

SILVANA MARÍA OROZCO RESTREPO

**DESEMPENHO POPULACIONAL DA CIGARRINHA-DAS-RAÍZES EM  
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR RESISTENTES E SUSCEPTÍVEIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS- BRASIL  
2015

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

O74d  
2015  
Orozco Restrepo, Silvana María, 1989-  
Desempenho populacional da cigarrinha-das-raízes em  
genótipos de cana-de-açúcar resistentes e suscetíveis / Silvana  
María Orozco Restrepo. – Viçosa, MG, 2015.  
vi, 29f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f. 22-29.

1. Cigarrinha-das-raízes - Dinâmica populacional.  
2. Cigarrinha-das-raízes - Sobrevivência. 3. Cana-de-açúcar -  
Resistência a doenças e pragas . I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação  
em Fitotecnia. II. Título.

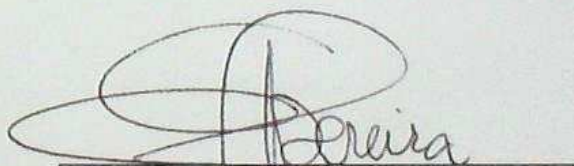
CDD 22. ed.

SILVANA MARÍA OROZCO RESTREPO

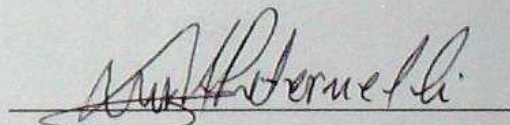
**DESEMPENHO POPULACIONAL DA CIGARRINHA-DAS-RAÍZES EM  
GENÓTIPOS DE CANA-DE-AÇÚCAR RESISTENTES E SUSCEPTÍVEIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

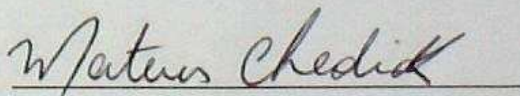
APROVADA: 23 de fevereiro de 2015.



Eliseu José Guedes Pereira  
(Coorientador)



Luiz Alexandre Peternelli  
(Coorientador)



Mateus Chediak



Felipe Lopes da Silva  
(Presidente da Banca)

*A mis padres Alba Ines Restrepo y Alberto  
Orozco por su esfuerzo y dedicación.*

*Agradezco*

*A mi querido primo que desde el cielo  
ilumina mis pasos y mi camino.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me guiar e me iluminar em todos os momentos da minha vida.

À minha família, meus pais Alba e Alberto e meus irmãos, pelo apoio, dedicação, por serem minha fortaleza.

À Universidade Federal de Viçosa e ao programa de pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Márcio Henrique Pereira Barbosa, pela orientação, ensinamentos e pela credibilidade em mim depositada.

Aos colegas Bruno, Guilherme, Vinicius, Natalia e Vânia pela ajuda nas diferentes etapas deste trabalho.

À toda equipe do CECA por toda a contribuição na realização deste trabalho.

Aos professores Eliseu José Pereira Guedes e Luiz Alexandre Peternelli por todo o apoio, paciência e conhecimentos passados.

Ao professor Felipe Lopes da Silva, pela compreensão e apoio nessa etapa final.

A todos os meus professores pelos conhecimentos compartilhados, por serem peças fundamentais da minha formação.

Aos meus amigos Guillo, Juan Pareja, Jorge M, Laura, Karen, Mafe, Daniel, Lucia, Nico e Dieguito pelo apoio e por todos os momentos alegres compartilhados.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1. Importância da cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar .....	2
2.2. Mudanças nas técnicas culturais e nos níveis populacionais da praga .....	3
2.3. Variedades resistentes no manejo da praga .....	4
2.4. Tabela de vida como ferramenta no estudo de resistência a <i>M. fimbriolata</i> para o melhoramento de cana-de-açúcar.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	7
3.1. Plantio do material e condições de crescimento .....	7
3.2. Obtenção da cohorte .....	7
3.3. Tabela de vida de fertilidade.....	8
3.4. Análises estatísticas .....	9
4. RESULTADOS .....	10
4.1. Interferência dos genótipos de cana-de-açúcar na sobrevivência de ninfas.....	10
4.2. Efeito dos genótipos de cana-de-açúcar na sobrevivência e longevidade dos adultos .....	11
4.3. Idade média de mortalidade e desenvolvimento nos estádios de ninfa e adulto .....	12
4.4. Taxa de reprodução .....	14
4.5. Diferenciação fisiológica dos ovos de <i>M. fimbriolata</i> obtidos em cada genótipo de cana-de-açúcar. ....	15
4.6 Estimativas dos parâmetros de tabela de vida para cada genótipo de cana-de-açúcar.....	17
5. DISCUSSÃO.....	19
6. CONCLUSÕES .....	22
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	22

## RESUMO

OROZCO RESTREPO, Silvana María, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2015. **Desempenho populacional da cigarrinha-das-raízes em genótipos de cana-de-açúcar resistentes e susceptíveis.** Orientador: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Coorientadores: Eliseu José Guedes Pereira e Luiz Alexandre Peternelli.

