municípios de Barra de Santana e Monteiro (os maiores produtores de palma forrageira do estado da Paraíba) foi semelhante e menor que o estimado para o município de Patos (Tabela 6). O município de Patos é o mais quente entre os avaliados e com o maior potencial de gerações anuais de *D. echinocacti* e o de Campina Grande, com temperaturas mais amenas, aquele com o menor número estimado de gerações por ano da cochonilha de escamas.

**Tabela 6.** Acúmulo de graus-dia anual (GDA) e prováveis números de gerações (Gerações) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cinco municípios produtores de palma forrageira em quatro mesorregiões do Estado da Paraíba, baseado na constante térmica<sup>(1)</sup>

Município	Mesorregião	Imaturo (Ovo-adulto)	
		Graus-dia anual (GDA)	Número de gerações por ano
João Pessoa	Zona da Mata Paraibana	6159,2	11,1
Campina Grande	Agreste Paraibano	5434,6	9,8
Monteiro	Borborema/Cariri Ocidental	5851,4	10,5
Barra de Santana	Borborema/Cariri Oriental	5876,4	10,6
Patos	Sertão Paraibano	6796,4	12,2

(1) As temperaturas máximas e mínimas mensais nos municípios listados na tabela foram obtidos a partir do INMET (2019/2021) e utilizado para cálculo de graus-dia em 2022.

#### 4.2 Seleção de extratos de acessos de sisal com base na concentração letal

A estatística do teste Qui-quadrado de Pearson (todos os valores de  $P > 0,05$ ) indicou que os dados se ajustavam aos modelos de regressão. A concentração letal mais eficiente em causar mortalidade em 80% da população de *D. echinocacti* foi obtida para o extrato do genótipo de sisal *A. fourcroydes* cv. Cabinho ( $CL_{80} = 5,67$  ml/100 ml e  $CI_{95} = 2,81 - 14,90$ ), seguido pelo de *A. sisalana* cv. Tatuí 3 ( $CL_{80} = 7,62$  ml/100 ml e  $CI_{95} = 23,13 - 28,20$ ), e a menos eficiente para *Agave* Híbrido 22648 ( $CL_{80} = 34$  ml/100 ml e  $CI_{95} = 9,78 - 265,00$ ), seguido pelo *A. sisalana* cv. Valente ( $CL_{80} = 30$  ml/100 ml e  $CI_{95} = 10,30 - 159,00$ ) (Tabela 7).

#### 4.3 Eficácia do extrato de sisal em condições de laboratório e em casa de vegetação

Em condições de laboratório, a eficácia de mortalidade de *D. echinocacti* 10 dias após contaminação com a calda do extrato de sisal *A. fourcroydes* cv. Cabinho foi de  $62,50 \pm 3,83$  %, ou seja, menor que 80%. Por esta razão, ajustamos a curva de mortalidade ao modelo proposto, inserindo cinco novas concentrações a dose letal inicialmente obtida e ressubmetemos os dados à análise de Probit. Após a análise, a eficácia de mortalidade de ninfas de primeiro instar recém-eclodidas (cladódios de palma infestados artificialmente) e de adultos + estágios imaturos com diferentes idades (cladódios de palma infestados naturalmente) de *D. echinocacti* se ajustou ao modelo proposto (Tabela 8), com mortalidade

semelhante e menor a 80%, respectivamente, de ninfas de primeiro instar recém-eclodidas e de adultos + estágios imaturos com diferentes idades dessa cochonilha, utilizando a concentração de 1200 ml/L (Tabela 8).

**Tabela 7.** Estimativa da concentração letal de extratos aquosos de seis genótipos de sisal para causar mortalidade em 80% da população ( $CL_{80}$ ) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae).

Extrato de sisal	N	* $CL_{80}$	Inclinação da reta	$\chi^2$	Intervalo de Confiança
<i>Agave</i> Híbrido 22648	250	34,00	0,40	0,72	(9,78; 265,00)
<i>A. fourcroydes</i> cv. Cabinho	250	5,67	1,27	4,69	(2,81; 14,90)
<i>A. fourcroydes</i>	250	16,40	0,86	1,15	(6,12; 73,00)
<i>A. sisalana</i> cv. Valente	250	30,00	0,82	0,36	(10,30; 159,00)
<i>A. sisalana</i> cv. Tatuí 3	250	7,62	0,93	1,77	(3,13; 28,20)
<i>A. sisalana</i> cv. Tatuí 4	250	23,70	0,88	1,70	(8,76; 108,00)

\*Cinco concentrações foram testadas de 0,004 a 40 mg i.a./mL com uma taxa de mortalidade máxima em cada uma delas > 87% na concentração mais alta. N= número de insetos testados; teste de  $\chi^2$  foi usado para testar a qualidade do ajuste ao modelo Probit.

**Tabela 8.** Estimativa ajustada da concentração letal do extrato aquoso de *Agave fourcroydes* cv. Cabinho para causar mortalidade em 80% da população ( $CL_{80}$ ) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae).

Extrato de sisal	N	* $CL_{80}$	Inclinação da reta	$\chi^2$	Intervalo de Confiança
<i>A. fourcroydes</i> cv. Cabinho	250	10,9	0,47	0,05	(5,59; 141,42)

A porcentagem de mortalidade ajustada de *D. echinocacti* 10 dias após contaminação com a calda inseticida apresentou interação significativa entre o tipo de alvo biológico e inseticida ( $F_{4,36} = 2,65$ ;  $P = 0,06$ ) (Tabela 9). As maiores mortalidades de *D. echinocacti* foram observadas nos tratamentos com óleo mineral aplicado isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal e a menor com água destilada, seguido pelo extrato de sisal aplicado isoladamente (Tabela 9). Entre alvos biológicos, as maiores mortalidades foram nas ninfas móveis de primeiro instar (discos de palma infestados artificialmente) contaminadas com

extrato de sisal e óleo mineral aplicado isoladamente e os menores para ninfas, pupas e adultos com diferentes idades de *D. echinocacti* (discos de palma infestados naturalmente) contaminados com esses mesmos tratamentos. Não se observou diferenças entre alvos biológicos tratados com Thiamethoxan, extrato de sisal + óleo mineral e água destilada.

**Tabela 9.** Mortalidade (% , Média  $\pm$  EP) de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) alimentada com discos de cladódios de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.] Haw., impregnados com extrato de sisal (valor ajustado ao modelo proposto), óleo mineral (Assist®), Thiamethoxan (Actara 250 WG®), mistura de extrato de sisal + óleo mineral (ES + OM) e água destilada (Testemunha).

