



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL GOIANO – CAMPUS URUTAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ALGODÃO MOCÓ (*Gossypium
hirsutum* raça *marie galante*) A *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE)**

PATRÍCIA VAZ DA COSTA DA SILVA
Engenheira Agrônoma

URUTAÍ – GOIÁS
2019

PATRÍCIA VAZ DA COSTA DA SILVA

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ALGODÃO MOCÓ (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante*) A *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

Orientador: Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus
Coorientador: Prof. Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes

Dissertação apresentada ao Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas para obtenção do título de MESTRE.

Urutaí – GO
2019

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SSI586
r Silva, Patrícia Vaz da Costa da
RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE ALGODÃO MOCÓ (*Gossypium*
hirsutum raça marie galante) A *Spodoptera frugiperda*
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) / Patrícia Vaz da Costa da
Silva; orientador FLávio Gonçalves de Jesus; co-
orientador Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes. --
Urutaí, 2019.
67 p.

Dissertação (em Mestrado Profissional em Proteção
de Plantas) -- Instituto Federal Goiano, Campus
Urutaí, 2019.

1. Antixenose. 2. Antibiose. 3. Mecanismo de
resistência. 4. Lagarta militar. I. Jesus, FLávio
Gonçalves de, orient. II. Menezes, Ivandilson Pessoa
Pinto de, co-orient. III. Título.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO
DE PLANTAS

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

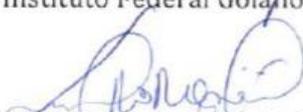
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Resistência de genótipos de algodão mocó (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante*) a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae).

AUTORA: Patrícia Vaz da Costa

Dissertação defendida e aprovada como parte das exigências para obtenção do título de Mestra em Proteção de Plantas.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Flávio Gonçalves de Jesus (orientador)
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí


Prof. Dr. Luciano Nogueira
Universidade Estadual de Goiás – Campus Ipameri


Prof. Dr. Paulo César Ribeiro da Cunha
Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí

Urutaí, 06 de maio de 2019

 ppgpp.urt@ifgoiano.edu.br

 (64) 3465-1912

RODOVIA GERALDO S. NASCIMENTO,
KM 2,5
CEP 75790-000, URUTAÍ – GO
www.ifgoiano.edu.br/urutai


INSTITUTO
FEDERAL
Goiano

DEDICATÓRIA

Dedico ao meu esposo, Maycon Douglas da Silva da Costa que sempre me apoiou e me ajudou para conclusão desse sonho. A minha mãe Maria do Carmo que sempre me incentivou a estudar dando apoio incondicional. Aos meus irmãos Maurício e Renato. E aos amigos conquistados pela caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de me tornar mestre.

A toda minha família pela ajuda e incentivos pelo caminho, não foi fácil, mas com os seus conselhos, paciência e motivação estou conseguindo concluir mais uma etapa na minha vida.

Ao meu esposo, Maycon, que a todo instante me incentivou e ajudou para a conclusão deste trabalho.

Ao professor Dr. Flávio Gonçalves de Jesus, pela orientação, ensinamento e paciência me auxiliando nesta caminhada e me dando a oportunidade da realização deste trabalho.

Ao professor Dr. Ivandilson Pessoa Pinto de Menezes que contribuiu na execução do experimento, pelos conselhos e ensinamentos no decorrer do mestrado.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas do Instituto Federal Goiano –Campus Urutaí, pelos ensinamentos contribuindo na minha formação.

Aos amigos que ajudaram na execução do experimento, em especial Franciele Cristina, Débora Miranda e Letícia Maria.

A Fundação de Amparo a Pesquisa de Goiás - FAPEG, pela bolsa de estudo concedida contribuindo com a execução do experimento.

Ao Prof. Dr. Luciano Nogueira pelos conselhos e ajuda.

E a todos que me ajudaram ao longo do mestrado, colegas, professores e funcionários.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REFERÊNCIAS	5
3. CAPITULO 1- ANTIXENOSE EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO (<i>Gossypium hirsutum</i> raça <i>marie galante</i>) A <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE).....	9
RESUMO	9
ABSTRACT	10
3.1. INTRODUÇÃO.....	11
3.2. OBJETIVOS.....	13
3.3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.4. RESULTADOS.....	17
3.5. DISCUSSÃO.....	23
3.6. CONCLUSÕES.....	28
3.7. REFERÊNCIAS	29
4. CAPITULO 2- ANTIBIOSE EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO MOCÓ (<i>Gossypium hirsutum</i> raça <i>marie galante</i> L. HUTCH) A <i>Spodoptera frugiperda</i> (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)	33
RESUMO	33
ABSTRACT	34
4.1. INTRODUÇÃO.....	35
4.2. OBJETIVOS.....	37
4.3. MATERIAL E MÉTODOS	38
4.4. RESULTADOS.....	43
4.5. DISCUSSÃO.....	51
4.6. CONCLUSÃO.....	56
4.7. REFERÊNCIAS	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

RESUMO GERAL

O algodão possui uma grande quantidade de artrópodes-pragas, prejudicando o desenvolvimento, rendimento e produção da cultura. Entre as pragas do algodão destaca-se a *Spodoptera frugiperda*, que causa danos na fase vegetativa e reprodutiva, alimentando-se de folhas e maçãs do algodoeiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de genótipos de algodão à *S. frugiperda*. Utilizou-se 27 genótipos de algodão provenientes do banco de germoplasma da EMBRAPA Algodão. Na antixenose, avaliou-se a atratividade e não preferência para alimentação em teste com e sem chance de escolha, com lagartas de 3º instar e as características morfológicas presença de tricomas e glândulas de gossipol em cada genótipo. Na antibiose, avaliou-se os parâmetros biológicos de *S. frugiperda* em cada genótipo. As variáveis avaliadas foram período, viabilidade do estágio larval e peso de lagartas aos dez dias de idade, período e viabilidade pré-pupal, período, viabilidade e peso pupal com 24 horas de idade, ciclo e viabilidade total, longevidade de adultos e proporção de mariposas adultas macho e fêmea. Nos parâmetros nutricionais, analisou os índices nutricionais: taxa de consumo relativo, taxa de crescimento e eficiência de conversão de alimentos ingeridos. Foi realizada a análise genética onde os genótipos de algodão foram genotipados usando quatro marcadores de microssatélites ligados a genes de resistência. Os genótipos PI0440, CE0467, PI0416, BA0512 e MA0425 apresentaram resistência do tipo antixenose a *Spodoptera frugiperda*. O genótipo PI0416 apresentou maior quantidade de tricomas, e os genótipo PI0433, a cultivar BRS CEDRO e os genótipos MA0409, BA0477 e CE0507 apresentaram maiores quantidades de glândulas de gossipol. Os genótipos PI0433, BA05101, MA0418, BA0502, MA0407 e nas cultivares IAC 25, BRS Buriti e BRS Cedro apresentaram antibiose devido a alta mortalidade as larvas de *S. frugiperda*. Os marcadores moleculares foram eficientes na indicação de genes de resistência nos genótipos de algodoeiro e poderá ser utilizado na seleção de plantas resistentes a *S. frugiperda*. Estes resultados podem contribuir em programa de melhoramento do algodoeiro que vise a resistência de planta a insetos.

Palavras-chave: Antixenose. Antibiose. Mecanismo de resistência. Lagarta militar.

GENERAL ABSTRACT

Cotton has a large amount of pest affecting the development, yield and production of their crop. Among the pests, *Spodoptera frugiperda*, which causes damage in the vegetative and reproductive phase. The objective of this work was to evaluate the resistance of cotton genotypes to *S. frugiperda*. Twenty-seven cotton genotypes from EMBRAPA Cotton germplasm bank were used. In antixenosis, we evaluated the attractiveness and non-preference for feeding in non-choice and free choice tests, evaluating the presence of trichomes and gossypol glands in each genotype. In antibiosis, the biological parameters of *S. frugiperda* in each genotype evaluated were: larval period and viability and weight of caterpillars at ten days, pre-pupal and pupal period and viability, pupal weight at 24 hours, life cycle and total viability, adult longevity and sex ration. In the nutritional parameters indexes were evaluated: relative consumption rate, growth rate and conversion efficiency of ingested foods. Genetic analysis was performed where cotton genotypes were genotyped using four microsatellite markers linked to resistance genes. The genotypes PI0440, CE0467, PI0416, BA0512 and MA0425 showed antixenosis to *Spodoptera frugiperda*. The genotype PI0416 presented the largest amount of trichomes, and the genotype PI0433, the cultivar BRS CEDRO and the genotypes MA0409, BA0477 and CE0507 presented the largest amounts of gossypol glands. The genotypes PI0433, BA05101, MA0418, BA0502, MA0407 and the cultivars IAC 25, BRS Buriti and BRS Cedro presented antibiosis due to the high mortality of *S. frugiperda*. Molecular markers were efficient in indicating resistance genes in cotton genotypes and can be used in the selection of plants resistant to *S. frugiperda*. These results may contribute to a cotton breeding program aimed at plant resistance to insects.

Key words: Insect-plant interaction. Antioxenosis. Mechanism of resistance. Military caterpillar.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) possui grande importância para o Brasil por ser a fonte natural de fibras. O Brasil está entre os cinco maiores produtores mundiais desta fibra, ao lado de China, Índia, Estados Unidos e Paquistão (ABRAPA, 2019). Das 52 espécies do gênero *Gossypium*, o Brasil é o centro de origem da espécie *Gossypium mustelinum* e centro de dispersão e diversidade de *Gossypium barbadense* e *Gossypium hirsutum* L. No país esta espécie ocorre em duas formas, uma tipo comercial, conhecida como algodoeiro herbáceo e outra tipo local, chamada de algodoeiro mocó, sendo classificado como *G. hirsutum* r. *marie galante* Hutch, proveniente do Seridó do estado do Ceará (FREIRE, 2000).

Pertencente à família Malvaceae e ao gênero *Gossypium*, o algodoeiro possui mais de 50 espécies descritas, disposto em 9 grupos genômicos, sendo oito diploides ($2n = 2x = 26$) e um alotetraplóide ($2n = 4n = 52$) (BRUBAKER et al., 1999; GROVER et al., 2015). No Brasil há grande fonte de variabilidade do algodoeiro aloletraplóide (BORÉM et al., 2003), onde as cultivares usadas são oriundas e melhoradas de uma base genética estreita (IQBAL et al., 2001), o que poderá ocasionar a redução na variabilidade genética progressivamente (ALVES et al., 2009).

É possível observar os avanços da tecnologia na cotonicultura nos últimos anos, porém devido a sua expansão e intensidade no cultivo os problemas fitossanitários na cultura aumentaram significativamente (LIMA, 2017). Um dos principais motivos da limitação na exploração do algodão no Brasil é a incidência de pragas (BASTOS et al., 2010), entre elas a lagarta *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) tem se destacado, apresentando grande importância nas regiões produtoras no país (DEGRANDE, 1998; FERNANDES et al., 2002; SANTOS et al., 2003; MOTA, 2010), causando danos na fase vegetativa e reprodutiva (DEGRANDE e OMOTO, 2013), alimentando-se de folhas, flor, botão floral e maçãs (CZEPACK et al., 2013).

Este inseto-praga tem atacado a cultura do algodão e causado grandes prejuízos, além de causar danos a outras culturas, como: milho, girassol, soja, entre outras. Isso porque é uma praga polífaga, com alta mobilidade e fecundidade, além de sobreviver em diferentes ambientes, tornando uma praga com grande importância na agricultura (COELHO et al., 2014).

As mariposas de *S. frugiperda* apresentam 35 a 45 mm de envergadura de coloração

cinza-escuro, asas anteriores mosqueadas e posteriores esbranquiçadas, com bordas acinzentadas. Possuem dimorfismo sexual quando adultos, onde os machos exibem asas anteriores com duas manchas mais claras, sendo estas manchas ausentes nas fêmeas. Sua longevidade é em média de 12 dias, onde o período de oviposição inicia-se a partir do terceiro ou quarto dia após a emergência, variando a quantidade de postura, chegando até 13 por fêmea (CRUZ, 1995).

A quantidade de ovos em cada postura é irregular, podendo conter de 30 a 300 em cada massa de ovos (KING e SAUNDERS, 1984), sendo revestidos por pelos e escamas oriundos do abdome da fêmea, onde são unidos através de uma substância gerada pelas glândulas coletóricas (LUCCHINI, 1977; PATEL, 1981). No início, os ovos apresentam coloração verde-clara e perto da eclosão tornam-se escuros, onde, na temperatura de 25°C o tempo de incubação é de três dias. Em média, a fase larval de *S. frugiperda* é de 23 dias (CRUZ, 1995).

O número de instares do inseto pode variar de acordo com o hospedeiro em que a lagarta se alimenta devido a substâncias antibióticas ou impropriedades nutricionais próprias de algumas plantas ou por consequência de fatores ambientais (LARA, 1991). Na cultura do algodão, as lagartas de *S. frugiperda* tem de seis a sete instares (VELOSO et al., 1983; MIRANDA e FERREIRA, 2005).

A partir do momento em que as lagartas já completaram seu desenvolvimento, deslocam-se para o solo onde permanecem um período sem alimentação, sendo denominado período pré-pupal, transformando em pupa um ou dois dias depois (GALLO et al., 2002; AVILA et al., 1997), apresentando coloração inicial verde-clara com tegumento transparente. Com o passar de alguns instantes a cor muda aos poucos, indo para cor marrom-avermelhada, escurecendo até apresentarem a coloração quase preta antes de emergirem os adultos, sendo o tamanho da pupa de 13 mm (CRUZ 1995).

O período de pupa tem a duração de 8 a 25 dias, dependendo da temperatura (MIRANDA, 2006). Campos et al., (2012), observaram que o ciclo total das lagartas de *S. frugiperda* foram de 26,6 a 32,5 dias quando alimentadas com diferentes cultivares de algodão comercial.

Devido ao ataque severo de *S. frugiperda* na cultura do algodão o controle tem sido realizado através de inseticidas químicos (VALICENTE e FONSECA, 2004), porém essa praga tem apresentado resistência aos inseticidas (YU, 2006). Assim, a busca por métodos

alternativos de controle de insetos-praga tem sido estudada por vários pesquisadores devido à necessidade de uma agricultura sustentável.

A resistência de plantas a insetos é um componente de grande importância por controlar insetos de maneira eficaz, principalmente no Manejo Integrado de Pragas, contribuindo na redução ou substituição de inseticidas (LARA, 1991, SMITH, 2005; COSTA *et al.*, 2014). Há três categorias de resistência a insetos: antixenose, antibiose e tolerância (PAINTER, 1951; LARA, 1991).

A antixenose ocorre quando uma planta ou variedade é menos escolhida pelos insetos para alimentação, oviposição ou abrigo (LARA, 1991; SMITH, 2005, SEIFI *et al.*, 2013). Assim, fica explícito que a planta não se comporta como passiva na interação planta e inseto, mas como indivíduo ativo, desenvolvendo no processo evolutivo mecanismos de defesa contra o inseto (VENDRAMIM e GUZZO, 2009). Os principais efeitos adversos no inseto devido a alimentação nas plantas caracterizam-se como antibiose, causando a mortalidade, prolongamento e redução no tamanho e no peso nas fases imaturas e adultas, além de diminuir a fecundidade dos adultos.

A tolerância condiz à resposta da planta e não do inseto, plantas tolerantes não proporcionam a mesma pressão seletiva que os mecanismos de resistência de antibiose e antixenose, onde pode acarretar no surgimento de biótipos novos de insetos (STINCHCOMBE, 2002; SMITH, 2005). A tolerância é obtida devido a mecanismos compensatórios presentes na planta, como: o aumento da taxa de crescimento e da taxa fotossintética devido as injúrias provocadas pelos insetos, elevação na produção de hormônios, compostos Aleloquímicos e enzimas oxidativas (STRAUSS e AGRAWAL 1999; HENG- MOSS *et al.*, 2004; FRANZEN *et al.*, 2007).

Vários estudos envolvendo a resistência de plantas à insetos estão sendo realizados. Campos *et al.* (2012), ao avaliar a atratividade em cultivares de algodão, observou que BRS Acala-90, Fibermax-966 e DeltaPenta apresentaram ser as menos atrativas, enquanto DeltaPenta foi a menos escolhida para alimentação no teste com chance de escolha na alimentação para as lagartas de *S. frugiperda*.

Jesus *et al.*, (2014), ao analisar a resistência de cultivares comerciais de algodão concluiu que a cultivar NuOpal apresentou resistência do tipo não preferência para alimentação em teste com chance de escolha e antibiose, apresentando menor peso larval e pupal e menor longevidade de adulto sem alimentação e que as cultivares DeltaOpal e FMX

910 foram as mais suscetíveis à *S. frugiperda*. Corrêa et al. (2015) analisaram a resistência de cultivares de algodão a lagarta da maçã, *Heliothis virescens*, onde FM 701, BRS Buriti, FMX 910, Barbadence PA 0447, MXH Bahia, IAC 25 e Cedro, FX 975, foram mais atrativas à praga, enquanto que BR III Mistelinum, BARGO 0447, RRI Mustelinum, SA, FMX 966, Jacaré e M 315 menos atrativas para alimentação.

