



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: FITOTECNIA**

**BICUDO-DO-ALGODOEIRO (COLEOPTERA:  
CURCULIONIDAE): DESENVOLVIMENTO EM  
CARIMÃS, MORFOMETRIA E RESISTÊNCIA A  
INSETICIDAS**

**BEATRIZ SOUSA COELHO**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**  
**BAHIA – BRASIL**  
**2022**

**BEATRIZ SOUSA COELHO**

**BICUDO-DO-ALGODOEIRO (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE):  
DESENVOLVIMENTO EM CARIMÃS, MORFOMETRIA E RESISTÊNCIA A  
INSETICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani

Coorientadora: Dra. Suzany Aguiar Leite

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA - BRASIL

2022

C672b

Coelho, Beatriz Sousa.

Bicudo-do-algodoeiro (Coleoptera: Curculionidae): desenvolvimento em carimãs, morfometria e resistência a inseticidas. / Beatriz Sousa Coelho, 2022.

82f. : il.

Orientador (a): Dr<sup>a</sup>. Maria Aparecida Castellani.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2022.

Inclui referência F. 19 - 21.

1. *Gossypium hirsutum*. 2. *Anthonomus grandis grandis*. 3. Controle químico. 4. Morfometria. 5. Caatinga- Carimã. I. Castellani, Maria Aparecida. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 633.51

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**Área de Concentração em Fitotecnia**

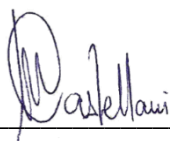
*Campus de Vitória da Conquista-BA*

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**Título: “BICUDO-DO-ALGODOEIRO (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE):  
DESENVOLVIMENTO EM CARIMÃS, MORFOMETRIA E RESISTÊNCIA A  
INSETICIDAS”.**

**Autora:** Beatriz Sousa Coelho

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



---

**Maria Aparecida Castellani, D.Sc., UESB**  
**Presidente**



---

**Cristina Schetino Bastos, D.Sc., UNB**



---

RAUL NARCISO CARVALHO GUEDES  
Data: 29/07/2022 13:43:03-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Raul Narciso Carvalho Guedes, D.Sc., UFV**

Data de realização: 29 de julho de 2022.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista,  
Bahia, Brasil Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: [ppgagronomia@uesb.edu.br](mailto:ppgagronomia@uesb.edu.br)

Para a minha família,  
Agradeço e ofereço,

Ao meu esposo, Junei; aos meus pais, Valter e Joelma;  
aos meus irmãos, Marina, Luiza Eduarda, Maria Alice,  
Lázaro e Eduardo; as minhas avós, meus sogros,  
sobrinhos, padrinhos, cunhados, tios e amigos, pelo  
apoio, carinho, paciência e amor. E a todos que torceram  
e acreditaram em mim.

Vocês foram as minhas fontes de inspiração e tornaram  
meus dias mais leves e alegres.

Eu Dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente ao meu bom Deus, pela vida, saúde, força e fortaleza durante esta jornada;

À Universidade do Sudoeste da Bahia, pela infraestrutura oferecida para a realização do estudo e pelo apoio na realização deste trabalho;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa da autora;

À professora Dra. Maria Aparecida Castellani, minha orientadora e amiga, por acreditar em meu potencial, nortear, apoiar e me orientar com maestria; pela positividade e ânimo de todos os dias; minha imensa gratidão pela oportunidade de trabalhar, aprender e crescer com a grandiosa profissional que és;

À Dra. Suzany Aguiar Leite, minha coorientadora, pelo companheirismo, auxílio, paciência, amizade e cuidado nos ensinamentos transmitidos; suas contribuições e parcerias foram de grande valia para o desenvolvimento deste trabalho; gratidão por tudo!!

À professora Dra. Aldenise, pelos ensinamentos, pela alegria, amizade, carinho e cuidado que sempre me dispensou;

À minha família e amigos, pela torcida, carinho e apoio de sempre. Em especial minha à sogra Nedir e madrinha Marly, por existirem em minha vida; e à minha avó Alice e Tia Ana Alice, por todo suporte;

Aos irmãos do coração, Matheus e Raul, pela amizade, cumplicidade e cuidado de todos os dias! À Andressa e Suzety, pela amizade e companheirismo de sempre. À Jaqueline, por ser uma “mãezona do coração”; À Daniela, Virgiane e Mikaela pela amizade.

A Mateus Santos e Eloito Caires, pela amizade, apoio, ânimo e auxílio nas análises estatísticas. Vocês são incríveis! Minha imensa gratidão!!

À grandiosa equipe do Laboratório de Entomologia (Beatriz, Quézia, Thainara, William, Jáslen, Ana, Laércio, Lilian, Micaela, Benício, Henrique, Iuri, Flávia, Adriano e demais), por todo suporte no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade. Minha gratidão a todos os professores;

À professora Dra. Raquel e Zilda, pela disposição do laboratório e orientação para aquisição das imagens dos bicudos;

Aos colaboradores do Setor de Transportes, agradeço o carinho e paciência nas viagens;

Aos cotonicultores de Palmas de Monte Alto, Pindaí, Guanambi, Iuiú e Luís Eduardo Magalhães, pela receptividade e disposição das fazendas; e à Associação Baiana dos Produtores de Algodão (Abapa) pelo suporte.

Ao Sr. Lucivaldo Martins e Janderson Lacerda, pelo auxílio durante as coletas de materiais nas propriedades.

E a todos que tornaram possível o desenvolvimento deste trabalho. Muito obrigada!

“Deem graças ao Senhor, porque Ele é bom.  
O Seu amor dura para sempre!”

Salmos 136:1



## RESUMO GERAL

COELHO, B. S. **BICUDO-DO-ALGODOEIRO (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE): DESENVOLVIMENTO EM CARIMÃS, MORFOMETRIA E RESISTÊNCIA A INSETICIDAS.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2022. 82p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de Concentração: Fitotecnia)<sup>1\*</sup>

*Anthonomus grandis grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) é a principal praga do algodoeiro, cujos adultos sobrevivem na entressafra utilizando pólen de várias espécies vegetais para alimentação ou abrigando-se em carimãs. O uso de inseticidas é a tática principal de supressão populacional da praga e o número de aplicações vem crescendo nos últimos anos, aumentando a pressão para seleção de indivíduos resistentes. Há lacunas de conhecimentos acerca o desempenho de bicudos procedentes de carimãs e resistência dessa praga a inseticidas. Buscou-se comprovar duas hipóteses: a) carimãs são estruturas que permitem a sobrevivência do bicudo sem afetar seu potencial reprodutivo, alimentação, sobrevivência, tamanho e forma; e b) há populações de bicudos resistentes a inseticidas na Bahia. Assim, objetivou-se conhecer o desempenho de bicudos de diferentes procedências (Artigo I) e detectar e caracterizar a resistência da praga a inseticidas em cultivos da Bahia, Brasil (Artigo II). Inicialmente, bicudos adultos foram obtidos de botões florais e carimãs infestados e de armadilhas (em cultivos de algodão e em vegetação de Caatinga). Casais (n=30) de cada procedência foram acondicionados em gaiolas, para avaliação da oviposição, alimentação, sobrevivência das gerações Parental e F1 e morfometria da Parental. Para os bioensaios de resistência, 12 populações foram utilizadas, sendo 11 coletadas em plantios comerciais (uso de inseticidas) e uma considerada susceptível (sem uso de inseticidas). Estas foram expostas ao malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil. Bicudos oriundos das armadilhas apresentaram maiores potenciais reprodutivos e longevidade. Maiores comprimentos foram observados em bicudos provenientes de armadilhas e carimãs, enquanto que a largura do abdome foi maior nos bicudos obtidos em carimãs e armadilhas do algodão. A procedência não afetou a alimentação, tempo de emergência das progênes e comprimento do rostro, ocorrendo, no entanto, efeito na forma do rostro. O tempo letal mediano (TL<sub>50</sub>) variou entre populações, com maiores valores para malathion e profenófos+cipermetrina. A resistência a pelo menos um inseticida foi detectada em 11 populações. Os níveis de resistência detectados foram baixos. Riscos significativos de falha de controle foram verificadas em 50,0% e 58,3% das populações quando expostas ao malathion e profenófos+cipermetrina, respectivamente. Quando expostas ao fipronil, verificou-se riscos significativos de falha de controle para apenas duas populações. Trata-se do primeiro registro de resistência do bicudo a organofosforados e fenilpirazóis no Brasil. Os resultados confirmam as hipóteses demonstrando que carimãs não afetam os desempenhos reprodutivos, de alimentação e longevidade dos bicudos e que há necessidade de execução de um plano de manejo da resistência do bicudo e de aperfeiçoamento no manejo cultural da praga.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis grandis*; Caatinga; Carimã; Controle Químico; *Gossypium hirsutum*; Morfometria.

---

\* **Orientadora:** Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani, UESB e **Coorientadora:** Dra. Suzany Aguiar Leite, UESB.

## GENERAL ABSTRACT

COELHO, B. S. **BOLL WEEVIL (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE): DEVELOPMENT IN DRY BOLLS MORPHOMETRY AND RESISTANCE TO INSECTICIDES.** Vitória da Conquista - BA, UESB, 2022. 82p. (Dissertation: Master in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science).<sup>1\*</sup>

*Anthonomus grandis grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) is the main pest of cotton. Adults survive in the off-season by using pollen from various plant species for food or by sheltering in dry bolls. The use is a tactic of main number of resistant individuals of the pest and applications has been growing in recent years, increasing the number of resistant individuals of the pest. There are gaps in our knowledge about the performance of dry bolls and resistance of this pest to insecticides. We sought to test two hypotheses: a) dry bolls are structures that allow the survival of the boll weevils without affecting its reproductive potential, feeding, survival, size and shape; and b) there are populations of boll weevils resistant to insecticides in Bahia. Thus, the objective was to know the performance of boll weevils of different origins (Article I) and to detect and characterize the pest's resistance to insecticides in crops from Bahia, Brazil (Article II). Initially, adult boll weevils were obtained from infested flower buds and dry bolls and from traps (in cotton crops and Caatinga vegetation). Couples (n=30) from each source were placed in cages to evaluate oviposition, feeding, survival of the parental and F1 generations and parental morphometry. For resistance bioassays, 12 populations were used, 11 of which were collected from commercial plantations (insecticide use) and one was considered susceptible (no insecticide use). These were exposed to malathion, profenophos+cypermethrin and fipronil. Beaked boll weevils from the traps showed higher reproductive potentials and longevity. Greater lengths were observed in boll weevils originating from traps and dry bolls, while abdomen width was greater in boll weevils obtained from dry bolls and cotton traps. Provenance did not affect feeding, emergence time of progenies, and rostrum length; however, there was an effect on rostrum shape. Median lethal time (LT<sub>50</sub>) varied among populations, with higher values for malathion and prophenophos+cypermethrin. Resistance to at least one insecticide was detected in 11 populations. The levels of resistance detected were low. Risks of control failures, were exhibited seen in 50.0% and 58.3% of populations when exposed to malathion and profenofos+cypermethrin, respectively. When exposed to fipronil, risks of control failures significant were found for only two populations. This is the first record of boll weevil resistance to organophosphates and phenylpyrazoles in Brazil. The results confirm the hypotheses demonstrating that dry bolls do not affect the reproductive, feeding and longevity performances of the boll weevils and that there is a need to execute a plan to manage the resistance of the boll weevil and to improve the cultural management of the pest.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis grandis*; Caatinga; Dry bolls; Chemical Control; *Gossypium hirsutum*; Morphometry.

---

\* **Advisor:** Profa. Dra. Maria Aparecida Castellani, UESB and **Coadvisor:** Dra. Suzany Aguiar Leite, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Conjunto de marco e semimarcos adicionados e selecionados para análise de morfometria geométrica (forma) do rosto dos bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. O ponto 1 indica o marco anatômico e os pontos 2 a 8 são semimarcos anatômicos (Bookstein, 1991). .....	44
Figura 1.2 Número médio de orifícios de oviposição de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). 45	
Figura 1.3 Potencial médio de alimentação (número de orifícios de alimentação) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	46
Figura 1.4 Longevidade média (dias) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	47
Figura 1.5 Longevidade média (dias) da geração F1 de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). 48	
Figura 1.6 Tempo médio (dias) para emergência (fase de ovo a adulto) das progênes dos bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	49
Figura 1.7 Comprimento médio do rosto (cm) de bicudos adultos procedentes de carimãs, botões florais, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes à geração parental (A) e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	50
Figura 1.8 Comprimento médio do tórax + abdome (cm) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes as gerações parental (A) e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	51
Figura 1.9 Largura média do abdome (cm) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes à geração parental	

(A) e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana; $p < 0,001$ ). .....	52
Figura 1.10 Tamanho do centroide (CS) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Barras acompanhadas de erro padrão e seguidas de mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si (GLM, AIC = 292,05; $p < 0.005$ (Gaussian family (link = identity)). .....	53
Figura 1.11 Plot representando a variação na forma do rostro de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, ao longo dos dois primeiros eixos de variáveis canônicas (CV1 e CV2) com elipse de 90% de confiança. ....	54
Figura 1.12 Grades de deformação ilustrando mudanças de forma ao longo dos eixos CV1 e CV2 em direções positivas. Os círculos representam os marcos e semimarcos anatômicos e os palitos indicam as mudanças em relação aos marcos e semimarcos. ...	55
Figura 1.13 Análise de agrupamento demonstrando relação da forma do rostro entre populações de <i>Anthonomus grandis</i> , construído com base nas distâncias de Mahalanobis do rostro de bicudos adultos procedentes de carimãs, botões florais, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. ....	56
Figura 2.1 Distribuição dos locais de amostragem das populações do bicudo ( <i>Anthonomus grandis grandis</i> ) utilizadas nos bioensaios de detecção da resistência a inseticidas no estado da Bahia, Brasil. ....	78
Figura 2.2 Curvas de sobrevivência dos inseticidas avaliados, independente da população de bicudos ( <i>Anthonomus grandis grandis</i> ) (A); quando expostas ao malathion (B), profenófos+cipermetrina (C) e fipronil (D).....	79
Figura 2.3 Relação entre a razão da resistência e risco de falha de controle de populações do bicudo ( <i>Anthonomus grandis grandis</i> ) ao inseticida malathion (A), profenófos+cipermetrina (B) e fipronil (C) .....	80

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Componentes principais, autovalores, proporção da variância explicada e proporção acumulada por componentes para variações na forma dos rostros de <i>Anthonomus grandis grandis</i> . .....	41
Tabela 1.2 Teste de validação cruzada. Percentual (%) das regiões dos rostros de <i>Anthonomus grandis grandis</i> alocados corretamente por tratamento de acordo com a forma. ....	42
Tabela 1.3 Distância de Mahalanobis entre grupos (Lado esquerdo inferior) e P-valor do teste de permutação (10.000 permutações) (Lado direito superior) de <i>Anthonomus grandis grandis</i> . ....	43
Tabela 2.1 Identificação e coordenadas geográficas dos locais de amostragem das populações do bicudo ( <i>Anthonomus grandis grandis</i> ) no estado da Bahia, Brasil. ....	70
Tabela 2.2 Tempo letal mediano (TL <sub>50</sub> ) de populações do bicudo ( <i>Anthonomus grandis grandis</i> ) expostas a inseticidas. Valores da TL <sub>50</sub> seguidos pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Holm-Sidak ( $p < 0,05$ ). Os valores de $\chi^2$ e P referem-se à diferença entre as populações para o mesmo inseticida. ....	71
Tabela 2.3 Razão da resistência e risco de falha de controle .....	72

## LISTA DE ABREVIACÕES, SINAIS E SÍMBOLOS

Cm	Centímetros
mm	Milímetros
°	Graus
°C	Graus Celsius
=	Igual
>	Maior
<	Menor
±	Mais ou menos
Fig	Figura
Tab	Tabela
ha	Hectares
km	Quilômetros
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAPESB	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GLM	Modelos Lineares Generalizados
TL <sub>50</sub>	Tempo Letal até a morte de 50% da população
IC	Intervalo de Confiança
MIP	Manejo Integrado de Pragas
SE	Desvio padrão
EP	Erro padrão da media
QMR	Quadrado Médio do Resíduo
UESB	Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL .....	16
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19
3 ARTIGO I- Bicudos em carimãs: há desvantagem no desempenho? .....	22
RESUMO .....	23
3.1 INTRODUÇÃO.....	25
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.2.1 Insetos .....	27
3.2.2 Montagem dos bioensaios e delineamento experimental .....	27
3.2.3. Análises morfométricas .....	288
3.2.4 Análises estatísticas .....	28
3.3. RESULTADOS .....	29
3.3.1 Potencial reprodutivo e de alimentação .....	29
3.3.2 Longevidade dos bicudos.....	29
3.3.3 Morfometria .....	30
3.4 DISCUSSÃO.....	31
3.5 REFERÊNCIAS .....	34
4 ARTIGO II- Resistência a inseticidas e risco de falha de controle em populações do bicudo (Coleoptera: Curculionidae) .....	57
RESUMO .....	59
4.1 INTRODUÇÃO.....	60
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
4.2.1 Insetos e inseticidas .....	61
4.2.3 Bioensaios de mortalidade .....	62
4.2.4 Análises estatísticas .....	63
4.3 RESULTADOS .....	64
4.3.1 Tempo letal mediano (TL <sub>50</sub> ) e sobrevivência do bicudo aos inseticidas malathion, fipronil e profenófos+cipermetrina.....	64
4.3.2 Razão da resistência do bicudo aos inseticidas malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil, e risco de falha de controle.....	65
4.3.3 Relação entre resistência e risco de falha de controle.....	65
4.4 DISCUSSÃO.....	65
4.5 REFERÊNCIAS CITADAS.....	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	81

## INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é importante nos cenários econômico e social, tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento em todo o mundo, contribuindo especialmente para a redução da pobreza e para a criação de empregos. A cotonicultura é desenvolvida em 75 países, e gera um valor superior a 50 bilhões de dólares por ano em produtos brutos, beneficiando 26 milhões de produtores e 100 milhões de famílias (WTO, 2019). No entanto, cinco países são responsáveis por 74% da produção mundial de algodão, destacando-se o Brasil na quarta posição, atrás da China, Índia, e Estados Unidos (USDA, 2022).

Em 2022, a produção brasileira de algodão teve um crescimento de 19,3% em relação à safra 2020/2021, alcançando cerca de 2,81 milhões de toneladas de plumas (CONAB, 2022). Tal aumento é reflexo da cotação da pluma em patamar elevado, que tem proporcionado boa rentabilidade ao produtor. Dentre os principais produtores nacionais, destacam-se os estados de Mato Grosso e Bahia que respondem por 88% do total produzido (CONAB, 2021).

Na Bahia, atualmente, o principal polo cotonicultor é a região Oeste, onde predomina vegetação de cerrado; que responde por aproximadamente 90% do algodão produzido (FUNDEAGRO, 2020). A região Sudoeste, com predomínio de vegetação de Caatinga e com maior tradição na cotonicultura, é responsável por cerca de 1,93% da área cultivada e cerca de 10% da produção estadual. As regiões são marcadas por grandes diferenças edafoclimáticas, tamanho dos cultivos e no uso das tecnologias, prevalecendo cultivos de pequeno e médio porte e agricultores familiares no Sudoeste, enquanto a produção do Oeste é marcada pela agricultura de porte empresarial, com grandes áreas e alto nível tecnológico (Guedes, 2022).

No entanto, no passado, a região Sudoeste da Bahia se destacava mundialmente como um dos principais pólos de produção de algodão, mas foi fortemente abalada pela entrada do bicudo *Anthonomus grandis grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), considerada a praga mais prejudicial da cultura em toda a América do Sul e Central, contribuindo significativamente para o aumento dos custos de produção (Azambuja e Degrande, 2014). Os gastos com controle e as perdas ocasionadas por essa praga ultrapassam US\$ 200 por hectare, o que corresponde a quase 10% do custo de produção da cultura (Miranda e Rodrigues, 2018). A injúria é causada por adultos que se alimentam e colocam seus ovos em botões florais, flores e maçãs, causando, em alguns



casos, a queda destes órgãos, redução da produção e qualidade da fibra (Nussenbaum e Lecuona, 2012).

Diversos fatores podem afetar a dinâmica populacional do bicudo, tais como variações climáticas, disponibilidade de recursos alimentares e fatores intrínsecos individuais, como idade, estado reprodutivo e acasalamento prévio (Arruda et al., 2020). Tais variações, podem afetar o tamanho ou a biomassa dos indivíduos (Souto, 2011) e, conseqüentemente, a sobrevivência e reprodução (Schmidt-Nielsen, 1984), uma vez que indivíduos maiores tendem a apresentar maior longevidade e sucesso reprodutivo (Wang et al., 2009). O tipo de estrutura reprodutiva do algodoeiro, utilizada pelo bicudo, influencia o seu desenvolvimento, reprodução e sobrevivência (Rolim, 2014). Durante o período de entressafra do algodoeiro, o bicudo costuma utilizar áreas de vegetação nativa (Showler, 2009), soqueiras, plantas involuntárias, recursos alimentares alternativos e estruturas conhecidas como carimãs (frutos do algodoeiro secos e malformados), para alimentação e alojamento (Greenberget et al., 2004; Showler 2006; Macêdo et al., 2015; Ribeiro et al., 2015, 2020; Pires et al., 2017).

Recentemente, se comprovou que a produção de carimãs é influenciada pela variedade de algodão e que bicudos adultos podem sobreviver por mais de 10 semanas nestas estruturas, período superior à entressafra da cultura (Do Vale et al., 2021). Portanto, uma vez comprovado que bicudos podem permanecer vivos no interior dos carimãs por períodos relativamente longos, pode-se levantar a hipótese de que os carimãs são importantes abrigos desses insetos ao final das safras mantendo-os com as habilidades reprodutivas, de alimentação, longevidade comparáveis àquelas dos adultos procedentes de botões florais e maçãs do algodoeiro.