Tratamentos	Concentração	Mortalidade da cochonilha de escamas	
		Ninfas de 1º instar recém-eclodidas	Adultos + estágios imaturos c/ $\neq$ idades
Extrato de sisal (ES)	1200 ml/L	79,17 $\pm$ 1,65 dA	74,51 $\pm$ 0,93 dB
Óleo mineral (OM)	7,5 ml/L	94,79 $\pm$ 1,65 bA	90,11 $\pm$ 0,50 bB
Thiamethoxan	0,2 g/L	87,50 $\pm$ 2,08 cA	84,78 $\pm$ 0,67 cA
ES + OM	1200 + 7,5 ml/L	100,00 $\pm$ 0,00 aA	100,00 $\pm$ 0,00 aA
Água destilada	-	0,00 $\pm$ 0,00 eA	0,00 $\pm$ 0,00 eA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula por coluna e letra maiúscula por linha não diferem pelo teste de Student Newman Keuls a 5% de probabilidade.

As áreas dos cladódios (AC) de palma forrageira orelha de elefante, números prévios de *D. echinocacti* estimados por discos e cladódios dessa mesma espécie de planta não diferiram entre os tratamentos (Tabela 10). A mortalidade de ninfas, pupas e adultos com diferentes idades de *D. echinocacti* infestadas artificialmente em cladódios de palma forrageira orelha de elefante em casa de vegetação variou com os tratamentos (Tabela 11). As maiores mortalidades de *D. echinocacti* foram observadas nos tratamentos pulverizados com óleo mineral aplicado isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal em todas as avaliações. Por outro lado, a menor mortalidade ocorreu no tratamento pulverizado com extrato de sisal com um, três, oito e dez dias após a aplicação. Aos cinco dias após a aplicação do extrato de sisal, a mortalidade foi semelhante ao tratamento com Thiamethoxan.

**Tabela 10.** Tratamentos, áreas do cladódio (AC) e do disco (AD) de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.], números prévios de cochonilhas de escamas, *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) estimados por discos e cladódios dessa mesma espécie de planta em casa de vegetação.

Tratamentos	AC (cm <sup>2</sup> )	AD (cm <sup>2</sup> )	Nº de cochonilha/disco	Nº de cochonilha/cladódio
(1) Extrato de sisal (ES)	292,02 ± 25,49 a	3,14	91,80 ± 3,32 a	8489,40 ± 685,32 a
(2) Óleo mineral (OM)	262,98 ± 23,48 a	3,14	92,00 ± 4,11 a	7708,78 ± 737,01 a
(3) Thiamethoxan	345,77 ± 77,87 a	3,14	87,20 ± 3,43 a	9650,42 ± 2355,37a
(4) ES + OM	303,17 ± 24,47 a	3,14	83,00 ± 3,77 a	8055,93 ± 820,61 a
(5) Testemunha	308,98 ± 27,68 a	3,14	84,60 ± 3,94 a	8303,60 ± 768,08 a
<i>F</i>	0,58	-	1,15	0,42
<i>P</i>	> 0,05	-	= 0,37	> 0,05
C.V.	29,14	-	9,8	30,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são diferentes pelo teste de Student Newman Keuls (P= 0,05)

**Tabela 11.** Mortalidade (%) da cochonilha de escamas, *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) em cladódios de palma forrageira orelha de elefante, *Opuntia stricta* [Haw.] em casa de vegetação com 1, 3, 5, 8 e 10 dias após a pulverização (DAP) com extrato de sisal (ES, valor ajustado ao modelo proposto), óleo mineral (OM, Assist<sup>®</sup>), Thiamethoxan (Actara 250 WG<sup>®</sup>), mistura de extrato de sisal + óleo mineral (ES + OM) e Testemunha (água destilada).

Tratamentos	Mortalidade (% média ± erro padrão)				
	1 DAP	3 DAP	5 DAP	8 DAP	10 DAP
(1) Extrato sisal	14,99 ± 1,03 c	34,99 ± 2,00 c	56,19 ± 0,43 b	67,11 ± 0,74 c	74,72 ± 0,55 d
(2) Óleo mineral	57,81 ± 1,08 a	71,15 ± 1,74 a	86,99 ± 0,63 a	92,16 ± 1,99 a	96,09 ± 1,09 b
(3) Thiamethoxan	34,16 ± 1,83 b	49,23 ± 0,83 b	61,21 ± 2,84 b	76,53 ± 0,48 b	81,75 ± 0,45 c
(4) ES + OM	57,49 ± 0,49 a	72,97 ± 1,28 a	88,47 ± 0,44 a	95,33 ± 1,98 a	98,40 ± 0,98 a
(5) Testemunha	00,00 ± 0,00 d	00,00 ± 0,00 d	00,00 ± 0,00 c	00,00 ± 0,00 d	00,00 ± 0,00 e
<i>F</i>	778,18	389,74	744,25	824,38	4281,68
<i>P</i>	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
C.V.	6,26	7,45	5,02	4,56	1,97

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são diferentes pelo teste de Student Newman Keuls (P= 0,05).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 Aspectos biológicos e exigências térmicas de *Diaspis echinocacti* (Hemiptera: Diaspididae)

A redução do período de desenvolvimento dos estágios imaturos de fêmeas e machos *D. echinocacti* com o aumento da temperatura confirma ser a fisiologia dos insetos muito sensível às mudanças de temperatura (DUKES et al., 2009; LI et al., 2017). Além disso, a falta de desenvolvimento, entre 30 °C e 35 °C, de machos se deve, provavelmente, ao dimorfismo sexual, nessa cochonilha, com estes se desenvolvendo de forma semelhante a insetos holometábolos e, portanto, mais vulneráveis a temperaturas elevadas (ABDELRAHMAN, 1974). O abrigo das fêmeas neotênicas, debaixo de carapaça cerosa, funciona como uma barreira protetora contra a dessecação (BEARDSLEY JR.; GONZALEZ, 1975; MITOV et al., 2018).

As maiores sobrevivências dos estágios de ovo, ninfa e do ciclo de ovo-adulto de fêmeas e machos de *D. echinocacti* entre 25 °C e 30 °C indica serem essas temperaturas ideais para esse inseto como relatado para *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) entre 23 °C e 27.5 °C em citrus (BODENHEIMER, 1951). A redução da sobrevivência dos estágios imaturos de fêmeas de *D. echinocacti* e a falta de desenvolvimento de seus machos entre 33 °C e 35 °C podem ser atribuídas a alterações na proporção sexual da progênie submetida a temperaturas extremas, com possível impacto na predeterminação dos sexos, comuns em espécies de Coccidae (BROWN; DELOTTO, 1957).

A redução do período de desenvolvimentos dos estágios imaturos de fêmeas e machos de *D. echinocacti*, alimentadas com cladódios de palma forrageira, com o aumento da temperatura era esperada, pois insetos são organismos pecilotérmicos (VAN DER MEER, 2021). Assim, aumentos na temperatura tendem a acelerar seu consumo, desenvolvimento e movimento, afetando sua fecundidade, sobrevivência, duração de uma geração, tamanho da população e distribuição geográfica (DIAMOND et al., 2017; HAMBLIN et al., 2017; JUST; FRANK, 2020; SKENDŽIĆ et al., 2021). O período de incubação de ovos de *D. echinocacti* a 25 °C e 28 °C foram semelhantes aos 2,9 dias e aos 3,7 dias desse período com essa cochonilha com palma forrageira em câmara climatizada (27 °C) e em casa de vegetação (26,5 °C) (OETTING, 1984). No entanto, o período de desenvolvimento dos estágios de ninfa e pupa a 25 °C e 28 °C foram maiores, respectivamente, que os 19,8 dias e 21,2 dias para o estágio de ninfa e os 7,6 dias e 8,1 dias para o de pupa dessa espécie de cochonilha com palma

forageira em câmara climatizada (27 °C) e casa de vegetação (26,5 °C) (OETTING, 1984), respectivamente, o que pode ser atribuído às diferenças entre as cultivares de palma forrageira e metodologias utilizadas.