2. REFERÊNCIAS

- ABRAPA. **Associação Brasileira dos Produtores de Algodão**. Disponível em: <<https://www.abrapa.com.br/Paginas/dados/algodao-no-brasil.aspx>> acesso em 10 de maio de 2019.
- AVILA, C. J.; DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, S. A. **Insetos-pragas: reconhecimento, comportamento, danos e controle**. In: EMBRAPA. Milho: informações técnicas. Dourados: Embrapa-CPAO. 177 p., 1997.
- BASTOS, E.M.; TORRES, J.B.; BUENO, A.F. Oviposição, desenvolvimento e reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, v.39, n.6, p.996-1001, 2010.
- BORÉM, A.; FREIRE, E.C.; PENNA, J.C.V.; BARROSO, P.A.V.. Considerations about cotton gene escape in Brazil: a review. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 3, n. 4, p. 315-332, 2003.
- BRUBAKER C. L.; BOURLAND, F.M.; WENDEL, J.E. **The origin and domestication of cotton**. In: SMITH, C. W.; COTHREN, J. T (Eds). Cotton: Origin, History, Technology and Production. New York: John Wiley e Sons, p. 3-32. 1999.
- CAMPOS, Z.R.; BOIÇA-JÚNIOR, A.L.; VALÉRIO FILHO, W.V.; CAMPOS, O.R.; CAMPOS, A.R.. The feeding preferences of *Spodoptera frugiperda* (J. E. SMITH) (Lepidoptera: Noctuidae) on cotton plant varieties. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 2, p. 125-130, 2012.
- COELHO, M, NASCIMENTO, A.M., ALVARENGA, R, MORAES, J.C.. **Preferência alimentar de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de soja Bt e soja convencional tratadas com silício**. In: XXVII Congresso de Pós-Graduação da Universidade Federal de Lavras. 2014.
- CORRÊA, Fernanda ; PEREIRA, Alexandre Igor de Azevedo ; MOURA, Tony de Lima ; JESUS, Flávio Gonçalves ; ALMEIDA, André Cirilo de Souza ; SILVA, Cinthia Luzia Teixeira ; SILVA, Franciele Cristina. RESISTÊNCIA DE CULTIVARES DE ALGODÃO A LAGARTA DA MAÇÃ *Heliothis virescens* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE). In IV Congresso Estadual de Iniciação Científica do IF Goiano. 2015.
- COSTA, E.N.; RIBEIRO, Z.A.; SOUZA, B.H.S. BOIÇA JÚNIOR, A.L. Oviposition preference assessment of *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) for different soybean genotypes. **International Journal of Pest Management**, v.60, p. 52-58, 2014.
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 45 p. (Circular Técnica, 21). 1995.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)

no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n.1, p.110-113, 2013.

DEGRANDE, P. E.; OMOTO, C. Pragas: Estancar prejuízos. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 16, n. 167, p. 30-34, 2013.

DEGRANDE, P.E. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In: EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Oeste (Dourados, MS). *Algodão: informações técnicas*. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p.154-191. 1998.

FERNANDES, M.G.; BUSOLI, A.C.; BARBOSA, J.C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.3, p.203-211, 2002.

FRANZEN, L.D.; GUTSCHE, A.R.; HENG-MOSS, T.M.; HIGLEY, L.G.; SARATH, G.; BURD, J.D. Physiological and biochemical responses of resistant and susceptible wheat to injury by Russian wheat aphid. **Journal of Economic Entomology**, v.100, p. 1692–1703, 2007.

FREIRE, E.C. **Distribuição, coleta, uso e preservação das espécies silvestres de algodão no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 22. 2000.

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

GROVER, C. E.; Gallagher, J.P.; Jareczek, J.J.; Page, J.T.; Udall, J.A.; Gore, M.A.; Wendel, J.F.. Re-evaluating the phylogeny of allopolyploid *Gossypium* L. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 92, p. 45-52, 2015.

HENG-MOSS, T.M.; SARATH, G.; BAXENDALE, F.P.; NOVAK, D.; BOSE, S.; NI, X. Characterization of oxidative enzyme changes in buffalograsses challenged by *Blissus occiduus*. **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 100–109, 2004.

IQBAL, M. J.; REDDY, O.U.K.; EL-ZIK, K.M.; PEPPER, A.E. A genetic diversity bottleneck in the evolution under domestication of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. examined using DNA fingerprinting. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 103, n. 4, p. 547-554, 2001.

JESUS, F.G.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; ALVES, G.C.S.; BUSOLI, A.C.; ZANUNCIO, J.C.. Resistance of cotton varieties to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología** 40 (2): 156-161. 2014.

KING, A. B. S.; SAUNDERS, J. L. **The invertebrate pests of annual food crops in Central America**. London: Overseas Development Administration. 166 p. 1984.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. Sao Paulo: Icone. 336 p. 1991.

LIMA, T. H.. **Genética populacional de *Gossypium hirsutum* raça *marie galante* no Brasil segundo condições de estresse hídrico e fertilidade do solo.** Dissertação Mestrado em Proteção de Plantas para obtenção do título de Mestre. Instituto Federal Goiano Campus Urutaí. 2017.

LUCCHINI, F. **Biologia de *Spodoptera frugiperda* (Smith e Abbot, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae). Níveis de prejuízos e avaliação toxicológica de inseticidas para o seu combate em milho.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 114p.1977.

MIRANDA, J. E. **Distribuição vertical de lagartas de *Spodoptera frugiperda* no algodoeiro.** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 4 p. (Comunicado Técnico, 277). 2006.

MIRANDA, J. E.; FERREIRA, A. C. B. Contra-ataque. **Caderno técnico Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, p. 7-10, 2005.

MOREIRA, M. D.; MIRANDA, J. E.; SILVA, C. A. D.; SOUZA JÚNIOR, J. D. A.; AZEVEDO, A. I. B. **Aspectos biológicos e exigências térmicas da lagarta militar (*Spodoptera* sp.) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodão.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia. Anais... Goiânia: 2003. (CD ROM).

MOTA, T.A.. Impacto de algodão geneticamente modificado resistentes a insetos (Bollgard®) sobre *Aphis gossypii* Glover, 1827 e *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861). Dissertação Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD. Dourados, Mato Grosso do Sul- MTS. pg. 16. 2010.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants.** MacMillan, New York, 520 p. 1951.

PATEL, P. N. **Estudos de fatores bióticos de controle natural de populações de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae).** 1981. 98 f. Dissertação Mestrado em Ecologia – Universidade de Campinas, Campinas, 1981.

SANTOS, W.J.; SANTOS, K.B.; SANTOS, R.B. **Ocorrência, descrição e hábitos de *Spodoptera* spp. em algodoeiro no Brasil.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia, GO. Anais... Goiânia: EMBRAPA-CPAO. 2003. p.5.

SEIFI, A.; VISSER, R.G.F.; YULING, B.A.I. How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica**, v. 190, p. 321-334, 2013.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches.** Berlin: Springer. 423p., 2005.

STINCHCOMBE, J.R. . Environmental dependency in the expression of costs of tolerance to deer herbivory. **Trends in Ecology and Evolution**, 56: 1063–1067, 2002.

STRAUSS, S.Y.; AGRAWAL, A.A. The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. **Trends in Ecology and Evolution**, v.14, p. 179–185, 1999.

VALICENTE, F. H.; FONSECA, M. M. Susceptibilidade da lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda*, a diferentes isolados de *Bacillus thuringiensis*. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 1, p. 21-29, 2004.

VELOSO, V. R. S.; PARRA, J. R. P.; NAKANO, O. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro e milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 12/13, n. 1, p. 127-140, 1983.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Londrina: Embrapa Soja, p. 1055-1105. 2009.

YU, S.J. Insensitivity of acetylcholinesterase in a field strain of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, p. 135-142, 2006.

3. CAPITULO 1- ANTIXENOSE EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante*) A *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

RESUMO

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das mais importantes no Brasil, porém um dos fatores que limitam sua exploração é a incidência de pragas, caso não sejam manejadas e controladas. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar a Antixenose em 27 genótipos de algodão. Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Entomologia Agrícola do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. O Teste da atratividade foi realizado oferecendo-se discos foliares dos 27 genótipos para lagartas de 3º ínstar de *S. frugiperda* em teste com e sem chance de escolha. Foi realizada a contagem das lagartas aos 3, 5, 10, 15, 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas após a liberação. Para a análise morfológica foi coletado duas folhas por plantas na parte mediana, sendo 2 plantas por genótipo. Analisou em dois pontos de cada folha o número de tricomas e de glândulas de gossipol em 1cm², sendo um ponto na face abaxial e outro na adaxial. No teste da atratividade sem chance de escolha o genótipo PI0429 foi o mais atrativo e no teste com chance de escolha a cultivar BRS Buriti e o genótipo PI0429 apresentaram maior atratividade as lagartas de *S. frugiperda*. Ao analisar a correlação da atratividade entre a densidade de tricoma e glândulas de gossipol, estes parâmetros não influenciaram a atratividade. Os genótipos PI0440, CE0467, PI0416, BA0512 e MA0425 apresentaram resistência do tipo antixenose a *S. frugiperda*.

Palavras-chave: Atratividade, Tricomas, Gossipol, Resistência de planta a insetos.

**ANTIXENOSIS IN COTTON GENOTYPES (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante*)
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

ABSTRACT

The cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.) is one of the most important in Brazil, but one of the factors that limiting the yield is the pests incidence. The objective of this study was to evaluate the antixenosis in 27 cotton genotypes. The experiments were developed at the Laboratório de Entomologia Agrícola do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí. The attractiveness was performed by offering leaf discs of the 27 genotypes to *S. frugiperda* in non choice and free choice test. Caterpillars were counted at 3, 5, 10, 15, 30 minutes and 1, 2, 6, 12 and 24 hours after release. For the morphological characteristics was collected two leaves per plants in 2 plants per genotype. In two points of each leaf, the number of trichomes and gossypol glands in 1cm² was analyzed, one point on the abaxial face and one on the adaxial. In attractiveness in non choice test the genotype PI0429 was the most attractive and in free choice test the cultivar BRS Buriti and the genotype PI0429 showed the highest attractiveness to *S. frugiperda*. When analyzing the correlation of attractiveness between trichome density and gossypol glands, these parameters did not influenced attractiveness. The genotypes PI0440, CE0467, PI0416, BA0512 and MA0425 showed antixenosis to *S. frugiperda*.

Key words: Attractiveness, Trichomes, Gossypol, Resistance of plant to insects.

3.1. INTRODUÇÃO

A raça *marie galante* origina-se nas Antilhas com distribuição no México até o semiárido do Nordeste do Brasil (STEPHNS, 1973), onde convive com outras espécies compatíveis para reprodução como *Gossypium barbadense* e *G. Mustelinum*, permitindo ao longo dos anos formação de híbridos de alto vigor (FREIRE et al. 2002). A cotonicultura mocoeira representou a maior área plantada no Nordeste na década de 70, sendo cultivado em aproximadamente 2,5 milhões de hectares, apresentando a era do ouro branco no sertão (STEPHNS 1973, LIU e WENDEL 2002; FREIRE, 2007).

Os principais produtores se encontravam nos estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Maranhão e Pernambuco, proporcionando uma das principais rendas da região, gerando 1,082 milhões de empregos no campo e matéria-prima para 259 algodozeiras (FREIRE et al., 1999). Porém, na década de 80 a área de cultivo do algodão mocó foi reduzida devido a problemas econômicos, políticos e climáticos além da dispersão do bicudo do algodozeiro (*Anthrenus grandis*)(Coleoptera: Curculionidae) (BELTRÃO, 2008; MENEZES et al., 2010).

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das mais importantes no Brasil, porém um dos fatores que limitam sua exploração é a incidência de pragas, caso não sejam manejadas e controladas (ALMEIDA et al., 2019). Entre as pragas do algodão destaca-se a lagarta *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), que causa danos na fase vegetativa e reprodutivas, alimentando-se de folhas, flor, botão floral e maçãs (CZEPACK et al., 2013). Sendo assim, uma das possibilidades de controle desta praga, encontra-se o uso de cultivares resistentes como estratégia em programas de manejo integrado de pragas – MIP. Em algodozeiro, há uma série de aldeídos terpenos, como gossipol, heliocidas e hemigossipolone, que conferem resistência às lagartas de várias espécies de lepidópteros (BASTOS et al., 2008).

A resistência de plantas a insetos é dividida em três tipos: não-preferência (antixenose), antibiose e tolerância, o que pode causar alterações no comportamento e/ou na biologia do inseto, e até, uma reação da planta devido os danos causados pelos insetos (LARA, 1991; SMITH, 2005; SEIFI et al., 2013). Buscando a preservação do meio ambiente por causa da necessidade de desenvolver uma agricultura sustentável, novos métodos alternativos de controle de insetos têm sido estudados (JESUS, 2009).

Devido ao cultivo de culturas anuais como soja milho, feijão e algodão as pragas obtêm a oferta contínua de alimento, como destaque as espécies do gênero *Spodoptera* (SANTOS, 2001), praga que tem causado danos significativos na produção agrícola. Pensando em seu manejo, uma possibilidade do estudo de fontes de resistência à pragas em algodoeiro é recorrer a genótipos selvagens nativos ou variedades locais, porém poucos são os trabalhos estudando a seleção de genótipos de algodoeiro como fonte de resistência a pragas no Brasil (MENEZES et al., 2014).

Os trabalhos envolvendo o estudo da resistência de planta em algodoeiro estão relacionados a cultivares comerciais (CAMPOS et al., 2012; JESUS et al., 2014). Campos et al. (2012), observaram menor atratividade de lagartas de *S. frugiperda* nas cultivares BRS Acala-90, Fibermax-966 e DeltaPenta e menor alimentação nas cultivares BRS Cedro, BRS Itamarati 90, DeltaPenta, Coodetec 408 e BRS Aroeira. Jesus et al. (2014), observaram antibiose a *S. frugiperda* no cultivar NuOpal® e os insetos provenientes desta cultivar tiveram sua biologia afetada negativamente no desenvolvimento das larvas e pupas.

Assim, diante da escassez de trabalhos avaliando a resistência de genótipos selvagens ou variedades locais de algodão a insetos-praga e da importância destes materiais para o desenvolvimento de novos cultivares comerciais, objetivou-se avaliar a antixenose por meio da atratividade e não-preferência para alimentação de lagartas de *S. frugiperda* em 27 genótipos de algodão.

3.2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Avaliar a antixenose em genótipos de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a atratividade e não preferência a alimentação da lagarta *S. frugiperda*;
- Realizar a análise morfológica das folhas nos genótipos de algodão;
- Selecionar genótipos de algodoeiro resistente e que possam ser usados efetivamente em programa de melhoramento que vise a resistência de plantas a insetos.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Entomologia Agrícola do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Goiás, Brasil. Em condições controladas de temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$), fotoperíodo (12 h) e umidade ($70\% \pm 10$).

Metodologia de criação de *Spodoptera frugiperda*

Iniciou-se uma criação de lagartas provenientes do Laboratório de Entomologia da EMBRAPA Arroz e Feijão. As pupas foram sexadas e colocadas em gaiolas de PVC de 20 cm de altura x 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel toalha, onde ocorreu à emergência e acasalamento dos adultos. Na alimentação dos adultos utilizou-se solução de mel de abelha a 10%, colocada em recipientes plástico (tampa de garrafa PET), embebido em chumaço de algodão e trocada a cada dois dias. As lagartas recém-eclodidas foram acondicionadas, em potes plásticos de 150 mL, contendo em seu interior dieta artificial (KASTEN et al, 1978). Ao atingirem o 3º ínstar, as lagartas foram individualizadas em recipientes plásticos (50 mL) até a fase de pupa.

Obtenção de plantas para condução dos experimentos

Utilizou-se vinte e sete (27) genótipos de algodoeiro, da espécie *Gossypium hirsutum*, provenientes do Banco de Germoplasma da EMBRAPA – Algodão (Tabela1). As plantas foram cultivadas na área experimental, em condições de campo no Instituto Federal Goiano-Campus Urutaí ($17^{\circ}29'10''$ S de latitude e $48^{\circ}12'38''$ O de longitude a 823 m de altitude) para obtenção de folhas.

As sementes foram escarificadas e semeadas em sacos plásticos de 1 L de volume com substrato (3:1:1 – terra, areia e esterco bovino), contendo três sementes e desbastadas aos 30 dias após o plantio - DAE. Com 45 DAE foram transplantadas no campo, em área irrigada via pivô central.

Depois de transplantadas no campo, deu-se início ao experimento. Em junho de 2018 realizou a poda de condução para induzir a brotação para dar continuidade aos experimentos, sendo a análise morfológica das folhas, devido a seca, que acarretou em genótipos com poucas folhas.