No entanto, ainda existem muitas lacunas de conhecimentos sobre a biologia, alimentação, aptidão para reprodução, longevidade e morfometria (tamanho e forma) de bicudos procedentes de carimãs em relação àqueles oriundos de estruturas reprodutivas normalmente utilizadas para o desenvolvimento larval da praga (botões florais e maçãs do algodão). Acredita-se que tais conhecimentos são de fundamental importância para nortear a seleção de práticas de controle e diminuir as populações iniciais da praga nas safras de algodão. Para as condições dos cultivos baianos, há escassez de estudos sobre a bioecologia do bicudo (Macêdo, 2014).

O controle químico é praticamente o único utilizado para a supressão populacional do bicudo, com média de 19 aplicações de inseticidas por safra no estado da Bahia (FUNDEAGRO, 2020). Vale ressaltar, que apesar da eficácia dos inseticidas, seu uso

intenso pode causar efeitos ambientais adversos e levar ao surgimento de populações de bicudos resistentes (Oliveira-Marra et al., 2019). A detecção de mudanças na susceptibilidade de insetos a determinados inseticidas, quando realizada nos estágios iniciais, possibilita o desenvolvimento de programas de manejo da resistência, para atenuar este problema. A detecção inicial da resistência possibilita maior chance de reestabelecimento da suscetibilidade dos insetos-praga aos inseticidas e adoção de métodos alternativos de controle disponíveis (IRAC, 2020).

As pesquisas desenvolvidas nos últimos anos ainda não foram capazes de explicar as altas populações da praga observadas no início das safras subsequentes. É fato que o bicudo pode se manter vivo em carimãs (frutos secos e malformados), mas a sua capacidade reprodutiva e de sobrevivência, a partir do momento que os adultos deixam tais estruturas ainda não foram quantificadas. Portanto, torna-se difícil inferir sobre a real importância dos carimãs na manutenção e aumento populacional da praga nos cultivos. O controle químico é o principal método de controle populacional do inseto, sendo realizado em um curto período de tempo, máximo de 180 dias (ciclo da cultura), ocasionando riscos de seleção de populações resistentes a inseticidas e impactos ambientais diversos. Não existe, até o momento, nenhum registro de estudos sobre a resistência de populações do bicudo a inseticidas para as condições do estado da Bahia.

A associação do uso de carimãs, para se manter na área de produção com o fenômeno da resistência a inseticidas, pode dificultar ainda mais o manejo da praga e inviabilizar produções econômicas.

Conhecimentos acerca da sobrevivência, reprodução e alimentação do bicudo na entressafra e dos comportamentos das populações da praga em relação aos inseticidas mais utilizados para seu controle, de forma conjunta, contribuirão para o aperfeiçoamento do manejo integrado da praga nos algodoeiros da Bahia, com foco no controle cultural e manejo da resistência a inseticidas.

Assim, os objetivos do presente estudo foram: 1) conhecer o potencial reprodutivo, de alimentação, sobrevivência e qualidade (tamanho e forma) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs e armadilhas (em área de Caatinga e cultivos de algodão); e 2) detectar e caracterizar populações resistentes aos principais inseticidas utilizados para o controle da praga.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arruda, L. S.; Torres, J. B.; Rolim, G. G.; Silva-Torres, C. S. A. (2020). Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. **Pest Management Science**. v.77. ed. 3. 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.6148>
- Azambuja, R.; Degrande, R. E. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**. n.81. p.377–410. 2014. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000012013>
- Do Vale, W.; Castellani, M.; De Novais, V.; Dias, W.; Lima, A.; Ribeiro, E.; Cardoso, A.D.; Da Silva, C. Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. **The Canadian Entomologist**. n.1. ed.12. 2021. <https://doi.org/10.4039/tce.2021.40>
- Companhia Nacional do Abastecimento- CONAB. ISSN 2318 6852. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v.9– Safra 2021/22, n.9 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-99, junho 2022. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/>> Acesso em: Jun. 2022.
- Companhia Nacional do Abastecimento- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. v. 8 – safra 2020/21, nº3 – terceiro levantamento | dezembro 2020.
- Greenberg, S.M.; Sappington, T.W.; Elzen, G.W.; Norman, J.W.; Sparks, A.N. Effects of insecticides and defoliantes applied alone and in combination for control of overwintering boll weevil (*Anthonomus grandis*; Coleoptera: Curculionidae) Laboratory and field studies. **Pest Management Science**. n.60. p. 849–858. 2004. <https://doi.org/10.1002/ps.878>.
- Guedes, K. Começa a colheita de algodão no Sudoeste da Bahia. **Revista Cultivar**. Pelotas, RS. 2022. Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/noticias/comeca-a-colheita-de-algodao-no-sudoeste-da-bahia>>. Acesso em: Jul. 2022.
- IRAC. Insecticide Resistance Action Committee. IRAC mode of action classification scheme. IRAC International MoA working group. Paris, FR: March 2020. Disponível em: < [http://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2020/04/cir0605-anexo-irac-moaclassification\\_v8.2\\_2march17.pdf](http://www.aenda.org.br/wp-content/uploads/2020/04/cir0605-anexo-irac-moaclassification_v8.2_2march17.pdf)>. Acesso em: Jun. 2022.
- Macêdo, J. A. de; Castellani, M.A.; Ribeiro, F.A.S.; Oliveira, P.P.; Maluf, R.P. Fontes alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-doalgodoeiro em duas regiões produtoras de algodão na Bahia. **Revista Caatinga**. v.28, p. 255–262. 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n329rc>.

Macêdo, J. A. Fontes alternativas de alimento e sobrevivência do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera, Curculionidae) em carimã na entressafra. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Área de Concentração em Fitotecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista. 87p. 2014.

Miranda, J.E.; Rodrigues, S.M.M. O tamanho do prejuízo do bicudo e a necessidade do monitoramento. 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/37767331/artigo---o-tamanho-do-prejuizo-do-bicudo-e-a-necessidade-do-monitoramento>>. Acesso em: Jun. 2022.

Nussenbaum, A.L.; Lecuona, R.E. Selection of *Beauveria bassiana* sensu lato and *Metarhizium anisopliae* sensu lato isolates as microbial control agents against the boll weevil (*Anthonomus grandis*) in Argentina. **Journal of Invertebrate Pathology**. v.n.1. p. 1-7. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.01.010>

Oliveira-Marra, S. O. D.; Guedes, R. N. C.; Schetino, C.; Henrique, P.; Marra, A.; Vivian, L. M.; Zanine, A. M. Insecticide resistance and control failure likelihood among populations of the boll weevil (*Anthonomus grandis*) from Mato Grosso (Brazil). **Acta Science**. n.41. 2019. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42714>.

Pires, C.S.S.; Pimenta, M.; Mata, R.A.; Souza, L.M.; Paula, D.P.; Sujii, E..R.; Fontes, E.M.G. Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 52,149–160. 2017.

Rolim, G.G. Desenvolvimento, reprodução e sobrevivência do bicudo-do-algodoeiro em função do tipo de alimento. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola). Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 50p. 2014.

Ribeiro, E.B.; Silva, C.A.D.; Novais, V. R. de; do Vale, W.S.; Silva, G. dos .S.; Melo, T.L.; Leite, S.A.; Castellani, M.A. Formação de carimãs e sobrevivência do bicudo do algodoeiro em cultivares de algodão. **Scientia Plena**. n.16. 2020. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.020202>.

Ribeiro, E. B.; Castellani, M. A.; Silva, C. A. D.; Melo, T. L.; Silva, G. S.; Vale, W. S.; Santos, A. S. Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do bicudo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.50, n.11, p.993-998. 2015.

Schmidt-Nielsen, K. Scaling: why is animal size so important? Cambridge, Cambridge University Press, 256p. 1984.

Showler, A.T. Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical Mesoamerica. **Am Entomol**. n. 55. p. 234– 242. 2009. <https://doi.org/10.1093/ae/55.4.234>

Showler, A.T. Boll weevil damage to cotton bolls under standard and proactive spraying. **Journal of Economic Entomology**. n. 99. p. 1251–1257. 2006.  
<https://doi.org/10.1093/jee/99.4.1251>.

Souto, K. C. F. L. Influência ambiental na morfometria de insetos. (Dissertação de Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) Universidade Federal de Uberlândia, MG, 55p.2011.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Cotton World Supply, Use, and Trade on line. Disponível em:<  
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: Jul. 2022.

Wang, X. C.; Johnson, M.W.; Dane, K. M.;Yokoyama, V. Y. Larger olive fruit size reduces the efficiency of *Psytalia concolor* as a parasitoid of the olive fruit fly. **Biological Control**. n. 49.p. 45-51. 2009.  
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.004>

World Trade Organization- WTO. World Cotton Day: a Global Celebration of Cotton and Its Stakeholders, From Field to Fabric and Beyond. Disponível em:  
<[https://www.wto.org/english/tratop\\_e/agric\\_e/wcd2019\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/agric_e/wcd2019_e.htm)>. Acesso em: Jun. 2022.

**Periódico Científico:** Agricultural and Forest Entomology- A2

**ARTIGO I**

Bicudos em carimãs: há desvantagem no desempenho?\*

---

\* **Situação:** Não-submetido

Periódico: Agricultural and Forest Entomology

Trabalho de Pesquisa Original

Autor Correspondente:

Beatriz Sousa Coelho

Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia)

Departamento de Fitotecnia e Zootecnia

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Vitória da Conquista, BA 45031-900, Brasil

Telefone: +55 77 34259396

E-mail: [castellani@uesb.edu.br](mailto:castellani@uesb.edu.br)

## **Bicudos em carimãs: há desvantagem no desempenho?**

Beatriz Sousa Coelho<sup>a</sup>, Suzany Aguiar Leite<sup>a</sup>, Mateus Pereira dos Santos<sup>a</sup>, Eloito Caires de Mates<sup>a</sup>, Beatriz Magalhães Lataro de Moraes<sup>a</sup>, Cristina Schetino Bastos<sup>b</sup>, Raul Narciso de Carvalho Guedes<sup>c</sup>, Aldenise Alves Moreira<sup>a</sup>, Maria Aparecida Castellani<sup>a</sup>

Título curto: Desempenho de bicudos provenientes de carimãs

---

<sup>a</sup> Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 45.031-900, Brasil.

<sup>b</sup> Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 70910-900, Brasil.

<sup>c</sup> Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 35.570-900, Brasil.

1 1 *Anthonomus grandis grandis* é a principal praga do algodoeiro das Américas e com potencial  
2 a se tornar praga em outros continentes. O inseto utiliza os órgãos reprodutivos da planta para  
3 alimentação e oviposição; as larvas desenvolvem-se no interior dos botões florais e maçãs. Na  
4 entressafra do algodão o bicudo utiliza estratégias de sobrevivência, abrigando-se em carimãs.  
5 2 O objetivo do trabalho foi conhecer o potencial reprodutivo, de alimentação, longevidade e  
6 características morfológicas de bicudos procedentes de carimãs, botões florais e armadilhas.  
7 3 Adultos foram obtidos de botões florais e carimãs de algodão infestados e de armadilhas  
8 (instaladas em cultivo de algodão e vegetação de Caatinga). Trinta casais foram isolados em  
9 potes plásticos e mantidos em laboratório para quantificação dos orifícios de oviposição e  
10 alimentação, longevidade e medidas morfológicas das gerações Parental e F1.  
11 4 A procedência do bicudo interfere significativamente no potencial reprodutivo, longevidade,  
12 comprimento do tórax + abdome (geração F1) e largura do abdome. Contudo, não afeta a  
13 alimentação, tempo para emergência das progênes e comprimento do rostro. Insetos oriundos  
14 das armadilhas (em algodão e vegetação de Caatinga), possuem maior aptidão para se  
15 reproduzir e longevidade. Maiores comprimentos de tórax+abdome foram observados nos  
16 insetos procedentes do cultivo de algodão e carimãs, sendo este último semelhante aos das  
17 armadilhas na Caatinga. As maiores larguras do abdome foram encontradas em bicudos  
18 oriundos de carimãs e cultivos de algodão. A forma do rostro variou em função da procedência  
19 dos bicudos, com destaque para bicudos provenientes de vegetação de Caatinga.  
20 5 Comprovou-se que os carimãs não afetam os desempenhos reprodutivos, de alimentação e  
21 longevidade dos bicudos, possibilitando superioridade de alguns indicadores de qualidade do  
22 inseto (reprodução, tamanho) em relação àqueles procedentes de botões florais. O uso de  
23 carimãs como abrigo durante a entressafra é uma importante estratégia de sobrevivência do  
24 bicudo.

25

26 **Palavras-chave:** *Anthonomus grandis grandis*, carimãs, *Gossypium hirsutum*, sobrevivência.



## 27 **1. Introdução**

28 O bicudo, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) é a principal  
29 praga da cotonicultura das Américas (Azambuja & Degrande, 2014; Arruda *et al.*, 2020), que  
30 representa risco para os países produtores de outros continentes, onde a praga ainda não ocorre  
31 (EPPO, 2022). A injúria é causada por adultos que se alimentam e colocam seus ovos em  
32 estruturas reprodutivas, e pelas larvas que se desenvolvem no interior das estruturas atacadas  
33 causando a queda no caso de flores, botões florais e maçãs jovens atacadas, redução da produção  
34 e da qualidade da pluma obtida de maçãs firmes atacadas (Santos *et al.*, 2003; Showler, 2006;  
35 Ribeiro *et al.*, 2017).

36 Este inseto é multivoltino, possui alta capacidade de dispersão, adaptação, e utilização de  
37 múltiplos recursos alimentares (Macêdo *et al.*, 2015; Salvador *et al.*, 2021). Tais características,  
38 possibilitam o aumento da incidência, densidade e distribuição geográfica da praga (Pimenta *et*  
39 *al.*, 2016; Ribeiro *et al.*, 2020a).

40 A sobrevivência e reprodução do bicudo, podem ser afetadas pelas condições do ambiente,  
41 disponibilidade de alimentos e fatores intrínsecos individuais, como idade do adulto, estágio  
42 reprodutivo e de acasalamento (Ramalho & Wanderley, 1996; Arruda *et al.*, 2020), bem como  
43 pelas características dos plantios, a exemplo dos espaçamentos entre linhas (Paim *et al.*, 2021). O  
44 ecossistema do algodoeiro no Brasil é altamente favorável ao desenvolvimento do bicudo, com  
45 clima adequado para época de cultivo e disponibilidade de recursos alimentares (Torres *et al.*,  
46 2022).

47 A ampla diversidade de paisagens encontrada nos trópicos, abre uma gama de opções  
48 ambientais que podem explicar a persistência das populações remanescentes de bicudos nas safras  
49 subsequentes do algodão (Pimenta *et al.*, 2016). Nas regiões subtropicais, especialmente nas áreas  
50 com predomínio de vegetação de Caatinga e Cerrado, ao final do ciclo vegetativo do algodão, os  
51 bicudos adultos migram para áreas de refúgios (capinzais, matas, vegetação nativa) (Degrande,  
52 1991; Gondim *et al.*, 2001). Nestes locais, eles se alimentam comumente de grãos de pólen de  
53 diferentes espécies vegetais (Showler, 2009; Macêdo *et al.*, 2015; Pires *et al.*, 2017).

54 A alimentação baseada em pólen de botões florais do algodão, possibilita aos bicudos maiores  
55 tamanhos corporais, elevação das taxas de reprodução e oviposição, quando comparadas à  
56 utilização de outras estruturas, como maçãs e capulhos (Showler, 2004).

57 Este inseto também se aloja e desenvolve no período da entressafra em estruturas denominadas  
58 carimãs, que são frutos do algodoeiro secos e malformados, e que contém fibras aglomeradas  
59 (Showler, 2007). Todavia, ainda existem muitas lacunas de conhecimentos sobre a dinâmica de  
60 emergência e sobrevivência dos bicudos que se abrigam nessas estruturas (Do Vale *et al.*, 2021).

61 Na Bahia, foram observados carimãs contendo bicudos vivos em seu interior até 135 dias após  
62 a colheita do algodão, tempo suficiente para sobreviver ao período de vazio sanitário estabelecido

63 pelo estado (Ribeiro *et al.*, 2020b). Por isso a importância da destruição adequada dos restos  
64 culturais do algodão, pois estruturas como carimãs, infestadas pelo bicudo, poderão permanecer  
65 intactas no ambiente, no período da entressafra e, assim, possibilitar a emergência e dispersão do  
66 inseto para áreas de refúgio (Ribeiro *et al.*, 2015).

67 Ao longo dos últimos anos, o conhecimento acumulado em relação à sobrevivência do bicudo  
68 na entressafra ainda não é suficiente para explicar, na totalidade, as altas populações da praga  
69 observadas no início das safras subsequentes. É fato que o bicudo pode se manter vivo em  
70 carimãs, mas a capacidade reprodutiva a partir do momento que os adultos deixam tais estruturas  
71 ainda não foram perfeitamente compreendidas. Desse modo, torna-se indispensável conhecer a  
72 importância dos carimãs na manutenção e aumento populacional da praga nos cultivos  
73 subsequentes.

74 Conhecimento sobre as aptidões reprodutivas, potencial de alimentação, longevidade e  
75 morfometria dos bicudos que vivem no algodoeiro (microhabitat natural); dos que retornam de  
76 áreas de vegetação nativa (após a migração no final do cultivo) e se alimentam do pólen de  
77 diversas espécies vegetais; dos bicudos que permanecem na área durante a entressafra (alojados  
78 em carimãs); e quando se alimentam das estruturas do algodoeiro preferidas para alimentação  
79 (botões florais), podem determinar os padrões de sobrevivência, emergência e reprodução desta  
80 praga. A compreensão desses fenômenos pode permitir adequar e nortear as épocas ideais para  
81 realização das pulverizações de inseticidas, e adoção de técnicas alternativas e eficientes de  
82 controle.

83 Sabe-se que o tamanho do corpo de um inseto influencia fortemente na disponibilidade de  
84 reservas de energia e nutrientes para os diferentes processos das espécies e aptidão para  
85 reprodução (Thorne *et al.*, 2006). Assim, estudos morfométricos podem auxiliar na compreensão  
86 das estratégias adotadas para sobrevivência da praga.

87 Tem-se como hipótese que os carimãs são estruturas que permitem a sobrevivência de adultos  
88 do bicudo sem afetar seu potencial reprodutivo, de alimentação e sobrevivência, quando  
89 comparados aos procedentes de outros órgãos vegetais utilizados para o desenvolvimento larval  
90 e alimentação.

91 Assim, objetivou-se conhecer os potenciais reprodutivos e de alimentação, bem como a  
92 longevidade e características morfométricas (tamanho e forma) de bicudos adultos procedentes  
93 de carimãs, botões florais e armadilhas (instaladas em cultivo de algodão e vegetação de  
94 Caatinga). Tais informações podem fornecer conhecimentos importantes para melhoria da gestão  
95 dos programas de manejo do bicudo nos sistemas de produção de algodão, e adoção de medidas  
96 de controle que dificultem a sobrevivência da praga durante o período de entressafra.

## 97 **2. Material e Métodos**

### 98 **2.1 Insetos**

99 A obtenção dos bicudos adultos e a coleta das estruturas reprodutivas do algodoeiro com  
100 sinais de oviposição, foram realizadas em plantios comerciais de algodão (distantes 15 km),  
101 localizados no município de Iuiú, na região Sudoeste do estado da Bahia, Brasil, no mês de março  
102 de 2021. A variedade utilizada nessas propriedades foi a TMG 47 B2RF. A coleta dos botões  
103 florais, foi realizada em área de cultivo em estágio vegetativo B3 (coordenadas 14°25'75,0''S  
104 43°48'56,2'' W); e a coleta dos carimãs e instalação das armadilhas em área de cultivo de  
105 algodão e caatinga (coordenadas 14°19'10,0'' S 43° 30'30,2'' W) em estágio vegetativo F2.

### 106 **2.2 Montagem dos bioensaios e delineamento experimental**

107 O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 30  
108 repetições. Cada tratamento consistiu em 30 casais de bicudos procedentes dos seguintes  
109 microhabitats: 1) botão floral de algodão; 2) carimãs (estrutura seca e mal formada); 3) armadilha  
110 localizada em cultivo de algodão; e 4) armadilha localizada em vegetação de Caatinga.

111 Os botões florais foram coletados ao acaso, no terço médio das plantas, e colocados em  
112 bandejas plásticas cobertas com tecido *voil*, até a emergência dos adultos. Procedimento  
113 semelhante foi utilizado na coleta dos carimãs, sendo realizada levemente a prensa manual dessas  
114 estruturas (para facilitar a saída dos insetos) e aguardava-se a emergência dos adultos.

115 Para obtenção de bicudos adultos procedentes de área de cultivo de algodão (3) e caatinga (4),  
116 foram utilizadas armadilhas do tipo *Accountrap* de coloração verde fluorescente, instaladas em  
117 uma haste a cerca de 1 m acima do solo, e contendo feromônio Luretape BW-10, as quais ficaram  
118 expostas por 24 horas para coleta de adultos (Ribeiro *et al.*,2010). Em cada área (3 e 4), foram  
119 instaladas 20 armadilhas (distribuídas ao longo de duas linhas de 100 m de comprimento),  
120 equidistantes 10 metros. Na área de algodão, estas foram dispostas cerca de 40m de distância da  
121 bordadura do plantio. Na área de vegetação de Caatinga, instalou-se as armadilhas na bordadura  
122 da mata. Os adultos obtidos das armadilhas foram acondicionados em recipientes plásticos,  
123 contendo botões florais para alimentação e algodão umedecido com água.

124 As estruturas vegetativas e adultos coletados, foram colocados em caixa de poliestireno,  
125 transportados ao laboratório, e em seguida acondicionados em estufa tipo BOD (*Biochemistry*  
126 *Oxygen Demand*), regulada para temperatura de 25°C, umidade relativa de 70% e fotofase de 10  
127 h.