Os maiores e menores períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição de fêmeas de *D. echinocacti* a 25 °C e 33 °C, respectivamente, indica tendência dessa cochonilha em acelerar seu período reprodutivo com o aumento da temperatura (BEARDSLEY JR.; GONZALEZ, 1975). Os períodos de pré-oviposição e oviposição a 25 °C foram menores que os 15 dias e 36 dias de *D. echinocacti* com palma forrageira em casa de vegetação (26,5 °C), mas a 28 °C, esses períodos foram menores e semelhantes aos dessa cochonilha em câmara climatizada (27 °C) (OETTING, 1984), possivelmente, devido às diferenças entre as cultivares de palma forrageira e metodologias utilizadas. Por outro lado, os maiores e menores números totais de ovos e de ovos/fêmea/dia de *D. echinocacti* a 25 °C e 33 °C indicam temperaturas mais quentes como inadequadas para oviposição dessa cochonilha. Isto é semelhante ao relatado para fêmeas de *Aspidiotus nerii* Bouché (Homoptera: Diaspididae) alimentadas com batata com 99,7 e 55,1 ovos por fêmea a 24 °C e 28 °C, respectivamente (GERSON; HAZAN, 1979) e de *Parlatoria oleae* (Colvée) (Hemiptera: Diaspididae) alimentada com pêssigo com número total de 126 e 105 ovos por fêmea a 24 °C e 30 °C, respectivamente (HABIB et al., 1969). A maior longevidade das fêmeas que dos machos é típica nessa família de cochonilha e se deve ao fato das peças bucais dos machos não serem funcionais, impedindo-os de se alimentar e sobreviver por vários dias (BEARDSLEY JR.; GONZALEZ, 1975).

A correlação linear positiva entre a taxa de desenvolvimento e a temperatura e entre a constante térmica e a temperatura para o estágio de ovo, ninfa e ciclo de ovo-adulto de *D. echinocacti* a 25-30 °C indica a natureza termofílica dessa cochonilha. O limiar de desenvolvimento e a constante térmica para fêmeas de *D. echinocacti* foram inferiores aos 11,6 °C e 639,8 graus-dia de *A. aurantii* com diferentes substratos (WILLARD, 1972) e aos 11,6 °C e 784 graus-dia com frutos de limão (YU; LUCK, 1988). O limiar de desenvolvimento e a constante térmica para fêmeas de *D. echinocacti* foram, também, inferiores aos 11,7 °C e 615 graus-dia desse inseto com frutos de laranja (KENNETT; HOFFMAN, 1985) em temperaturas variáveis no campo.

O potencial de crescimento populacional de *D. echinocacti* foi maior nos municípios de Barra de Santana, João Pessoa, Monteiro e Patos, estado da Paraíba, Brasil. Além disso, o maior número de gerações por ano de *D. echinocacti* estimado para Patos e João Pessoa indica que o cultivo da palma forrageira deve ser evitado nestes municípios.

## 5.2 Seleção de extratos de sisal e eficácia de mortalidade em condições de laboratório e em casa de vegetação

Os extratos mais tóxicos dos genótipos de sisal *A. fourcroydes* cv. Cabinho e *A. sisalana* cv. Tatuí contra *D. echinocacti* apresentaram as maiores inclinações da reta, o que pode indicar maior incremento proporcional na dose para o mesmo aumento de mortalidade (PEREIRA et al., 2019).

As maiores mortalidades de *D. echinocacti* tratadas com óleo mineral aplicado isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal em laboratório, se deve ao seu modo de ação em sufocar as cochonilhas após recobrir sua carapaça cerosa com uma fina película de óleo, matando-as por asfixia (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006). Além disso, óleos minerais são apolares e, portanto, mais propensos a penetrar no tegumento hidrofóbico da cochonilha de escamas (YU, 2015). Isto foi mostrado, também, contra ovos, estágios ninfais e adultos das cochonilhas, *Lepidosaphes beckii* Newman (Hemiptera: Diaspididae) e *Parlatoria ziziphus* (Lucas) (Hemiptera: Diaspididae) infestando plantas de citrus tratadas com óleo mineral em Sheben El-Kanater, província de Qaluobiya (HELMY et al., 2012). Por outro lado, a maior mortalidade de *D. echinocacti* tratadas com óleo mineral em combinação com o extrato de sisal, indica um efeito aditivo deste mineral conforme observado para diferentes óleos aplicados sozinhos ou combinados com imidacloprid ou pirimicarb contra *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) em laboratório (MARTÍN-LÓPEZ et al., 2006) e, também, para a mistura de imidacloprid com óleo mineral contra *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) em laboratório e campo (SEHAM, 2021). Isto é importante porque pode permitir a aplicação de concentrações menores do extrato de sisal, conforme demonstrado para outros inseticidas sintéticos ou botânicos (SEHAM, 2021).

As menores mortalidades de *D. echinocacti* tratadas com extrato de sisal em laboratório aplicado isoladamente em comparação aos demais tratamentos podem ser atribuídas ao método de extração do extrato de sisal, pois o tipo e a concentração dos metabólitos secundários podem variar com a espécie e os tecidos vegetais utilizados, bem como, com a variação sazonal de coleta (GURJAR et al., 2012). Isto pode explicar em parte, a elevada concentração do extrato de sisal necessária para causar altas taxas de mortalidade nos diferentes estágios imaturos e de fêmeas de *D. echinocacti*. No entanto, como extrato de sisal representa a maior parte do resíduo do desfibramento, seu uso torna-se economicamente viável, pois o resíduo geralmente não é aproveitado (SILVA et al., 2019). A eficácia do extrato de sisal *A. fourcroydes* cv. Cabinho em causar mortalidade dos diferentes estágios



imaturos e de fêmeas de *D. echinocacti* (74%) foi bastante superior às porcentagens de mortalidade de 16,7%, 3,3% e 3,3% de fêmeas dessa cochonilha tratadas com extrato de barbatimão, *Stryphnodendron adstringens* (Fabaceae) na concentração de 10% e araticum, *Annona crassiflora* (Annonaceae), nas concentrações de 10 e 20% respectivamente. Isto é relevante porque valores de mortalidade semelhantes ou superiores a 80% com uso de extratos vegetais são considerados satisfatórios (POTENZA et al., 2005).