Tabela 1. Relação e origem dos genótipos de algodoeiro para seleção de resistência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Genótipos	Estados de Origem	Espécie
BRS BURITI ¹	Goiás	<i>G. hirsutum latifolium</i>
BRS CEDRO ¹	Piauí	<i>G. hirsutum latifolium</i>
IAC 25 ¹	São Paulo	<i>G. hirsutum latifolium</i>
AC0602 ²	Acre	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0477 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0502 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA05101 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0512 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0461 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0467 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0474 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0507 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0407 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0409 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0418 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0423 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0425 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0430 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0438 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0416 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0429 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0432 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0433 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0438 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0440 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0467 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
RN0512 ²	Rio Grande do Norte	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>

¹Cultivares Comerciais. ² Algodão mocó.

Não preferência para alimentação e atratividade.

O teste de atratividade com chance de escolha foi realizado com lagartas de 3º ínstar, oferecendo-se discos foliares dos genótipos a *Spodoptera frugiperda*. As folhas foram coletadas na parte apical da planta, cortada em discos de 2,5 cm de diâmetro e distribuídas de forma circular em arenas (70 cm de diâmetro e 6 cm de altura) sobre papel filtro umedecido.

O teste de atratividade sem chance de escolha foi realizado oferecendo-se os mesmos genótipos individualmente, sendo as folhas coletadas e processadas da mesma forma que o

teste anterior, colocando-se um disco por recipiente plástico de 100 mL (arena) sobre papel filtro umedecido.

Em ambos os testes a atratividade foi avaliada por meio da contagem do número de lagartas que estavam se alimentando em cada genótipo aos 3, 5, 10, 15, 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas após a liberação. Para o teste da atratividade com chance de escolha, adotaram-se dez repetições em delineamento de blocos casualizados com duas lagartas por arena e para o teste sem chance de escolha, o delineamento inteiramente casualizados com 20 repetições e lagarta por recipiente.

Análise Morfológica das folhas

Foi coletado 2 folhas por plantas na parte mediana de cada genótipo. As folhas foram coletadas em plantas com 30 dias de idade, depois da poda para indução da brotação. Analisou em dois pontos de cada folha, com auxílio de um microscópio estereoscópio (Bel Photonics - Modelo SZ B LED 89/336 – Piracicaba, São Paulo, Brasil), o número médio de tricomas e de glândulas de gossipol por cm^2 , sendo um ponto na face abaxial e outro adaxial, padronizando os pontos próximo a nervura central.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) (R Core Team, 2017), depois submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade e pelo teste binomial para proporção, utilizando o Modelo Linear Generalizado de Poisson (GLM) (R Core Team, 2017 – Pacote Scott Knott). Foi empregado o teste t para avaliar a correlação entre atratividade média nos testes com e sem chance de escolha, número de tricomas e quantidade de glândulas de gossipol nos genótipos de algodão.

3.4. RESULTADOS

Na atratividade, no teste sem chance de escolha, ao avaliar todos os tempos (3, 5, 10, 15, 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas) foram observados diferença estatística entre os genótipos e cultivares comerciais (Figura 1). Onde os genótipos PI0429, MA0407, CE0507 e BA0512 foram os mais atrativos seguidos de PI0432, BA0477, C30474, PI0433, MA0425, BRS BURITI, PI0416, BA05101, AC0602, PI0467, BRS CEDRO, MA0438, MA0418, CE0461, IAC 25, BA0502, MA0409, MA0430, RN0512, MA0423, PI0438 enquanto que PI0440 e CE0467 foram os menos atrativos às lagartas de 3° ínstar de *S. Frugiperda*.

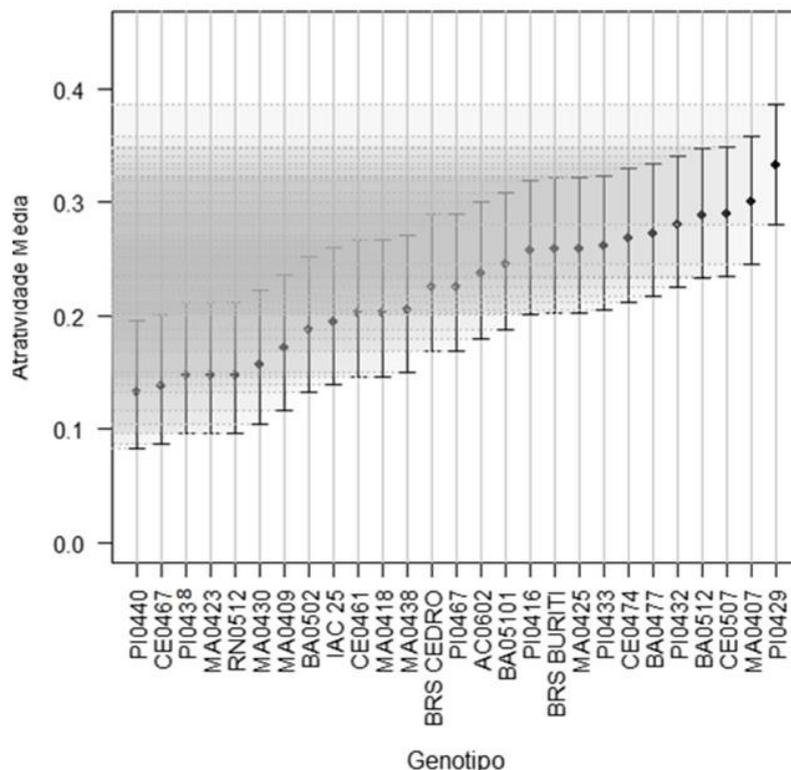


Figura 1: Atratividade média de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em vinte e sete genótipos de algodão em teste sem chance de escolha nos tempos avaliados. Urutaí, Goiás, 2018. P valor < 0.001.

No teste de atratividade com chance de escolha, ao avaliar todos os tempos (3, 5, 10, 15, 30 minutos e 1, 2, 6, 12 e 24 horas) observou-se diferença estatística entre os genótipos e as cultivares comerciais (Figura 2). A cultivar BRS BURITI e o genótipo PI0429 foram os mais atrativos, seguidos por MA0407, CE0507, PI0433, MA0430, IAC 25, PI0440, MA0409,

MA0423, CE0461, PI0432, MA0438, CE0474, PI0438, BRS CEDRO, RN0512, MA0418, PI0467, BA05101, BA0502, AC0602 e BA0477. Já os genótipos PI0416, BA0512, MA0425 e CE0467 foram menos atrativos as lagartas de *S. frugiperda* (Figura 2).

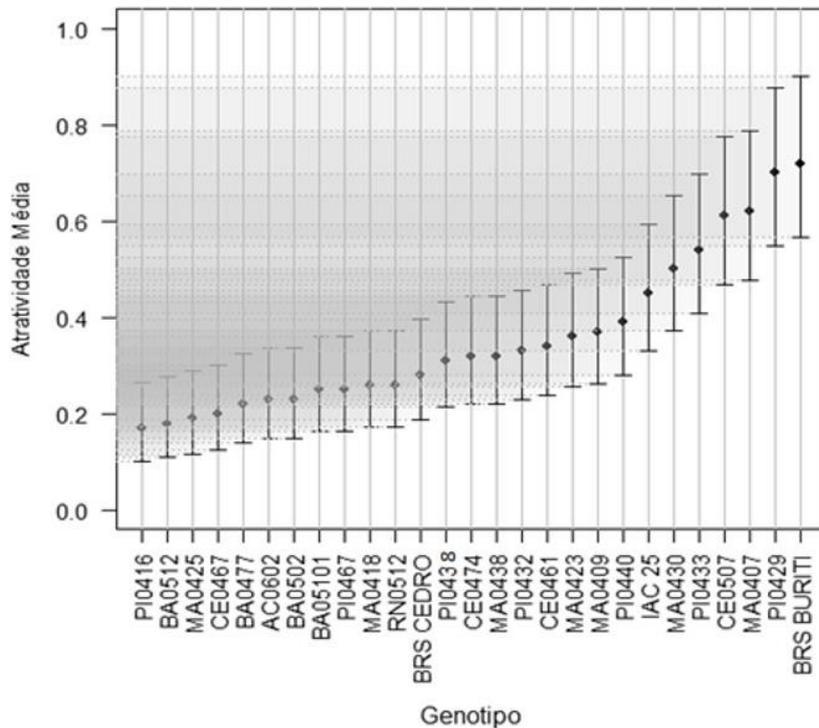


Figura 2: Atratividade média de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) em vinte e sete genótipos de algodão em teste com chance de escolha nos tempos avaliados Urutaí, Goiás, 2018. *P* valor < 0.001.

O genótipo PI0416 foi o que apresentou maior pilosidade tanto na face adaxial quanto abaxial das folhas (Tabela 2). Na face adaxial os genótipos que apresentaram menor pilosidade foram PI0440, AC0602, RN0512, PI0429, CE0467, PI0432, PI0437, BA05101, IAC25, BA0512, MA0438, cultivar BRS BURITI, MA0418, MA0430, CE0461, MA0425, BRS CEDRO, BA0477, MA0407, CE0507, MA0409, CE0474, BA0502, PI0433 e PI0467. Na parte abaxial, além do genótipo PI0416, os genótipos MA0423 e PI0433 e CE0507 apresentaram maior pilosidade. O genótipo PI0440 não apresentou nenhum tricoma tanto na parte adaxial quanto na abaxial.

Tabela 2. Número médio (\pm EP) de tricomas e glândulas de gossipol em folhas de 27 genótipos de algodoeiro. Urutaí, Goiás, 2018.

Genótipos	Tricomas (cm ²)		Glândulas de Gossipol (cm ²)	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
IAC25	6.25 \pm 6.25c	16.25 \pm 9.56e	61.00 \pm 4.18b	69.25 \pm 6.26c
MA0430	24.75 \pm 1.80c	67.50 \pm 10.52d	65.25 \pm 8.73b	83.00 \pm 6.49b
PI0467	93.25 \pm 30.16b	139.75 \pm 32.47c	49.25 \pm 5.19c	70.75 \pm 6.81c
RN0512	1.25 \pm 1.25c	1.75 \pm 1.75e	37.25 \pm 9.85c	55.50 \pm 6.12c
MA0418	21.50 \pm 7.66c	60.00 \pm 7.31d	69.00 \pm 6.65b	89.75 \pm 9.33b
MA0425	33.25 \pm 4.33c	62.25 \pm 7.36d	73.25 \pm 7.39b	97.50 \pm 5.17b
MA0438	9.25 \pm 4.55c	28.25 \pm 8.13e	6.00 \pm 1.29d	17.50 \pm 2.60d
BRS BURITI	20.75 \pm 13.10c	30.00 \pm 9.91e	56.50 \pm 25.34b	103.00 \pm 13.53b
MA0409	50.25 \pm 13.85c	124.25 \pm 22.86c	93.00 \pm 21.30a	109.00 \pm 9.25 ^a
BRS CEDRO	33.25 \pm 8.58c	35.75 \pm 7.69e	103.00 \pm 16.79a	143.75 \pm 13.58 ^a
PI0429	3.75 \pm 2.50c	7.50 \pm 3.12e	41.00 \pm 6.54c	77.00 \pm 8.70b
BA0477	40.00 \pm 16.27c	176.00 \pm 24.77c	86.00 \pm 5.49a	115.75 \pm 11.99a
CE0474	60.75 \pm 6.25c	94.50 \pm 6.14d	69.00 \pm 6.10b	112.75 \pm 8.89 ^a
MA0407	43.00 \pm 9.60c	70.00 \pm 4.55d	103.50 \pm 4.59a	96.75 \pm 4.27b
PI0416	257.75 \pm 61.48a	293.75 \pm 26.74 ^a	46.25 \pm 6.79c	65.00 \pm 4.85c
CE0467	4.00 \pm 1.47c	15.25 \pm 6.49e	7.50 \pm 3.88d	22.00 \pm 3.81d
MA0423	140.00 \pm 20.28b	230.00 \pm 15.81b	70.50 \pm 18.52b	95.00 \pm 18.27b
PI0440	0.00 \pm 0.00c	0.00 \pm 0.00e	27.00 \pm 12.16c	53.00 \pm 8.45c
BA0502	63.25 \pm 13.35c	157.75 \pm 44.54c	65.00 \pm 6.47b	96.75 \pm 6.26b
CE0461	26.75 \pm 7.77c	116.50 \pm 9.68c	79.75 \pm 17.78b	111.25 \pm 9.45 ^a
BA0512	7.75 \pm 6.49 c	14.50 \pm 8.43e	65.25 \pm 9.97b	82.75 \pm 8.44b
BA05101	5.25 \pm 3.35c	28.25 \pm 5.68e	44.75 \pm 8.63c	45.75 \pm 5.51c
PI0433	116.75 \pm 47.47b	137.00 \pm 28.07c	111.75 \pm 16.33a	135.25 \pm 14.63 ^a
CE0507	45.50 \pm 5.25c	201.50 \pm 48.29b	99.00 \pm 21.33a	124.50 \pm 23.26 ^a
PI0432	4.25 \pm 1.65c	5.00 \pm 1.47e	8.00 \pm 6.36d	14.50 \pm 4.41d
PI0438	4.25 \pm 2.10c	26.00 \pm 5.12e	6.00 \pm 2.68 d	14.75 \pm 5.92d
AC0602	0.50 \pm 0.29c	2.75 \pm 1.18e	26.50 \pm 7.38 c	59.00 \pm 15.76c
F	98.968	18.664	70.809	12.745
P	6.942e-16 ***	< 2.2e-16 ***	4.72e-12 ***	< 2.2e-16 ***

Médias, seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. EP. Erro Padrão da Média. * Significativo a 5%, ** 1% e ***0,1%.

Os genótipos PI0433, BRS CEDRO, CE0507, MA0407, BA0477 e MA0409 apresentaram maior quantidade de glândulas de gossipol na parte adaxial das folhas (Tabela #). Já na parte abaxial, observa-se que a maior nas folhas da cultivar BRS CEDRO e dos genótipos PI0433, CE0507, BA0477, CE0474, CE0461 e MA0409.

Os coeficientes de correlações entre atratividade média nos testes com e sem chance de escolha, número de tricomas, e glândulas de gossipol estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Quando correlacionou-se as variáveis em ambos os testes, os resultados foram não significativos, mostrando que a atratividade de *S. frugiperda* nos genótipos de algodoeiro não foi influenciada por tricoma e glândula de gossipol.

Tabela 3. Coeficiente de correlação (*t*-Test) obtido entre atratividade de *S. frugiperda* em teste sem chance de escolha, número de tricomas e glândulas de Gossipol nas faces adaxial e abaxial em genótipos de algodão.

Variável	Coeficiente de correlação ¹	P valor
Atratividade X T. Adaxial	-0.0382 ^{ns}	0,8467
Atratividade X T. Abaxial	-0.1155 ^{ns}	0,9372
Atratividade X Gossipol AD.	0,1202 ^{ns}	0,5422
Atratividade X Gossipol AB.	0,1937 ^{ns}	0,3233

¹Não significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade (*t* Test). T. = Tricomas; AD= Adaxial; AB= Abaxial.

Tabela 4. Coeficiente de correlação (*t*-Test) obtido entre Atratividade de *S. frugiperda* em teste com chance de escolha, número de tricomas e glândulas de Gossipol nas faces adaxial e abaxial em genótipos de algodão.

Variável	Coeficiente de correlação ¹	P valor
Atratividade X T. Adaxial	0.1829 ^{ns}	0.3515
Atratividade X T. Abaxial	0.0983 ^{ns}	0.6187
Atratividade X Gossipol AD.	0.1077 ^{ns}	0.5854
Atratividade X Gossipol AB.	0.0497 ^{ns}	0.8013

¹Não significativo a 5%, 1% e 0,1% de probabilidade (*t* Test). T. = Tricomas; AD= Adaxial; AB= Abaxial.

A análise de agrupamento hierárquico, mostrou-se diferença entre os genótipos de algodão, separando os grupos de acordo com o grau de semelhança. O método UPGMA indicou a formação de três grupos distintos, na distância Euclidiana de 0,70. Ao considerar esta distância, diferentes níveis de resistência podem ser estabelecidos (Figura 3).

O primeiro grupo foram considerados os genótipos suscetíveis (MA0423, PI0467, BA0477, CE0507, BRS CEDRO, PI0433, MA0407, BA0502, CE0461, MA0409, CE0474, MA0425, MA0418 e MA0430), o segundo grupo de genótipos moderadamente resistentes (PI0432, CE0467, MA0438, PI0438, BRS BURITI, PI0429, BA05101, AC0602, PI0440, RN0512, BA0512 e IAC25), e de forma isolada o genótipo PI0416 foi classificado como altamente resistente a *S. frugiperda*.