128 Após a obtenção dos adultos dos respectivos microhabitats (geração Parental), realizou-se a  
129 sexagem colocando os bicudos em placas de Petri (140 x 15 mm) e, após a monta (macho sobre  
130 a fêmea), os casais foram individualizados e acondicionados em recipientes plásticos (50 mL),  
131 cobertos com tecido *voil*, contendo algodão umedecido com água destilada e um botão floral de

132 algodão isento de puncturas de alimentação e oviposição, coletado momentos antes da oferta, em  
133 plantio sem o uso de inseticidas e da variedade FM 975WS. Os casais da geração Parental foram  
134 mantidos nas gaiolas até a morte natural, registrando-se a longevidade dos mesmos diariamente.

135 Os potes contendo os casais foram acondicionados em sala climatizada a  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $60 \pm 10\%$   
136 de umidade relativa. Foram selecionados botões florais de 6 a 8 mm de diâmetro para  
137 oferecimento aos casais (Michelotto *et al.*, 2007). Os botões florais, foram trocados a cada três  
138 dias, para contagem do número de orifícios de oviposição e de alimentação. Em seguida, os botões  
139 florais foram individualizados, identificados e transferidos para outros potes contendo algodão  
140 umedecido com água destilada até a emergência dos adultos da geração F1.

141

### 142 **2.3. Análises morfométricas**

143 Após a morte dos bicudos, foram tomadas medidas lineares do rostro, do tórax + abdome e da  
144 largura do abdome das gerações Parental e F1, sem individualização do gênero, seguindo  
145 metodologia proposta por Santos *et al.* (2021) com adaptações. Os bicudos de cada tratamento,  
146 foram dispostos sobre uma lâmina, colocados em microscópio estereoscópico e fotografados na  
147 vista superior lateral, sempre à mesma distância, por uma câmera digital modelo *Leica MC 170*  
148 HD, acoplada a um microscópio, modelo *Leica S APO (Wetzlar, Alemanha)*, no aumento de 80x.  
149 As imagens foram exportadas para arquivos JPEG, por meio do *software Leica Application Suite*  
150 v.3.8.0. (*Leica Microsystems Limited, Switzerland*).

151 As imagens adquiridas foram compiladas utilizando o pacote *tpsUtil v. 1.78 (Rohlf, 2018)* e,  
152 então, digitalizados 1 marco e 7 semimarcos anatômicos (Koelliker-Ott *et al.*, 2003), com o  
153 *tpsDig2 v. 2.31 (Rohlf, 2017)*, para análise morfométrica da forma. Para obtenção de dados da  
154 forma do rostro, foram determinadas as coordenadas X-Y, a partir dos semimarcos adicionados,  
155 e realizada a sobreposição de Procrustes, arranjando os semimarcos no mesmo tamanho, posição  
156 e orientação (Klingenberg, 2011) (Figura 1).

157 A medida do tamanho de rostro foi determinada pelo tamanho do centroide (CS) ( $\mu\text{m}$ ),  
158 calculado pela raiz quadrada da soma dos quadrados das distâncias dos semimarcos, utilizando a  
159 média das coordenadas X-Y determinadas (Bookstein, 1991). As análises morfométricas foram  
160 executadas no *software MORPHOJ v. 1.06d (Klingenberg, 2011)*.

### 161 **2.4 Análises estatísticas**

162 Os dados de oviposição, de alimentação e sobrevivência foram submetidos à análise de  
163 variância utilizando Modelos Generalizados (GLM) utilizando-se o software R (Versão 3.6.1; R  
164 Core Team, 2019). Os dados das dimensões lineares (tamanho) dos insetos foram submetidos a  
165 análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste Tukey a 1% de significância,  
166 utilizando o programa *Sisvar*, e obteve-se os respectivos erros padrões das medias (EP). Os dados

167 de tamanho do centroide (CS) foram submetidos à análise de Modelos Lineares Generalizados  
168 (GLM), com distribuição gaussiana (função ligação: identidade), pelo pacote ‘nlme’ (Bates *et al.*,  
169 2014) do *software* R 4.0.4 (R Core Team, 2019), para fins de comparação do tamanho do rostro  
170 entre as populações parentais.

171 A forma dos rostros foi comparada através da Análise de Variáveis Canônicas (CVA) e sua  
172 significância determinada pelo teste de 10000 permutações ( $p < 0,05$ ), no *software* MORPHOJ.  
173 A Análise de CVA permite a discriminação de grupos com variações próximas entre si, sendo  
174 assim, a análise de cluster foi aplicada a fim de definir quais populações apresentavam  
175 similaridades entre si, no tocante à forma do rostro.

176

### 177 **3. Resultados**

#### 178 **3.1 Potencial reprodutivo e de alimentação**

179 O potencial reprodutivo dos bicudos é afetado pela utilização de diferentes microhabitats em  
180 seu desenvolvimento (Figura 2). Verificou-se que os bicudos oriundos do cultivo de algodão  
181 ( $\bar{x}=0,892$ , EP= 0,0404) ovipositaram mais, quando comparados aos da área de Caatinga ( $\bar{x}= 0,730$ ,  
182 EP= 0,0404), carimãs ( $\bar{x}=0,409$ , EP= 0,0404) e botões florais ( $\bar{x}=0,189$ , EP= 0,0404), nesta  
183 ordem. Por outro lado, não houve efeito da procedência do bicudo na alimentação dos adultos  
184 (Figura 3).

#### 185 **3.2 Longevidade dos bicudos**

186 A longevidade do bicudo da geração parental variou conforme o tipo de estrutura utilizada em  
187 seu desenvolvimento (Figura 4A). Os bicudos provenientes de coleta com armadilhas instaladas  
188 no cultivo de algodão ( $\bar{x}=110,2$  dias; Lim. máx.:120,7 dias, EP= 5,34) e Caatinga ( $\bar{x}=98,2$  dias;  
189 Lim. máx.:108,7 dias, EP= 5,34) apresentaram maiores longevidades médias, quando comparados  
190 aos insetos provenientes de botões florais ( $\bar{x}=69,3$  dias; Lim. máx.:79,7 dias, EP= 5,34) e carimãs  
191 ( $\bar{x}=68,5$  dias; Lim. máx.:79 dias, EP= 5,34).

192 A geração F1 dos bicudos apresentou diferenças significativas nas longevidades médias em  
193 função da procedência (Figura 5). Descendentes dos bicudos provenientes de carimãs  
194 apresentaram maior longevidade ( $\bar{x}=38,4$  dias; Lim. máx.:41,9 dias, EP= 1,789), quando  
195 comparados aos oriundos da Caatinga ( $\bar{x}=28,5$  dias; Lim. máx.:30,3 dias, EP= 0,929), algodão  
196 ( $\bar{x}=24,7$  dias; Lim. máx.:26 dias, EP= 0,689) e botões florais ( $\bar{x}=13,3$  dias; Lim. máx.:15,7 dias, EP=  
197 1,217).

198 O tempo médio para emergência das progênes (número de dias que o inseto levou para deixar  
199 o botão floral) não diferiu entre os tratamentos (Figura 6). Independentemente da procedência dos  
200 bicudos adultos, seus descendentes apresentam o mesmo período de desenvolvimento para atingir  
201 a fase adulta (fase de ovo a adulto), que foi em média 21 dias.

### 202 3.3 Morfometria

203 O comprimento do rostru variou conforme seu microhabitat de procedência. Na geração  
204 parental (Figura 7A) os rostros dos insetos provenientes de coletas em armadilhas instaladas no  
205 cultivo de algodão ( $\bar{x}=0,209$  cm, EP= 0,00219) e de carimã ( $\bar{x}=0,212$  cm, EP= 0,00219)  
206 apresentaram os maiores comprimentos. Comprimento semelhante aos insetos oriundos de  
207 carimãs, foram observados nos procedentes de botões florais ( $\bar{x}=0,203$  cm, EP=0,00219) e  
208 vegetação de Caatinga ( $\bar{x}=0,203$  cm, EP=0,00219).

209 Na geração F1 (Figura 7B), os bicudos procedentes de armadilhas instaladas em cultivo de  
210 algodão ( $\bar{x}=0,206$  cm, EP= 0,00633), Caatinga ( $\bar{x}=0,206$  cm, EP: 0,00633) e carimãs ( $\bar{x}=0,212$   
211 cm, EP= 0,00633) apresentaram os maiores comprimentos do rostru. Os insetos oriundos de  
212 carimãs e botões florais ( $\bar{x}=0,180$  cm EP=0,00667) apresentaram resultados semelhantes.

213 Bicudos oriundos de armadilhas instaladas em cultivos de algodão ( $\bar{x}=0,517$  cm, EP= 0,00507)  
214 e carimãs ( $\bar{x}=0,501$  cm, EP= 0,00507) da geração parental, apresentaram maior comprimento de  
215 tórax + abdome (Figura 8A). Foram verificados comprimentos similares para os insetos  
216 procedentes de carimãs e vegetação de caatinga ( $\bar{x}=0,487$  cm, EP= 0,00507). Os menores  
217 comprimentos de rostros foram verificados para os bicudos procedentes de botões florais  
218 ( $\bar{x}=0,480$  cm, EP= 0,00507). Com relação a geração F1, os insetos procedentes de armadilhas  
219 instaladas em vegetação de Caatinga ( $\bar{x}=0,508$  cm, EP= 0,0150) e em cultivo de algodão ( $\bar{x}=0,504$   
220 cm, EP= 0,0150) foram os que apresentaram maiores comprimentos de tórax + abdome (Figura  
221 8B).

222 Quanto à largura do abdome, bicudos procedentes de carimãs ( $\bar{x}=0,228$  cm, EP= 0,00222) e  
223 cultivo de algodão ( $\bar{x}=0,226$  cm, EP= 0,00222) apresentaram maior tamanho (Figura 9A). A  
224 geração F1 dos bicudos coletados em armadilhas em vegetação de Caatinga ( $\bar{x}=0,227$  cm, EP=  
225 0,00676) e em cultivo de algodão ( $\bar{x}=0,219$  cm, EP= 0,00676) apresentaram maior largura  
226 abdominal (Figura 9B).

227 Foram encontradas diferenças significativas para o tamanho do centroide (CS) do rostru  
228 (GLM; AIC: 292,05;  $p < 0.005$ ) (Figura 10). As médias do tamanho do centroide do rostru dos  
229 bicudos oriundos de armadilhas instaladas em cultivo de algodão e obtidos de carimãs foram de  
230 1545  $\mu\text{m}$  e 1538  $\mu\text{m}$  respectivamente; valores superiores às médias obtidas para aqueles dos  
231 procedentes de botões florais (1457  $\mu\text{m}$ ) e de armadilhas instaladas vegetação de Caatinga (1453  
232  $\mu\text{m}$ ).

233 As três variáveis canônicas explicaram 100% da variação na forma do rostru dos bicudos dos  
234 diferentes microhabitats; o primeiro eixo canônico explicou 70,17% da variação, o segundo  
235 18,17% e o terceiro 11,66% desta variação (Tabela 1).

236 Os resultados da Análise por Variáveis Canônicas (CVA) maximizaram as variações na forma  
237 do rostru entre as populações (Figura 11). Verificou-se que os bicudos procedentes de botões

238 florais e carimãs apresentaram menor dispersão de scores entre si, mostrando maior semelhança  
239 na forma do rostro. Em contraste, aqueles procedentes de área de Caatinga e cultivo de algodão  
240 tiveram maior dispersão de escores, indicando maiores diferenças no padrão da forma do rostro

241 A mudança na forma do rostro foi verificada ao longo do eixo CV1 nos marcos e semimarcos  
242 1,2,3 e 4, enquanto as mudanças ao longo do eixo CV2 podem ser vistas nos marcos e semimarcos  
243 1,3,6 e 8 (Figura 12). O teste de validação cruzada mostrou uma porcentagem média de 64,84%  
244 de classificação correta dos espécimes (Tabela 2).

245 As distâncias de Mahalanobis obtidas, revelaram diferença significativa entre os grupos  
246 (10.000 permutações no MorphoJ:  $P < 0.0001$ ,  $P = 0.0004$ ,  $P = 0.0130$  e  $P = 0.0058$ ), variando de  
247 1,0015 (Algodão X Carimã) a 1,8801 (Algodão x Caatinga) (Tabela 3).

248 A maior semelhança na forma do rostro foi observada nos bicudos procedentes de botões  
249 florais e carimãs formando agrupamentos dessas duas populações com os oriundos de cultivo de  
250 algodão (Figura 13). Os insetos procedentes de vegetação de Caatinga agruparam-se, porém  
251 distanciaram-se dos demais microhabitats, indicando uma maior separação (diferença) na forma  
252 do rostro destes indivíduos.

#### 253 **4. Discussão**

254 O comportamento de oviposição pode influenciar a dinâmica populacional através da variação  
255 de deposição espacial e temporal dos ovos no hospedeiro (Greenberg, *et al.*, 2003). Assim,  
256 conhecimentos sobre o potencial reprodutivo dos bicudos, podem ser úteis nas tomadas de  
257 decisões sobre métodos de controle a serem adotados.

258 Variações no tamanho do corpo do inseto, podem afetar a reprodução, a capacidade de  
259 dispersão e a competição intraespecífica (Foelker & Hofstetter, 2014). Além disso, são  
260 frequentemente correlacionados com parâmetros da história de vida do inseto, como número e  
261 tamanho dos ovos, fecundidade, capacidade de atração das fêmeas, longevidade de adultos,  
262 longevidade reprodutiva, emergência de progênie, viabilidade de ovos, massa de pupas e larvas  
263 (Sagarra *et al.*, 2001), influenciando assim, no desempenho destes no ambiente. O impacto  
264 conjunto destes efeitos, como são multiplicativos, tendem a afetar o crescimento populacional  
265 desta praga (Greenberg *et al.*, 2005).

266 Os menores tamanhos corporais dos bicudos procedentes de botões florais de algodão, podem  
267 ter impactado o potencial reprodutivo e a longevidade (geração parental e F1) destes indivíduos.  
268 Bicudos que apresentam menores tamanhos, têm suas longevidades, taxas de oviposição,  
269 sobrevivência da progênie, proporção da progênie que é feminina e duração do período de  
270 oviposição reduzidos (Greenberg *et al.*, 2005).

271 Botões florais apesar de serem as estruturas preferidas para alimentação do bicudo (Showler  
272 *et al.*, 2010), não possibilitam melhorias no desempenho destes, para reprodução, longevidade  
273 das progênies, maiores comprimentos do rostro e tórax+abdome, e largura do abdome (da geração

274 parental) quando oriundos destas estruturas, comparados aos indivíduos procedentes de carimãs.  
275 Como os bicudos neste trabalho foram alimentados somente com botões florais, é provável que  
276 apesar da preferência por estas estruturas para alimentação, elas não foram suficientes para suprir  
277 as necessidades nutricionais, requeridas por este inseto para o seu desenvolvimento e longevidade.

278 Os pólenes de muitas espécies vegetais são ingeridos pelos bicudos, mas fontes alimentícias  
279 sem pólen também são ingeridas, incluindo folhas de algodão e pecíolos (Showler, 2002). A  
280 ingestão de outras estruturas, pode contribuir para melhoria no desempenho reprodutivo e  
281 longevidade, desses indivíduos. Os bicudos são favoráveis às mudanças no estado nutricional do  
282 cultivo e envelhecimento do algodão; além disso, a alimentação em diferentes partes da planta de  
283 algodão, exerce influência na biologia e ecologia desta praga (Showler, 2008).

284 Dessa forma, a piora no desempenho apresentado pelos indivíduos provenientes de botões  
285 florais, comparados aos procedentes de carimãs, pode estar associada ao fato dos bicudos no final  
286 do ciclo da cultura, utilizarem carimãs para alimentação e alojamento, favorecendo assim sua  
287 permanência na safra subsequente (Macêdo *et al.*, 2015). Estes insetos, ao final do ciclo da  
288 cultura, costumam armazenar energia para atender as necessidades do desenvolvimento de seu  
289 sistema reprodutivo (Paula *et al.*, 2013). Esse padrão está associado à fenologia da planta do  
290 algodão e pode ser considerado a principal estratégia adaptativa do bicudo para superar períodos  
291 de entressafra (Pires *et al.*, 2017).

292 A limitação do espaço e ausência de alimento encontradas no interior dos carimãs (estrutura  
293 seca e malformada), dificultam a sobrevivência dos bicudos por longos períodos (Ribeiro *et al.*,  
294 2015). Os descendentes (geração F1) dos bicudos oriundos de carimãs, ao contrário da sua  
295 geração parental, apresentaram maiores longevidades quando comparados aos dos demais  
296 microhabitats. A prole de pais que vivem em condições desfavoráveis, possui melhores aptidões  
297 que a descendência dos pais mantidas em condições naturais ou favoráveis, pois os ajustes da  
298 geração parental são transmitidos a prole para torná-la mais apta ao enfrentamento de  
299 circunstâncias desafiadoras (Amiri & Bandani, 2021).

300 Desse modo, no período inicial das safras subsequentes de algodão, é possível que a geração  
301 descendente dos indivíduos provenientes de carimãs, sobrevivam por mais tempo nos cultivos,  
302 causando assim maiores danos econômicos na lavoura, níveis populacionais elevados, gerando  
303 maiores dificuldades no controle da praga, já nos estágios iniciais de desenvolvimento da cultura.  
304 Esse resultado reforça a importância da destruição correta dos restos culturais do algodão, uma  
305 vez que, a qualquer momento, os adultos ao deixarem essas estruturas, são capazes de se  
306 reestabelecerem nos novos plantios (Paula *et al.*, 2013; Ribeiro *et al.*, 2015).

307 No bioma Caatinga, os recursos alimentares são limitados e o estresse ambiental é maior, o  
308 bicudo tende a ter um tamanho corporal menor, devido à pouca disponibilidade de alimentos, o  
309 que pode ser benéfico, permitindo que sejam mais resistentes à escassez alimentar e às altas



310 temperaturas (Santos *et al.*, 2021). Esse fato pode ser comprovado em virtude da maior  
311 longevidade (da geração parental) apresentada por estes insetos.

312 As maiores alterações na forma do rostro dos bicudos procedentes de vegetação de Caatinga,  
313 possivelmente são em decorrência da necessidade destes insetos buscarem fontes alternativas de  
314 alimentos. Alterações na forma (assimetria) corporal de um inseto em função de uma condição de  
315 estresse ambiental, revela que os organismos estão constantemente expostos a um ambiente em  
316 mudança, seja por meio de mudanças na dieta, temperatura, predadores, competidores ou todos  
317 esses fatores simultaneamente (Benítez *et al.*, 2020). No estado da Bahia, verificou-se que os  
318 bicudos de área de Caatinga exploram recursos alternativos alimentares no período da entressafra  
319 em 16 famílias botânicas, como Fabaceae, Solanaceae, Poaceae, Euphorbiaceae, dentre outras  
320 (Macêdo *et al.*, 2015).

321 Verificou-se que os maiores potenciais reprodutivos e longevidades (geração parental),  
322 comprimentos do rostro e tórax+abdome, e larguras abdominais (geração parental e F1) foram  
323 apresentados por bicudos procedentes de cultivo de algodão. Isso está atrelado ao fato destes  
324 insetos terem se desenvolvido em um microhabitat com elevada disponibilidade de alimentos,  
325 dispondo assim de nutrientes essenciais ao seu desenvolvimento, elevadas reservas nutricionais  
326 e, conseqüentemente, possuindo melhores desempenhos reprodutivos e de sobrevivência.

327 O ciclo biológico dos insetos é afetado pela qualidade dos alimentos, devido à sua composição  
328 em carboidratos, vitaminas e proteínas, podendo influenciar na longevidade, desenvolvimento e  
329 fecundidade destes (Silveira Neto *et al.*, 1976). Indivíduos quando adaptados a ambientes com  
330 altos recursos nutricionais alimentares, geralmente possuem elevados tamanhos corporais e  
331 melhores desempenhos, que os indivíduos com nutrição inadequada (Parker *et al.*, 2009; Berger  
332 *et al.*, 2012).

333 Vale ressaltar que o potencial de fecundidade das fêmeas dos insetos é diretamente relacionado  
334 ao tamanho corporal destas (Honěk, 1993), favorecendo o seu potencial reprodutivo. A variação  
335 do tamanho do corpo, se deve à hereditariedade e a fatores ambientais tais como temperatura,  
336 habitat e qualidade dos recursos alimentares (Brown *et al.*, 2004).

337 O bicudo, a depender do tipo de estrutura vegetativa utilizada no desenvolvimento larval e  
338 alimentação, tem seu tamanho corporal, reprodução e longevidade afetados. O entendimento  
339 desses fatores poderá subsidiar o aperfeiçoamento das recomendações técnicas sobre o manejo  
340 dessa praga no período da entressafra, ampliando a capacidade de identificação das aptidões das  
341 populações de bicudos em função de seus múltiplos microhabitats de sobrevivência.

342 Os resultados obtidos comprovam que os carimãs não afetam os desempenhos reprodutivos,  
343 de alimentação e longevidade dos bicudos, possibilitando superioridade de alguns indicadores de  
344 qualidade do inseto (reprodução, tamanho) em relação àqueles procedentes de botões florais. O  
345 uso de carimãs como abrigo durante a entressafra é uma importante estratégia de sobrevivência

346 do bicudo e o manejo cultural, que leve em conta a destruição dessas estruturas após a colheita  
347 do algodão, deve ser considerado dentro de um programa de manejo integrado da praga.