As maiores mortalidades de ninfas móveis de primeiro instar (discos de palma infestados artificialmente) contaminadas com extrato de sisal e óleo mineral aplicado isoladamente em comparação às ninfas, pupas e adultos com diferentes idades de *D. echinocacti* (discos de palma infestados naturalmente) pode ser atribuído às diferenças entre alvos biológicos, com ninfas móveis recém-eclodidas mais vulneráveis a ação da calda inseticida por apresentar menor acúmulo de cera sobre o corpo (QUESADA et al., 2018). Ninfas sésseis da cochonilha de escamas se alimentam principalmente do conteúdo das células vegetais (SADOF; NEAL, 1993), não produzem mela e são caracterizadas por uma cobertura cerosa, que se forma dentro de 24 a 48 horas após fixação no tecido foliar. Essas carapaças são compostas por 50% de cera e bastante hidrofóbicas (MILLER; DAVIDSON, 2005; ROSEN, 1990). Portanto, essa variação na composição química dos tegumentos das ninfas móveis em comparação as sésseis, pode ser responsável pelas diferenças observadas na eficácia dos inseticidas testados (QUESADA et al., 2018).

A semelhança entre tratamentos para as áreas dos cladódios (AC), números prévios de indivíduos de *D. echinocacti* estimados por discos e cladódios de palma forrageira indica acuracidade dos dados de densidade populacional da cochonilha na contagem prévia, a qual pode diferir, havendo, neste último caso, necessidade de padronizar os dados (TAYLOR, 1987; SUDO et al., 2019). As maiores mortalidades de *D. echinocacti* nos tratamentos pulverizados com óleo mineral aplicado isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal em todas as avaliações em casa de vegetação, confirma seu efeito positivo em controlar essa cochonilha. Isto é importante porque os resultados de estudos para avaliar o efeito do óleo mineral na eficácia de inseticidas têm sido variados, dependendo do tipo de óleo, do grupo do inseticida, da espécie do inseto ou da planta hospedeira, e de fatores abióticos (TREACY et al., 1991; GUEDES et al., 1995). Por outro lado, a menor mortalidade no tratamento pulverizado com extrato de sisal em casa de vegetação aplicado isoladamente se comparado aos demais tratamentos, pode ser atribuído conforme mencionado à metodologia de extração do extrato e a variação sazonal de coleta. Apesar disso, a mortalidade das ninfas, pupas e adultos de diferentes idades de *D. echinocacti* pulverizadas com extrato de sisal do genótipo

*A. fourcroydes* cv. Cabinho foi menor que o valor mínimo exigido pela legislação brasileira para selecionar potenciais moléculas inseticidas (BRASIL, 2004). No entanto, isso não exclui o potencial deste extrato de sisal para uso contra a cochonilha de escamas, uma vez que se pode manipular a formulação do extrato para aumentar sua eficácia e estabilidade adicionando óleo mineral (PURKAIT et al., 2019). Processo de isolamento e secagem pode ser empregado para aumentar a concentração e estabilidade dos compostos ativos. Essas ações estão em curso para estudos fitoquímicos, os quais visam obter as moléculas com seletividade e sensibilidade no controle da cochonilha de escamas.

Os resultados obtidos nesta pesquisa indicam que o extrato de sisal do acesso *A. fourcroydes* cv. Cabinho foi responsável por causar mortalidade superior a 74% em ninfas, pupas e adultos de diferentes idades de *D. echinocacti* em condições de laboratório e casa de vegetação. No entanto, maior eficácia em causar mortalidade dessa cochonilha foi obtida após aplicações com óleo mineral isoladamente ou em mistura com o extrato de sisal.

## 6 CONCLUSÕES

- As temperaturas avaliadas permitem o desenvolvimento de todos os estágios imaturos de fêmeas de *D. echinocacti*. No entanto, os machos não se desenvolvem nas temperaturas de 33 e 35 °C.
- A proporção de fêmeas de *D. echinocacti* é maior que a de machos.
- As temperaturas de 25 °C, 28 °C e 30 °C são as mais favoráveis para a sobrevivência e o desenvolvimento de *D. echinocacti*.
- O maior número de gerações por ano de *D. echinocacti* estimado para os municípios de Patos e João Pessoa indica que o cultivo da palma forrageira deve ser evitado nestes municípios.
- O extrato do genótipo *A. fourcroydes* cv. Cabinho é o mais eficiente entre os extratos dos seis genótipos de sisal testados para causar mortalidade de *D. echinocacti*.
- O óleo mineral aumenta a toxidez do extrato de sisal usado contra a cochonilha de escamas *D. echinocacti*.
- O extrato de sisal do genótipo *A. fourcroydes* cv. Cabinho é responsável por causar mortalidade superior a 74% em ninfas, pupas e adultos de diferentes idades de *D. echinocacti* em condições de laboratório e casa de vegetação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, vol. 18, n. 2, p. 265-266, 1925.

ABDELRAHMAN, I. The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hemiptera: Diaspididae), and its natural enemies. **Australian Journal of Zoology**, v. 22, p. 203-212, 1974.

AHARONI, A.; JONGSMA, M.; BOUWMEESTER, H. Volatile science? Metabolic engineering of terpenoids in plants. **Trends in Plant Science**. v. 10, p. 594-602, 2005.

ALMEIDA, R. Primeiro registro de predatismo de *Pentila egea* Mulsant, 1850 (Coleoptera, Coccinellidae), sobre a cochonilha da palma forrageira, no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 15, n. 1, p. 169-170, 1986.

ANDRADE, P.A.; COSTA, R.G.; SANTOS, E.M.; SILVA, D.S. Produção animal no semiárido: o desafio de disponibilizar forragem, em quantidade e com qualidade, na estação seca. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 4, n. 4, p. 01-14, 2010.

ARRUDA FILHO, G. P.; ARRUDA, G. P. Manejo integrado da cochonilha *Diaspis echinocacti* praga da palma forrageira em Brasil. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecologia**, n. 64, p. i-vi, 2002.

BARRETO, A. F.; ARAÚJO, E.; BONIFÁCIO, B.F. Eficiência de extratos de Agave sisalana (Perrine) sobre o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) e ocorrência de fitotoxidez em plantas de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 207-215, 2010.

BARTHLOTT, W.; HUNT, D.R. Cactaceae. p. 161-197. In: Kubitzki, K. (ed.). **The families and genera of vascular plants**. v. 2. Berlin: Springer, 1993.

BATISTA, N.L.; SOUZA, B.B. Caprinovinocultura no semiárido brasileiro - fatores limitantes e ações de mitigação. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 01-09, 2015.

BAYAR, N.; FRIJI, M.; KAMMOUN, R. Optimization of enzymatic extraction of pectin from *Opuntia ficus indica* cladodes after mucilage removal. **Food Chemistry**, v. 241, p. 127-134, 2018.

BAYINDIR, L.; BİRGÜCÜ, A.K. Effect of temperature on life history of *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) (Hemiptera: diaspididae). **Redia**, v. XCIX, p. 145-149, 2016.

BEARDSLEY JR., J.W.; GONZALEZ, R.H. The biology and ecology of armored scales. **Annual Review of Entomology**, v. 20, p.47-73, 1975.