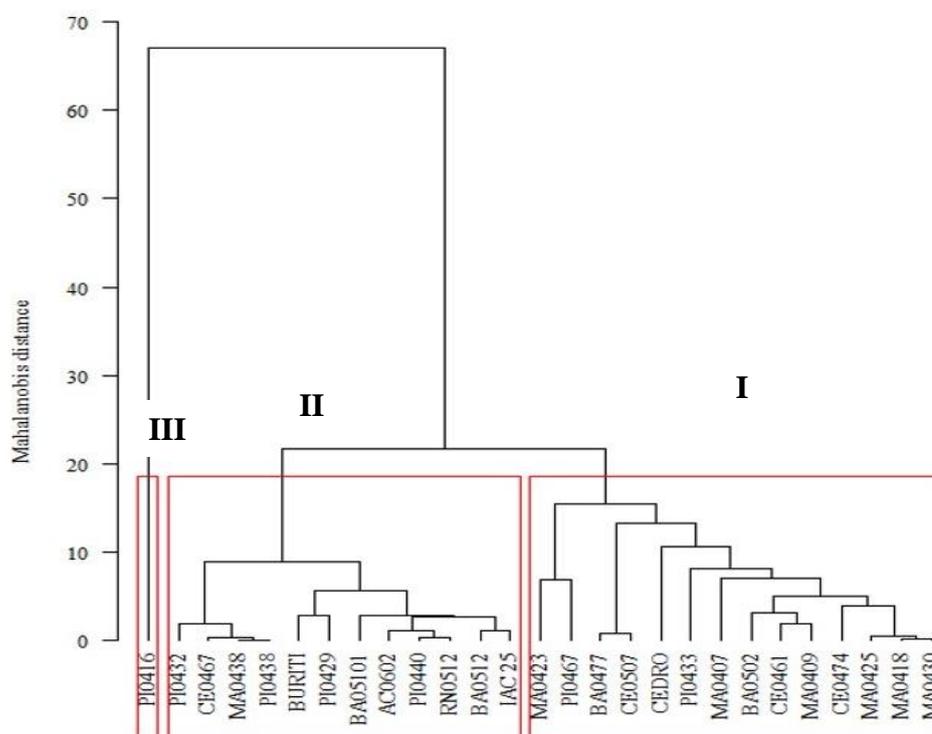


Figura 3. Dendrograma baseado em atratividade média sem chance de escolha de lagartas de *Spodoptera frugiperda* e análise morfológica das folhas dos diferentes genótipos de algodão. A análise de agrupamento hierárquico foi realizada utilizando o método UPGMA com a distância Euclidiana com a medida de dissimilaridade. Urutaí, Goiás, 2018.

Ao analisar o agrupamento hierárquico levando em consideração a atratividade no teste com chance de escolha, mostrou-se diferença entre os genótipos de algodão, separando os grupos de acordo com o grau de semelhança (Figura 4). Sendo formado 3 grupos distintos. O primeiro grupo dos genótipos de algodão suscetíveis (BRS CEDRO, MA0423, PI0467, BA0477, CE0507, PI0433, CE0474, BA0502, CE0461 e MA0409), o segundo grupo de genótipos moderadamente resistentes (CE0467, PI0432, MA0438, PI0437, MA0407, MA0425, BA05101, IAC25, RN0512, AC0602, PI0440, BRS BURITI, MA0418, MA0430, BA0512 e PI0429), de forma isolada o genótipo PI0416 como altamente resistente.

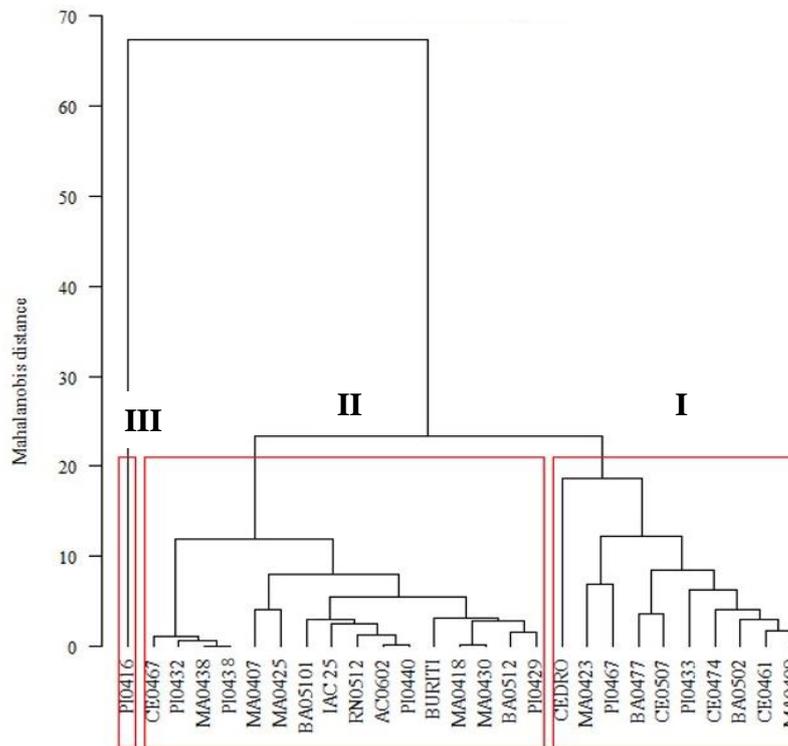


Figura 4. Dendrograma baseado em atividade média com chance de escolha de lagartas de *Spodoptera frugiperda* e análise morfológica das folhas dos diferentes genótipos de algodão. A análise de agrupamento hierárquico foi realizada utilizando o método UPGMA com a distância Euclidiana com a medida de dissimilaridade. Urutaí, Goiás, 2018.

3.5. DISCUSSÃO

No teste de atratividade sem chance de escolha, foi possível observar que todos foram atrativos as lagartas de 3º ínstar de *Spodoptera frugiperda*, corroborando com os autores Miranda e Suassuna (2004), que afirmaram ser uma praga com grande importância econômica na cultura do algodoeiro, especialmente nas áreas de cultivo no cerrado brasileiro.

No decorrer da avaliação da atratividade, no teste sem chance de escolha, o genótipo PI0429 foi o mais atrativo enquanto que os demais apresentaram comportamento variável em função do tempo. Isso pode ter ocorrido por estímulos oriundo das plantas podendo ser positivos ou negativos, de origem química (HOFFMANN-CAMPO et al., 2001), física (COELHO et al., 2009) e/ou morfológica (SILVA et al., 2012; SILVA et al., 2014), influenciando na atratividade ou não do inseto sobre as plantas.

A resistência do tipo antixenose influencia na atratividade da planta para alimentação, oviposição ou abrigo sobre os insetos (QUEIROZ, 2018). Os genótipos PI0440 e CE0467 foram os menos atrativos às lagartas de *S. frugiperda*, podendo ser justificado devido a planta liberar uma série de estímulos, interferindo na orientação do inseto (atraindo ou repelindo), na movimentação podendo ser lenta ou acelerada em direção contrária ou não e início ou inibição da alimentação (WHITTAKER e FEENEY, 1971), fatores que podem ter causado efeito deterrente das lagartas de *S. frugiperda* às folhas destes genótipos.

No início do experimento de atratividade sem chance de escolha foi possível observar que alguns genótipos não foram atrativos às lagartas de *S. frugiperda*. Moreno et al, (2008), ao estudarem a resistência do tipo não preferência para alimentação em plantas de algodão à *S. frugiperda* em teste sem chance de escolha, constataram que as plantas perdem esta característica (resistência, seja do tipo morfológico ou aleloquímicos), permitindo que os insetos alimentem ou ovipositem em novos hospedeiros, corroborando com os dados obtidos neste estudo, já que no final da avaliação todos foram atrativos.

Ao analisar a atratividade no teste com chance de escolha observou-se que uns genótipos foram mais atrativos à lagarta de *S. frugiperda* enquanto outros não, obtendo diferença estatística significativa. De acordo com Yang et al. (1991), a superfície da planta, onde o inseto possui o primeiro contato, obtém um importante papel na interação entre inseto/planta. Os mesmos autores afirmam que a maioria dos insetos herbívoros demonstram ser atraídos por estímulos visuais, olfativos entre outros, baseado nas características físico-químicas da superfície da planta. Estes fatores citados, como estímulos visuais e olfativos,

podem ter influenciado na atratividade durante o experimento devido a quantidade de estímulos liberadas pelos diferentes genótipos sobre as lagartas.

A cultivar BRS BURITI e o genótipo PI0429 apresentaram maior atratividade quando comparadas com as demais (Figura 2), mostrando serem susceptíveis a *S. frugiperda*. Campos (2008), avaliando a resistência de cultivares de algodão no teste com chance de escolha observou que a variedade Coodetec 410 foi a mais atrativa, enquanto que DeltaPenta, Acala 90 e FiberMax 966 foram menos atrativas as lagartas de *S. frugiperda*.

Ao analisar as cultivares melhoradas BRS BURITI foi mais atrativa que IAC 25 e BRS CEDRO, porém todas foram atrativas às lagartas de *S. frugiperda*, levando a necessidade de mais experimentos para avaliar a resistência à lagarta *S. frugiperda*. Campos et al. (2012), observaram aumento de lagartas atraídas no teste de atratividade com chance de escolha sobre as variedades Coodetec 410, Coodetec 408, BRS Ipê e BRS Cedro no decorrer do tempo aos 5 e aos 60 minutos após a liberação das mesmas, confirmando serem estas variedades as mais atrativas. No presente experimento a cultivar BRS CEDRO apresentou ser menos atrativo que IAC 25 e BRS BURITI.

Os mecanismos de defesas das plantas podem ser constitutivo ou induzido, sendo que, o primeiro refere-se quando a resistência na planta está presente durante todo o seu ciclo, sem depender de algum fator para ativa-la. Já a resistência induzida ocorre em resposta a algum fator de estresse como herbivoria (STOUT, 2013). Os genótipos que apresentaram menor atratividade pode ser devido a quantidade de substâncias químicas presentes na planta como glândulas de gossipol, ou adaptação na sua morfologia, tornando importante os estudos com o intuito de analisar a causa da resistência, já que são características que contribuirá na obtenção de variedades comerciais de algodão resistente a pragas chaves da cultura, contribuindo no Manejo Integrado de Pragas.

Plantas com densidade maior de tricomas proporcionam resistência quando comparado com as menos pilosas (HANDLEY et al., 2005). O genótipo PI0416 apresentou maior pilosidade, tanto na face adaxial quanto abaxial. Os demais genótipos apresentaram menor quantidade de tricomas. Nos testes da atratividade com chance de escolha o genótipo PI0416 apresentou menor atratividade em comparação com os demais.

Já no teste sem chance de escolha a atratividade foi maior, exercendo maior atratividade as lagartas de *S. frugiperda*. Os tricomas dificultam a mobilidade e a alimentação da praga dependendo da densidade, tamanho e forma (CORREA, 2007), podendo danificar o aparelho bucal quando alimentarem. Por não possuir outro alimento disponível, a lagarta conseguiu quebrar essa barreira inicial, porém os danos causados devem ser analisados, já que

poderão dificultar, ou até cessar a alimentação da mesma depois de um período de prova do alimento.

Folhas de algodoeiro com grande pubescência diminuem a mobilidade de lagartas de 1º ínstar de *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), o que favorece sua predação (RAMALHO et al, 1984). As lagartas de *S. frugiperda* recém nascidas continuam juntas raspando o parênquima das folhas, deixando-as necrosadas e translúcidas e a medida que se desenvolvem se distribuem através das plantas (SANTOS et al., 2019). Os genótipos que apresentaram maior pilosidade, seja na parte adaxial ou abaxial, podem interferir na alimentação inicial das lagartas recém nascidas, já que plantas mais pilosas dificultam a alimentação danificando o aparelho bucal da lagarta, além de reduzir ou diminuir a capacidade de locomoção das mesmas, reduzindo sua herbivoria, contribuindo para o Manejo Integrado de Pragas através da resistência da planta ao inseto praga.

Nos testes da atratividade sem chance de escolha o genótipo PI0440 causou efeito deterrente a lagarta quando avaliado nos tempos de 3, 5, 10, 15, 30 minutos e 1, 2, 6,12 e 21 horas apesar de não apresentar tricomas em nenhuma face da folha, indo contra o que foi afirmado por Correa (2007). Porém, no teste com chance de escolha, sua atratividade foi maior, podendo concluir que, na oportunidade de escolha, plantas com maior quantidade de tricomas não são preferidas para alimentação por lagartas de *S. frugiperda*.

Em relação a glândulas de Gossipol o genótipo PI0433, a cultivar BRS CEDRO e os genótipos MA0409, BA0477 e CE0507apresentaram maiores quantidades. Já os genótipos PI0438, CE0467, PI0432 e MA0438, apresentaram poucas glândulas de gossipol. A existência de gossipol confere ao algodoeiro um certo grau de resistência às pragas (MACEDO et al., 2007). No teste de atratividade sem chance de escolha dos genótipos com maior quantidade de glândulas de Gossipol o CE0507 foi o mais atrativo as lagartas de *Spodoptera frugiperda*, apesar de não interferir na atratividade pode interferir na biologia do inseto, já que essas substâncias podem não ser deterrentes (WILSON e LEE, 1971; PARROTT et al., 1989; PARROTT 1990, MCAUSLANE e ALBORN, 1998; AGRAWAL e KARBAN, 2002).

Ao analisar a correlação entre atratividade nos testes com e sem chance de escolha, a densidade de tricomas e o número de glândulas de gossipol mostraram não influenciar no comportamento de lagartas de *S. frugiperda*. Isto demonstra que outros fatores presentes na planta estão envolvidos como compostos secundários e espessura da parede celular. Muitas

substâncias químicas do metabolismo secundário (compostos nitrogenados e fenólicos, terpenóides, ácidos orgânicos, lipídeos e compostos correlatos) atuam, seja direta ou indiretamente, nas defesas contra os insetos pragas (STYRSKY et al., 2006).

Assim, a quantidade de tricomas e glândulas de gossipol podem não afetar negativamente a alimentação das lagartas de *S. frugiperda*, isso porque insetos especializados (que conseguem quebrar a barreira de resistência), como as lagartas, desenvolvem características morfológicas e comportamentais para superar a defesa causada por tricomas (RANTHCKE e POOLE, 1975; YOUNG e MOFFETT, 1979). O genótipo PI0440 que apresentou menor atratividade (Figura 1), mesmo apresentando nenhuma quantidade de tricomas e poucas glândulas de gossipol (27 na parte adaxial e 53 na abaxial), enquanto que, o genótipo MA0407, mesmo apresentando uma maior quantidade de tricomas (43 na parte adaxial e 70 na abaxial) e glândulas de gossipol (46.25 e 65 na parte adaxial e abaxial respectivamente), foi o segundo mais atrativo. No teste com chance de escolha (Figura 2), a cultivar BRS BURITI, que apresentou maior quantidade de glândula de gossipol (56.50 e 103 na parte adaxial e abaxial respectivamente), mostrou ser mais atrativo em comparação aos demais.

Apesar de não ser significativo, as variáveis atratividade versus tricomas adaxial e atratividade versus tricomas abaxial no teste sem chance de escolha, os coeficientes de correlação deram negativos, significando que a atratividade aumenta a medida que a quantidade de tricomas reduz. Mostrando que esta causa morfológica pode ser uma característica desejável em melhoramento genético de plantas que vise a resistência a insetos.

A análise UPGMA, tanto no teste com e sem chance de escolha, separaram os genótipos em diferentes níveis de resistência à *S. frugiperda*, mostrando ser uma ferramenta importante para complementar os métodos univariados na seleção de genótipos resistentes a insetos (PITTA *et al.*, 2010). Numa análise geral, observou-se nos Dendogramas (Figura 3 e Figura 4), que o genótipo PI0416 mostrou ser altamente resistente a *S. frugiperda*.

De acordo com Lara (1991), as plantas podem apresentar níveis diferentes em relação à alimentação do inseto, denominado como graus de resistência. Durante as primeiras avaliações, efeitos adversos da planta podem ter inibido a alimentação, porém a lagarta conseguiu contornar essa resistência e se alimentar. Assim, pensando na seleção de plantas resistentes a insetos, os genótipos que apresentaram menor atratividade seria uma boa tática no melhoramento de plantas, devendo ser levando em conta a morfologia da folha e

aleloquímicos presentes como causa de resistência em plantas de algodoeiro a lagartas de *S. frugiperda*.

3.6. CONCLUSÕES

Os genótipos PI0440, CE0467, PI0416, BA0512 e MA0425 apresentaram características de resistência do tipo antixenose às lagartas de *S. frugiperda*.

A densidade de tricomas e glândulas de gossipol nas folhas dos genótipos de algodão não influenciaram na atratividade das lagartas de *S. frugiperda*.

Estes genótipos resistentes podem ser estudados em programas de melhoramento de algodoeiro como fonte promissora de características de resistência a *S. frugiperda*.