## 348 **Referências**

- 349 Amiria, A. & Bandanib, A. R. (2021) Parents' living conditions influence offspring fitness and  
350 competency. *Journal of Stored Products Research*, **92**, 101795.
- 351 Arruda, L. S., Torres, J. B., Rolim, G. G. & Silva-Torres, C. S. A. (2020). Dispersal of boll  
352 weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. *Pest*  
353 *Management Science*, **77**, 1339–1347.
- 354 Azambuja, R. & Degrande, R. E. (2014) Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *Arq.*  
355 *Inst. Biológico*, **81**, 377–410.
- 356 Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2014). Fitting linear mixed-effects models  
357 using lme4. arXiv preprint arXiv:1406.5823, 1-51.
- 358 Benítez, H.A., Lemic, D., Villalobos-Leiva, A., Bažok, R., Órdenes-Claveria, R., Pajač  
359 Živković, I. & Mikac, K.M. (2020) Breaking Symmetry: Fluctuating Asymmetry and  
360 Geometric Morphometrics as Tools for Evaluating Developmental Instability under  
361 Diverse Agroecosystems. *Symmetry*, **12**, 1789-1802.
- 362 Berger, D., Olofsson, M., Friberg, M., Karlsson, B., Wiklund, C., Gotthard, K. (2012)  
363 Intraspecific variation in body size and the rate of reproduction in female insects – adaptive  
364 allometry or biophysical constraint? *Journal of Animal Ecology*, **81**, 1244-1258.
- 365 Bookstein, F. L. (1991) Morphometrics Tools for Landmarks Data. Geometry and Biology,  
366 Cambridge University Press, New York, 435p.
- 367 Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M., & West, G. B. (2004). Toward a  
368 metabolic theory of ecology. *Ecology*, **85**, 1771–1789.
- 369 Do Vale, W., Castellani, M., De Novais, V., Dias, W., Lima, A., Ribeiro, E., Cardoso, A.D. &  
370 Da Silva, C. (2021) Dry bolls and their association with *Anthonomus grandis* Novias  
371 Boheman (Coleoptera: Curculionidae) survival through cotton fallow periods. *The*  
372 *Canadian Entomologist*, **1**, 714-725.
- 373 Degrande, P. E. (1991) Bicudo do algodoeiro: táticas de controle para o Mato Grosso do Sul.  
374 Dourados, MS, UFMS/NCA.
- 375 EPPO, Organização Europeia e Mediterrânica de Protecção de Plantas Organização Europeia e  
376 Mediterrânica de Protecção de Plantas. EPPO A1 Lista de pragas recomendadas para  
377 regulamentação como pragas quarentenárias. Disponível em:  
378 <[https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant\\_quarantine/A1\\_list](https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/A1_list)>. Acesso em: Agosto de  
379 2022.

380 Foelker, C.J. & Hofstetter, R.W. (2014) Heritability, fecundity, and sexual size dimorphism in  
381 four species of bark beetles (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Ann Entomol Soc Am*,  
382 **107**. 143–151.

383 Gondim, D.M.C., Belot, J.L., Silvie, P. & Petit, N. (2001) Manual de identificação das pragas,  
384 doenças, deficiências minerais e injúrias do algodoeiro no Brasil. 3º Boletim técnico,  
385 Cascavel, COODETEC.

386 Greenberg, S.M., Spurgeon, D.W., Sappington, T.W., & Sétamou, M. (2005) Size-Dependent  
387 Feeding and Reproduction by Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae), *Journal of*  
388 *Economic Entomology*, **98** (3), 749–756.

389 Greenberg, S.M., Sappington, T.W., Spurgeon, D.W. & Sétamou, M. (2003) Boll Weevil  
390 (Coleoptera: Curculionidae) Feeding and Reproduction as Functions of Cotton Square  
391 Availability. *Environmental Entomology*, **32**, 698–704.

392 Honěk, A. (1993) Intraspecific Variation in Body Size and Fecundity in Insects: A General  
393 Relationship. *Oikos*, **66**, 483–492.

394 Klingenberg, C. P. (2011). MorphoJ: an integrated software package for geometric  
395 morphometrics. *Molecular ecology resources*, **11**(2), 353-357.

396 Macêdo, J. A. de, Castellani, M.A., Ribeiro, F.A.S., Oliveira, P.P. & Maluf, R. P. (2015) Fontes  
397 alternativas de pólen utilizadas pelo bicudo-doalgodoeiro em duas regiões produtoras de  
398 algodão na Bahia. *Revista Caatinga*, **28**, 255–262.

399 Michelotto, M. D., Silva, R. A. & Busoli, A.C. (2007) Effect of diameter of the cotton squares  
400 in the development of boll weevil. *Bragantia*, **66**, 97-100.

401 Paim, E. A., Dias, A. M., Showler, A. T., Campos, K. L., Santos Oliveira, A. A., Castro Grillo,  
402 P. P., & Bastos, C. S. (2021). Cotton row spacing for boll weevil management in low-input  
403 production systems. *Crop Protection*, **145**, 105614.

404 Parker, K. L., Barboza, P. S., & Gillingham, M. P. (2009). Nutrition integrates environmental  
405 responses of ungulates. *Functional Ecology*, **23**, 57–69.

406 Paula, D.P., Claudino, D., Timbó, R.V., Miranda, J.E., Bemquerer, M.P., Ribeiro, A.C.J., Sujii,  
407 E.R., Fontes, E.M.G. & Pires, C.S.S. (2013) Reproductive dormancy in boll-weevil from  
408 populations of the Midwest of Brazil. *Journal of Economic Entomology*, **106**, 86-96.

409 Pimenta, M., Mata, R. A., Venzon, M., Cunha, D.N.C., Fontes, E.M.G. & Pires, C.S.S. (2016)  
410 Survival and preference of cotton boll weevil adults for alternative food sources Brazilian.  
411 *Journal of Biology*, **76**, 387-395.

412 Pires, C.S.S., Pimenta, M., Mata, R.A., Souza, L.M., Paula, D.P., Sujii, E..R, Fontes, E.M.G.  
413 (2017) Survival pattern of the boll weevil during cotton fallow in Midwestern Brazil.  
414 *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **52**, 149–160.

415 R Development Core Team. (2019). R: A language and environment for statistical computing. R  
416 *Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria.

417 Ramalho, F.S. & Wanderley, P.A. (1996) Ecology and management of the boll weevil in South  
418 American cotton. *American Entomologist*, **42**, 41– 47.

419 Ribeiro, T. P., Basso, M. F., Carvalho, M. H. de, Macedo, L. L. P. de, Silva, D.M. L. da,  
420 Tessutti, I. T. L., Oliveira-Neto, O. B. de, Campos-Pinto, E. R. de, Lucenna, W. A., Silva,  
421 M. C. M. da, Grossi-de-Sa, M. F., Tripodec, B.M.D., Abreu-Jardim, T.P.F., Miranda, J.E.,  
422 Alves-Ferreira, M., Morgante, C.V. & Grossi-de-As, M.F. (2020a) Stability and tissue-  
423 specific Cry10Aa overexpression improves cotton resistance to the cotton boll weevil.  
424 *Biotechnology Research and Innovation*, **3**, 27-41.

425 Ribeiro, E.B., Silva, C.A.D., Novais, V. R. de, do Vale, W.S., Silva, G. dos. S., Melo, T.L.,  
426 Leite, S.A. & Castellani, M.A. (2020b) Formação de carimãs e sobrevivência do bicudo do  
427 algodoeiro em cultivares de algodão. *Scientia Plena*, **16**, 12-18.

428 Ribeiro, T.P., Arraes, F.B.M., Lourenco-Tessutti, I.T., Silva, M.S., Lisei-de-Sa, M.E., Lucena,  
429 W.A., Macedo, L.L.P., Lima, J.N., Amorim, R.M.S., Artico, S., Ferreira, M.A., Silva,  
430 M.C.M. & Grossi-de-As, M.F. (2017) Transgenic cotton expressing Cry10Aa toxin confers  
431 high resistance to the cotton boll weevil. *Plant Biotechnology Journal*, **15**, 997-1009.

432 Ribeiro, E. B.; Castellani, M. A.; Silva, C. A. D.; Melo, T. L.; Silva, G. S.; Vale, W. S.; Santos,  
433 A. S. (2015) Métodos de destruição de restos de cultura do algodoeiro e sobrevivência do  
434 bicudo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **50**, 993-998.

435 Ribeiro, P. A., SujiiIvone, E.R., Diniz, I.R., Medeiros, M. A., Salgado-Labouriau, M.L., Branco,  
436 M.C., Pires, C.S.S. & Fontes, E.M.G. (2010) Alternative food sources and overwintering  
437 feeding behavior of the boll weevil, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera:  
438 Curculionidae) under the tropical conditions of central Brazil, *Neotropical Entomology*, **39**,  
439 28-34.

440 Rohlf, F.J. (2018) tpsUtil, file Utility Program, version 1.78; Department of Ecology and  
441 Evolution, State University of New York at Stony Brook: Stony Brook, NY, USA.

442 Rohlf, F. J. (2017). Program TpsDig, version 2.31. Department of Ecology and Evolution, State  
443 University of New York at Stony Brook, Stony Brook, NY.

444 Sagarra, L. A., Vincent, C., Stewart, R. K. (2001) Body size as an indicator of parasitoid quality  
445 in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bulletin of*  
446 *Entomological Research*, **91**, 363-368.

447 Salvador, R., Niz, J.M., Nakaya, P.A., Pedarros, A. & Hopp, H. E. (2021) Midgut Genes  
448 Knockdown by Oral dsRNA Administration Produces a Lethal Effect on Cotton Boll  
449 Weevil. *Neotrop Entomol*, **50**. 121-128.

450 Santos, S.K., Araújo, L.H.A., Albuquerque F.A., Silva C.A.D. & Lima L.M. (2021) Genetic  
451 diversity of Brazilian boll weevil populations based on morphometric characteristics and  
452 ISSR molecular markers. *Genetics and Molecular Research*, **20**,

- 453 Santos, R.C., Marcellino, L.H., Monnerat, R.G. & Gander, E.S. (2003) Mechanical damage in  
454 cotton buds caused by the boll weevil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **38**, 1351–1356.
- 455 Sappington, T. W. & Spurgeon, D. W. (2000) Preferred Technique for Adult Sex Determination  
456 of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of the Entomological Society of*  
457 *America*, **93**, 610-615.
- 458 Showler, A.T. (2009) Roles of host plants in boll weevil range expansion beyond tropical  
459 Mesoamerica. *American Entomologist*, **55**, 234– 242.
- 460 Showler, A. T. (2008). Longevity and egg development of adult female boll weevils fed  
461 exclusively on different parts and stages of cotton fruiting bodies. *Entomologia*  
462 *Experimentalis et Applicata*, **127**, 125–132.
- 463 Showler, A.T. (2007) Subtropical boll weevil ecology. *American Entomologist*, **53**, 240–249.
- 464 Showler, A.T. (2006) Boll weevil damage to cotton bolls under standard and proactive spraying.  
465 *Journal of Economic Entomology*, **99**, 1251–1257.
- 466 Showler, A. T. (2004) Influence of cotton fruit stages as food sources on boll weevil  
467 (Coleoptera: Curculionidae) fecundity and oviposition. *Journal of Economic Entomology*,  
468 **97**,1330- 1334.
- 469 Silveira Neto, S., Nakano, O., Barbin, D., & Nova, N.A.V. (1976). Manual de Ecologia de  
470 Insetos, São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 419p.
- 471 Thorne, A. D., Pexton, J. J., Dytham, C., & Mayhew, P. J. (2006) Small body size in an insect  
472 shifts development, prior to adult eclosion, towards early reproduction. *Proceedings of the*  
473 *Royal Society B: Biological Sciences*, **273**, 1099–1103.
- 474 Torres, J.B., Rolim, G.G., Arruda, L.S., Santos, M. P., Leite, S.A., Neves R.C. dos S. (2022)  
475 Insecticides in Use and Risk of Control Failure of Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae)  
476 in the Brazilian Cerrado. *Neotropical Entomology*, **51**.

477

## 478 **Agradecimentos**

479 Agradecemos à UESB (Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia) e à Fundação CAPES  
480 (Ministério da Educação do Brasil) pelo apoio financeiro. Expressamos nossa gratidão à ABAPA  
481 (Associação Baiana dos Produtores de Algodão) e aos cotonicultores pelo apoio prestado.

482

## 483 **Declaração de disponibilidade de dados**

484 Os dados que suportam os achados deste estudo estão disponíveis com o autor correspondente  
485 mediante solicitação.

## Legendas das figuras

**Figura 1** Conjunto de marco e semimarcos adicionados e selecionados para análise de morfometria geométrica (forma) do rostro dos bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. O ponto 1 indica o marco anatômico e os pontos 2 a 8 são semimarcos anatômicos (Bookstein, 1991).

**Figura 2** Número médio de orifícios de oviposição de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 3** Potencial médio de alimentação (número de orifícios de alimentação) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 4** Longevidade média (dias) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 5** Longevidade média (dias) da geração F1 de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 6** Tempo médio (dias) para emergência (fase de ovo a adulto) das progênes dos bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 7** Comprimento médio do rostro (cm) de bicudos adultos procedentes de carimãs, botões florais, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes à geração parental (A) e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 8** Comprimento médio do tórax + abdome (cm) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes às gerações parental (A)

e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 9** Largura média do abdome (cm) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, referentes à geração parental (A) e F1 (B). Caixas com a mesma letra não são significativamente diferentes (GLM; Distribuição Gaussiana;  $p < 0,001$ ).

**Figura 10** Tamanho do centroide (CS) de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão. Barras acompanhadas de erro padrão e seguidas de mesma letra não apresentam diferenças significativas entre si (GLM, AIC = 292,05  $p < 0.005$  (Gaussian family (link = identity)).

**Figura 11** Plot representando a variação na forma do rostro de bicudos adultos procedentes de botões florais, carimãs, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão, ao longo dos dois primeiros eixos de variáveis canônicas (CV1 e CV2) com elipse de 90% de confiança.

**Figura 12** Grades de deformação ilustrando mudanças de forma ao longo dos eixos CV1 e CV2 em direções positivas. Os círculos representam os marcos e semimarcos anatômicos e os palitos indicam as mudanças em relação aos marcos e semimarcos.

**Figura 13** Análise de agrupamento demonstrando relação da forma do rostro entre populações de *Anthonomus grandis*, construído com base nas distâncias de Mahalanobis do rostro de bicudos adultos procedentes de carimãs, botões florais, vegetação de Caatinga e cultivo de algodão.

Legendas das tabelas

**Tabela 1.** Componentes principais, autovalores, proporção da variância explicada e proporção acumulado por componentes para variações na forma dos rostros de *Anthonomus grandis grandis*.

**Tabela 2** Teste de validação cruzada. Percentual (%) das regiões dos rostros de *Anthonomus grandis grandis* alocados corretamente por tratamento de acordo com a forma.

**Tabela 3** Distância de Mahalanobis entre grupos (Lado esquerdo inferior) e P-valor do teste de permutação (10.000 permutações) (Lado direito superior) de *Anthonomus grandis grandis*.



**Tabela 1**

<b>Componente</b>	<b>Autovalores</b>	<b>Proporção</b>	<b>Proporção acumulada</b>
CV1	0,42	70,17	70,17
CV2	0,11	18,17	88,34
CV3	0,07	11,66	100,00

**Tabela 2**

	<b>Botão Floral</b>	<b>Carimã</b>	<b>Caatinga</b>	<b>Algodão</b>
<b>Botão Floral</b>	-	-	-	-
<b>Carimã</b>	59,66	-	-	-
<b>Caatinga</b>	60,54	69,17	-	-
<b>Algodão</b>	63,04	61,67	75,00	-

**Tabela 3**

	<b>Algodão</b>	<b>Botão</b>	<b>Carimã</b>	<b>Caatinga</b>
<b>Algodão</b>	-	0,0004	0,0130	<.0001
<b>Botão</b>	1,2188	-	0,0058	0,0004
<b>Carimã</b>	1,0015	1,0596	-	<.0001
<b>Caatinga</b>	1,8801	1,2127	1,4197	-

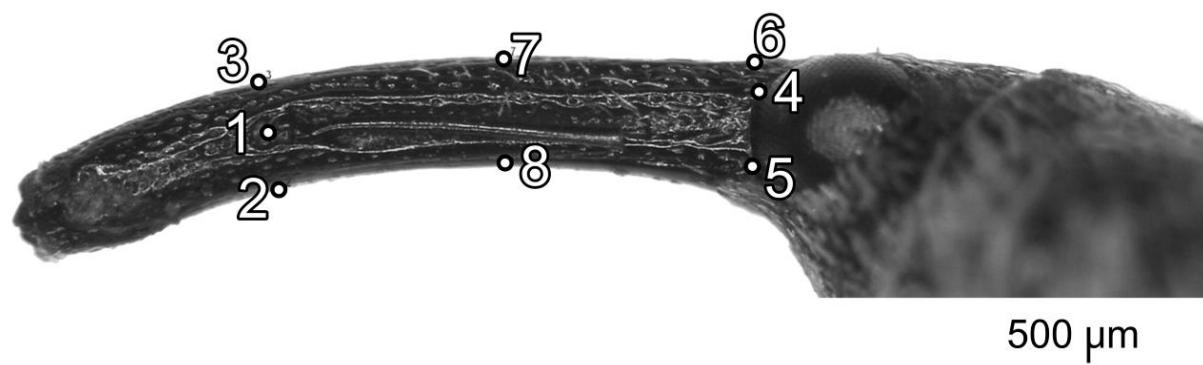


Fig 1.

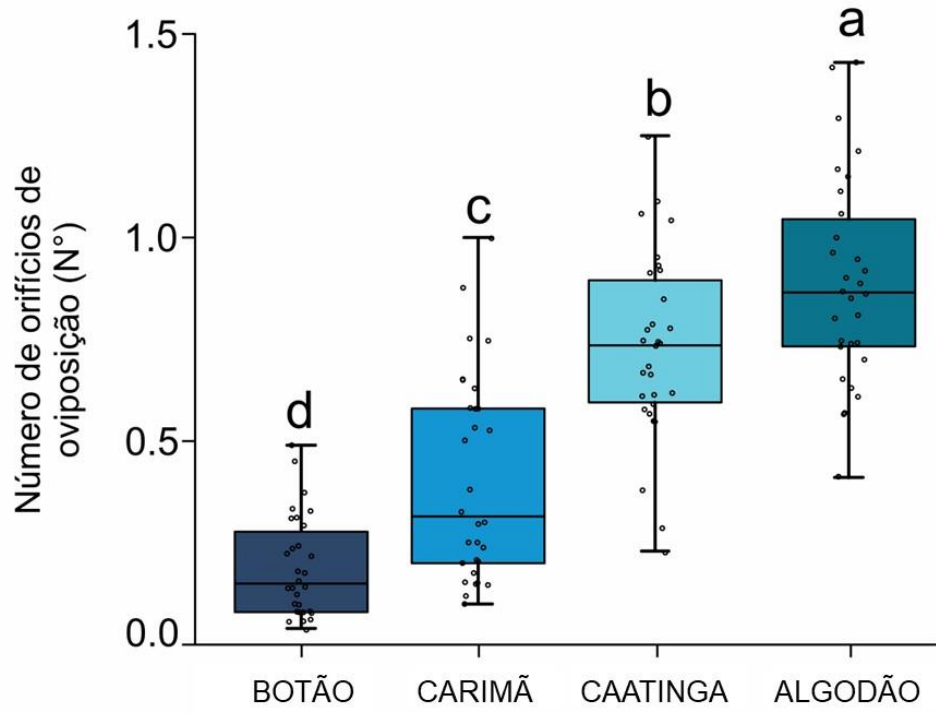


Fig 2.

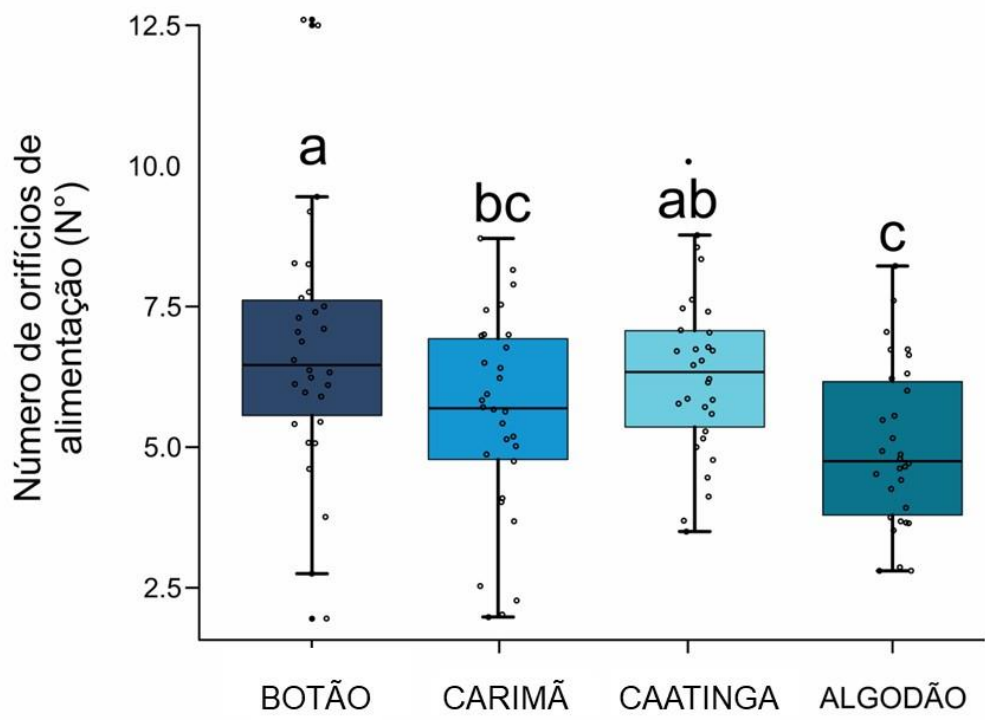


Fig 3.