BEIER, R.C.; BYRD, J.A.; KUBENA, L.F.; HUME, M.E.; MCREYNOLDS, J.L.; ANDERSON, R.C.; NISBET, D.J. Evaluation of linalool, a natural antimicrobial and insecticidal essential oil from basil: effects on poultry. **Poultry Science**, v.93, p.267–272, 2014.

BEM-DOV, Y. The scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of Israel—checklist, host plants, zoogeographical considerations and annotations on species. **ISRAEL JOURNAL OF ENTOMOLOGY**, v. 41-42, p. 21-48, 2011-2012.

BENNETT, R.N.; WALLSGROVE, R.M. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. **New Phytologist**, v. 127, p. 617-633, 1994.

BENSON, L. **The cacti of the United States and Canada**. Stanford, California, USA, Stanford University Press, 1982.

BODENHEIMER, F.S. **Citrus entomology in the middle east, with special references to Egypt, Irán, Palestina, Syria, Turkey**. Junk, W. (Ed.). The Hague: The Netherlands, 1951. 663 p.

BOTURA, M.B.; SANTOS, J.D.G.; SILVA, G.D.; LIMA, H.G.; OLIVEIRA, J.V.A.; ALMEIDA, M.A.O.; BATATINHA, M.J.M.; BRANCO, A. *In vitro* ovicidal and larvicidal activity of *Agave sisalana* Perr. (sisal) on gastrointestinal nematodes of goats. **Veterinary Parasitology**, v. 192, p. 211-217, 2013.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **The Journal of the Royal Statistical Society: Series B**, v. 26, p. 211-252, 1964.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Delimitação do Semiárido brasileiro**. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. **Manual de protocolo para testes de eficácia de produtos desinfestantes**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária: Brasília, Brasil, 2004.

BROWN, S.W.; DELOTTO, G. Cytology and sex-ratios of an African species of armored scale insect (Coccoidea: Diaspididae). **The American Naturalist**, v. 93, p. 369-379, 1957.

CALOSI, P.; BILTON, D.T.; SPICER, J.I.; VOTIER, S.C.; ATFIELD, A. What determines a species' geographical range? Thermal biology and latitudinal range size relationships in European diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae). **Journal of Animal Ecology**, v. 79, n. 1, p. 194-204, 2010.

CAMPOS, E.V.R.; DE OLIVEIRA, J.L.; PASCOLI, M.; DE LIMA, R.; FRACETO, L.F. Neem oil and crop protection: from now to the future. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 2016.

CHIACCHIO, F.P.B.; MESQUITA, A.S.; SANTOS, J.R. Palma forrageira: uma oportunidade econômica ainda desperdiçada para o semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 3, p. 39-49, 2006.

CLAPS, L.E.; WOLFF, V.R.S.; GONZÁLEZ, R.H. Catálogo de las Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea) exóticas de la Argentina, Brasil y Chile. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 60, p. 9-34, 2001.

COUTINHO, W.M.; LUZ, C.M.; SUASSUNA, N.D.; SILVA, O.R.R.F.; SUINAGA, F.A. **A podridão do tronco do sisal**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 12 p. (Comunicado Técnico, 281).

CORREIA, R.C.; KIILL, L.H.P.; MOURA, M.S.B.; CUNHA, T.J.F.; JESUS JUNIOR, L.A.; ARAÚJO, J.L.P. A região semiárida brasileira. In: VOLTOLINI, T.V. (Org.). **Produção de caprinos e ovinos no Semiárido**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21-48.

DAMOS, P.T.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Temperature-dependent bionomics and modeling of *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae) in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, v. 101, n. 5, p. 1557-1567, 2008.

DAMOS, P.T.; SAVOPOULOU-SOULTANI, M. Temperature-driven models for insect development and vital thermal requirements. **Psyche**, v. 2012, p. 1-13, 2011.

DAVIDSON, J.A.; MILLER, D.R. Ornamental plants. p. 603-632. In: ROSEN, D. (Ed.) **Armored scale insects, their biology, natural enemies and control**. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, 4 (B), 1990.

DANZIG, E.M.; PELLIZARI, G. Diaspididae. p.172-370. In: Kozár, F. (Ed.). **Catalogue of Palearctic Coccoidea**. Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary, 1998.

DIAMOND, S.E.; CHICK, L.D.; PENICK, C.A.; NICHOLS, L.M.; CAHAN, S.H.; DUNN, R.R.; ELLISON, A. M.N.; SANDERS, J.; GOTELLI, N.J. Heat tolerance predicts the importance of species interaction effects as the climate changes. **Integrative and Comparative Biology**, v.57, p. 112-120, 2017.

DOMINGUES, A. Para um melhor conhecimento dos domínios coloniais: a constituição de redes de informação no Império português em finais do Setecentos. **História, Ciências, Saúde**, v. 8, p. 823-838, 2001.

DUBEUX JUNIOR, J.C.B.; BEN SALEM, H.; NEFZAQUI, A. Forage production and supply for animal nutrition. In: INGLESE, P.; MONDRAGON, C.; NEFZAQUI, A.; SAENZ, C. (Orgs.). Crop ecology cultivation and uses of cactus pear: CAM crops for a hotter and drier

world. FAO. **International Center for Agricultural Research in the Dry Areas**, Rome, p.74-91, 2017.

DUKES, J.S.D.S.; PONTIUS, J.; ORWIG, D.; GARNAS, J.R.G.R.; RODGERS, V.L.; BRAZEE, N.; COOKE, B.; THEOHARIDES, K.A.T.A.; STANGE, E.E.S.E.; HARRINGTON, R.; EHRENFELD, J.; GUREVITCH, J.; LERDAU, M.T.; STINSON, K.A.; WICH, R.; AYRES, M.P. Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: What can we predict? This article is one of a selection of papers from NE Forests 2100: A Synthesis of Climate Change Impacts on Forests of the Northeastern US and Eastern Canada. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 39, p. 231-248, 2009.

EDVAN, R.L.; MOTA, R.R.M.; DIAS-SILVA, T.P.; NASCIMENTO, R.R.; SOUSA, S.V.; SILVA, A.L.; ARAÚJO, M.J.; ARAÚJO, J.S. Resilience of cactus pear genotypes in a tropical semi-arid region subject to climatic cultivation restriction. **Scientific Reports**, v. 10, p. 1-10, 2020.

FAVETTI, B.M.; MASSAROLLI, A.; SANTOS, B.S.; CRUZ, L.R. Manejo integrado de pragas em culturas forrageiras. In: ARRUDA, V.; SANTOS JÚNIOR, A.; MIRANDA, L.D.L. **Forragicultura: pesquisa e ensino**. Ponta Grossa - PR: Atena Editora, 2021.

FERRAZ, A.F.F.; ARRUDA, D.M.P.; MELLO, A.C.L. Pragas e doenças. In: LIMA, M.A (ORG). **Palma Forrageira: Cultivo e Usos**. v. 7. Recife: Editora do IPA, 2017.

FERRIS, G.F. **Atlas of the scale insects of North America**. California, Stanford University Press, 1954. 36 p.