3.7. REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, A.A.; R. KARBAN. Specificity of constitutive and induced resistance: pigment glands influence mites and caterpillars on cotton plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 96:39-49. 2002.
- ALMEIDA, R.P.; DOMINGUES, C.A.; RAMALHO, F.S. Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Brasil. Disponível em: <https://www.cnpa.embrapa.br/aunidade/MIP_algodoeiro_2013.pdf> acesso em 15 de maio de 2019.
- BASTOS C.S; SUINAGA FA.; VIEIRA R.M; LIMA EF.. **Resistência de algodoeiro a artrópodes-praga**. In: Beltrão NEM & Azevedo DMP (Eds.). O Agronegócio do algodão no Brasil. Brasília, EMBRAPA. p.355-412. 2008.
- BELTRÃO, N.E.M.; LIMA, R.L. S.; LEÃO, A.B.; ALBUQUERQUE, W. **G. de Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectivas**. In: BELTRÃO, N.E.M.; AZEVEDO, D.M.P. (ed.) O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.19-30. 2008.
- CAMPOS, Z. R. **Resistência de variedades de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepdoptera: Noctuidae)**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal- SP. 2008.
- CAMPOS, Z. R.; BOIÇA-JÚNIOR, A. L.; VALÉRIO FILHO, W. V.; CAMPOS, O. R.; CAMPOS, A. R. The feeding preferences of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: *Noctuidae*) on cotton plant varieties. **Acta Scientiarum Agronomy** 34 (1): 125-130. 2012.
- COELHO, S. A. M. P.; LOURENÇÃO, A. L.; MELO, A. M. T.; SCHAMMASS, E. A. Resistência de genótipos de meloeiro a *Bemisia tabaci* biótipo B. **Bragantia**, v. 68, p. 1025-1035. 2009.
- CORREA, P.G. **Defesas foliares em resposta à herbivoria em espécies lenhosas de restinga**. I Pojuca- PE. 54 f. Dissertação de Mestrado- Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2007.
- CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K.C.; VIVAN, L.M.; GUIMARÃES, H.O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n.1, p.110-113. 2013.
- FREIRE, E.C.; COSTA, J.N.; ANDRADE, F.P. **Recursos genéticos e melhoramento do algodão no Nordeste do Brasil**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Petrolina, 1999.
- FREIRE, E.C.; BARROSO, P.A.V.; PENNA, J.C.V.; BORÉM, A. Fluxo Gênico: Análise do caso de Algodão no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, 29: 104-113. 2002.

FREIRE, E.C. **História do algodão no Cerrado**. In: Algodão no cerrado do Brasil. Editado pelo FREIRE, E. C. Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, Brasília, pp. 21-52, 2007.

HANDLEY, R.; EKBOM, B.; AGREN, J. Variation in trichome density and resistance against a specialist insect herbivore in natural populations of *Arabidopsis thaliana*. **Ecological Entomology**, v. 30, p. 284-292. 2005.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; HARBORNE, J. B.; MCCAFFERY, A. R. Pre-ingestive and post-ingestive effects of soybean extracts and rutin on *Trichoplusia ni* growth. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 98, p. 181-194. 2001.

JESUS, F.G.. **Resistência de cultivares de algodoeiro sobre *Spodoptera frugiperda* e *Alabama argillacea* (Lepdoptera: Noctuidae) e efeito na biologia e comportamento de *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae)**. Tese de Doutorado- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal- SP. 2009.

JESUS, F.F.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; ALVES, G.C.S.; BUSOLI, A.C.; ZANUNCIO, J.C.. Resistance of cotton varieties to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología** 40 (2): 158-163. 2014.

KASTEN, JR., P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, v. 53, p. 68-78, 1978.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone. 336p. 1991.

LIU, B.; WENDEL, J.F. Non-Mendelian phenomena in allopolyploid genome evolution. **Current Genomics**, 3 (6): 1-17. 2002.

MACEDO, L.P.M.; CUNHA, U.S.; VENDRAMIM, J.D. **Gossipol: fator de resistência a insetos-praga**. Campo Mourão, v.2, n.1,p.34 42. 2007.

MCAUSLANE, H.J. H.T. ALBORN. Systemic induction of allelochemicals in glanded and glandless isogenic cotton by *Spodoptera exigua* feeding. **Journal of Chemical Ecology**, 24:399-416. 1998.

MENEZES, I. P. P. et al. Genetic diversity of mocó cotton (*Gossypium hirsutum* r. *marie galante*) from the northeast of Brazil: implications for conservation. **Botany**, v. 88, n. 8, p. 765-773. 2010.

MENEZES, I.P.P.; GAIOTTO, F.A.; SUASSUNA, N.D., HOFFMANN, L.V.; BARROSO, P.A.V.. Susceptibility of *Gossypium mustelinum* Populations to the Main Cotton Diseases in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 3; 2014.

MIRANDA, J. E.; SUASSUNA, N. D. **Guia de Identificação e controle das principais pragas e doenças do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 47p. 2004.

MORENO, D. B.; BOIÇA JUNIOR, A. L. JESUS, F. G.; JANINI, J. C. Resistência de cultivares de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith, 1797) (Lepidoptera:Noctuidae). **Revista de Agricultura**, v.84, p.214-224, 2008.

PARROT, W.L.; JENKINS, J.N.; MULROONEY, J.E.; MCCARTY JR, J.C.; SHEPHERD, R.L. Relationship between gossipol gland density on cotton squares and resistance to tobacco budworm (Lepidoptra: Noctuidae) larvae. **Journal of Economic Entomology**, 82:589-592. 1989.

PARROTT, W.L. Plant resistance to insects in cotton. **Florida Entomologist**, 73:392-396. 1990.

PITTA, R. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; JESUS, F. G.; TAGLIARI, S. R. A. Seleção de genótipos resistentes de amendoazeiro a *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) com base em análises multivariadas. **Neotropical Entomology**. v. 39, p. 260-265, 2010.

QUEIROZ, E.B.. **Resistência de cultivares de soja à *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae)**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal. Universidade Estadual de Goiás-Campus Ipameri. pg 38, 2018.

RAMALHO, F.S.; PARROT, W.L.; JENKINS, J.N.; MCCARTY JR., J.C.. Effects of cotton leaf Trichomes on the mobility of newly hatched tobacco budworms (Lepdoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, 77:619-621. 1984.

R Development Core Team R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, 2017.

RATHCKE, B.J.; POOLE, R.W. Coevolutionary race continues: butterfly larval adaptation to plant trichomes. **Science**, v. 187, p. 175-176. 1975.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia e produção**. EMBRAPA-CPAO. Dourados. 296p. 2001.

SANTOS, W.J.; SANTOS, K.B.; SANTOS, R.B. **Ocorrência, descrição e hábitos de *Spodoptera* spp. em algodoeiro no Brasil**. Disponível em: <https://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/096.pdf> acesso em 20 de maio de 2019.

SEIFI A, VISSER R. G. F.; YULING B. A. I. How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica**, v. 190, p. 321-334, 2013.

SILVA, D.M. Biological characteristics of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) for three consecutive generations under different temperatures: understanding the possible impact of global warming on a soybean pest. **Bulletin of Entomological Research**, v.102, p. 285-292, 2012.

SILVA, J. P. G. F.; BALDIN, E. L. L.; CANASSA, V. F.; SOUZA, E. S.; LOURENÇÃO, A. L. Assessing antixenosis of soybean entries against *Piezodorus guildinii* (Hemiptera: Pentatomidae). **Arthropod-Plant Interactions**, v. 8, p. 349-359, 2014.

SMITH, C. M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Berlin, Springer. 423 p. 2005.

STEPHENS, S.G. Geographical distribution of cultivated cottons relative to probable centers of domestication in the new world. In. Genes, enzymes and populations. Editado pelo Sr. Adrian, M. **Plenum Press**, p. 239-254, 1973.

STOUT, M. J. Reevaluating the conceptual framework for applied research on hostplant resistance. **Insect Science**, v. 20, p. 263-272, 2013.

STYRSKY, J.D.; KAPLAN, I.; EUBANKS, M.D. Plant trichomes indirectly enhance tritrophic interactions involving a generalist predator, the red imported fire ant. **Biological Control**, v.36, p. 375-384, 2006.

WHITTAKER, R. H.; FEENEY, P. P. Allelochemicals: chemical interactions between species. **Science**, v. 171, n. 3973, p. 757-770, 1971.

WILSON, F.D; LEE, J.A. Genetic relationship between tobacco budworm feeding response and gland number in cotton seedlings. *Crop Science* 11:419-421. 1971.

YANG, G.; ISENHOUR, D. J.; ESPELIE, K. E. Activity of maize leaf cuticular lipids in resistance to leaf-feeding by the fall armyworm. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 74, n. 2, p. 229-236, 1991.

YOUNG, A.M.; MOFFETT, M.W. Studies on the population biology of the tropical butterfly *Mechanitis isthmia* in Costa Rica. **American Midland Naturalist**, v. 101, p. 309-319. 1979.

4. CAPITULO 2- ANTIBIOSE EM GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO MOCÓ (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante* L. HUTCH) A *Spodoptera frugiperda* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

RESUMO

A lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) tem gerado grandes prejuízos na cultura do algodão danificando as plantas da emergência a maturação dos frutos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar antibiose em genótipos de algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante* L. Hutch) a *S. frugiperda*. Lagartas recém-eclodidas foram individualizadas em recipientes plásticos (100 mL) contendo papel filtro úmido e folhas de algodão. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizados com 40 repetições na antibiose e 20 nos parâmetros nutricionais. Os parâmetros biológicos avaliados foram: período e viabilidade larval, peso de lagartas aos dez dias de idade, período e viabilidade pré-pupal, período, viabilidade e peso pupal com 24 horas de idade, ciclo e viabilidade total, longevidade de adultos e proporção sexual. Adicionalmente, os acessos de algodão foram genotipados com quatro marcadores de microssatélites ligados a genes de resistência a doença azul, mancha angular, nematoide-de-galha e reniformes, para verificar a relação com resistência a *S. frugiperda*. Foi possível observar alta mortalidade inicial das lagartas de *S. frugiperda* nos genótipos BA0512, MA0423, PI0438, PI0432, CE0461, CE0507, RN0512, MA0425, MA0438, PI0429, MA0430, PI0440, PI0467, AC0602, PI0416, BA0477, CE0474, MA0409 e CE0467. Análises genéticas com uso de marcadores moleculares são ferramentas importantes na seleção de genótipos resistentes a insetos.

Palavras-chave: Resistência de Plantas a inseto, Manejo Integrado, Algodoeiro Mocó, Lagarta-do-cartucho.

**ANTIBIOSIS IN COTTON GENOTYPES (*Gossypium hirsutum* R. Marie galante)
Spodoptera frugiperda (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

ABSTRACT

The caterpillar *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) has been causing great damage to the cotton crop, damaging the plants emergence until maturation. The objective of this work was to characterize antibiosis in genotypes of cotton (*Gossypium hirsutum marie galante* L. Hutch) to *S. frugiperda*. Newly hatched caterpillars were individualized in plastic containers (100 mL) containing filter paper and cotton leave. The design used was completely randomized with 40 replications for antibiosis and 20 for nutritional parameters. The biological parameters evaluated were: larval period and viability, weight of caterpillars at ten days, pre-pupal period and viability and pupal weight at 24 hours, life cycle and total viability, adult longevity and sex ratio. Additionally, cotton accessions were genotyped with four microsatellite markers linked to resistance to blue disease, angular leaf spot, root-knot nematode and reniform nematode to verify the relationship with resistance to *S. frugiperda*. It was possible to observe high initial mortality of *S. frugiperda* larvae in genotypes BA0512, MA0423, PI0438, PI0432, CE0461, CE0507, RN0512, MA0425, MA0438, PI0429, MA0430, PI0440, PI0467, AC0602, PI0416, BA0477, MA0409 and MA0409 CE0467. Genetic analysis using molecular markers are important tools in the selection of resistant genotypes to insect.

Key words: Resistance of plants to insect, Integrated Management, Cotton Mocó, fall armyworm.

4.1. INTRODUÇÃO

Na cultura do algodão há um complexo de pragas que ocasionam danos sistematicamente, reduzindo de modo considerável a produção. Assegurar que as pragas sejam mantidas abaixo do nível de danos econômico tem se tornando desafio para os cotonicultores (MIRANDA, 2010). A principal forma de controle de pragas nas lavouras é o uso de inseticidas e, esta prática direciona para seleção de pragas resistentes, a morte de inimigos naturais e aumento no custo de produção (DEGRANDE, 1998; DIAMANTINO et al., 2014).

Assim, o controle químico deve ser um método alternativo de emergência, utilizada com outras formas de controle, potencializando o controle de praga e evitando a morte de organismos não alvos benéficos a lavoura (MIRANDA e FERREIRA, 2005). A utilização de variedades resistentes se torna uma tática promissora no Manejo Integrado de Pragas - MIP (WILLIAMS et al., 1983; BOIÇA JUNIOR et al., 2015), contribuindo para mitigação do uso frequente de produtos químicos, fomentando práticas de uma agricultura sustentável.

No algodoeiro, a espécie *S. frugiperda*, conhecida como lagarta do cartucho, tem gerado grandes prejuízos na cultura em diversas regiões produtoras (FERNANDES et al. 2002; SANTOS, 2003), danificando as plantas da emergência a maturação dos frutos (ALI et al. 1989; SANTOS, 2001; GALLO et al. 2002; BASTOS et al., 2010). Campos (2008), cita a importância do conhecimento do comportamento e o ciclo de vida da lagarta na cultura do algodão, para melhor entendimento da relação inseto-hospedeiro. Considerando-se que a alimentação possa influenciar a biologia da *S. frugiperda* é fundamental a adoção de estratégias específicas que promovam controle mais eficiente desta lagarta no algodão.

A ocorrência de resistência no campo é conferido a três categorias inter-relacionadas: 1) não- preferência, onde a planta exerce pouca atratividade ao inseto para oviposição, alimentação e/ou refúgio; 2) antibiose, quando o inseto, ao alimentar-se da planta, pode ter a sua viabilidade e fecundidade reduzida, ou prolongar a sua fase larval e pupal, diminuir o tamanho, peso e aumentar a mortalidade; 3) tolerância, quando a planta continua crescendo e reproduzindo apesar de estar sendo danificada por uma quantidade de insetos que causaria danos em um hospedeiro suscetível (PAINTER, 1951). A adoção de cultivares resistente no MIP tem contribuído na sustentabilidade da produção, pois contribui na redução do uso de inseticidas, controle de pragas, além de não ser poluente ao meio ambiente (SEIFI et al., 2013).

De acordo com Mullins e Pieters (1982), é necessário conhecer os efeitos das cultivares resistentes utilizados nos programas de produção de algodão sobre a biologia do inseto praga. Santos e Boiça Júnior (2001), estudando os tipos de resistência de genótipos de algodoeiro averiguaram que as variedades CNPA 9211-31, CNPA Precoce 1, CNPA Precoce 2 e CNPA 9211-41 apontaram resistência do tipo antibiose e/ou não-preferência para alimentação. Já o genótipo GL2 GL3 e CNPA 9211-29 apresentaram ser suscetíveis ao curuquerê, *Alabama argilacea* (Lepidoptera: Noctuidae). Boiça Júnior et al. (2012), concluíram que as variedades NuOpal, FMT 701 e FMX 910 apresentaram resistência do tipo antibiose sobre a lagarta *A. argilacea*, sendo que a variedade NuOPAL não permitiu que as lagartas alimentadas completassem a primeira ecdise, ocasionando sua morte, e as cultivares FMT 701 e FMX 910 proporcionaram maior período larval e pupal das lagartas. Moreno et al. (2008), ao estudarem sobre o efeito de genótipos de algodão na biologia da lagarta *S. frugiperda*, observaram que a menor massa de lagartas e de pupas ocorreu na variedade BRS Camaçari, indicando a existência da resistência do tipo antibiose.

Diante da necessidade crescente para controle de pragas nas culturas, uma possibilidade do estudo de fontes de resistência a pragas em plantas de algodoeiro é recorrer a genótipos selvagens nativos, porém poucos são os trabalhos estudando a seleção de genótipos de algodoeiro promissores a fontes de resistência a pragas no Brasil (MENEZES et al., 2014). A seleção de características de resistência das plantas a inseto contribuirá no estudo para o melhoramento genético do algodão, contribuindo no controle das principais pragas agrícolas reduzindo a quantidade de produtos químicos, poluição ambiental e seleção de insetos resistentes.

As cultivares resistentes são desenvolvidas pela transferência de alelos de resistência de fontes exóticas, sendo encontrado os alelos através de marcadores moleculares (RICK e FOBES, 1974). Os marcadores de microssatélites são codominantes e multialélicos, altamente polimórficos e reprodutíveis, e são embasados na PCR (OLIVEIRA et al., 2006). Estes marcadores apresentam várias funções em diversos processos e são normalmente utilizados para mapear genes, estudar ligações, identificar genótipos, proteger variedades, avaliar pureza de sementes, conservar germoplasma, estudar a diversidade, analisar locos quantitativos (QTL), e, também a seleção assistida por marcadores moleculares (CAIXETA et al., 2009).