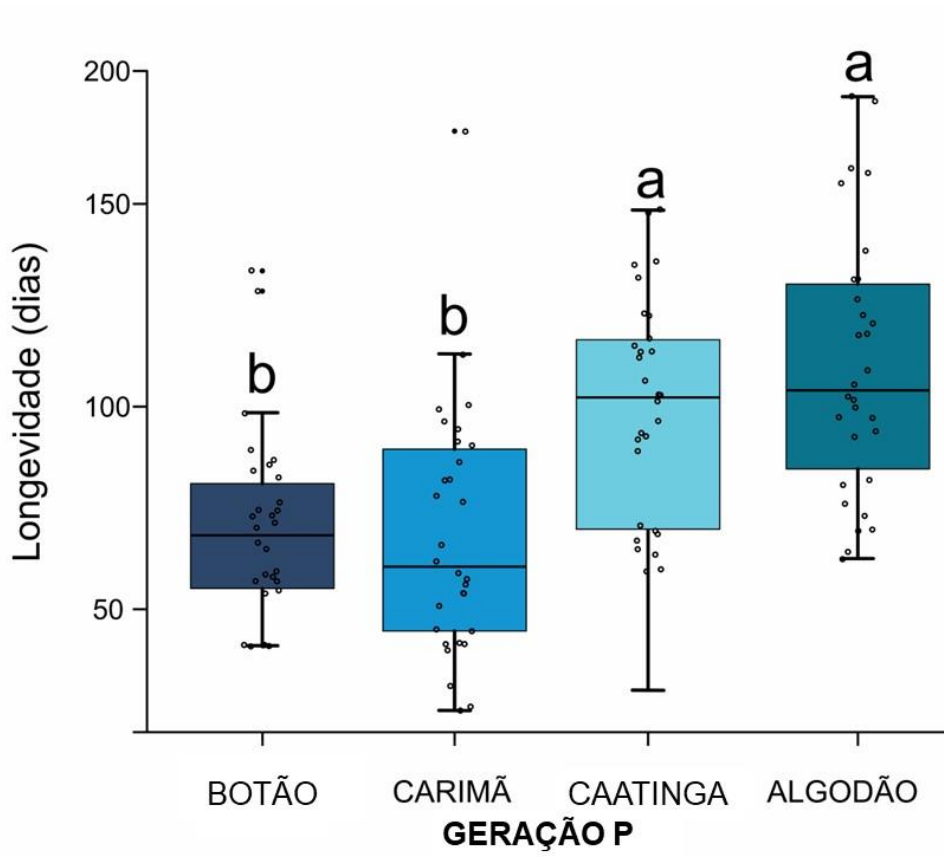


Fig 4.

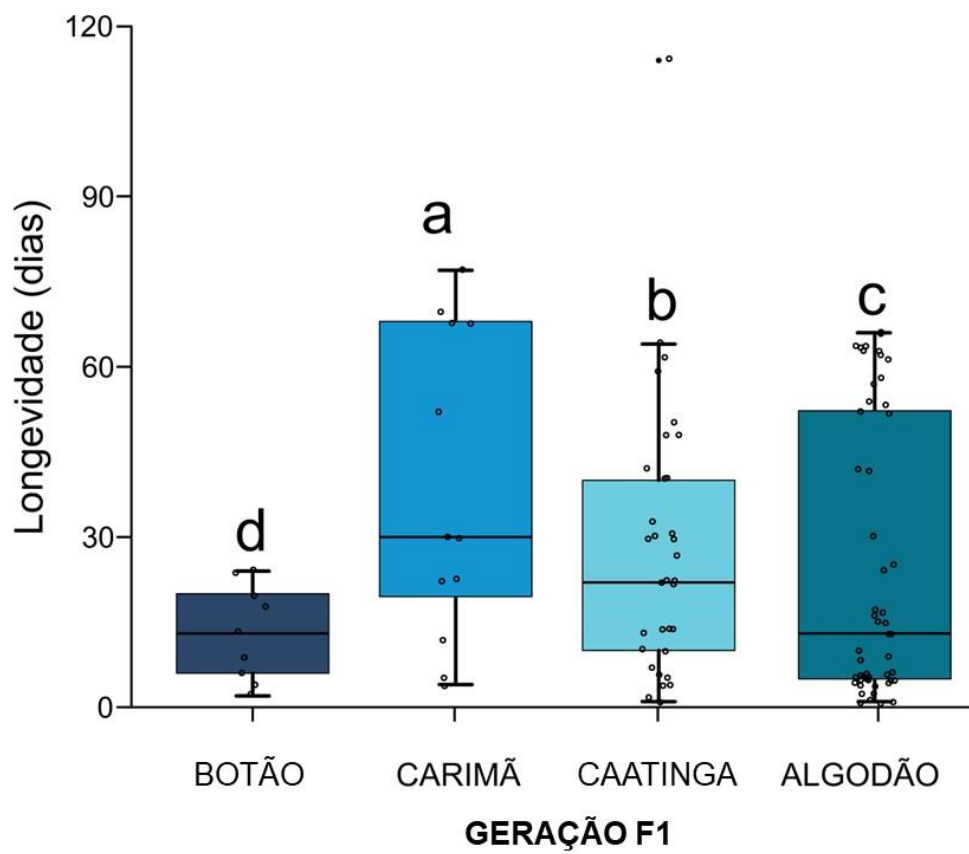


Fig 5.



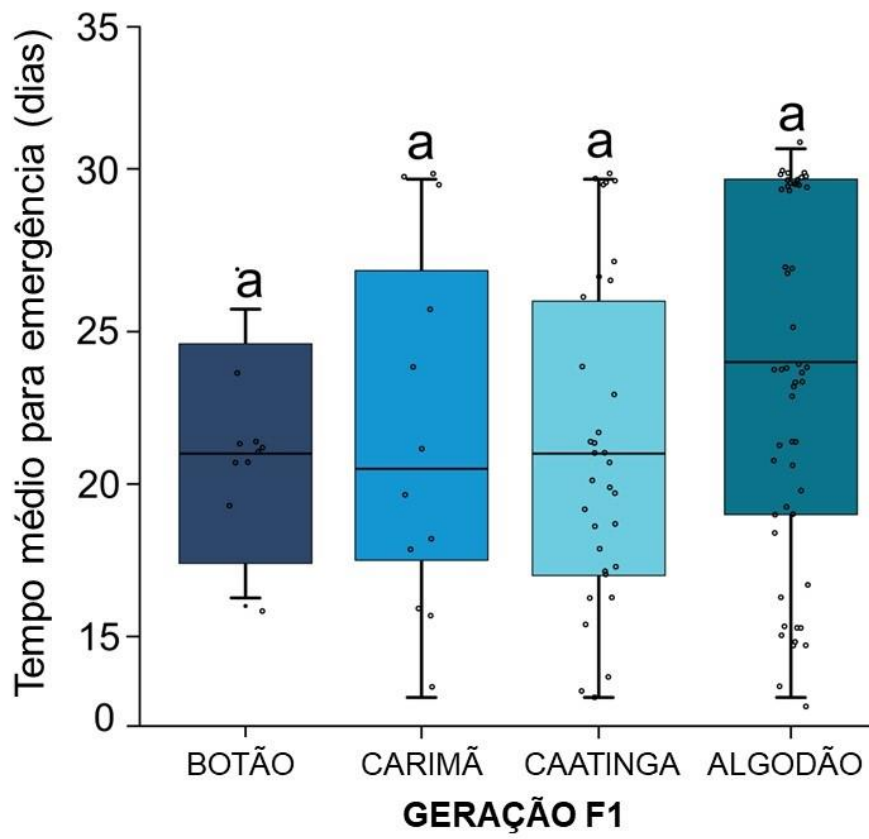


Fig 6.

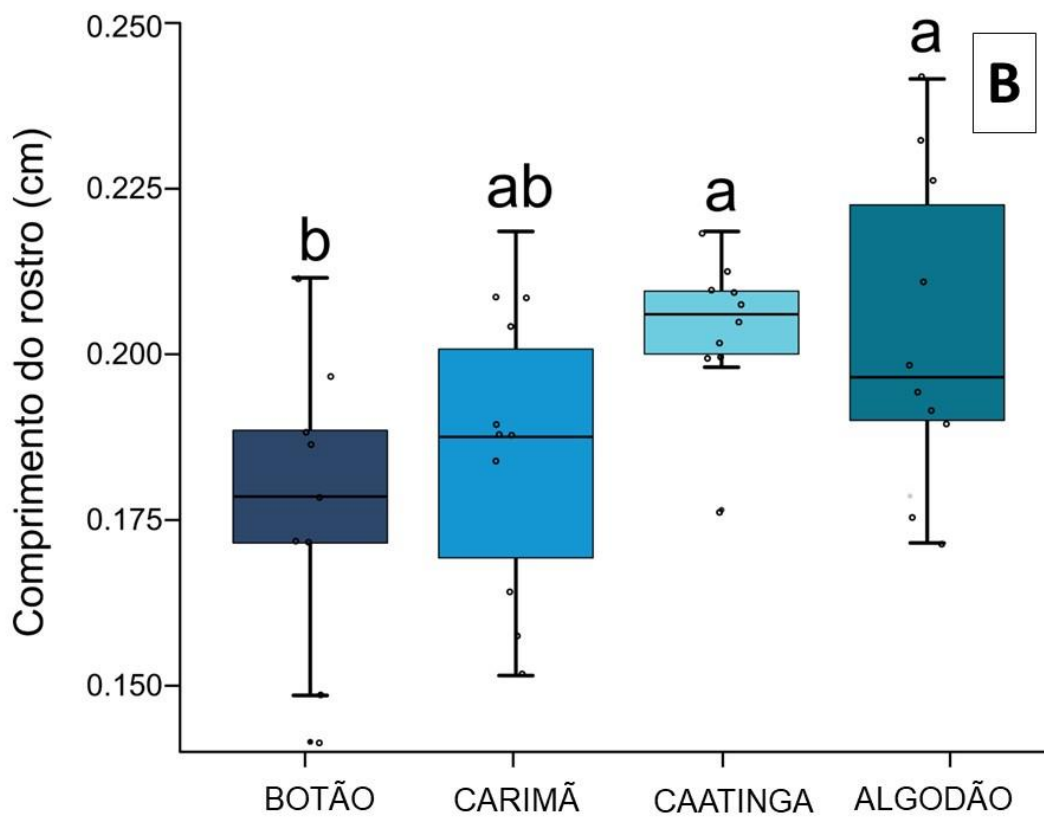
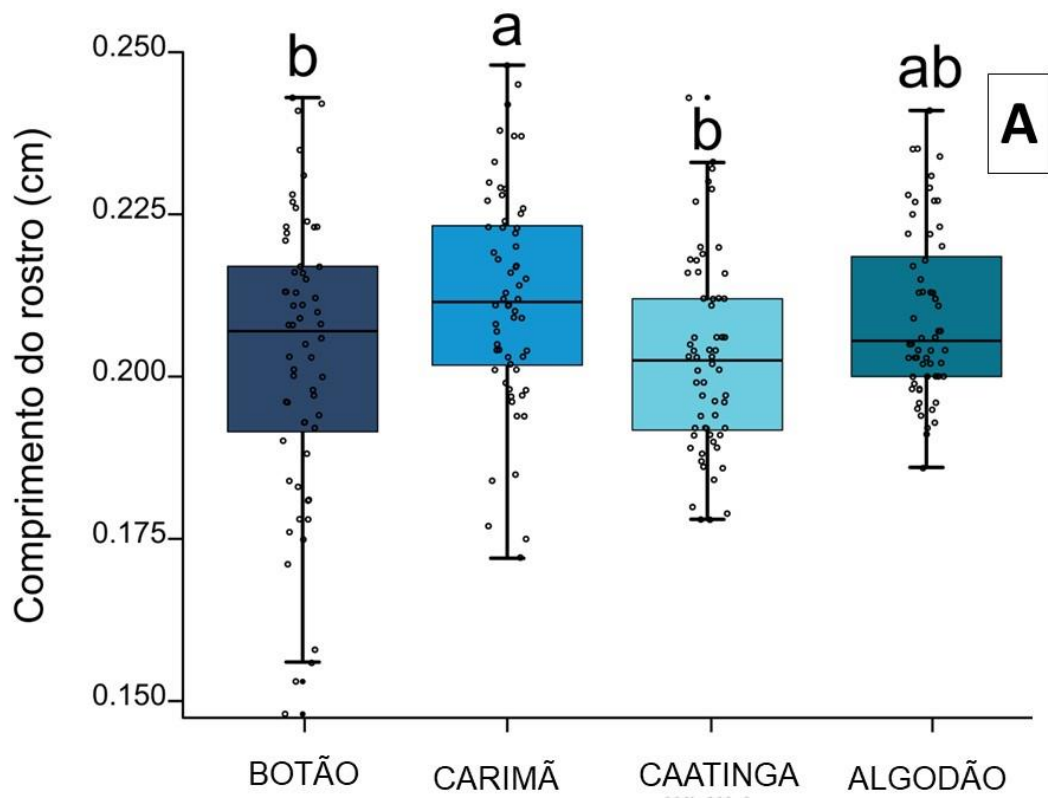


Fig 7.

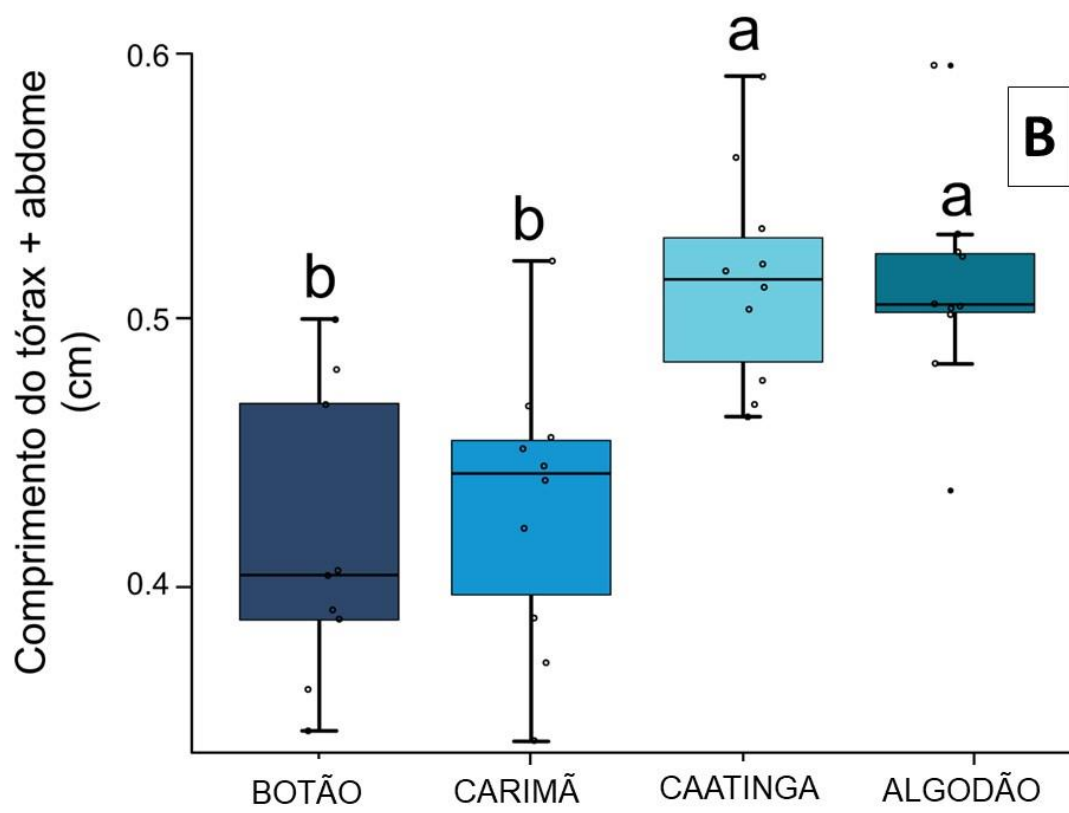
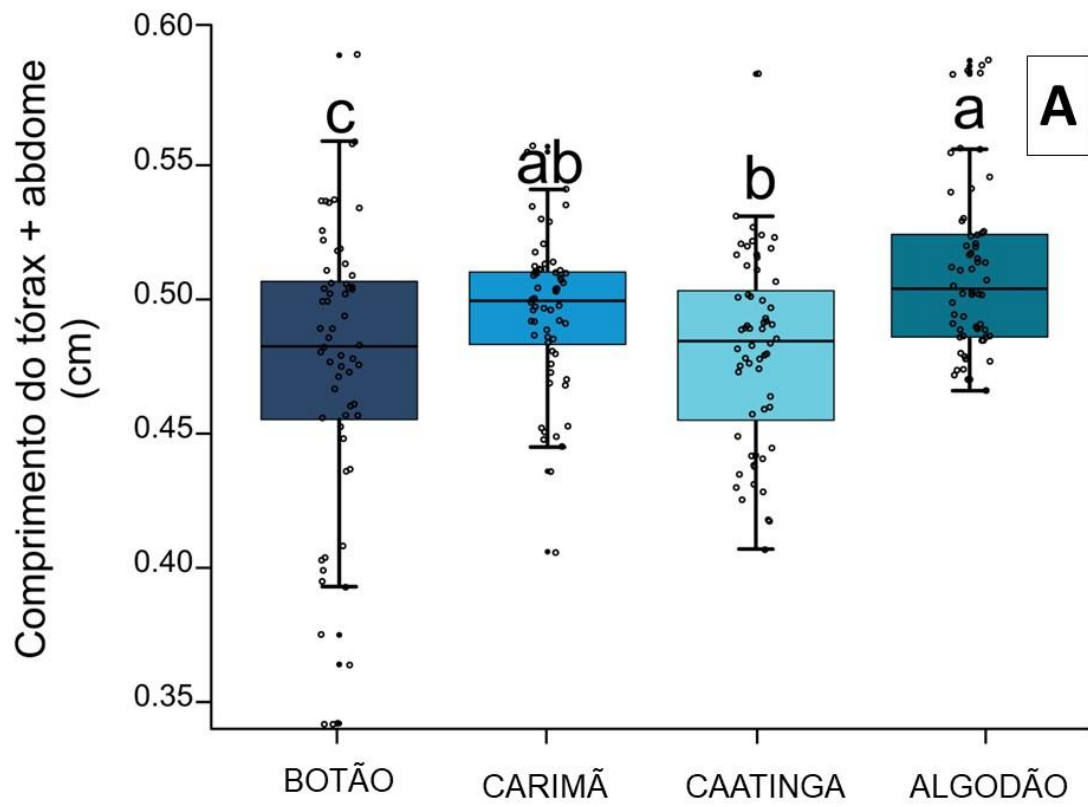


Fig 8.

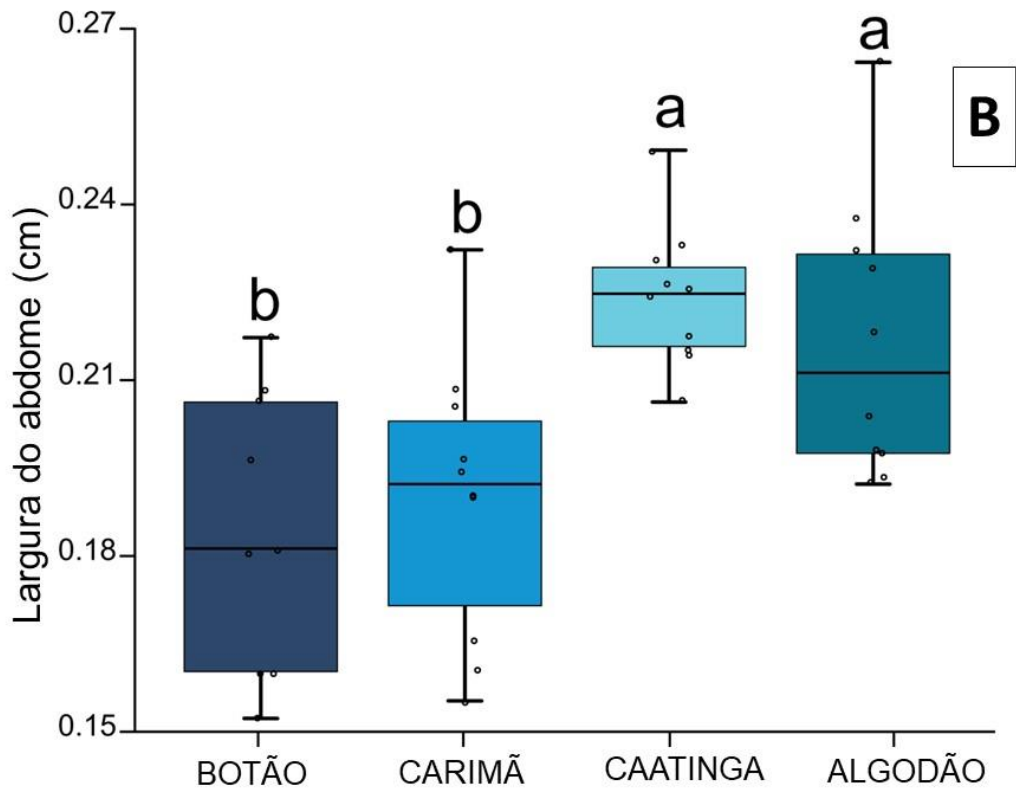
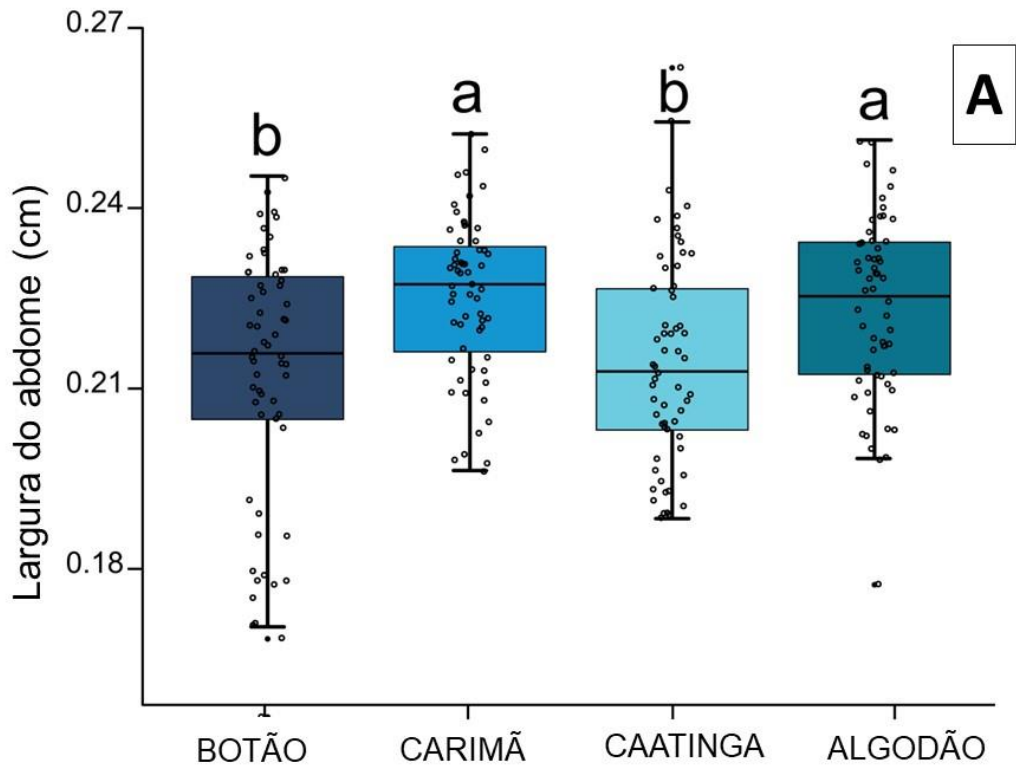


Fig 9.