FINNEY, D.J. **Probit analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 1971.

FOLDI, I. Liste des cochenilles de France (Hemiptera, Coccoidea). **Bulletin de la Société Entomologique de France**, v. 103, p. 303-308, 2001.

FROTA, M.N.L.; CARNEIRO, M.S. DE S.; CARVALHO, G.M.C.; ARAÚJO NETO, R.B. **Palma forrageira na alimentação animal**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2015. 47 p. (Documentos 233 / Embrapa Meio-Norte).

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GERSON, U.; HAZAN, A. A biosystematic study of *Aspidiotus nerii* Bouché (Homoptera: Diaspididae) with the description of one new species. **Journal of Natural History**, v. 13, p. 275-284, 1979.

GILL, R.J. **Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology: The scale insects of California**. Part 3. The armored scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). N° 3. Sacramento, California, USA, California Department of Food and Agriculture, 1997. 307 p.

GUEDES, R.N.C.; PICANÇO, M.C.; GUEDES, N.M.P.; MADEIRA, N.R. Sinergismo do óleo mineral sobre a toxicidade de inseticidas para *Scrobipalpuloides absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.3, p. 313-318, 1995.

GURJAR, M.S.; SHAHID, A.; AKHTAR, M.; KANGABAM, S.S. Efficacy of plant extracts in plant disease management. **Agricultural Science**, v. 3, p. 425-433, 2012.

GONÇALVES JÚNIOR, H. **Avaliação de extratos de agave no controle de galhas radiculares do tomateiro**. 2002. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB, 2002.

HABIB, A.; SALAMA, H.S.; AMIN, A. The biology of the plum scale, *Parlatoria oleae* (Colvée) (Coccoidea: Diaspididae). **Bulletin de la Société Entomologique d'Egypte**, v. 53, p. 283-297, 1969.

HADDAD, M.L.; PARRA, J.R.P.; MORAES, R.C.B. **Métodos para estimar os limites térmicos inferior e superior de desenvolvimento de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1999. 29 p.

HAMBLIN, A.L.; YOUNGSTEADT, E.; LOPEZ-URIBE, M.M.; FRANK, S.D. Physiological thermal limits predict differential responses of bees to urban heat-island effects. **Biology Letters**, v. 13, p. 20170125, 2017.

HELMY, E.I.; KWAIZ, F.A.; EL-SAHN, O.M.N. The usage of mineral oils to control insects. **Egyptian Academic Journal of Biological Science**, v. 5, n. 3, p. 167-174, 2012.

HENDERSON, R. C. **Diaspididae (Insecta: Hemiptera: Coccoidea)**. Fauna of New Zealand. n. 66. New Zealand, 2011. 275 p.

ISMAN, M.B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. In: **Crop Protection XIVth International Plant Protection Congress**, v. 19, p. 603-608, 2000.

JUST, M.G.; FRANK, S.D. Thermal tolerance of gloomy scale (Hemiptera: Diaspididae) in the Eastern United States. **Environmental Entomology**, v. 49, n. 1, p. 104-114, 2020.



KELLERMANN, V.; LOESCHCKE, V.; HOFFMANN, A.A.; KRISTENSEN, T.N.; FLOJGAARD, C.; DAVID, J.R.; SVENNING, J.C.; OVERGAARD, J. Phylogenetic constraints in key functional traits behind species climate niches: patterns of desiccation and cold resistance across 95 drosophila species. **Evolution**, v. 66, n. 11, p. 3377-3389, 2012a.

KELLERMANN, V.; OVERGAARD, J.; HOFFMANN, A.A.; FLOJGAARD, C.; SVENNING, J.C.; LOESCHCKE, V. Upper thermal limits of *Drosophila* are linked to species distributions and strongly constrained phylogenetically. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 40, p. 16228-16233, 2012b.

KENNETT, C.E.; HOFFMANN, R.W. Seasonal development of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin Valley citrus based on degree-day accumulation. **Journal of Economic Entomology**, v. 78, p. 73-79, 1985.

LI, G.P.; FENG, H.Q.; HUANG, B.; ZHONG, J.; TIAN, C.H.; QIU, F.; HUANG, J.R. Effects of short-term heat stress on survival and fecundity of two plant bugs: *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) and *Adelphocoris suturalis* Jakovlev (Hemiptera: Miridae). **Acta Ecologica Sinica**, v. 37, p. 3939-3945, 2017.

LIMA, C.A.; BARBOSA, S.M. de L. Aspectos biológicos de *Curinus* sp., um predador da cochonilha-da-palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 103-105, 1988.

LIMA, G.F.C.; DANTAS, F.D.G.; CHAGAS, M.C.M.; GUEDES, F.X.; TOEES, J.F.; HOLANDA, J.S.; SILVA, E.C.S.; MORAIS, A.M.B.; NASCIMENTO, S.M. **Caminhos para expansão e desenvolvimento da palma forrageira no Rio Grande do Norte**. 1 ed. Parnamirim/ RN: EMPARN, 2019. 81 p.

LIMA, G.F.C. et al. **Palma Forrageira irrigada e adensada: uma reserva Forrageira estratégica para o Semiárido Potiguar**. Parnamirim/RN: EMPARN, 2015.

LIMA, I.M.M.; GAMA, N.S. Registro de plantas hospedeiras (Cactacea) e de nova forma de disseminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), Cochonilha-da-palma-forrageira nos estados de Pernambuco e Alagoas. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 3, p. 479-481, 2001.

LOPES, E.B (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2012. 256 p.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; ALBUQUERQUE, I.C.; BATISTA, J.L. Seleção de genótipos de palma forrageira (*Opuntia* spp. e *Nopalea* spp.) resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell, 1929) na Paraíba, Brasil. **Engenharia Ambiental - Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 204-215, 2010.

LOPES, R.S.; OLIVEIRA, L.G.; LIMA, G.; COSTA, A.F.; LIMA, E.A.L.; LIMA, V.L.M. Controle biológico e alternativo de *Dactylopius opuntiae* por fungo entomopatogênico e extratos vegetais em plantação de *Opuntia ficus-indica* (Pernambuco/Brasil). **Pesquisa agropecuária pernambucana**, v.23, p. e1871232018, 2018.

MARQUES, O.F.C.; GOMES, L.S.P.; MOURTHÉ, M.H.F.; BRAZ, T.G.S.; PIRES NETO, O.S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MARTÍN-LÓPEZ, B.; VARELA, I.; MARNOTES, S.; CABALEIRO, C. Use of oils combined with low doses of insecticide for the control of *Myzus persicae* and PVY epidemics. **Pest Management Science**, v. 62, 372-378, 2006.

MILLER, D.R.; DAVIDSON, J.A. **Armored scale insect pests of trees and shrubs (Hemiptera: Diaspididae)**. Comstock Publishing Associates: Cornell University Press, Ithaca, NY, 2005.

MILLER, D.R.; KOSZTARAB, M. Recent advances in the study of scale insects. **Annual Review of Entomology**, v. 24, p. 1-27, 1979.