Com a proibição da queimada na colheita de cana-de-açúcar, a importância econômica da cigarrinha-das-raízes tem aumentado nesta cultura, causando perdas significativas na produção de álcool e açúcar. Trabalhos já realizados tem revelado a existência de variedades com características de resistência, porem não tem se explicado amplamente sua relação no desenvolvimento do inseto. Este trabalho analisou o desempenho populacional das cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) em diferentes genótipos de cana-de-açúcar. Foi avaliado o desenvolvimento da praga, a sobrevivência, a reprodução e a longevidade nos genótipos resistentes Kawandang e IM76-229, e nos genótipos suscetíveis SP81-3250 e SP86-1816. Cinquenta plantas de cada genótipo foram infestadas cada uma com três ninfas de primeiro instar, para um total de 150 insetos em cada tratamento. Foram feitas avaliações de mortalidade diariamente até aparição dos adultos. Os adultos foram transferidos para gaiolas individuais para a formação dos casais e posteriormente a obtenção e contagem de ovos para cada casal. Com os dados biológicos foram obtidos os valores para taxa líquida de reprodução, taxa de crescimento populacional e tempo de geração. Os dados de sobrevivência foram analisados mediante o método de Kaplan-Meier e as estimativas das variâncias dos parâmetros da tabela de vida de fertilidade pelo método de Jackknife. Os resultados mostraram uma alta mortalidade e paralelamente uma diminuição do tempo de desenvolvimento dos insetos alimentados com o genótipo IM76-229, o que indica que esta variedade possui características de resistência que limita o crescimento populacional nas seguintes gerações. Os genótipos Kawandang e SP80-1816 apresentaram taxas de crescimento moderadas permitindo um desenvolvimento controlado da praga. A variedade SP81-3250 apresentou uma interação positiva, beneficiando o desenvolvimento da cigarrinha e possibilitando o crescimento da população.

## **ABSTRACT**

OROZCO RESTREPO, Silvana María, M.Sc., Federal University of Viçosa, February, 2015. **Population performance of spittlebugs in resistance and susceptible sugarcane genotypes.** Advisor: Márcio Henrique Pereira Barbosa. Co-advisors: Eliseu José Guedes Pereira and Luiz Alexandre Peternelli.

With the prohibition of burning the sugarcane harvest, the economic importance of the spittlebugs has increased in this culture, causing significant losses in the production of ethanol and sugar. Previous work has revealed the existence of varieties with resistance characteristics, however has not fully explained the relationship in insect development. This study analyzed the performance of spittlebugs population (*Mahanarva fimbriolata*) in different genotypes of cane sugar. We evaluated the development of the pest, survival, reproduction and longevity in resistant genotypes Kawandang and IM76-229, and susceptible genotypes SP81-3250 and SP86-1816. Fifty individual plants were selected to each genotype. Each individual plant was infected with three instar I nymphs. So, each genotype had 150 nymphs total. Mortality assessments were made daily until appearance of adults. The adults were transferred to individual cages for the formation of couples and subsequently obtaining egg counts for each couple. With biological data were obtained values for net reproductive rate, population growth rate and generation time. Survival data were analyzed using the Kaplan-Meier and estimates of the variances and the parameters of fertility life table by the Jackknife method. The results showed a high mortality rate and a parallel decrease in the time of development of the insects fed IM76-229 genotype, indicating that this strain has strength characteristics limiting the population growth in the following generations. The Kawandang and SP80-1816 genotypes showed moderate growth rates allowing a controlled development of the pest. The SP81-3250 variety showed a positive interaction, benefiting the development of spittlebugs and enabling the growth of the population.



## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado mundialmente como o maior produtor de cana, destacando-se no âmbito das exportações de açúcar e na produção de etanol para o consumo interno. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a previsão do total de cana moída na safra 2014/15 é de 642,1 milhões de toneladas, representando uma queda de 2,5% em relação ao volume colhido na safra passada que foi de 658,8 milhões de toneladas (CONAB 2015). Embora, atualmente esta indústria representa altas expectativas de crescimento dentro da economia nacional promovendo maiores vantagens de competitividade dentro do setor produtivo.

Contudo, o incremento das áreas cultivadas de cana-de-açúcar por todo o território nacional e a modificação das práticas de cultivo, como foi a proibição da queima da palhada por ocasião da colheita, tem provocado mudanças no ambiente e incremento na população de alguns insetos, entre eles a cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*). Na atualidade, este inseto causa impactos negativos na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar utilizada como matéria-prima na indústria, reduzindo a produtividade e o teor de açúcar nos colmos e aumentando o conteúdo de fibra (Gonçalves et al. 2003). Segundo Penatti (2006), essas perdas causadas pelo ataque da cigarrinha-das-raízes podem representar de 15% a 80% na qualidade da matéria-prima e até 30% no teor de sacarose.

Nesse contexto, a utilização de variedades resistentes ou tolerantes a insetos tem sido uma alternativa eficaz para o controle de pragas na agricultura. O desenvolvimento dessas variedades pode ser otimizado com o conhecimento da resistência de plantas (Broekgaarden et al. 2011).

Estudos prévios já tem relatado a existência de diferentes níveis de resistência nos genótipos de cana-de-açúcar ao ataque da praga (Garcia et al., 2011; Dinardo-Miranda et al.,2014), conferindo maior importância ao desenvolvimento de variedades com resistência à cigarrinha e considerando-se como alternativa prioritária dos programas de melhoramento do Brasil para o controle eficiente e compatível com outras práticas de manejo e o meio ambiente.

Assim, uma ferramenta muito utilizada para avaliar a dinâmica populacional dos insetos é a tabela de vida biológica. As tabelas de vida são importantes para o estudo de

populações que avaliam o desenvolvimento e os padrões de sobrevivência e fertilidade dos insetos. Os métodos para construção, descrição e avaliação das populações podem ser encontrados em Southwood (1978) e Carrey (1993). As tabelas de vida representam uma maneira sintética de expressar, na forma numérica, as principais características da mortalidade específica por idade (Rabinovich, 1978) e é também, um relato simplificado da vida de uma população ao longo de uma geração (Price, 1997). Estas informações preliminares ajudam no entendimento dos fatores comportamentais do inseto e da planta visando subsidiar a obtenção e implementação de novas variedades com características de resistência à praga.

Dessa forma, este trabalho se propõe a avaliar mediante tabela de vida o desempenho populacional das cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) em genótipos de cana-de-açúcar resistentes e suscetíveis a esse inseto, esperando eficácia no controle da cigarrinha nos genótipos que foram classificados em estudos prévios como resistentes.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Importância da cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar**

Como ocorre com as culturas de importância econômica, a cana-de-açúcar é atacada por inúmeras pragas. Dentre elas, a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae) destaca-se por sua ampla distribuição pelo território nacional e pela gravidade de seus danos (Mendonça et al. 1996, Gallo et al. 2002, Dinardo-Miranda 2008). Atualmente, a cigarrinha é encontrada praticamente em todas as regiões canavieiras do Brasil, principalmente de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (Dinardo-Miranda 2008).

A cigarrinha ocasiona reduções na produtividade agrícola e de açúcares além de prejuízos nos processos industriais. Os danos, causados principalmente pelas formas jovens da praga ao sugar grandes quantidades de água e nutrientes das raízes da planta, podem ocasionar perdas superiores a 40% na produtividade de colmos. Em grandes populações, reduz o teor de açúcar nos colmos e eleva o teor de fibra. Os colmos mortos e secos diminuem a capacidade de moagem e os contaminantes relacionados, dificultam a recuperação de açúcar e inibem a fermentação, reduzindo os rendimentos industriais (Dinardo-Miranda 2008).

Além de *M. fimbriolata*, outras espécies de cigarrinhas são pragas de relevância econômica em gramíneas forrageiras e cana-de-açúcar (Thompson 2004). Assim, a cada ano com a estação chuvosa, milhões de hectares de pastagens suscetíveis no México, Costa Rica, Colômbia, Venezuela e Brasil, são fortemente danificadas por elevadas populações de cigarrinhas-das-pastagens dos gêneros *Aeneolamia*, *Deois*, *Prosapia*, *Notozulia* e *Zulia*, associados a gramíneas forrageiras (Valério et al. 2001). Originalmente, estas se alimentavam de uma extensa variedade de pastagens nativas e exibiam sempre baixas densidades populacionais. Após a introdução de pastagens exóticas, principalmente de espécies do gênero *Brachiaria* (Poaceae) da África, as populações de cigarrinhas atingiram níveis endêmicos nas pastagens cultivadas com as espécies de gramíneas introduzidas (Pires et al. 2000).