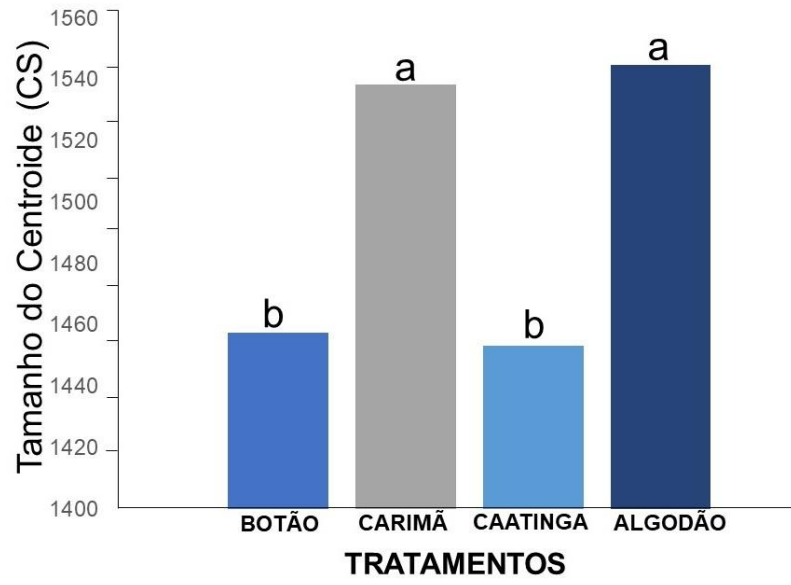


Fig 10.

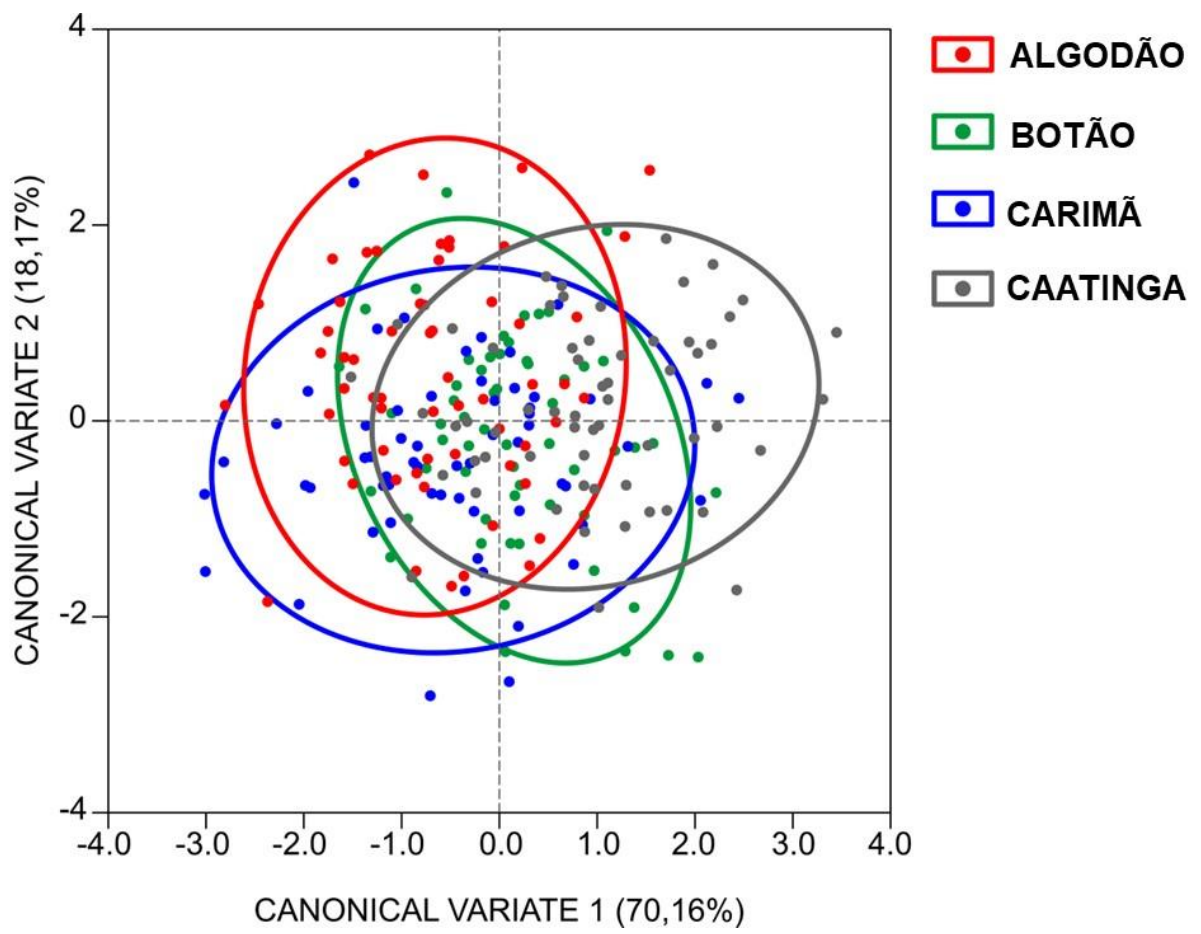


Fig 11.

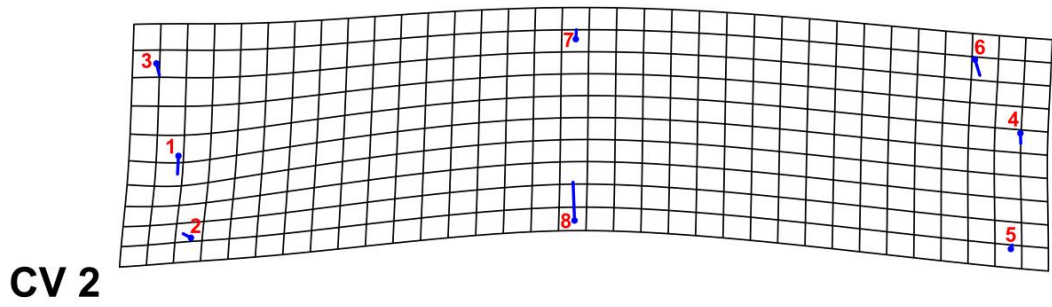
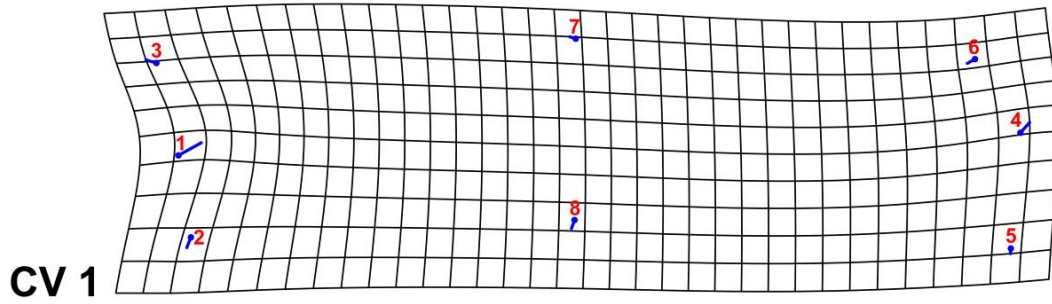
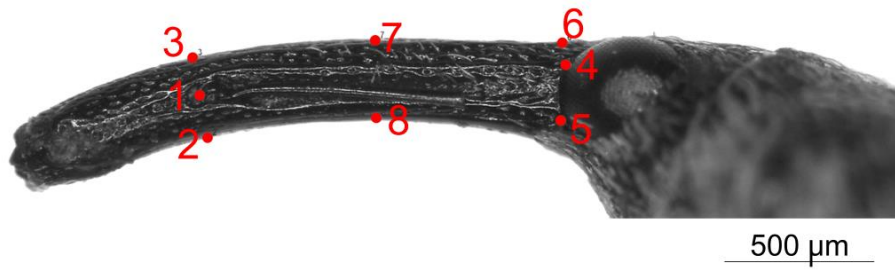


Fig 12.

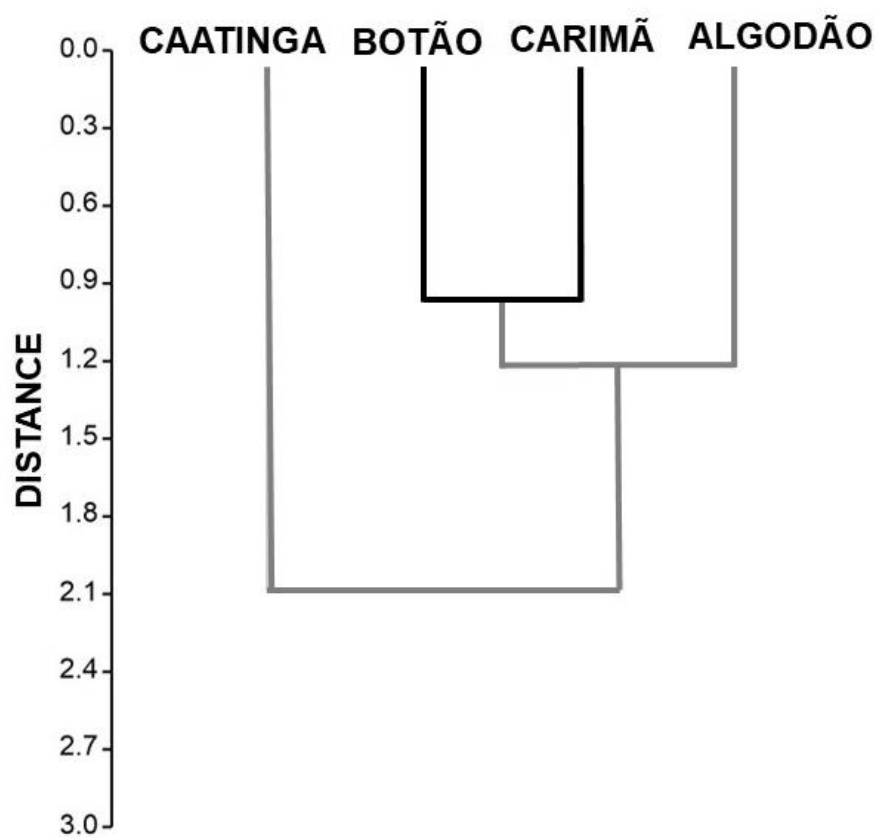


Fig 13.



**Periódico Científico: Journal of Economic Entomology – A2**

**ARTIGO II**

Resistência a inseticidas e risco de falha de controle em populações do bicudo  
(Coleoptera: Curculionidae)

Maria Aparecida Castellani

Departamento de Fitotecnia e Zootecnia

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Vitória da Conquista, BA 45031-900, Brasil

Phone: +55 77 34259396

E-mail: castellani@uesb.edu.br

**Resistência a inseticidas e risco de falha de controle em populações do  
bicudo (Coleoptera: Curculionidae)**

**Beatriz S. Coelho<sup>1</sup>, Suzany A. Leite<sup>1</sup>, Mateus P. dos Santos<sup>1</sup>, Raul N. C. Guedes<sup>2</sup>,  
Cristina Schetino Bastos<sup>3</sup>, Thainara F. G. da Silva<sup>1</sup>, Jáslem S. Santos<sup>1</sup>, Aldenise A.  
Moreira<sup>1</sup>, Maria A. Castellani<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup>*Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, BA, 45.031–900, Brasil.*

<sup>2</sup>*Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 70910-900, Brasil.*

<sup>3</sup>*Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 35.570-900, Brasil.*

## Resumo

Para o controle do bicudo *Anthonomus grandis grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae), principal praga da cotonicultura da América do Sul e Central, são utilizados intensivamente inseticidas, elevando a pressão de seleção para populações resistentes. Assim, o objetivo deste trabalho foi detectar e determinar níveis de resistências de populações do bicudo aos inseticidas malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil, bem como avaliar o risco de falha de controle. Doze populações de bicudos foram coletadas em plantios comerciais de algodão nas regiões Oeste (duas) e Sudoeste (10) do estado da Bahia, Brasil. Estas populações foram expostas ao malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil, em suas respectivas taxas máximas dos rótulos para uso em campo, considerando os volumes de pulverização de 300 L ha<sup>-1</sup> para o malathion e fipronil; e 200 L ha<sup>-1</sup> para o profenófos+cipermetrina; nas doses de 2L ha<sup>-1</sup> do malathion, 1L ha<sup>-1</sup> do profenófos+cipermetrina e 130 mL ha<sup>-1</sup> do fipronil. Placas de Petri receberam 1,0 mL das caldas inseticidas. Nestas, foram dispostos 10 bicudos adultos, de ambos os sexos, para exposição aos inseticidas, em três repetições. A mortalidade foi avaliada 48 horas após a exposição aos inseticidas e o risco de falha de controle determinado após 48 horas. Os maiores tempos letais medianos (TL<sub>50</sub>) foram observados para o malathion e profenófos+cipermetrina. A resistência a pelo menos um inseticida foi detectada em 11 populações; três populações foram resistentes ao malathion e profenófos+cipermetrina; e sete foram resistentes a todos os inseticidas. Os níveis de resistência foram baixos (<10 vezes) para os três inseticidas. Das 12 populações, 50% e 58,3% apresentaram riscos significativos de falha de controle para os inseticidas malathion e ao profenófos+cipermetrina respectivamente, com taxas de mortalidade inferiores ao limite mínimo esperado. O inseticida fipronil foi eficiente para o controle do bicudo em 83,3% das populações estudadas. Os resultados confirmam a hipótese levantada e se constituem no primeiro registro de resistência do bicudo a organofosforados e fenilpirazois no Brasil. Considera-se necessário o planejamento e execução de um plano de manejo da resistência do bicudo no Estado da Bahia.

**Palavras-chave:** *Anthonomus grandis grandis*, malathion, profenófos+cipermetrina, fipronil, falha de controle de inseticidas.

A produção brasileira de algodão vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Para 2022, a perspectiva de área plantada é de 1.600 mil ha, com produção de 2,82 milhões de t, e estimativa de exportação de 2,05 milhões de t, representando assim um crescimento de 19,7% em relação à safra 2020/21 (CONAB 2022).

Na região Nordeste, os estados da Bahia, Piauí e Maranhão se destacam como os principais produtores de algodão (Ximenes e Côelho 2021). A Bahia é o segundo maior produtor nacional, com produção de 1.268,7 mil t de algodão em caroço e 507,5 mil t de pluma (CONAB 2021).

Dentre os vários desafios enfrentados pela cotonicultura brasileira, os prejuízos causados pelo bicudo, *Anthonomus grandis grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), são preocupantes, constituindo-se uma grande ameaça a produção de algodão no Brasil (Azambuja e Degrande 2014).

As fêmeas deste inseto colocam ovos dentro das estruturas frutíferas como flores, botões florais e maçãs do algodoeiro, ocasionando a abscisão de algumas dessas estruturas e conseqüentemente perdas na produção (Showler e Cantú 2005). A oviposição ocorre ao longo de vários dias, o que possibilita uma emergência gradual de adultos; sendo assim, são requeridas sucessivas pulverizações de inseticidas para interrupção do ciclo de vida do bicudo (Showler 2012). As adoções de medidas de controle, são recomendadas quando 3-5% de botões florais têm a presença de bicudos adultos e/ou sinais de ataque (postura e alimentação) provocados pelo inseto (Bélot et al. 2016).

O controle químico é praticamente o único método utilizado para redução dos surtos populacionais do bicudo, com média de 19 aplicações de inseticidas por safra no estado da Bahia (FUNDEAGRO 2020). O uso indiscriminado de inseticidas pode causar efeitos ambientais adversos e levar à seleção de populações de insetos resistentes (Guedes e Cutler 2014).

O Comitê de Ação de Resistência a Inseticidas (IRAC 2022) define a resistência a inseticidas como uma mudança hereditária na sensibilidade de uma população de insetos pragas que se reflete na falha repetida de um produto, em atingir o nível esperado de controle quando usado de acordo com a recomendação do rótulo para aquela espécie de praga.

Detecções de mudanças na susceptibilidade de insetos a determinados inseticidas, quando realizada nos estágios iniciais, garantem o sucesso dos programas de manejo da resistência. A detecção inicial da resistência possibilita maior chance de

reestabelecimento da suscetibilidade dos insetos-praga aos inseticidas e adoção de outros métodos de controle (IRAC 2022).

Desse modo, evidencia-se a importância de conhecimentos e estudos que aprimorem o manejo do bicudo nas áreas de algodão, trazendo assim benefícios para o MIP (Arruda et al. 2020). Atualmente no Brasil para a cultura do algodão são registradas 137 formulações comerciais de inseticidas para o controle do bicudo, contabilizando 27 ingredientes ativos comercializados isolados ou combinados, dos subgrupos químicos dos piretroides, fenilpirazóis, organofosforados, carbamatos, neonicotinóides, dentre outros (AGROFIT 2022). Destes, o organofosforado malathion é um dos inseticidas mais utilizados para o controle do bicudo (Rolim et al. 2019).

Estudos de detecção da resistência do bicudo a inseticidas já foram realizados para os princípios ativos malathion, beta-ciflutrina e zeta-cipermetrina para populações de bicudos do estado de Mato Grosso, sendo verificadas razões de resistência elevadas para o beta-ciflutrina (Oliveira-Marra et al. 2019). Em populações de bicudos dos estados de Pernambuco, Ceará e Mato Grosso, expostas ao malathion e beta-ciflutrina não foi observada resistência (Rolim et al. 2021).

Os constantes e elevados níveis populacionais de bicudos nos algodoads no estado da Bahia, associados à utilização intensiva de inseticidas, levanta a hipótese de que existem populações dessa praga resistentes aos principais inseticidas utilizados. Essa suspeita se justifica, em decorrência dos inúmeros relatos dos cotonicultores, quanto a baixa eficácia de controle do bicudo aos inseticidas utilizados. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi detectar e determinar níveis de resistências de populações do bicudo aos inseticidas malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil, bem como avaliar o risco de falha de controle no estado da Bahia, Brasil.

## **Material e métodos**

### ***Insetos e inseticidas***

A coleta das populações do bicudo foi realizada em 12 propriedades, localizadas em duas mesorregiões produtoras de algodão do estado da Bahia, Brasil: Oeste (duas) e Sudoeste (10) (Tabela 1; Figura 1). O código VCA1 refere-se à população susceptível, obtida do Campo Agropecuário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, no município de Vitória da Conquista, BA. Esta população vem sendo mantida sem

exposição a inseticidas, e dista aproximadamente 320 Km dos cultivos comerciais de algodão no estado.

As coletas foram realizadas entre março e abril de 2022. Cada local de coleta foi georreferenciado, utilizando-se um receptor de sistema de posicionamento global (GPS) (Garmin E-Trex Vista HCx, Olathe, KS).

Para obtenção de adultos de idade conhecida para uso nos bioensaios, foram coletados botões florais com sinais de oviposição, seguindo metodologia proposta por Oliveira-Marra et al. (2019). Os botões foram acondicionados em bandejas plásticas retangulares (30 × 45 × 50 cm) e fechadas com tecidos de organza, até a emergência dos adultos. Estes, foram coletados diariamente e acondicionados em potes plásticos transparentes (volume de 500 mL) contendo algodão embebido em água e botões florais de algodão, para alimentação. A manutenção dos bicudos, bem como a realização dos bioensaios, foram feitas em uma sala aclimatada à temperatura de  $25 \pm 2,0$  °C, fotoperíodo 12:12 h (L: D) e umidade relativa de 50% a 70%. Os bioensaios foram realizados com bicudos recém emergidos (de 1 a 3 dias de idade).

Os inseticidas utilizados foram o malathion (1000 g i.a.L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, FMC Química do Brasil Ltda, Campinas, SP, Brasil), profenofós+cipermetrina (400 g i.a.L<sup>-1</sup> + 40 g i.a. L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil) e fipronil (600 g i.a.L<sup>-1</sup>, concentrado emulsionável, Ouro Fino Química Ltda, Uberaba, MG, Brasil).