MITOV, M.; SOLDAN, V.; BALOR, S. Observation of an anisotropic texture inside the wax layer of insect cuticle. **Arthropod Structure & Development**, v. 47, p. 622-626, 2018.

MOGHADDAM, M.; ABDOLLAHIPOUR, M.; FATHIPOUR, Y. Scale Insects. In: OMKAR (Ed.). **Polyphagous Pests of Crops**. 1. ed. Lucknow, Uttar Pradesh, India: Springer Singapore, 2021. 352 p.

MORAN, V.C. Interactions between phytophagous insects and their *Opuntia* hosts. **Ecological Entomology**, v. 5, p. 153-164, 1980.

MOREIRA, J. M.; PÉREZ-MARIN, A.M.; ARAÚJO, J.S.; RESLAMBASIS, G.R.; SALES, A.T. Nutrients demand of cactus forage. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.13, n. 2, p. 811-820, 2020.

NAGEGOWDA, D.A. Plant volatile terpenoid metabolism: biosynthetic genes, transcriptional regulation and subcellular compartmentation. **FEBS Letters**, v. 584, p. 2965-2973, 2010.

NUNES, F.; GUIMARÃES, L.; LACERDA, D.; MASCARENHAS, S.; BRAGA, V. Larvicidal activity of *Agave sisalana* against *Aedes aegypti* mosquito, the dengue vector. **BMC Proceedings**, v. 8, n. 4, p. 5, 2014.

NYS, E.D.; ENGLE, N. **Living with the semi-arid and proactive drought management in Northeast Brazil: a new perspective**. Washington, DC: World Bank Group, 2014.

OETTING, R.D. Biology of the cactus scale, *Diaspis echinocacti* (Bouche) (Homoptera, Diaspididae). **Annals of Entomological Society of America**, v. 77, p. 89-92, 1984.

OJHA, R.V.S.; SINGH, K. Morphological features of first stage larva (crawler) of *Aonidiella orientalis* (newstead) (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). **International Journal of Entomology Research**, v. 4, p. 68-70, 2019.

OLIVEIRA, V.S.; FERREIRA, M.A.; GUIM, A. Substituição total do milho e parcial do feno de capim-tifton por palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1419-1425, 2007.

OLIVEIRA, S.R.; SILVA, C.A.D.; CARVALHO, T.S.; COSTA, L.A.A. Biologia de *Corythucha gossypii* Fabricius, 1794 (Hemiptera: Tingidae) em *Ricinus communis* em diferentes temperaturas e exigências térmicas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 278-285, 2019.

OLIVEIRA, L.H.G.; SILVA DE SOUSA, P.A.P.; HILARIO, F.F.; NASCIMENTO, G.J.; MORAIS, J.P.S.; DE MEDEIROS, E.P.; DE SOUSA, M.F.; DA CRUZ NUNES, F. *Agave sisalana* extract induces cell death in *Aedes aegypti* hemocytes increasing nitric oxide production. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, p. 396-399, 2016.

OVERGAARD, J.; KEARNEY, M.R.; HOFFMANN, A.A. Sensitivity to thermal extremes in Australian *Drosophila* implies similar impacts of climate change on the distribution of widespread and tropical species. **Global Change Biology**, v. 20, n. 6, p. 1738-1750, 2014.

PASCUAL-VILLALOBOS, M.; ROBLEDO, A. Screening for anti-insect activity in Mediterranean plants. **Industrial Crops and Products**, v. 8, p. 183-194, 1998.

PASTORELLI, G.; SERRA, V.; VANNUCCINI, C.; ATTARD, E. *Opuntia* spp. as alternative fodder for sustainable livestock production. **Animals**, v. 12, p. 1-15, 2022.

PAVELA, R. Antifeedant and larvicidal effects of some phenolic components of essential oils lasp lines of introduction against *Spodoptera littoralis* (Boisd.). **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 14, p. 266-273, 2011.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, p. 1000-1007, 2016.

PEREIRA, E.; FARIAS, E.; RIBEIRO, A.; ALVARENGA, E.; AGUIAR, A.; FERREIRA, J.; PICANÇO, M. Toxicity of piperine amide analogs toward the tomato pinworm *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) and risk assessment for two predators. **Horticulturae**, v. 5, n. 70, p. 1-10, 2019.

PIZARRO, A.P.B.; OLIVEIRA-FILHO, A.M.; PARENTE, J.P.; MELO, M.T.V.; SANTOS, C.E.; LIMA, P.R. O aproveitamento do resíduo da indústria do Sisal no controle de larvas de mosquito. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 31, p. 23-29, 1999.

PIZARRO, A.P.B. Utilização do extrato de *Agave americana* Linnaeus no controle de *Boophilus microplus*, **Veterinária Notícia**, v. 4, n. 1, 1998.

POTENZA, M.R.; TAKEMATSU, A.P.; JOCYS, T.; FELICIO, J.D.F.; ROSSI, M.H.; SAKITA, M.N. Avaliação acaricida de produtos naturais para o controle de ácaro vermelho do cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 72, n. 4, p. 499-503, 2005.

PUM, J. A practical guide to validation and verification of analytical methods in the clinical laboratory. **Advances in Clinical Chemistry**, v. 90, p. 215-281, 2019.

PURKAIT, A.; BISWAS, S.; SAHA, S.; HAZRA, D.K.; ROY, K.; BISWAS, P.K.; GHOSH, S.K.; KOLE, R.K. Formulation of plant based insecticides, their bio-efficacy evaluation and chemical characterization. **Crop Protection**, v. 125, p. 104907, 2019.

QUESADA, C.R.; WITTE, A.; SADOFF, C.S. Factors influencing insecticide efficacy against armored and soft scales. **Horttechnology**, v. 28, n. 3, p. 267-275, 2018.

RAMDANI, C.; EL FAKHOURI, K.; SBAGHI, M.; BOUHARROUD, R.; BOULAMTAT, R.; AASFAR, A.; MESFIOUI, A.; EL BOUHSSINI, M. Chemical Composition and Insecticidal Potential of Six Essential Oils from Morocco against *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) under Field and Laboratory Conditions. **Insects**, v. 12, n. 11, p. 1-15, 2021.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria, 2017.

REBOUL, J.L. Principaux parasites et maladies des plantes cultivées en Polynésie française. Service de l'Économie rurale, **Recherche agronomique**, 1976. 116 p.

REGNAULT-ROGER, C. The potential of botanical essential oils for insect pest control. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 2, p. 25-34, 1997.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J.T. Essential oils in insect control: lowrisk products in a high-stakes world. **Annual Review of Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.

REIS FILHO, R.J.C.; CARNEIRO, M.S.S.; PEREIRA, E.S.; FURTADO, R.N.; MORAIS NETO, L.B.; MAGALHÃES, J.A.; ALVES, F.G.S.; LOPES, M.N. Biomass components and water use efficiency in cactus pear under different irrigation systems and harvest frequencies. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, p. e20210093, 2022.

RIBEIRO JÚNIOR, J.I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001. 301 p.