4.2. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL

Caracterizar antibiose em genótipos de algodoeiro mocó (*Gossypium hirsutum* raça *marie galante* L. Hutch) a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar se os genótipos apresentam resistência do tipo antibiose à lagarta;
- Analisar a simulação de nutrientes, através dos índices nutricionais, pelas lagartas de *S. frugiperda* alimentadas com folhas dos genótipos de algodão;
- Caracterizar o conteúdo de informação genética sobre a presença dos genes de resistência dos genótipos de algodão e, assim, cruzar os dados fenotípicos obtidos para *Spodoptera frugiperda* com os dados fenotípicos moleculares para verificar se existe alguma relação da ação dos respectivos genes no condicionamento de resistência a praga estudada.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

Local do estudo e material biológico

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Entomologia Agrícola e Laboratório de Genética Molecular do Instituto Federal Goiano, Campus Urutaí, Goiás, Brasil. Sendo mantido o experimento sob condições controladas de temperatura ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$), fotoperíodo (12 h) e umidade ($70\% \pm 10$).

As lagartas *S. frugiperda* foram provenientes da criação massal do Laboratório de Entomologia da EMBRAPA Arroz e Feijão, a partir da qual, foi desenvolvida a criação do IF Goiano– Campus Urutaí e utilizada neste estudo. Para tal, as pupas foram sexadas e colocadas em gaiolas de PVC de 20 cm de altura x 10 cm de diâmetro, forradas internamente com papel toalha, onde ocorreu à emergência e acasalamento dos adultos. Na alimentação dos adultos utilizou-se solução de mel a 10%, colocada em recipientes plástico (tampa de garrafa PET), embebido em chumaço de algodão e trocada a cada dois dias. As lagartas recém-eclodidas foram acondicionadas, em potes plásticos de 150 mL, contendo em seu interior dieta artificial (KASTEN et al, 1978). Ao atingirem o 3º ínstar, as lagartas foram individualizadas em recipientes plásticos (50 mL), contendo dieta artificial até a fase de pupa.

Para condução dos experimentos utilizou-se 27 genótipos de algodoeiro, sendo três pertencentes a espécie *Gossypium hirsutum latifolium* e 24 da espécie *G. hirsutum* raça *marie galante*, provenientes do Banco de Germoplasma da EMBRAPA – Algodão (Tabela 1). Três sementes para cada acesso foram escarificadas e semeadas em março de 2017 em sacos plásticos (1 Kg) com substrato, com desbaste de duas plantas aos 30 dias após a germinação. Com 45 DAP as plantas foram transplantadas e cultivadas na área experimental, em condições de campo próprio para obtenção de folhas. A área de campo foi irrigada via pivô central. Para controle de plantas daninhas realizou-se capina manual.

Tabela 1. Relação e origem dos genótipos de algodoeiro para seleção de resistência a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae).

Genótipos	Estados de Origem	Espécie
BRS BURITI ¹	Goiás	<i>G. hirsutum latifolium</i>
BRS CEDRO ¹	Piauí	<i>G. hirsutum latifolium</i>
IAC 25 ¹	São Paulo	<i>G. hirsutum latifolium</i>
AC0602 ²	Acre	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0477 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0502 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA05101 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
BA0512 ²	Bahia	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0461 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0467 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0474 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
CE0507 ²	Ceará	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0407 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0409 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0418 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0423 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0425 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0430 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
MA0438 ²	Maranhão	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0416 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0429 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0432 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0433 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0438 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0440 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
PI0467 ²	Piauí	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>
RN0512 ²	Rio Grande do Norte	<i>G. hirsutum r. marie galante</i>

¹Cultivares Comerciais. ² Algodão mocó.

Aspectos biológicos de *Spodoptera frugiperda* nos genótipos de algodoeiro

Lagartas recém eclodidas provenientes da geração F2 foram individualizadas em recipientes plásticos (100 mL) contendo papel filtro úmido. As lagartas foram alimentadas com folhas de algodão, as quais foram repostas à medida que as lagartas as consumiam. As lagartas foram mantidas nestes recipientes até a fase de pupa.

Quando os insetos atingiram a fase de pupa interrompeu-se o fornecimento de folhas. Durante a fase adulta as mariposas não receberam qualquer tipo de alimentação. As variáveis

biológicas avaliadas foram: a) fase larval; período e viabilidade do estágio larval e peso de lagartas aos dez dias de idade; b) fase de pré-pupa: período e viabilidade; c) fase de pupa: período, peso com 24 horas de idade e viabilidade; d) ciclo total: período e viabilidade; e) fase de adulto: longevidade e razão sexual (Macho e Fêmea). Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com 27 tratamentos e 40 repetições.

Índices nutricionais de *Spodoptera frugiperda* alimentados com folhas de algodão

Lagartas de 3º ínstar de *S. frugiperda* foram coletadas da criação massal, privadas de alimentos por 3 h para limpar o trato intestinal e, então, pesadas. Foram então transferidas individualmente para placas de Petri (1,5 × 9,0 cm de diâmetro) revestidas com papel filtro umedecidas.

Foi realizado a pesagem das lagartas, alimento e do papel filtro no início do experimento, utilizando uma balança analítica de precisão. Foi repostado o alimento quando necessário até o fim do experimento. Após o experimento, as lagartas, e as folhas remanescentes foram separadas, pesadas e secas em estufa a 60 ° C por 72 horas.

Depois de secas realizou-se a pesagem novamente das folhas e lagartas. As fezes, junto com o papel filtro, foram secadas na estufa durante 24 horas na temperatura de 40° C, e depois pesadas.

Os pesos secos foram usados para calcular os índices nutricionais. O método proposto por Waldbauer (1968) foi utilizado para determinar os índices nutricionais: taxa de consumo relativo (RCR; mg / mg / dia), taxa de crescimento ($RGR = B / B_m \times T$; mg / mg / dia) e eficiência de conversão de alimentos ingeridos ($ECI = (B / I) \times 100\%$), onde T = período de alimentação, I = consumo de alimento durante T, B = ganho de peso larval durante T, F = fezes produzidas durante T, M = alimento usado em processos metabólicos durante T ($M = [I - F] - B$), e B_m = peso larval médio durante T.

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado com 27 tratamentos e 20 repetições. Pesou-se 20 lagartas para ser a alíquota para correção dos pesos após a secagem na estufa. O experimento foi realizado no período de cinco dias.

Análise genética por marcadores de microssatélites

Os genótipos de algodão mocó foram genotipados usando quatro marcadores de microssatélites ligados a genes de resistência, sendo o DC20027, ligado ao gene Rghv1 que

confere resistência a doença azul (*Cotton leafroll dwarf virus*, CLRDV) (FANG et al., 2010); CIR246, ligado ao gene B12, que confere resistência a mancha angular (*Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*) (XIAO et al., 2010); CIR316M, associados ao loco QTL que controla a resistência ao nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita*) (SHEN et al., 2006; GUITIÉRREZ et al., 2010). E BNL3279 associado ao gene de resistência Ren^{lon}, resistente ao nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) (DIGHE et al., 2009). Quatro plantas de *G. hirsutum* foram incluídas como controles para tamanho de alelo para identificar o gene de resistência: Delta Opal, FMX966 e M315.

O DNA genômico foi obtido a partir de folhas jovens dos genótipos de algodão através do método de CTAB 2% proposto por Doyle e Doyle (1990), com modificações. A modificação foi relacionada ao modo de maceração, no qual as amostras do tecido foliar foram trituradas manualmente em tubos de 2,0 ml, separadamente para cada acesso, com esfera de inox (6 mm) em nitrogênio líquido (N₂). Para tal, os tubos foram congelados em N₂ e transferidos para um rack com tampa, que através de movimentos fortes unidirecionais (para cima e para baixo) por 30 segundos a amostra de tecido foliar foi macerada. O DNA extraído foi ressuspendido em 100 µl de solução TE-RNAse (Tris HCL 1 M pH=8,0, EDTA à 0,5 M pH=8,0 e RNAse à 10 mg/mL). Aliquotas do DNA genômico extraído foram quantificadas em eletroforese em gel de agarose a 0,8% e coradas com brometo de etídeo (0,5 µL/mL), por meio de comparação visual da intensidade de fluorescência das bandas de DNA em relação ao marcador de massa molecular conhecida de DNA fago λ (50, 100 e 200 ng/µL). Em seguida, o DNA genômico foi diluído para concentração final e de uso de 10 ng/µL.

As reações de PCR foram produzidas para volume final de 12 µL, contendo 20 ng de DNA, 1x de tampão (50 mM de KCl, 10 mM Tris-HCl pH 8,3 e 1,5 mM de MgCl₂), 0,3 mM de cada *primer* (forward e reverse), 0,25 mM de cada dNTP e 1 U de Taq DNA polimerase. As reações foram realizadas em termociclador com as seguintes condições de temperatura e etapas: uma etapa inicial de desnaturação a 94 °C por 5 minutos; seguido de 35 ciclos com etapas de desnaturação (1 minuto a 94 °C), anelamento (1 minuto, temperatura de teste de gradiente) e extensão (1 minuto a 72 °C); e por fim, uma etapa de extensão final de 72 °C por mais 7 minutos. O produto de cada PCR foi separado por eletroforese vertical em gel de poliacrilamida a 4% e corado com nitrato de prata de acordo com o trabalho realizado por Creste et al. (2001). Após a revelação e secagem do gel, o mesmo foi analisado sob luz

branca, permitindo a identificação dos genótipos e a sua qualidade no que diz respeito à nitidez das bandas e a existência ou não de ampliações inespecíficas.

Análise Estatística

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias comparadas pelo teste de Scott Knott ao nível de 5% de probabilidade (R Core Team, 2017 – Pacote Scott Knott).

Os fragmentos de microssatélites amplificados ou alelos de cada loci foram estimados, separadamente, através de um modelo de regressão de melhor ajuste baseado na distância de migração em centímetro e o tamanho padrão de fragmentos de DNA obtidos no marcador padrão de 50 pb usando o programa Table curve 2 D (STACON, 2010).

4.4. RESULTADOS

A duração larval, pré pupal e pupal de *S. frugiperda* diferiram estatisticamente entre os genótipos de algodão, enquanto que a viabilidade não diferiu estatisticamente na duração larval, pré-pupal e pupal (Tabela 2). Em todos os genótipos avaliados, *S. frugiperda* concluiu seu ciclo apenas em PI0433, BA05101, MA0418, BA0502, MA0407, BRS BURITI, IAC 25 e BRS CEDRO.

O período larval foi maior nas lagartas alimentadas com as folhas dos genótipos PI0433, BA05101, MA0418, BA0502 e MA0407 e menor nas lagartas alimentadas com BRS BURITI, IAC 25 e BRS CEDRO.

A duração da fase pré-pupal foi maior nas lagartas alimentadas com as cultivares IAC 25, BRS CEDRO e BRS BURITI e no genótipo PI0433. E os genótipos MA0407, BA05101, a cultivar BRS BURITI e o genótipo PI0433 proporcionaram a maior duração na fase pupal em comparação aos demais (Tabela2).

O peso larval e pupal e o ciclo larva-adulto apresentaram diferenças estatísticas onde as lagartas de *S. frugiperda* foram influenciadas pelos genótipos de algodão, enquanto que a longevidade e viabilidade de adultos e a viabilidade total não diferiram estatisticamente entre si. (Tabela 3).

Os genótipos PI0433, BA05101, MA0418, BA0502 e MA0407 proporcionaram o maior peso larval. O menor peso larval foi obtido nas lagartas alimentadas com folhas das cultivares BRS BURITI, IAC 25 e BRS CEDRO. MA0430, CE0467, PI0467, MA0425, MA0409, BA0477, CE0474 e PI0416. O peso pupal de *S. frugieprda* foi maior quando alimentadas com BA0502, PI0433, BRS BURITI, IAC 25 e MA0407 (Tabela 3). O ciclo larva-adulto de *S. frugiperda* foi maior nas lagartas alimentadas com os genótipos PI0433, BA05101, MA0408, BA0502 e MA0407. Já os menores períodos foram obtidos nas cultivares BRS CEDRO e IAC 25 (Tabela 3).

Tabela 2. Períodos (\pm EPM) larval, pré pupal e pupal (dias) e viabilidade (%) de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas em genótipos de algodão. Urutaí, Goiás, 2019.

Genótipos	Larval		Pré Pupal		Pupal	
	Duração	Viabilidade ¹	Duração	Viabilidade ¹	Duração	Viabilidade ₁
PI0433	50.00 \pm 1.24a	25 \pm 0.00	2.33 \pm 0.33 ^a	100 \pm 0.00	11.44 \pm 0.29 ^a	90 \pm 0.00
BA05101	49.56 \pm 1.53a	23 \pm 0.00	1.78 \pm 0.15b	100 \pm 0.00	11.67 \pm 0.37 ^a	100 \pm 0.00
MA0418	49.00 \pm 2.28a	13 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00b	100 \pm 0.00	10.40 \pm 0.24b	100 \pm 0.00
BA0502	48.11 \pm 1.36a	25 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00b	100 \pm 0.00	10.11 \pm 0.61b	90 \pm 0.00
MA0407	45.57 \pm 0.84a	23 \pm 0.00	2.00 \pm 0.00b	89 \pm 0.00	11.71 \pm 0.42 ^a	88 \pm 0.00
BRS						
BURITI	42.18 \pm 1.51b	30 \pm 0.00	2.27 \pm 0.19 ^a	100 \pm 0.00	11.27 \pm 0.66 ^a	92 \pm 0.00
IAC25	38.36 \pm 1.55b	35 \pm 0.00	2.64 \pm 0.15 ^a	93 \pm 0.00	9.00 \pm 0.63b	92 \pm 0.00
BRS						
CEDRO	38.25 \pm 2.01b	25 \pm 0.00	2.50 \pm 0.27 ^a	100 \pm 0.00	9.13 \pm 0.69b	90 \pm 0.00
BA0512	- ³	-	-	-	-	-
MA0423	-	-	-	-	-	-
PI0438	-	-	-	-	-	-
PI0432	-	-	-	-	-	-
CE0461	- ²	-	-	-	-	-
CE0507	-	-	-	-	-	-
RN0512	-	-	-	-	-	-
MA0425	-	-	-	-	-	-
MA0438	-	-	-	-	-	-
PI0429	-	-	-	-	-	-
MA0430	-	-	-	-	-	-
PI0440	-	-	-	-	-	-
PI0467	-	-	-	-	-	-
AC0602	-	-	-	-	-	-
PI0416	-	-	-	-	-	-
BA0477	-	-	-	-	-	-
CE0474	-	-	-	-	-	-
MA0409	-	-	-	-	-	-
CE0467	-	-	-	-	-	-
F	10.256	0.8955	2.3442	0.7361	3.9878	0.2143
P	<0.001	0.5102	<0.05	0.642	<0.01	0.981

¹Médias, seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade EPM. Erro Padrão da Média. ² Lagartas de *Spodoptera* que não conseguiram concluir o ciclo. ³ número insuficiente de repetições para análise estatística.

Tabela 3. Pesos larval e pupal (mg), ciclo (dias) e viabilidade total (%), longevidade de adultos (dias) de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) alimentadas com folhas de genótipos de algodão. Urutaí, Goiás, 2019.

Genótipos	Peso		Adultos		Ciclo larva-adulto	Viabilidade Total
	Larval	Pupal	Longevidade	Viabilidade		
PI0433	2.53±0.36c	13.64±0.79a	3.11±0.48	100±0.00	67.00±1.40a	22.50±0.07
BA05101	1.74±0.30d	10.08±0.64b	3.00±0.44	100±0.00	66.00±1.50a	22.50±0.07
MA0418	1.51±0.48d	9.60±0.73b	3.00±0.32	100±0.00	64.40±2.23a	12.50±0.05
BA0502	1.56±0.16d	13.81±0.53a	3.78±0.28	100±0.00	64.00±1.41a	22.50±0.07
MA0407	3.06±0.44c	11.80±0.33a	2.71±0.42	100±0.00	62.00±0.62a	17.50±0.06
BRS BURITI	1.40±0.17d	12.84±0.58a	3.45±0.31	100±0.00	59.18±1.77b	27.50±0.07
IAC25	3.75±0.49b	12.49±0.80a	4.00±0.45	92±0.08	54.00±1.92c	27.50±0.07
BRS CEDRO	5.47±0.90a	10.86±0.82b	3.25±0.37	89 ±0.11	53.13±2.78c	20.00±0.06
BA0512	³	-	-	-	-	-
MA0423	-	-	-	-	-	-
PI0438	-	-	-	-	-	-
PI0432	-	-	-	-	-	-
CE0461	⁻²	-	-	-	-	-
CE0507	-	-	-	-	-	-
RN0512	-	-	-	-	-	-
MA0425	-	-	-	-	-	-
MA0438	-	-	-	-	-	-
PI0429	-	-	-	-	-	-
MA0430	-	-	-	-	-	-
PI0440	-	-	-	-	-	-
PI0467	-	-	-	-	-	-
AC0602	-	-	-	-	-	-
PI0416	-	-	-	-	-	-
BA0477	-	-	-	-	-	-
CE0474	-	-	-	-	-	-
MA0409	-	-	-	-	-	-
CE0467	-	-	-	-	-	-
F	9.895	4.667	1.1692	0.6884	8.8098	0.5814
P	<0.001	<0.001	0.3337	0.6814	<0.001	0.771

¹Médias, seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. EPM. Erro Padrão da Média. ² Lagartas de *Spodoptera* que não conseguiram concluir/alcançar o ciclo. ³número insuficiente de repetições para cálculo do Erro Padrão da Média. * Significativo a 5%, ** 1% e ***0,1%.