### ***Bioensaios de mortalidade***

Os inseticidas foram utilizados em sua formulação comercial, empregando a máxima dosagem prescrita na bula para uso em campo, considerando a taxa de pulverização de 300 L ha<sup>-1</sup> para o malathion e fipronil e de 200 L ha<sup>-1</sup> para o profenofós+cipermetrina, conforme registro no Ministério da Agricultura (MAPA 2022), seguindo as recomendações do fabricante, utilizando água destilada como diluente. Assim, as doses utilizadas foram 2L ha<sup>-1</sup> do malathion, 1L ha<sup>-1</sup> do profenofós+cipermetrina e 130 mL ha<sup>-1</sup> do fipronil.

Placas de Petri (9,0 cm x 1,5 cm) receberam 1,0 mL das caldas inseticidas, com posterior secagem em temperatura ambiente por 24 horas. Nas placas tratadas, foram dispostos 10 bicudos adultos, de ambos os sexos, para exposição aos tratamentos. As laterais das placas, foram impregnadas com uma camada de talco neutro para atuar como derrapante, impedindo assim, a saída dos insetos do recipiente.

Os bioensaios foram constituídos pelos fatores principais inseticidas (3) e populações de bicudos (12), com três repetições para cada combinação. Foram realizadas avaliações da mortalidade 24 horas após a exposição aos inseticidas e, a partir daí, as avaliações foram diárias até a mortalidade de todos os adultos. Um tratamento controle (testemunha) foi realizado apenas com água destilada, para determinar a mortalidade natural dos insetos.

A mortalidade foi registrada transferindo-se cada adulto para placas de vidro, as quais foram colocados sobre uma chapa aquecedora (35 °C) para estimular o movimento de qualquer bicudo que se fingisse de morto (Rolim et al. 2021; Torres et al. 2022). Adultos que não se deslocassem nessas condições, durante um período de observação de um minuto foram considerados mortos. As avaliações de mortalidade eram realizadas a cada 24 horas, após a montagem dos experimentos.

#### *Análises estatísticas*

A mortalidade temporal foi submetida a análise de sobrevivência. Os resultados de sobrevivência dos bioensaios de tempo-mortalidade foram submetidos à análise de sobrevivência, usando estimadores de sobrevivência de Kaplan-Meier para obtenção dos respectivos tempos medianos de sobrevivência (TL<sub>50</sub>) para cada população e inseticida. Os níveis de resistência ou razões de resistência (RR) aos referidos inseticidas, foram estimados dividindo-se o tempo letal mediano (TL<sub>50</sub>) de uma determinada população pelo TL<sub>50</sub> da população suscetível, reconhecida pelos bioensaios de toxicidade com os inseticidas.

A mortalidade dos bicudos em 48 horas foi usada para estimativa da eficácia de controle, sendo corrigida pela mortalidade ocorrida na testemunha (Fórmula de Abbott, 1925). A estimativa da probabilidade de falha de controle (CFL) foi determinada utilizando os dados de mortalidade em 48 horas, através da fórmula proposta por Guedes (2017):

$$CFL (\%) = 100 - \frac{[\text{mortalidade alcançada} (\%) \times 100]}{\text{mortalidade esperada} (\%)}$$

A mortalidade esperada é o limite mínimo de eficácia esperado para o registro de inseticidas (ou seja, 80%; MAPA 1995). Os resultados dos riscos de falha de controle foram comparados pelo teste Z (p<0,05) com correção de continuidade, para verificar as populações com riscos significativos (Dângelo et al. 2018).

A relação entre os níveis de resistência aos inseticidas utilizados e suas respectivas falhas de controle, foi testada através da análise de regressão com o procedimento de ajuste de curva do *Table Curve 2D* (Systat, San Jose, CA). A seleção do modelo foi baseada na parcimônia, altos valores de F (e erro reduzido) e R<sup>2</sup> (íngreme), que aumentam com a complexidade do modelo.

As curvas de sobrevivência de cada população para cada inseticida foram comparadas usando o teste Holm-Sidak ( $p < 0,05$ ) (SigmaPlot 12.5, 2013, Systat, San Jose, CA, EUA).

## **Resultados**

### ***Tempo letal mediano (TL<sub>50</sub>) e sobrevivência do bicudo a inseticidas***

Os tempos letais medianos (TL<sub>50</sub>) variaram de 24,00 a 77,01 horas para o malathion; de 24,00 a 77,52 horas para o profenófos+cipermetrina; e de 24,00 a 61,02 horas para o fipronil (Tabela 2).

A resistência a pelo menos um inseticida foi detectada em 11 populações. As populações LEM1, LEM2, BJL1, CAN1, PMA1, PMA2 e PIN2 apresentaram resistência aos três inseticidas. Resistência ao malathion e ao profenófos+cipermetrina foi verificada em 10 populações (LEM1, LEM2, BJL1, CAN1, CAN2, GBI1, PMA1, PMA2, PIN2, PIN3) (Tabelas 2 e 3).

As populações LEM1, PMA2, GBI1 e PIN2 foram capazes de sobreviver por até 96 horas após exposição ao malathion. Este mesmo tempo letal mediano, foi verificado para as populações BJL1, PMA2, CAN e PIN3, quando expostas ao profenófos+cipermetrina. Para o fipronil, o maior tempo de sobrevivência foi de até 72 horas, para as populações LEM1 e LEM2.

As curvas de sobrevivência das populações do bicudo variaram em função do inseticida utilizado (Figura 2A). Quando expostos a água, após um período de 96 horas, 80% dos indivíduos de cada população estavam vivos. O tempo de sobrevivência foi maior para os inseticidas malathion e o profenófos+cipermetrina, alcançando mortalidade total em até 96 horas. Para o fipronil, esse tempo foi de 72 horas.

A sobrevivência dos bicudos das populações PIN3, CAN2, PMA2 e BJL1, após 72 horas, foram superiores a 38%, quando expostas ao malathion (Figura 2B). Probabilidades e tempos semelhantes, foram verificados para as populações LEM1, PMA2, GBI1 e PIN2, quando expostos ao profenófos+cipermetrina (Figura 2C). Para o fipronil, 60% dos bicudos das populações LEM1 e LEM2 sobreviveram após 48 horas (Figura 2D).



### ***Razão da resistência do bicudo aos inseticidas malathion, profenófos+cipermetrina e fipronil, e risco de falha de controle***

Para a razão da resistência (RR) a variação foi de 1,77 a 3,21 vezes para o malathion; 1,63 a 3,23 vezes para o profenófos+cipermetrina; e 1,55 a 2,54 vezes para o fipronil (Tabela 3). Os níveis de resistência foram baixos (<10 vezes) para todos os inseticidas.

A mortalidade das populações do bicudo também variou em função do inseticida utilizado, de 30 a 100% para o malathion e de 26,7 a 100% para profenófos+cipermetrina e fipronil. Sete populações expostas ao malathion e ao profenófos+cipermetrina não atingiram o limite mínimo de eficácia, de 80% de mortalidade (MAPA, 1995). Todavia, o fipronil mostrou-se mais eficaz no controle do bicudo, sendo que 10 populações (BJL 1, PMA1, PMA2, GBI1, CAN1, CAN2, PIN1, PIN2, PIN3 e VCA1) atingiram mortalidade total (Tabela 3).

Verificou-se riscos significativos de falha de controle do malathion para seis populações e do profenófos+cipermetrina para sete populações. Para o fipronil, apenas duas populações de bicudos apresentaram risco significativo de falha de controle (Tabela 3).

### ***Relação entre resistência e risco de falha de controle***

A relação entre a razão da resistência e o risco de falha de controle foi significativa para o malathion (Figura 3A), profenófos+cipermetrina (Figura 3B). e fipronil (Figura 3C). O risco de falha de controle para estes inseticidas está correlacionada ao nível de resistência de cada população e inseticida.

### **Discussão**

Apesar das possibilidades de integração das táticas culturais, biológicas e comportamentais para manejo do bicudo, cotonicultores de todo mundo continuam extremamente dependentes da adoção de inseticidas para supressão populacional da praga (Anderson et al., 2019). O bicudo pode estar presente em todas as suas fases do ciclo do algodoeiro, sendo requeridas várias pulverizações com inseticidas organossintéticos, fato que pode levar à seleção de populações resistentes.

O fenômeno da resistência consiste em uma mudança genética em resposta à seleção que pode comprometer a eficácia dos inseticidas, levando à falha de controle (Guedes 2017; Leite et al. 2020). Para o bicudo, atualmente existem 41 casos relatados de

resistência a inseticidas, em regiões produtoras dos Estados Unidos, México e Venezuela (APRD 2022), e mais recentemente no Brasil (Rolim et al. 2019).

Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam o elevado risco de falha de controle e baixa eficácia do malathion e profenófos+cipermetrina, para a maioria das populações de bicudos estudadas, porém em níveis de resistência ainda baixos. Verifica-se que as populações de bicudos oriundas da mesorregião Oeste (LEM1 e LEM2), apresentaram riscos significativos de falhas de controle e baixas mortalidades, para os dois inseticidas utilizados. Nessa mesorregião, estão localizados os grandes plantios comerciais de algodão do estado da Bahia, onde são cultivados de 300-320 mil ha, sendo comum o uso intensivo do controle químico para supressão populacional da praga, com média de 19 aplicações por safra (FUNDEAGRO 2020).

Os resultados obtidos para o malathion, diferem dos observados para populações do bicudo do estado de Mato Grosso, as quais foram susceptíveis a esse inseticida (Oliveira-Marra et al. 2019). Em estudo semelhante, com populações de bicudos procedentes de Pernambuco, Ceará e Mato Grosso, observou-se total eficiência do malathion e razões de resistência elevadas para a beta-ciflutrina (Rolim et al. 2019).

Recentemente, foi verificada alta toxicidade dos inseticidas fenilpirazóis (fipronil e etiprole) ao bicudo (Torres et al. 2022). Neste mesmo estudo, foram verificados riscos intermediários de falha de controle para o profenófos+cipermetrina e baixos para o malathion. Inseticidas organofosforados e piretroides estão entre os mais utilizados para controle de pragas na agricultura (Yao et al. 2020). A malathion ingrediente ativo do subgrupo químico dos organofosforados, é o mais utilizado para o controle do bicudo-do-algodoeiro, atuando na inibição da enzima acetilcolinesterase, consequentemente, inativando o neurotransmissor acetilcolina; já os piretroides do subgrupo químico do ingrediente ativo da cipermetrina atuam no canal de sódio da membrana do axônio (Costa, 2015).

Dos inseticidas utilizados o fipronil foi o que apresentou maior eficiência no controle das populações do bicudo estudadas. Este inseticida pertence ao subgrupo fenilpirazóis, os quais atuam bloqueando a passagem dos íons de cloro na pré e pós-sinapse da membrana da célula nervosa e no canal do ácido gama-aminobutírico (GABA) (Gant et al. 1998; Singh et al. 2021).

O elevado risco de falha de controle apresentadas pela maioria das populações expostas ao malathion e ao profenófos+cipermetrina, não resultaram em níveis de resistência elevados. As faixas de razão de resistência não são utilizadas para indicar

falhas de controle do inseto-praga no campo devido a evolução da resistência (French-Constant e Roush 1990), no entanto, estes fatores estão relacionados. A razão da resistência estima quantas vezes a população estudada é mais resistente que a população susceptível. Verificou-se apenas variações nos tempos para mortalidade esperadas, mas não resultaram em níveis de resistência elevados. É fato que a eficácia destes inseticidas está comprometida para a maioria das populações de bicudos estudadas, sendo verificados níveis baixos de resistência e elevados riscos de falha de controle com o uso destes produtos. Detecções de alterações na susceptibilidade de insetos pragas a inseticidas são úteis pois podem fornecer alertas da evolução da resistência e informações relevantes para orientar a implementação de práticas eficazes de manejo de pragas (IRAC 2022).

O elevado potencial de dano provocado pelo bicudo, torna necessário um sistema intensivo que inclua o uso de diferentes métodos de controle de pragas (Santos et al. 2021). Recomenda-se, principalmente a destruição obrigatória de restos culturais, com uma janela específica a tempo para semeadura (vazio sanitário), feromônio sexual para monitoramento, táticas de controle biológico aplicado e de conservação dentre outros métodos (Santos et al. 2021).

Em suma, a resistência a inseticidas já se constitui em mais um desafio para o manejo do bicudo nas regiões produtoras de algodão da Bahia. Os níveis de resistência são baixos, mas já estão levando à redução da eficácia e risco significativo de falha de controle, exigindo práticas de manejo da resistência.

### **Agradecimentos**

Agradecemos à Fundação CAPES (Ministério da Educação do Brasil) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro. Expressamos nossa gratidão aos cotonicultores do Oeste e Sudoeste da Bahia, à ABAPA e seus consultores pelo apoio prestado.

### **Referências citadas**

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.* 18: 265–266.
- AGROFIT, Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. 2021. Disponível em: [http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 18 Jun 2022.

- Anderson, V.A., D. M. Machado, J. B. Potin, C. S. A. Torres, e T. Silva. 2019. Selective insecticides secure natural enemies action in cotton pest management. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 184:109669.
- APRD, Arthropod pesticide resistance database. Disponível em:  
<<https://www.pesticideresistance.org/display.php?page=species&arId=222> >. Acesso em: 07 jul 2022.
- Arruda, L. S., J. B. Torres, G. G. Rolim, e C. S. A. Silva-Torres. 2020. Dispersal of boll weevil toward and within the cotton plant and implications for insecticide exposure. *Pest Manag. Sci.* 77:1339–1347.
- Azambuja, R. e R. E. Degrande. 2014. Trinta anos do bicudo-do-algodoeiro no Brasil. *Arq. Inst. Biol.* 81:377–410.
- Bélot, J. L., E. M. Barros e J. E. Miranda. 2016. Desafios do cerrado: como sustentar a expansão da produção com produtividade e competitividade - Cuiabá: Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão. 284p.
- Costa, L.G. 2015. The neurotoxicity of organochlorine and pyrethroid pesticides. *Handbook of Clinical Neurology.* 131:135-148,
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. 2022. Acompanhamento da Safra Brasileira-Grãos; safra 2021/22, levantamento sexto. Observatório Agrícola, Companhia Nacional de Abastecimento.
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. 2021. Acompanhamento safra brasileira de grãos, v.8– Safra 2020/21, n.10 - Décimo levantamento, Brasília, p. 1-110, julho 2021. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/> > Acesso em: Julho de 2022.
- Dângelo, R. A. C., M. Michereff-Filho, M. R. Campos, P. S. Silva e R. N. C. Guedes. 2018. Insecticide resistance and control failure likelihood of the whitefly *Bemisia tabaci* (MEAM1; B biotype): a Neotropical scenario. *Ann. Appl. Biol.* 172: 88-99.
- Ffrench-Constant, R. H. e R. T. Roush. 1990. Resistance detection and documentation: the relative roles of pesticidal and biochemical assays. In: Roush, R. T. e B. E. Tabashnik. *Pesticide resistance in arthropods.* New York: Chapman & Hall. 4-38.
- FUNDEAGRO- Fundo para o Desenvolvimento do Agronegócio do Algodão. 2019. Relatório do Programa de Incentivo à Cotonicultura do Estado da Bahia. PROALBA - Safra 2018/19. Disponível em:  
<[http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/Relat%C3%B3rio%20PROALBA%20SAFRA%202018-2019\\_0.pdf](http://www.seagri.ba.gov.br/sites/default/files/Relat%C3%B3rio%20PROALBA%20SAFRA%202018-2019_0.pdf)> Acesso em: 08 jun 2022.

- Guedes, R. N. C. 2017. Insecticide resistance, control failure likelihood and the First Law of Geography. *Pest Manag. Sci.* 73:479-484.
- Gant, D.B., A.E. Chalmers, M.A. Wolff, H.B. Hoffman, D.F. Bushey. 1998. Fipronil: action at the GABA receptor. *Rev. Toxicol.* 2: 147-156.
- Guedes, R. N. C. e G. C. Cutler. 2014. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. *Pest Manag. Sci.* 70:690–697.
- IRAC, Insecticide Resistance Action Committee. Insecticide Resistance Training. 2022. Disponível em: < <https://irac-online.org/documents/insecticide-resistance-training-basic-module/>> Acesso em: 05 Jul 2022.
- Leite, S. A., R. N. C. Guedes, M. P. dos Santos, D. R. da Costa, A. A. Moreira, S. N. Matsumoto, O. L. Lemos e M. A. Castellani. 2020. Profile of Coffee Crops and Management of the Neotropical Coffee Leaf Miner, *Leucoptera coffeella*. *Sustainability.* 12:1-12.
- MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 2019. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. MAPA/CGAF/DFIA/DAS, Brasília, DF, Brazil. Disponível em: <[https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 28 jun 2022.
- MAPA, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 1995. Normas e Exigências para Execução de Testes de Produtos Químicos para Fins de Registro no MAPA. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Brasília, DF. Brazil.
- Oliveira-Marra, S. O. D., R. N. C. Guedes, C. B. Schetino, P. H. A. Marra, L. M. Vivan, e A. de M. Zanine. 2019. Insecticide resistance and control failure likelihood among populations of the boll weevil (*Anthonomus grandis*) from Mato Grosso (Brazil). *Acta Sci. Agron.* 41:e42714.
- Rolim, G.G., R. R. Coelho, J. D. Antonino, L. S. Arruda, A. S. Rodrigues, E. M. Barros, e J. B. Torres. 2021. Field-evolved resistance to beta-cyfluthrin in the boll weevil: Detection and characterization, *Pest Manag. Sci.* 77:1339-1347.
- Rolim, G. G., L. S. Arruda, J. B. Torres, E. M. Barros e M. G. Fernandes. 2019. Susceptibility of cotton boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) to spinosyns. *J. Econ. Entomol.* 122:1688– 1694.
- Santos, S.K., L. H. A. Araújo, F. A. Albuquerque, C. A. D. Silva e L. M. Lima. 2021. Genetic diversity of Brazilian boll weevil populations based on morphometric characteristics and ISSR molecular markers. *Genet. Mol. Res.* 20: GMR18771.

- Showler, A.T. 2012. The conundrum of chemical boll weevil control in subtropical regions, in *Insecticides: Pest Engineering*, ed. by Perven F. InTech, London, UK. 437–448.
- Showler, A.T. e R.V. Cantú. 2005. Intervals between boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) oviposition and square abscission, and development to adulthood in Lower Rio Grande Valley, Texas, field conditions. *Southwest. Entomol.* 30:161-164.
- Singh, N. S., R. Sharma, S.K. Singh e D.K. Singh. 2021. A comprehensive review of environmental fate and degradation of fipronil and its toxic metabolites. *Environmental Research*, 199, 111316.
- Torres, J.B., G. G. Rolim, L. S. Arruda, M. P. Santos, S. A. Leite e R. C. dos Neves. 2022. Insecticides in Use and Risk of Control Failure of Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) in the Brazilian Cerrado. *Neotrop. Entomol.* 51:1-15.
- Ximenes, L. F. e J. D. Coêlho. 2021. Algodão: Produção e mercados. *Caderno Setorial ETENE*. Fortaleza: Banco do Nordeste. Ano 6, 166.
- Yao, J., Z. Wang, L. Guo, X. Xu, L. Liu, L. Xu, S. Song, C. Xu, H. Kuang. 2020. Advances in immunoassays for organophosphorus and pyrethroid pesticides. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 116022.

### **Legenda das tabelas**

**Tabela 1.** Identificação e coordenadas geográficas dos locais de amostragem das populações do bicudo (*Anthonomus grandis grandis*) no estado da Bahia, Brasil.

**Tabela 2.** Tempo letal mediano (TL<sub>50</sub>) de populações do bicudo (*Anthonomus grandis grandis*) expostas a inseticidas. Valores da TL<sub>50</sub> seguidos pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste Holm-Sidak ( $p < 0,05$ ). Os valores de  $\chi^2$  e P referem-se a diferença entre as populações para o mesmo inseticida.

**Tabela 3.** Razão da resistência e risco de falha de controle.

## **Figuras**

**Figura 1.** Distribuição dos locais de amostragem das populações do bicudo (*Anthonomus grandis grandis*) utilizadas nos bioensaios de detecção da resistência a inseticidas no estado da Bahia, Brasil.

**Figura 2.** Curvas de sobrevivência dos inseticidas avaliados, independente da população de bicudos (*Anthonomus grandis grandis*) (A); quando expostas ao malathion (B), profenófos+cipermetrina (C) e fipronil (D).

**Figura 3.** Relação entre a razão da resistência e risco de falha de controle de populações do bicudo (*Anthonomus grandis grandis*) ao inseticida malathion (A), profenófos+cipermetrina (B) e fipronil (C).



**Tab 1.**

<b>Mesorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>
Oeste	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	-11° 98' 51.9"	-45° 73' 16.5"
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	-11° 55' 53.1"	-45° 43' 45.5"
	Bom Jesus da Lapa	BJL1	-13° 10' 09.4"	-43° 06' 20.6"
	Candiba	CAN1	-14° 20' 16.0"	-42° 54' 49.8"
	Candiba	CAN2	-14° 20' 48.3"	-42° 54' 16.8"
	Guanambi	GBI1	-14° 20' 42.0"	-42° 57' 25.9"
Sudoeste	Palmas de Monte Alto	PMA1	-14° 14' 51.3"	-43° 18' 25.4"
	Palmas de Monte Alto	PMA2	-14° 17' 59.4"	-43° 16' 31.3"
	Pindaí	PIN1	-14° 34' 59.8"	-42° 43' 19.2"
	Pindaí	PIN2	-14° 34' 45.7"	-42° 43' 15.8"
	Pindaí	PIN3	-14° 27' 16.8"	-42° 42' 23.8"
	Vitória da Conquista	VCA1	-14° 88' 91.3"	-40° 80' 08.8"

Tab 2.