Atualmente, pela magnitude de seus prejuízos, as cigarrinhas são consideradas uma das principais causas da degradação de pastagens (Valério et al. 2001, Holmann and Peck 2001, Miles et al. 2004). Inclusive a *M. fimbriolata*, associada predominantemente com a cana-de-açúcar, tem sido registrada ocasionando danos de importância em pastagens de capim-braquiaria no Centro-Oeste do Brasil (Valério 2006).

Já sobre cana-de-açúcar, as cigarrinhas são praga de importância na maioria das regiões canavieiras do Caribe, Centro e Sul da América (Fewkes 1969, Peck 2001). Recentemente na Colômbia, pela primeira vez registraram-se prejuízos em cana-de-açúcar causados pela *Aeneolamia varia* (F.), espécie de cigarrinha associada majoritariamente com pastagens (Gómez 2007). A migração de pastagens vizinhas e o aumento da área de cana colhida mecanicamente com a crescente proibição de queima para o corte, explicam o surto desse inseto.

## **2.2. Mudanças nas técnicas culturais e nos níveis populacionais da praga**

O manejo da cultura, o clima e a planta hospedeira são os fatores de maior influência na dinâmica populacional da cigarrinha (Garcia, 2006). Assim, no estado de São Paulo ela tornou-se uma praga relevante a partir do final da década de 1990, quando incrementaram-se as áreas de colheita de cana crua. Nesse sistema, o acúmulo de palha contribui para manter a umidade do solo, favorecendo o crescimento populacional do inseto. Além disso, a despalha de cana a fogo, antes da colheita, contribuía para destruir parte dos ovos depositados no solo e na palhada (Dinardo-Miranda 2008). Ambientes quentes e úmidos favorecem o desenvolvimento da cigarrinha, que no campo

distribuem-se de forma agregada (Dinardo-Miranda et al. 2007). Contudo, as principais variações na curva de flutuação populacional ocorrem em função do regime de chuvas. Em locais ou anos mais úmidos, o período de ocorrência da praga estende-se ligeiramente. Por outro lado, sob estresse hídrico, as populações diminuem, voltando a crescer com o aumento da umidade do solo (Mendonça et al. 1996, Dinardo-Miranda 2008).

Embora as infestações de cigarrinha sigam a mesma tendência de crescimento e declínio em todas as variedades, se cultivadas em um só local, os níveis populacionais variam grandemente em função da hospedabilidade à praga (Dinardo-Miranda et al., 2007), havendo variedades mais preferidas a outras. Altas infestações em cana planta e soqueiras de cana queimada são também devidas à vizinhança da cultura com vastas áreas de pastagens, cujos capins são hospedeiros da praga (Dinardo-Miranda 2008). Assim, a presença de recursos alimentares, como campos de cultivos de cana-de-açúcar, para além da divisa da pastagem, é um dos fatores determinantes dos movimentos migratórios de populações de cigarrinhas (Sujii et al. 2000).

### **2.3. Variedades resistentes no manejo da praga**

Para uma praga como esta que ao atacar gramíneas forrageiras afeta imensas extensões, sem dúvida a diversificação e renovação de pastagens com cultivares resistentes é o método de controle mais adequado e a base para o manejo da praga (Valério et al. 2001, Gallo et al. 2002). A resistência encontrada na cultivar Marandu, por se tratar do tipo antibiose, prejudica o crescimento e desenvolvimento das cigarrinhas, ocasionando a morte e dificuldades na reprodução dos insetos. Portanto, as populações da praga não atingem níveis de dano econômico e a pastagem não é danificada. Assim, a resistência às cigarrinhas se caracteriza como uma das principais características procuradas dos programas em andamento de melhoramento genético de *Brachiaria* spp. (Miles et al. 2004). Originalmente, contava-se somente com o capim-braquiarião como fonte de resistência às cigarrinhas. Entretanto, dado a importância da praga e perspectivas futuras de continuar obtendo eficiência com a resistência de plantas a esta importante praga, tem sido necessário a coleta de novos genótipos na África, que é o centro de origem da *Brachiaria* spp., para acrescentar ao banco de germoplasma (Keller-Grein et al. 1996).