Em relação a proporção de mariposas adultas de *Spodoptera frugiperda* não obteve diferenças estatísticas entre a quantidade de mariposas machos e fêmeas (Tabela 4).

Tabela 4. Proporção sexual, Macho e Fêmea (%) de mariposas de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Urutaí, Goiás, 2019.

Genótipos	Proporção ¹	
	Machos	Fêmeas
PI0433	22.00±0.15	78.00±0.15
BA05101	56.00±0.18	44.00±0.18
MA0418	67.00±0.21	33.00±0.21
BA0502	70.00±0.15	30.00±0.15
MA0407	33.00±0.17	67.00±0.17
BRS BURITI	42.00±0.15	58.00±0.15
IAC25	54.00±0.14	46.00±0.14
BRS CEDRO	33.00±0.17	67.00±0.17
BA0512	– ³	–
MA0423	–	–
PI0438	–	–
PI0432	–	–
CE0461	– ²	–
CE0507	–	–
RN0512	–	–
MA0425	–	–
MA0438	–	–
PI0429	–	–
MA0430	–	–
PI0440	–	–
PI0467	–	–
AC0602	–	–
PI0416	–	–
BA0477	–	–
CE0479	–	–
MA0409	–	–
CE0467	–	–
F	1.028	1.028
P	0.4198	0.4198

¹Médias, seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. EPM. Erro Padrão da Média.

Os índices nutricionais diferiram estatisticamente entre si apenas no ECI (Eficiência de Conversão do Alimento Ingerido) e para RCR (Taxa de consumo relativo) (Tabela 5). Os genótipos PI0440 e MA0438 apresentaram maior ECI e o genótipo RN0512 maior RCR, apresentando maior ingestão de folhas.

Tabela 5. Índices nutricionais (\pm SE) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com folhas de algodão. Urutaí, Goiás, 2019.

Genótipos	Índices ²		
	RGR(mg/mg/dia) ¹	ECI(%)	RCR(mg/mg/dia)
IAC25	80.00 \pm 0.03	5.63 \pm 2.12b	1420.00 \pm 0.14b
RN0512	80.00 \pm 0.02	2.17 \pm 0.67b	4110.00 \pm 0.39a
MA0438	70.00 \pm 0.03	13.23 \pm 3.78a	310.00 \pm 0.31c
MA0409	130.00 \pm 0.03	8.31 \pm 2.77b	1750.00 \pm 0.24b
PI0429	140.00 \pm 0.02	7.35 \pm 1.79b	2110.00 \pm 0.24b
PI0440	90.00 \pm 0.02	18.47 \pm 6.12a	590.00 \pm 0.11c
PI0432	60.00 \pm 0.03	6.49 \pm 3.54b	1010.00 \pm 0.22c
AC0602	70.00 \pm 0.01	7.31 \pm 0.85b	990.00 \pm 0.20c
F	1.4425	2.838	21.639
P	0.2348	0.02639 *	6.434e-09 ***

¹Médias, seguidas da mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ² RGR= Taxa de Crescimento, ECI= Eficiência de Conversão do Alimento Ingerido, RCR= Taxa de Consumo Relativo.

Os quatro marcadores de microssatélites ligados a genes de resistência com relação as doenças do algodoeiro apresentaram bandas no germoplasma para *G. hisutum* r. *marie galante* (Tabela 6). Os alelos de cada loco SSR ligados aos genes de resistência podem ser observados na Tabela 6. Foi possível verificar que apenas três alelos dos seguintes marcadores microssatélites com seus respectivos pares de base, CIR 316M-210 pb, DC 20027-202 pb e BNL3279-124 pb, estão presentes nos acessos de algodoeiro mocó previamente caracterizados, onde o primeiro ocorreu em 88,89%, o segundo em 18,52% e o terceiro em 70,37% respectivamente. Nenhum gene de resistência para a doença mancha angular foi caracterizado pelo marcador CIR 246.

Os genótipos de algodão PI0440, PI0429 e BA0502 não apresentaram o polimorfismo SSR ligado ao genes de resistência para o nematoide das galhas (CIR316M-210 pb), diferente dos demais; para o loco SSR DC20027-202 pb, que identifica resistência à Doença Azul no algodoeiro herbáceo os genótipos que apresentaram essa polimorfismo foram PI0440, PI0467, BRS BURITI, BRS CEDRO e PI0416; por fim, os genótipos que apresentaram o polimorfismo BNL3279-124 pb ligado ao gene de resistência ao nematoide reniforme foram: BA05101, MA0425, PI0467, IAC25, MA0409, RN0512, PI0432, CE0507, BRS BURITI, PI0429, PI0437, MA0407, CE0461, BA0477, BA0512, PI0416, MA0438, MA0418, CE0474 (Tabela 6).

Buscando entender se os genes que conferem resistência a doença azul, mancha

angular e nematoides avaliados podem estar envolvidos em processos biológicos relacionados a antibiose a lagarta do cartucho, as sequências homólogas da extensão dos locos SSR ligados a estes genes mapeados em *G. hirsutum* foram acessadas no NCBI e os processos biológicos no blast2GO (Tabela 7). Com exceção da região gênica associada ao CIR246, para o qual ainda não foi caracterizado produto proteico, BNL3279, DC20027 e CIR316 estão associados a síntese de proteínas diferentes, processos biológicos e molecular descritos apenas para os dois primeiros locos SSR.

Tabela 6. Composição alélica de quatro marcadores microssatélite ligado à genes de resistência a doenças em genótipos de algodoeiro.

Genótipos	Primer												
	CIR 316M			CIR 246			DC 20027			BNL 3279			
	198	201	210	146	259	292	200	202	114	124	130	136	144
PI0440	0	0	NA	0	NA	NA	0	1	0	0	0	0	0
BA05101	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
MA0425	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
PI0467	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
IAC25	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
MA0423	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0	0
PI0433	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
MA0409	0	0	1	0	NA	NA	1	0	0	1	1	0	0
RN0512	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
PI0432	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
CE0507	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
BRS BURITI	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0
PI0429	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
AC0602	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0	0
PI0438	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	1	1	0	0
MA0407	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
CE0461	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	1	1	0	0
BA0477	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	1	1	0	0
BRS CEDRO	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
BA0512	0	0	1	0	NA	NA	NA	NA	0	1	1	0	0
PI0416	0	0	1	0	NA	NA	0	1	0	1	1	0	0
BA0502	0	0	NA	0	0	1	NA	NA	0	0	0	0	0
MA0430	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
MA0438	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0
CE0467	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
MA0418	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	1	0	0	0
CE0474	0	0	1	0	1	0	NA	NA	0	1	1	1	0
Delta	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
FMX966	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
M315	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0

¹Alelos marcados de negritos são os alelos ligados ao gene de resistência

Tabela 7. Descrição genômica e funcional dos genes de resistência ligados a locos microssatélites obtidas a partir das sequências homólogas dos genes.

Pri mer	Gene de resistên cia	Crom osso mo	ID do loco gênico no NCBI	Proteína	Processo Biológico		Função Molecular		UniProt Link
					GO	Descrição	GO	Descrição	
BN L 327 9	Ren	11	LOC10796 2236	glyceraldehyde-3- phosphate dehydrogenase GAPCP1, cloroplastic-like	GO:0 0060 06	glucose metabolic process	GO:0 0164 91	oxidoreduc tase activity	https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8PS93
DC 200 27	Rghv1	10	LOC10793 1832	arginil-ARNt - proteína-transferase tipo 2	GO:0 0165 98	protein arginylatio n	GO:0 0040 57	arginyltran sferase activity	https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8LXMI
CIR 316 M	loco QTL que controla ma resistên cia	11	LOC10794 2787	trafficking protein particle complex subunit 8-like	-	-	-	-	https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8N2E0 https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8J273
CIR 246	B12	14	LOC10790 2825	Uncharacterized	-	-	-	-	https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8J273

4.5. DISCUSSÃO

De acordo com Lara (1991), algumas plantas apresentam compostos que afetam os insetos, sendo na sua biologia, desenvolvimento e reprodução, causando antibiose. A resistência do tipo antibiose é importante, pois contribui para o manejo de pragas e de resistência de insetos a inseticidas químicos, tornando uma fonte promissora para pesquisas de melhoramento genético de plantas.

Neste trabalho foi possível observar alta mortalidade inicial das lagartas de *S. frugiperda*, tornando viáveis apenas algumas lagartas alimentadas nos genótipos PI0433, BA05101, MA0418, BA0502, MA0407 e nas cultivares IAC 25, BRS BURITI e BRS CEDRO podendo ser devido a mecanismo de defesas presente nas plantas onde conferem resistência aos insetos, como barreira estruturais (cera cuticular, espinhos, cerdas e tricomas) e compostos secundários (glucosinolatos, isoflavonoides, terpenoides, alcaloides, etc.), favorecendo a defesa contra a herbivoria (WAR et al., 2012).

Estas substâncias podem afetar também a redução do peso e aumento do período larval, sendo observado o menor peso pupal no genótipo MA0418 e BRS CEDRO devido ao menor crescimento da lagarta. O crescimento reduzido de *S. frugiperda* nesses genótipos atribuiu-se à presença de compostos defensivos, como compostos fenólicos, alcalóides e proteases que podem afetar direta ou indiretamente no ataque de insetos herbívoros (PECHAN et al., 2000; PECHAN et al., 2002).

As lagartas alimentadas por alguns genótipos apresentaram maior período larval, podendo ter sido ocasionado devido uma menor absorção do substrato alimentar por causa da presença de compostos químicos que atribui resistência do tipo antibiose e/ou antixenose ao inseto (SILVEIRA et al., 1997; BOIÇA JÚNIOR et al., 2015). A maioria dos genótipos utilizados para alimentação afetaram a biologia de *S. frugiperda* causando baixa viabilidade, estas variedades possivelmente apresentam fatores que manifestam resistência a estas lagartas podendo ser de origem química ou morfológica. Jesus et al. (2014), estudando a antibiose em diferentes variedades comercial de algodoeiro à *S. frugiperda*, observaram que a variedade NuOpal™ foi o que apresentou maior nível desta resistência.

As lagartas de *S. frugiperda* provenientes das cultivares BRS CEDRO e IAC 25 apresentaram o menor ciclo com 53.13 e 54.00 dias enquanto que o genótipo PI0433 apresentou o maior duração larva-adulto com 67 dias. Miranda e Ferreira (2005), verificaram a duração de 38 a 43 dias em temperaturas de 25 a 30°C, nas variedades CNPA 7H e BRS 187

8H, podendo observar que os genótipos e as cultivares estudadas apresentaram um ciclo maior, características típicas de resistência do tipo antibiose.

Apesar de alguns genótipos e das cultivares permitirem a lagartas concluírem seu ciclo, mesmo que em um período maior, todos os genótipos estudados apresentaram viabilidade menor que 50%. Campos (2008), analisaram a viabilidade de lagartas de *S. frugiperda*, obtendo valor inferior a 54% em treze variedades de algodoeiro, dentre as dezesseis avaliadas, principalmente nas variedades Acala 90 e BRS CEDRO onde observou alta mortalidade das lagartas de *S. frugiperda* quando alimentadas com as folhas destas cultivares.

Em geral, apenas 8 dos genótipos estudados foram viáveis a *S. frugiperda*, enquanto que os demais genótipos estudados apresentaram nenhuma viabilidade tornando evidente os efeitos da antibiose, presente em diferentes níveis nestes genótipos de algodoeiro, assim, a alta mortalidade poderia ser atribuída ao efeito de substâncias antibióticas presente nestes materiais que afetaram a biologia dos insetos como glândulas de gossipol e aleloquímicos presentes.

A sobrevivência inicial baixa foi explicada por Ali e Luttrell (1990) e Barros et al. (2010), como o principal fator que impede a colonização do algodoeiro em campo por *S. frugiperda*. Isso porque a cultura possui substâncias ou mecanismo de defesas que atuam no controle da praga, como exemplo glândulas de gossipol. Esse composto está presente em maior quantidade nas estruturas verdes da planta, afetando negativamente o aproveitamento nutricional pelo herbívoro (MONTANDON et al., 1987, STIPANOVIC et al., 2006).

Ao analisar os parâmetros nutricionais apenas 8 dos 27 genótipos puderam ser avaliados, já que não foi obtido ganho de peso nas lagartas de *S. frugiperda* quando alimentadas com as folhas do algodão, diminuindo assim a assimilação do alimento ingerido ao analisar os índices de RGR, ECI e RCR. O maior valor de ECI, que representam as taxas de conversão de alimentos ingerido e digerido em biomassa foi obtido no genótipo MA0438 com 13.23% de conversão. A baixa ECI dos demais genótipos indica a presença de compostos metabólicos que inibem o desenvolvimento de *S. frugiperda*.

As lagartas alimentadas com MA0438, PI0440, AC0602, PI0432, IAC 25, MA0409 e PI0429 apresentaram menor consumo de alimento, assim como menor RCR. A redução do crescimento larval é devido a baixa eficiência de assimilação do alimento e, assim, conversão do alimento em massa corporal (SLANSKY et al., 1985; SLANSKY, 1990). Scriber e

Slansky (1981) referem que a redução de RCR é por causa da presença de compostos aleloquímicos e tóxicos no substrato alimentar, produzindo respostas inibitórias à alimentação por insetos. Assim, esses compostos inibiram a alimentação das lagartas além de causar alta mortalidade, como observado no teste de antibiose.

Os genótipos utilizados no experimento apresentaram ter substâncias que diminuem a digestibilidade e conversão do alimento, como as glândulas de gossipol, contribuindo no controle das lagartas de *S. frugiperda*, sendo importante estudos complementares para serem direcionadas para programas de melhoramento genético, o que pode resultar em híbridos comerciais com elevado padrão de resistência ao inseto-praga.

Com a análise genética dos genótipos foi possível avaliar a existência gênica de resistência à doenças no algodão, como nematoide reniforme e doença azul do algodoeiro através dos marcadores moleculares de microssatélite (LANZA et al., 1999; CASSETARI-NETO et al., 2001). Pensando na resistência múltipla busca-se observar se existe alguma relação da ação dos respectivos genes de resistência as doenças e a lagarta *S. frugiperda*.

A função molecular referente ao gene de resistência Ren é a atividade de oxidorrredutase, que atua no grupo aldeído ou oxo de doadores, NAD ou NADP como acceptor onde ocorre a catalisação de uma reação de oxidação-redução (redox) na qual um grupo aldeído ou cetona (oxo) atua como um doador de hidrogênio ou elétron e reduz NAD ou NADP (UNIPROT, 2019a). Estudos visando analisar a resistência de plantas a nematoides tem comprovado que ocorre uma reação de hipersensibilidade onde a planta ativa seu mecanismo de defesa quando em contato com o patógeno.

Na reação de hipersensibilidade ocorre a produção de superóxido (O_2) e acumulação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em uma explosão oxidativa fazendo os “Reactive Oxygen Intermediates’ (ROIs)”, ou seja, espécies ativas de oxigênio (JONES e DANGL, 2006), que em conjunto com a elaboração de óxido nítrico (NO), desenvolvem um importante papel ativando estruturas de resistência à doenças em plantas e animais (DELLEDONNE et al., 2001). Buscando identificar a possibilidade de resistência múltipla, os genótipos que apresentaram o gene de resistência para o nematoide reniforme (*Rotylenchus reniformis*) também apresentaram resistência do tipo antibiose à lagarta *S. frugiperda*.

Rani e Pratyusha (2013), avaliaram a resposta de algodoeira à herbivoria de *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) onde foi possível observar uma grande quantidade das enzimas oxidativa superóxido dismutase, catalase, peroxidase em conjunto

com polifenol oxidase e fenilalanina amônia liase (PAL) nas plantas infestadas por essa praga. Esse tipo de resistência necessita de uma análise minuciosa, pois uma vez identificada pode ser útil na utilização para obter características para a resistência de plantas as pragas agrícolas.

Ao analisar o gene de resistência à doença azul reconheceu que a função molecular que contribui na resistência está envolvida na conjugação pós-translacional de arginina ao aspartato N-terminal ou glutamato de uma proteína. Esta arginilação é necessária para a degradação da proteína através da via da ubiquitina (UNIPROT, 2019b). A ubiquitina sinaliza as proteínas indesejadas e, assim, as degradadas por um complexo multiproteico denominado proteassoma, possui funções importante para a regulação de processos biológicos (CASTRO, 2019).

As proteínas Argonaute (AGO) são responsáveis pelo mecanismo de silenciamento de RNA (FUSARO et al., 2012; BORTOLAMIOL et al., 2007; CSORBA et al., 2010), onde ocorre o controle da infecção. O silenciamento de RNA nas plantas é provocado por RNAs de cadeia dupla (dsRNAs), sendo processadas por enzimas Dicer em pequenos RNAs (BOLOGNA e VOINNET, 2014). Estes RNA menores proveniente do vírus (siRNAs) produzidos durante as infecções são enganados por AGO possuindo complexos silenciadores induzidos por RNA (RISC) e utilizados pela maquinaria para degenerar as sequências genômicas e subgenômicas virais (dsRNA), sendo muito importante no mecanismo de defesa antiviral (INCARBONE e DUNOYER, 2013).