<b>Malathion</b>						
<b>Mesoorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>TL<sub>50</sub> (horas)</b>	<b>Intervalo de confiança (95%)</b>	$\chi^2$	<i>P</i>
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	64,45a	61,13-67,78	459,99	<0,001
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	60,96bc	57,54-64,38		
<b>Sudoeste</b>	Bom Jesus da Lapa	BJL1	67,29ab	62,31-72,28		
	Candiba	CAN1	44,40d	42,20-46,60		
	Candiba	CAN2	77,01a	72,63-81,38		
	Guanambi	GBI1	62,28b	59,09-65,47		
	Palmas de Monte Alto	PMA1	42,40d	39,80-45,00		
	Palmas de Monte Alto	PMA2	71,03a	65,99-76,06		
	Pindaí	PIN1	24,00e	24,00-24,00		
	Pindaí	PIN2	55,14bc	51,41-58,87		
	Pindaí	PIN3	74,16a	69,21-79,11		
Vitória da Conquista	VCA1	24,00e	24,00-24,00			
<b>Profenófos + cipermetrina</b>						
<b>Mesorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>TL<sub>50</sub> (horas)</b>	<b>Intervalo de confiança (95%)</b>	$\chi^2$	<i>P</i>
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	77,52a	73,20-81,83	405,18	<0,001
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	61,78ab	58,45-65,11		
<b>Sudoeste</b>	Bom Jesus da Lapa	BJL1	56,17b	52,39-59,95		
	Candiba	CAN1	64,82a	61,55-68,09		
	Candiba	CAN2	41,60c	38,88-44,32		
	Guanambi	GBI1	70,49a	65,50-75,48		
	Palmas de Monte Alto	PMA1	39,20c	36,25-42,16		

	Palmas de Monte Alto	PMA3	70,28a	65,71-74,86		
	Pindaí	PIN1	39,20c	36,25-42,16		
	Pindaí	PIN2	70,50a	65,73-75,27		
	Pindaí	PIN3	57,00b	53,08-60,92		
	Vitória da Conquista	VCA1	24,00d	24,00-24,00		
<b>Fipronil</b>						
<b>Mesorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>TL<sub>50</sub> (horas)</b>	<b>Intervalo de confiança (95%)</b>	$\chi^2$	<i>P</i>
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	61,02a	57,66-64,38		
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	61,02a	57,66-64,38		
<b>Sudoeste</b>	Bom Jesus da Lapa	BJL1	41,60bc	38,89-44,32		
	Candiba	CAN1	38,00bc	34,98-41,02		
	Candiba	CAN2	24,00d	24,00-24,00		
	Guanambi	GBI1	24,00d	24,00-24,00		
	Palmas de Monte Alto	PMA1	38,00c	34,98-41,02	410,54	<0,001
	Palmas de Monte Alto	PMA2	40,40bc	37,55-43,26		
	Pindaí	PIN1	24,00c	24,00-24,00		
	Pindaí	PIN2	37,20c	34,15-40,25		
	Pindaí	PIN3	24,00d	24,00-24,00		
	Vitória da Conquista	VCA1	24,00d	24,00-24,00		

IC 95%= Intervalo de confiança a 95% de probabilidade; RR= Razão da Resistência (TL<sub>50</sub> da população resistente/TL<sub>50</sub> da população susceptível). X<sup>2</sup>=Qui-quadrado; P= Probabilidade.

Tab 3.

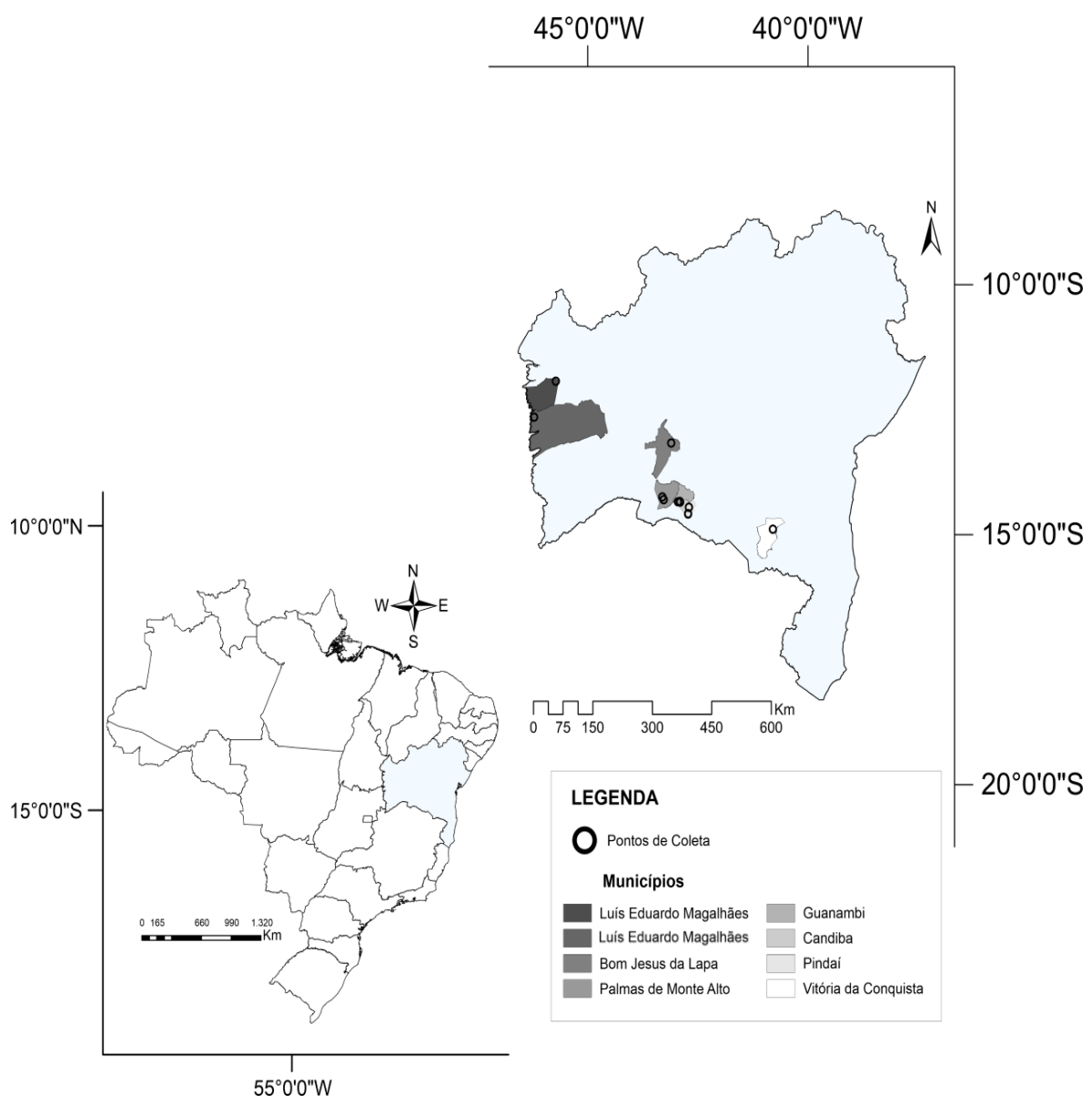
<b>Malathion</b>				
<b>Mesorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>Razão da Resistência [RR (TL<sub>50R</sub>/TL<sub>50S</sub>)]</b>	<b>Mortalidade [Risco de falha de controle] (%)</b>
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	2,69	30,0 [62,5]*
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	2,54	70,0 [12,5]*
<b>Sudoeste</b>	Bom Jesus da Lapa	BJL1	2,80	73,3 [8,3]
	Candiba	CAN1	1,85	100 [0,0]
	Candiba	CAN2	3,21	56,7 [29,2]*
	Guanambi	GBI1	2,60	70,0 [20,8]*
	Palmas de Monte Alto	PMA1	1,77	100 [0,0]
	Palmas de Monte Alto	PMA2	2,96	63,3 [20,8]*
	Pindaí	PIN1	1,00	100 [0,0]
	Pindaí	PIN2	2,30	100 [0,0]
	Pindaí	PIN3	3,09	60,0 [33,3]*
	Vitória da Conquista	VCA1	1,00	100 [0]
<b>Profenófos+cipermetrina</b>				
<b>Mesorregião</b>	<b>Cidade</b>	<b>Código</b>	<b>Razão da resistência (TL<sub>50R</sub>/TL<sub>50S</sub>) [RR (IC 95%)]</b>	<b>Mortalidade [Risco de falha de controle] (%)</b>
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	3,23	50,0 [37,5]*
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	2,57	53,3 [33,3]*
<b>Sudoeste</b>	Bom Jesus da Lapa	BJL1	2,34	86,7 [0,0]
	Candiba	CAN1	2,71	26,7 [66,7]*
	Candiba	CAN2	1,73	80,0 [8,3]
	Guanambi	GBI1	2,94	63,3 [20,8]*

	Palmas de Monte Alto	PMA1	1,63	100 [0,0]
	Palmas de Monte Alto	PMA2	2,93	70,0 [12,5]*
	Pindaí	PIN1	1,63	100 [0,0]
	Pindaí	PIN2	2,94	63,3 [20,8]*
	Pindaí	PIN3	2,38	70,0 [12,5]*
	Vitória da Conquista	VCA1	1,00	100 [0,0]

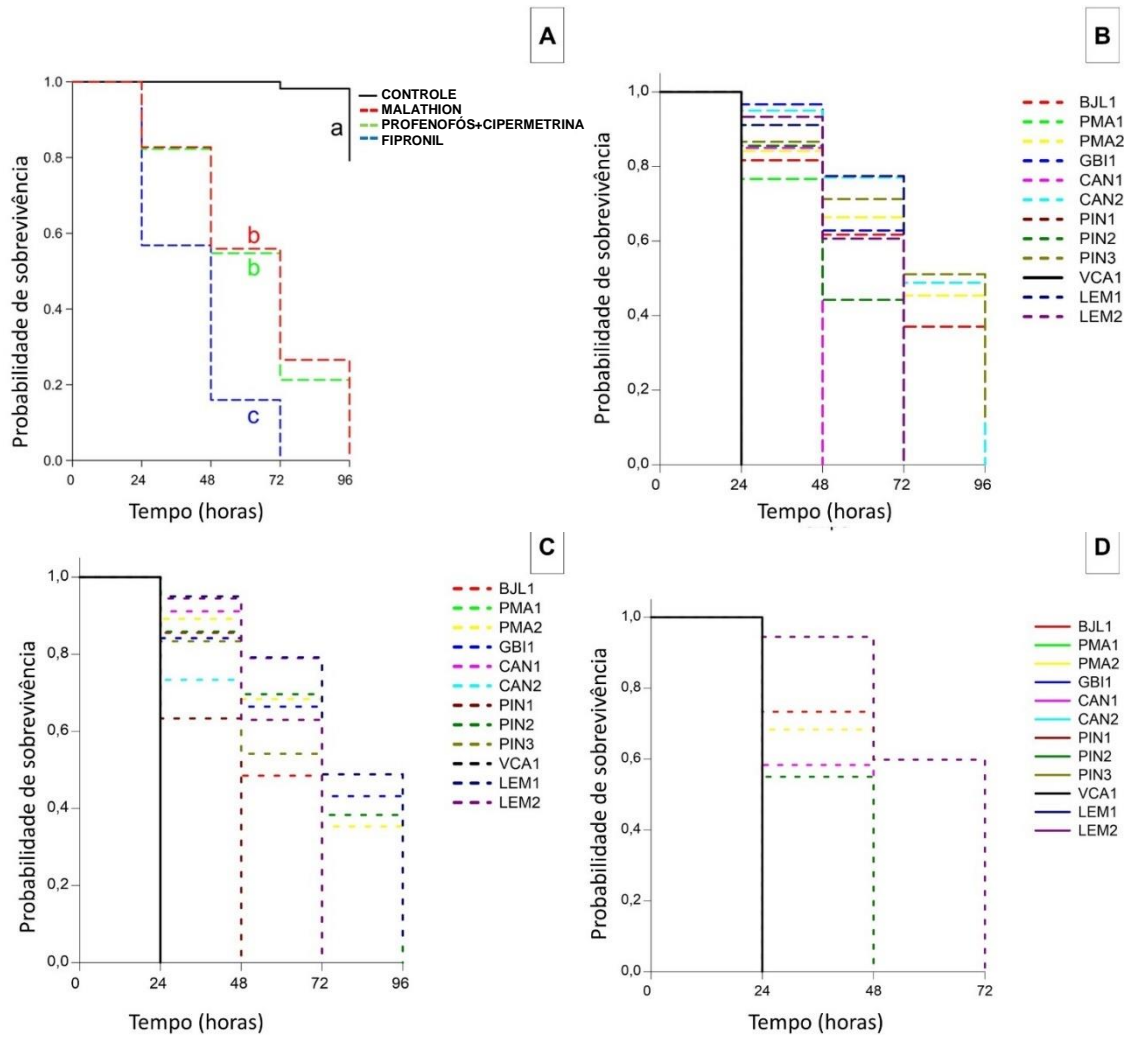
### Fipronil

Mesorregião	Cidade	Código	Razão da Resistência (TL <sub>50R</sub> /TL <sub>50S</sub> ) [RR (IC 95%)]	Mortalidade [Risco de falha de controle] (%)
<b>Oeste</b>	Luís Eduardo Magalhães	LEM1	2,54	73,3[8,3]*
	Luís Eduardo Magalhães	LEM2	2,54	73,3 [8,3]*
	Bom Jesus da Lapa	BJL1	1,73	100 [0,0]
	Candiba	CAN1	1,58	100 [0,0]
	Candiba	CAN2	1,00	100 [0,0]
	Guanambi	GBI1	1,00	100 [0,0]
<b>Sudoeste</b>	Palmas de Monte Alto	PMA1	1,58	100 [0,0]
	Palmas de Monte Alto	PMA2	1,68	100 [0,0]
	Pindaí	PIN1	1,00	100 [0,0]
	Pindaí	PIN2	1,55	100 [0,0]
	Pindaí	PIN3	1,00	100 [0,0]
	Vitória da Conquista	VCA1	1,00	100 [0,0]

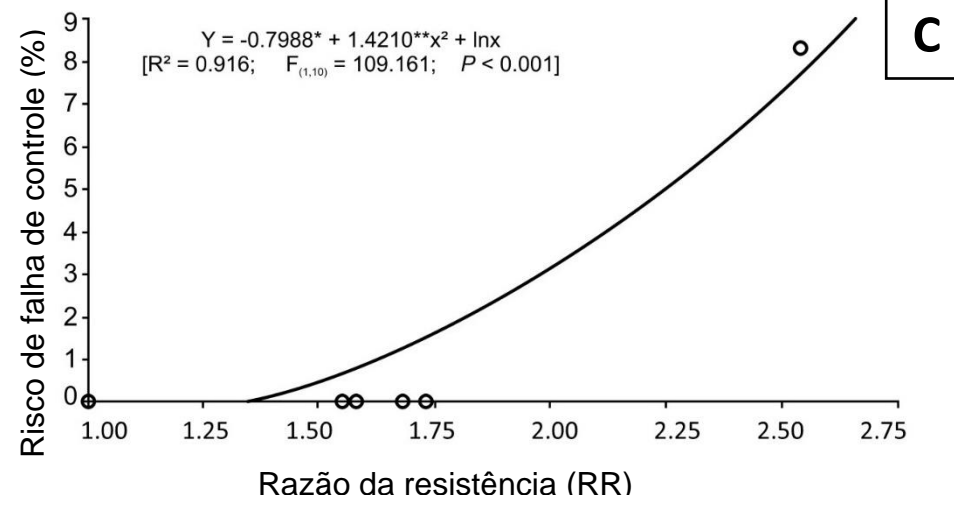
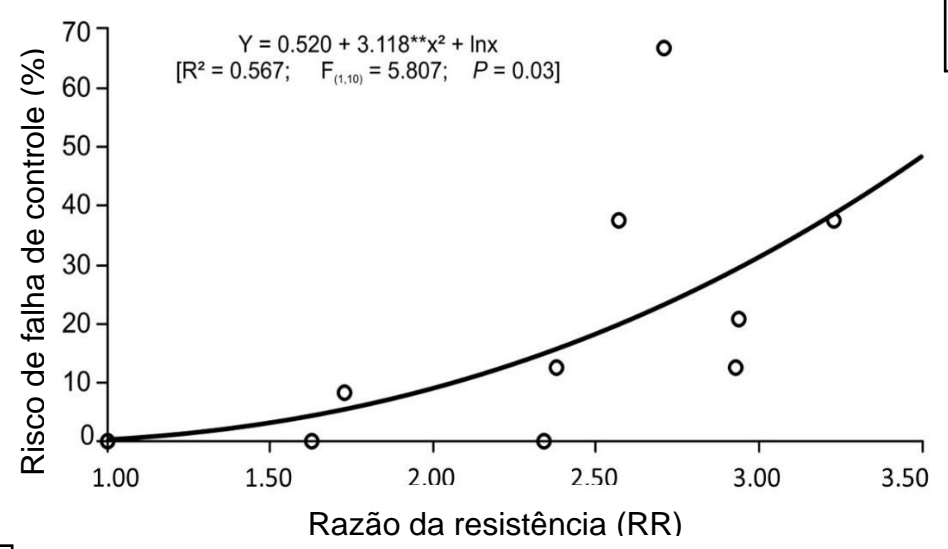
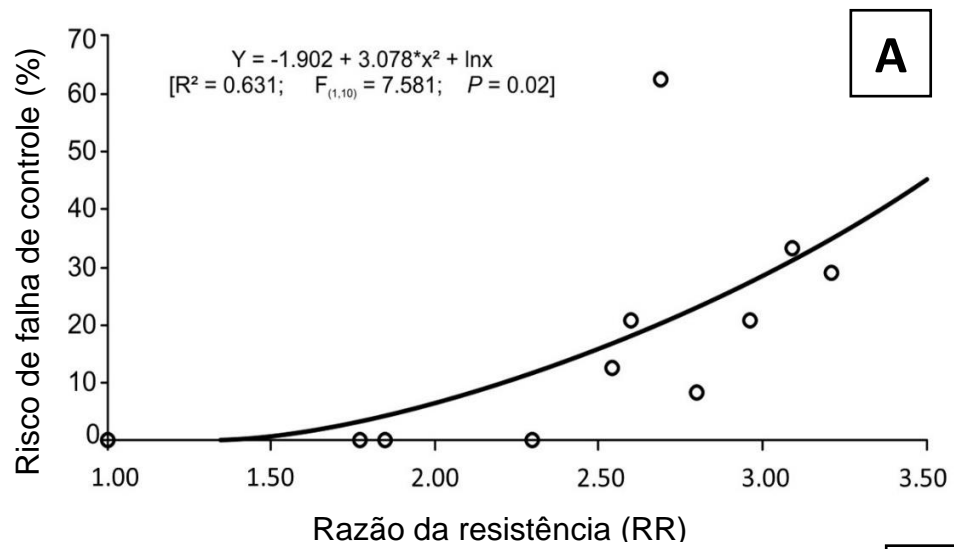
As mortalidades seguidas de um asterisco são significativamente inferiores ao limite mínimo de eficácia de 80% (teste Z unilateral com nível de confiança de 95% com correção para continuidade e correção de Bonferroni; n = 120), conforme exigido pela legislação brasileira (MAPA 1995).



**Fig 1.**



**Fig.2**



**Fig 3.**



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo são de grande importância para a cotonicultura nacional, especialmente para as condições do estado da Bahia.

Com base nos estudos sobre a bioecologia, tomadas de decisão sobre a adoção de métodos de controle poderão ser ajustadas, de acordo com os diferentes cenários de aptidões dos bicudos. Conhecimentos acerca da reprodução, alimentação, sobrevivência, longevidade e alterações corporais desta praga, em função da procedência (botões, carimãs e capturados em armadilhas na cultura e em áreas de Caatinga), permitirão compreender as vantagens e desvantagens adaptativas destes, na manutenção dos níveis populacionais, nos estágios iniciais das safras subsequentes.

Verificou-se que a utilização de carimãs para alojamento e desenvolvimento, no período da entressafra, não afeta o desempenho reprodutivo, de alimentação e longevidade dos bicudos, possibilitando superioridade de alguns indicadores de qualidade do inseto (reprodução, tamanho) em relação àqueles procedentes de botões florais. O uso de carimãs como abrigo, durante a entressafra, constitui-se, assim, em uma importante estratégia de sobrevivência do bicudo.

Os dados obtidos neste trabalho permitem inferir que o fenômeno da resistência a inseticidas já está instalado nas populações de bicudos na Bahia. Embora os níveis de resistência detectados tenham sido baixos, nota-se a necessidade de planejamento e implementação de programas de manejo da resistência, associados a um aperfeiçoamento de manejo integrado de pragas, que enfatizem o uso de táticas culturais (destruição de restos de cultura com eficácia na destruição de carimãs, estabelecimento de espaçamentos que desfavoreçam a praga), comportamentais (armadilhas, plantas iscas), biológicas e da biotecnologia, associada ao melhoramento genético de plantas.

Certamente, o manejo da resistência deve ser enfatizado e praticado nas regiões com elevados riscos de falha de controle, especialmente na mesorregião oeste, de modo a se evitar a evolução dessa condição.

Medidas de manejo da resistência, se adotadas, certamente reduzirão os impactos econômicos e ambientais por meio da redução do número de aplicações de inseticidas. Para tanto, são indispensáveis novos estudos, a fim de revelar técnicas mais precisas no controle do bicudo.

De forma geral, recomendações técnicas que envolvam conhecimentos sobre a bioecologia e controle químico do bicudo poderão aperfeiçoar o manejo desta praga e

refletir na redução da pressão de seleção de indivíduos resistentes, dos custos de produção, dos impactos ambientais e dos riscos de intoxicação dos trabalhadores.