ROEL, A.R.; VENDRAMIM, J.D.; FRIGHETTO, R.T.S.; FRIGHETTO, N. Atividade tóxica de extratos orgânicos de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 799-808, 2000.

ROEL, A.R. Utilização de plantas com propriedades inseticidas: uma contribuição para o Desenvolvimento Rural Sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 1, n. 2, p. 43-50, 2001.

ROSEN, D. **Armored scale insects: Their biology, natural enemies and control**. vol. 4A. Elsevier Science Publishing: Amsterdam, The Netherlands, 1990.

ROUHANI, M.; VAHEDI, H.A.; MAREFAT, A. New faunistic records of armoured scale insects of southern Iran (Hemiptera: Diaspididae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, p. 1-16, 2018.

RUSSO, A.; SISCARO, G. *Diaspis echinocacti* fitomizo Del ficod' India in Sicilia. **Informatore Agrario**, v. 50, p. 73-76, 1994.

SADOF, C.S.; NEAL, J.J. Use of host plant resources by the euonymus scale, *Unaspis euonymi* (Homoptera: Diaspididae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 86, p. 614-620, 1993.

SANTOS, N.S. de S.; SANTOS, J.D.G.; SANTOS, F.O.; SERRA, T.M.; LIMA, H.G.; BOTURA, M.B.; BRANCO, A.; BATATINHA, M.J.M. Ovicidal activity of succinic acid isolated from sisal waste (*Agave sisalana*) against gastrointestinal nematodes of goats. **Ciência Rural**, v. 47, n. 8., p. e20170036, 2017.

SANTOS, P.L.; PRANDO, M.B.; MORANDO, R.; PEREIRA, G.V.N.; KRONKA, A.Z. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 2562-2576, 2013.

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Palma forrageira: cultivo de palma forrageira no semiárido brasileiro**. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. 3. ed. Brasília: SENAR, 2018. 52 p.

SEHAM, I. Botanical insecticides and mineral oils synergize toxicity of imidacloprid against *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Progress in Chemical and Biochemical Research**, v. 4, n. 3, p. 295-304, 2021.

SILVA, O.R.R.F.; CARTAXO, W.V.; GONDIM, T.M.S.; ARAUJO, A.E.; SILVA, C.A.D. A cadeia produtiva do sisal no nordeste brasileiro. p. 893-893. In: XIMENES, L.F.; SILVA, M.S.L.; L.T.L. (Org.). **Tecnologias de convivência com o semiárido brasileiro**. 1 ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2019.

SILVA, R. R.; SAMPAIO, E.V.S.B. Palmas forrageiras *Opuntia ficus-indica* e *Nopalea cochenillifera*: sistemas de produção e usos. **Revista Geama**, v. 1. n. 2, p. 151-161, 2015.

SILVA, C.C.F.; SANTOS, L.C. Palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista Eletrônica de Veterinária REDVET**, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2007.

SILVA, E.S.; GOMES, I.A.; MELO, L.J.; MEDEIROS, W.P.; MEDEIROS, M.B. Características da palma forrageira *Opuntia* spp. com potencial à resistência à cochonilha do carmim *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae). **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 7, n. 17, p. 1533-1541, 2020.

SILVA, P.L.F.; OLIVEIRA, F.P.; TAVARES, D.D.; NÓBREGA, C.C.; AMARAL, A.J. Water availability in a planosol under integrated crop livestock-forestry system in the agreste region of Paraíba, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 2, p. 449-457, 2019.

SKENDŽIĆ, S.; ZOVKO, M.; ŽIVKOVIĆ, I.P.; LEŠIĆ, V.; LEMIĆ, D. The Impact of Climate Change on Agricultural Insect Pests. **Insects**, v. 12, v. 440, p. 1-31, 2021.

SUASSUNA, P. Tecnologia do cultivo intensivo da Palma - TCIP. **Cactusnet Newsletter**, n. 13, p. 51-63, 2013. Edição das Actas de la Segunda Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y Otras Cactáceas y I Reunión Sudamericana CACTUSNET FAO-ICARDA, Santiago del Estero, 2012.

SUDENE. Ministério do desenvolvimento regional. **Delimitação do semiárido**. Brasília, DF, 2017.

SUDO, M.; YAMANAKA, T.; MIYAI, S. Quantifying pesticide efficacy from multiple field trials. **Population Ecology**, v. 61, p. 450-456, 2019.

TAYLOR, R.A.J. On the accuracy of insecticide efficacy reports. **Environmental Entomology**, v. 16, n.1, p. 1-8, 1987.

TAMBWE, M.M.; MBEYELA, E.M.; MASSINDA, B.M.; MOORE, S.J.; MAIA, M.F. Experimental hut evaluation of linalool spatial repellent agar gel against *Anopheles gambiae* sensu stricto mosquitoes in a semi-field system in Bagamoyo, Tanzania. **Parasites & Vectors**, v. 7, p. 550, 2014.

TREACY, M.F.; BENEDICT, J.H.; SCHMIDT, K.M.; ANDERSON, R.M. Mineral oil: enhancement of field efficacy of a pyrethroid insecticide against the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 84, n.2, p. 659-663, 1991.

VAN DER MEER, J. Production efficiency differences between poikilotherms and homeotherms have little to do with metabolic rate. **Ecology Letters**, v. 24, p. 219–226, 2021.

VERAS, R.M.L.; FERREIRA, M. de A.; CARVALHO, F.F.R. de; VÉRAS, A.S.C. Farelo de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) em substituição ao milho. 1. Digestibilidade aparente de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1302-1306, 2002.

VOLPE, M.; GOLDFARB, J.L.; FIORI, L. Hydrothermal carbonization of *Opuntia ficusindica* cladodes: Role of process parameters on hydrochar properties. **Bioresource Technology**, v. 247, p. 310-318, 2018.

WILLARD, J.R. Studies on rates of development and reproduction of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) on citrus. **Australian Journal of Zoology**, v. 20, p. 37-47, 1972.

WILSON, L.T.; BARNETT, W.W. Degree-day: an aid in crop and pest management. **California Agriculture**, v. 37, n. 1, p. 4-7, 1983.

YU, D.S.; LUCK, R.F. Temperature-dependent size and development of California red scale (Homoptera: Diaspididae) and its effect on host availability for the ectoparasitoid, *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae). **Environmental Entomology**, v. 17, p. 154-161, 1988.

YU, S.J. **The toxicology and biochemistry of insecticides**. 2nd ed. CRC Press: Boca Raton, FL, 2015.

ZEITOUN, R.; HAYAR, S.; MAJED, L.; EL-OMARI, K.; DOUSSET, S. Comparison of the efficacy of two insecticides for the management of *Dactylopius opuntiae* on prickly pear cactus in Lebanon and monitoring of the insecticides residues dissipation rates in fruits and cladodes. **SN Applied Sciences**, v. 2, p. 118, 2020.

ZIMMERMAN, H.G.; GRANATA, G. Insect pests and diseases. In: Nobel, P.S. (Ed). **Cacti: biology and uses**. University of California Press, Los Angeles, 2002.