O uso do método de RNA de interferência (RNAi), decorrente da disponibilização de RNA dupla fita (dsRNA) com sequência homóloga para um gene alvo do inseto provocando o silenciamento gênico, tem demonstrado ser um grande potencial no controle de pragas agrícolas (BARDELLA, 2015). Assim, podendo ser utilizado esse mecanismo no controle da lagarta *S. frugiperda* na cultura do algodão necessitando maior aprimoramento e estudo para aplicação desta característica de resistência da planta ao inseto.

Os genótipos que apresentaram esse gene de resistência foram PI0440, PI0467, BRS BURITI, BRS CEDRO e PI0416, apresentando também, resistência do tipo antibiose as lagartas de *S. frugiperda*.

Todos esses genótipos também apresentaram resistência em relação a lagarta *S. frugiperda* no teste de antibiose, relação que pode indicar que um ou a combinação dos genes que conferem resistência a doença azul e ao nematoide reniforme podem estar envolvidos em processos que ocasione a resistência a lagarta. Todavia, esses resultados demonstram que a

espécie de algodoeiro mocó apresenta fontes múltiplas de resistência a diferentes pragas que atacam o algodoeiro comercial.

4.6. CONCLUSÃO

Os genótipos apresentaram resistência do tipo antibiose a *Spodoptera frugiperda*, apresentando alta mortalidade inicial e baixa viabilidade, permitindo finalizar o ciclo apenas algumas lagartas alimentadas em PI0433, BA0502, BA05101, MA0407, MA0418, BRS BURITI, BRS CEDRO e IAC 25.

Com a utilização dos *primers* foi possível observar a presença de resistência das plantas a doença azul e ao nematoide reniforme no algodoeiro, características de resistências que também podem contribuir na resistência à lagarta *S. frugiperda*, necessitando de estudos mais aprofundados para utilização dessa tecnologia nos cultivos agrícolas.

4.7. REFERÊNCIAS

- ALI, A.; LUTTRELL R.G. Survival of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuide) immatures on cotton. **Flórida Entomologist**, 73: 459-465. 1990.
- ALI, A.; LUTTREL, R. G.; PITRE, H. N.; DAVIS, F.M. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. **Environmental Entomology**, v. 18, n.5, p. 881-885, 1989.
- BARDELLA, D. Z. **Silenciamento gênico via RNai visando o controle da broca da cana-de-açúcar (*Diatraea saccharalis*)**. Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção de Mestre em Ciências. Universidade de São Paulo. P. 20, 2015.
- BARROS, E.M.; TORRES J.B.; RUBERSON J.R.; OLIVEIRA, M.D. Development of *Spodoptera frugiperda* on different hosts and damage to reproductive structures in cotton. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 137: 237-245. 2010.
- BASTOS, E.M.; TORRES, J.B.; BUENO, A.F. Oviposicao, Desenvolvimento e Reprodução de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros de importância econômica. **Neotropical Entomology**, v.39, n.6, p.996- 1001, 2010.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, B. H. S.; BOTTEGA, D. B.; RODRIGUES, N. E. L.; COSTA, E. N.; RIBEIRO, Z. A. **Resistência de plantas e produtos naturais no controle de pragas em culturas agrícolas**. In: BUSOLI, A. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; KUBOTA, M. M.; COSTA, E. N.; SANTOS, L. A. O.; NETTO, J. C.; VIANA, M. A. (Ed.). Tópicos em entomologia agrícola – V Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda.. p. 139-158. 2012.
- BOIÇA JÚNIOR, A. L.; BOTTEGA, D. B.; SOUZA, B. H. S.; RODRIGUES, N. E. L.; MICHELIN, V. **Determination of the resistance types to *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) in soybean genotypes**. Semana: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 2, p. 607-618, 2015.
- BOLOGNA NG, VOINNET O. The diversity, biogenesis, and activities of endogenous silencing small RNAs in Arabidopsis. **Annual Review of Plant Biology**, 65:473–503. 2014.
- BORTOLAMIOL D, PAZHOUHANDEH M, MARROCCO K, GENSHIK P, ZIEGLER-GRAFF V. The Plovervirus F box protein P0 targets ARGONAUTE1 to suppress RNA silencing. **Current Biology**, 17:1615–21. 2007.
- CAIXETA, E.T.; OLIVEIRA, A.C.B.; BRITO, G.G. **Tipos de marcadores moleculares**. In: Borém A, Caixeta, ET (eds) Marcadores moleculares, 2nd ed. Folha de Viçosa, Viçosa, MG. p 11–93. 2009.
- CAMPOS, Z. R.. **Resistência de variedades de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. Tese de Doutorado- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal- SP. 2008.

CASSETARI NETO, D.; MESQUITA, D.; SANTOS, E.N.; ZAMBENEDETTI, E.B.; LEITE, J.J.; VALCANAIÁ, E.; ARAUJO, D.V.; ANDRADE J.R.; AVILA, W.P.; CAYE, S.; ARNHOLD, D. **Avaliação de genótipos de algodão quanto à reação às principais doenças no Mato Grosso**. In: Congresso Brasileiro de Algodão, 3., Campo Grande. Resumos. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p. 531-533, 2001.

CASTRO, F. **Sinalizador celular**. Agência FAPESP. 2008. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/sinalizador-celular/8356/>> acesso em abril de 2019.

CSORBA T, LOZSA R, HUTVAGNER G, BURGYAN J. Polerovirus protein P0 prevents the assembly of small RNA-containing RISC complexes and leads to degradation of ARGONAUTE1. **Plant Journal**, 62:463–72. 2010.

DEGRANDE, P. E. Manejo Integrado de pragas do algodoeiro. In: EMBRAPA, Centro de Pesquisas Agropecuárias do Oeste (Dourados, MS). **Algodão: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA (EMBRAPA-CPAO. Circular Técnica, 7), 1998, p. 154-191. 1998.

DELLEDONNE M, ZEIER J, MAROCCO A, LAMB C. **Signal interactions between nitric oxide and reactive oxygen intermediates in the plant hypersensitive disease resistance response**. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 98(23):13454-13459. 2001.

DIGHE, N. D.; ROBINSON, A. F.; BELL, A. A.; MENZ, M. A.; CANTRELL, R. G.; STELLY, D. M. Linkage mapping of resistance to reniform nematode in cotton following introgression from *Gossypium longicalyx*. **Crop Science**, 49:1151-1164, 2009.

DOYLE J.J, DOYLE J.L. **Isolation of plant DNA from fresh tissue**. Focus 12: 13-15. 1990.

FANG, D. D.; XIAO, J.; CANCI, P. C.; CANTRELL, R. G. A new SNP haplotype associated with blue disease resistance gene in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Theoretical and Applied Genetics**, n. 120, p. 943-953, 2010.

FERNANDES, M. G.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 8, n. 3, p. 203-211, 2002.

FUSARO AF, CORREA RL, NAKASUGI K, JACKSON C, KAWCHUK L, VASLIN MFS. The Enamovirus P0 protein is a silencing suppressor which inhibits local and systemic RNA silencing through AGO1 degradation. **Virology**. 426:178–87. 2012.

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

GUITIÉRREZ, O.A.; JENKINS, J.N.; MCCARTY, J.C.; WUBBEN, M.J.; HAYESN, R.W.; CALLAHAN, F.E.. SSR markers closely associated with genes for resistance to root-knot nematode on chromosomes 11 and 14 of Upland cotton. **Theoretical and Applied Genetics**,

121: 1323-37. 2010.

INCARBONE M, DUNOYER P. RNA silencing and its suppression: Novel insights from in planta analyses. **Trends Plant Science**, 18:382–92. 2013.

JESUS, F.G.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; ALVES, G.C.S.; BUSOLI, A.C.; ZANUNCIO, J.C. Resistance of cotton varieties to *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología**, 40 (2): 156-161. 2014.

JONES, J.D.G.; DANGL J.L. The plant immune system. **Nature**, 444(7117):323–329. 2006.

KASTEN, JR., P.; PRECETTI, A. A. C. M.; PARRA, J. R. P. Dados biológicos comparativos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em duas dietas artificiais e substrato natural. **Revista de Agricultura**, v. 53, p. 68-78, 1978.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone. 336p. 1991.

LANZA, M.A. et al. **Comportamento de cultivares de algodão quanto à resistência à viroses**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., Ribeirão Preto, 1999. *Anais...* Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p.428-430. 1999.

MENEZES, I.P.P.; GAIOTTO, F.A.; SUASSUNA, N.D., HOFFMANN, L.V.; BARROSO, P.A.V.. Susceptibility of *Gossypium mustelinum* Populations to the Main Cotton Diseases in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 3; 2014.

MIRANDA, J.E.. **Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros**. Circular Técnica 131. ISSN 0100-6460. Embrapa Campina Grande-PB. 2010.

MIRANDA, J. E.; FERREIRA, A. C. B. Contra-ataque. **Caderno Técnico Cultivar**, Pelotas, p. 7-10, 2005.

MONTANDON R.; STIPANOVIC R.D; WILLIAMS H.J; STERLING, W.L; VINSON S.B.. Nutritional indices and excretion of gossypol by *Alabama argillacea* (Hubner) and *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) fed glanded and glandless cotyledonary cotton leaves. **Journal of Economic Entomology**, 80: 32-36. 1987.

MORENO, D. B.; BOIÇA JUNIOR, A. L. JESUS, F. G.; JANINI, J. C. Resistência de cultivares de algodoeiro a *Spodoptera frugiperda* (J.E SMITH, 1797) (Lepidoptera:Noctuidae). **Revista de Agricultura**, v.84, p.214-224, 2008.

MULLINS, W.; PIETERS, E. P. Effect of resistant and susceptible cotton strains on larval size, development time, and survival of the tobacco budworm. **Environmental Entomology**, Lanham, v.11, p.363-366, 1982.

OLIVEIRA, E.J.; PÁDUA, J.G.; ZUCCHI, M.I.; VENCOVSKY, R.; VIEIRA, M.L.C. Origin, evolution and genome distribution of microsatellites. **Genetics and Molecular Biology**, v.29, n. 2, p.294-307, 2006.

PAINTER, R.H. **Insect resistance in crop plants**. New York: McMillian, p.520, 1951.

PECHAN, T.; YE, L.; CHANG, Y.; MITRA, A.; LIN, L.; DAVIS, F.M.; WILLIAMS, W.P.; LUTHE, D.S.. A unique 33-kD cysteine proteinase accumulates in response to larval feeding in maize genotypes resistant to fall armyworm and other Lepidoptera. **Plant Cell**, 12: 1031-1040. 2000.

PECHAN, T.; COHEN, A.; WILLIAMS, W.P.; LUTHE, D.S.. Insect feeding mobilizes a unique plant defense protease that disrupts the peritrophic matrix of caterpillars. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 99: 13319-13323. 2002.

R Development Core Team R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2017.

RANI, P. U.; PRATYUSHA, S. Defensive role of *Gossypium hirsutum* L. anti-oxidative enzymes and phenolic acids in response to *Spodoptera litura* F. feeding. *Journal of Asia Pacific Entomology*, v. 16, p. 131-136, 2013.

RICK, C.M.; FOBES, J.F. Association of an allozyme with nematode resistance. **Reporter Tomato Genetic**, v.25, p.25-27, 1974.

SANTOS, T. M.; BOIÇA JÚNIOR, A. L. Resistência de genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) a *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.30, p.297-303, 2001.

SANTOS, W. J. Identificação, biologia, amostragem e controle das pragas do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia e produção**. EMBRAPA-CPAO. Dourados. 296p. 2001.

SANTOS, W. J.; SANTOS, K. B.; SANTOS, R. B. **Ocorrência, descrição e hábitos de *Spodoptera* spp. em algodoeiro no Brasil**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4., 2003, Goiânia. Anais... Goiânia: [s.n.], 2003. 1 CD-ROM.

SCRIBER, J. M.; SLANSKY JR., F. The nutritional ecology of immature insects. **Annual Review of Entomology**, 26: 183-211. 1981.

SEIFI A, VISSER R. G. F.; YULING B. A. I. How to effectively deploy plant resistances to pests and pathogens in crop breeding. **Euphytica**, v. 190, p. 321-334, 2013.

SHEN, X. et al. QTL mapping for resistance to root-knot nematodes in the M-120 RNR Upland cotton line (*Gossypium hirsutum* L.) of the Auburn 623 RNR source. **Theoretical and Applied Genetics**, n. 113, p. 1539-1549, 2006.

SILVEIRA, L. C. P.; VENDRAMIM, J. D.; ROSSETTO, C. J. Efeito de genótipos de milho no desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, p. 291-298, 1997.

SLANSKY, F. JR.; SCRIBER, J. M. Food consumption and utilization, pp. 87-163. In G. A. Kerkut and L. I. Gilbert (eds.), *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*. Pergamon, Oxford, USA. 1985.

SLANSKY, F. J.R.. Insect nutritional ecology as a basis for studying host plant 606 resistance. *Florida Entomologist*. 73: 359-378. 1990.

STATISTICAL CONSULTING AND SOFTWARE (STATCON) (2010). **Table curve 2d**. Version 5.01 . Accessed on 2010.

STIPANOVIC, R.D; LOPEZ JR, J.D; DOWD, M.K; PUCKHABER, L.S; DUKE, S.E. Effect of racemic and (+) and (-) gossypol on the survival and development of *Helicoverpa zea* larvae. *Journal of Chemical Ecology*, 32: 959-968. 2006.

UNIPROT. **Oxirreductase**. Disponível em: <<https://www.uniprot.org/keywords/KW-0560>> acesso em 06 de abril de 2019a.

UNIPROT. **Arginyl-Trna-protein transferase**. Disponível em: <<https://www.uniprot.org/uniprot/A0A1U8LXM1>> acesso em 06 de abril de 2019b.

XIAO. J. et al. A SNP haplotype associated with a gene resistant to *Xanthomonas axonopodis* pv. Malvacearum in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Molecular Breeding*, v. 25, p. 593-602, 2010.

WALDBAUER, G. P. The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*. 5: 229-288. 1968.

WAR, A. R.; PAULRAJ, M. G.; AHMAD, T.; BUHROO, A. A.; HUSSAIN, B.; IGNACIMUTHU, S.; SHARMA, H. C. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling e Behavior*, v. 7, p. 1306-1320, 2012.

WILLIAMS, W. P.; DAVIS, F. M.; WISEMAN, B. R. Fall armyworm resistance in corn and its supression of larval survivor and growth. *Agronomy Journal*, v. 75, p. 831-832, 1983.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de plantas resistente à inseto é uma tática muito importante dentro do manejo integrado de pragas, pois além de reduzir a população de insetos-pragas contribui na manutenção e sobrevivência de inimigos naturais presentes no ambiente e reduz, também, a quantidade de inseticidas aplicados na cultura, reduzindo a poluição ambiental.

Nos 27 genótipos, observa-se a presença de mecanismos de defesa que contribuiu no controle e mortalidade da lagarta *Spodoptera frugiperda*, praga que tem se tornado problema no cultivo de algodão devido ao plantio consecutivo de milho e/ou soja.

Os genótipos PI0440 e CE0467 apresentaram resistência do tipo antixenose, não sendo atrativas as lagartas de *Spodoptera frugiperda* no teste de atratividade sem chance de escolha. Já no teste de atratividade com chance de escolha, os genótipos PI0416, BA0512 e MA0425 apresentaram resistência do tipo não preferência. Genótipos que podem ser estudados, buscando características que contribuem no melhoramento genético de novas cultivares que podem ser lançadas no mercado futuramente, sendo utilizadas pelos agricultores.

No teste de antibiose os genótipos, em geral, causaram grande mortalidade das lagartas de *Spodoptera frugiperda* podendo ser levado em consideração para estudos mais aprofundados, como análises químicas que poderá contribuir na explicação dos mecanismos de defesa do algodoeiro.

Apesar das cultivares IAC 25, BRS CEDRO e BRS BURITI serem mais atrativos no teste de antixenose, nos testes de parâmetros nutricionais foi possível analisar que as lagartas de *S. frugiperda* não tiveram boa assimilação do alimento ingerido, podendo dizer então, que no geral, todos os genótipos analisados possuem características que podem contribuir no melhoramento genético, uns destacando sobre os demais como o genótipo PI0416 que apresentou no agrupamento hierárquico ser altamente resistente no teste de antixenose.

Com os avanços na tecnologia, o uso de marcadores de microssatélites tem ganhando bastante destaque entre os pesquisadores. Pensando no Manejo Integrado de Pragas o uso de marcadores moleculares é uma ferramenta que contribuirá na redução de inseticidas, manutenção de inimigos naturais e controle da praga, assim, faz necessário estudos complementares para desenvolvimento desta tecnologia.