A partir da identificação de novas fontes de resistência em acessos de *B. brizantha* (Lapointe et al. 1992), grandes avanços tem sido atingidos nas técnicas de avaliação de genótipos por resistência (Sotelo et al. 2008, Lopez et al. 2009), na obtenção de resistência a múltiplas espécies (Cardona et al. 2004, Castro et al. 2007, Pabón et al. 2007, Valério et al. 2008) e nas estratégias de melhoramento genético (Miles et al. 2004, Miles et al. 2006).

Contrário ao esperado, o controle por resistência de cultivares tem sido pouco explorado para o manejo das cigarrinhas em cana-de-açúcar (Mendonça et al. 1996, Dinardo-Miranda 2008). No Brasil, devido à reconhecida eficácia do controle biológico com o fungo *Metarhizium anisopliae* (Mendonça et al. 1996, Dinardo-Miranda et al. 2004b, Loureiro et al. 2005) e do controle químico (Dinardo-Miranda et al. 2004a, Dinardo-Miranda et al. 2006), historicamente tem gerado menor interesse nas pesquisas de procura de variedades resistentes.

Neste sentido, os primeiros estudos foram desenvolvidos em campo por Dinardo-Miranda et al. (2001), mesmo sabendo que a distribuição do tipo agregada do inseto nestas condições podem afetar os resultados da interação praga-genótipo.

Com a disponibilidade de populações do inseto de origem e idade conhecida, sendo esses obtidos por meio de uma nova metodologia de criação massal (Garcia et al. 2007), superou-se o problema da estacionalidade e das épocas de carência do inseto em campo. Com isso, tornou-se possível a avaliação para resistência de genótipos de cana em casa de vegetação (Garcia 2006, Guimarães et al. 2007). Atualmente os dados experimentais e de áreas comerciais mostram que quase a totalidade daquelas variedades cultivadas comercialmente são atacadas pela praga e sofrem reduções na sua produtividade e na sua qualidade tecnológica. No entanto, as variedades como IACSP96-7586, IACSP96-2008, SP83-5073, entre outras, apresentam certas características de resistência à cigarrinha, o que hoje em dia, torna o uso de variedades resistentes uma ferramenta de difícil utilização em larga escala devido à escassez de material comercial com essa característica (Pinto et al. 2006, Dinardo-Miranda 2008).

Contudo do ponto de vista econômico e ambiental, o uso de variedades resistentes é o método mais adequado para reduzir os danos causados pela cigarrinha (Dinardo-Miranda 2008), além de ser compatível com os métodos de controle biológico, que são a base para o manejo das outras pragas que afetam a cultura cana-de-açúcar no Brasil,

como no caso da broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) (Gallo et al. 2002). Desta forma, o desenvolvimento de variedades com resistência à cigarrinha-das-raízes é considerado um objetivo importante a desenvolver pelos programas de melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil (Matsuoka et al. 2005, Barbosa et al. 2007).

Historicamente, o melhoramento genético já tem feito numerosas e valiosas contribuições à proteção e sanidade vegetal da cana-de-açúcar, isto mediante a obtenção de resistência às doenças que afetam a cultura no país. Dentre os programas em andamento de melhoramento genético da cana-de-açúcar no Brasil, destaca-se a Rede Interinstitucional para Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro-RIDESA ([www.ridesa.com.br](http://www.ridesa.com.br)), criada em 1991 após a incorporação pelas universidades federais (UFRPE, UFAL, UFRRJ, UFV, UFSCar, UFPR, UFS) do acervo técnico e patrimonial do extinto PLANALSUCAR que era vinculado ao Instituto do Açúcar e do Alcool. Estas universidades em colaboração com a iniciativa privada do setor sucroalcooleiro tem desenvolvido de forma cooperativa, variedades de cana-de-açúcar em nível nacional. O programa de Melhoramento Genético da Cana-de-açúcar da Universidade Federal de Viçosa-PMGCA/UFV ([www.canaufv.com.br](http://www.canaufv.com.br)), faz parte ativa desta rede. Desde 2007 a UFV tem-se dedicado ao desenvolvimento de um protocolo para identificação de fontes de resistência a cigarrinha-das-raízes visando ao melhoramento genético desta cultura.

#### **2.4. Tabela de vida como ferramenta no estudo de resistência a *M. fimbriolata* para o melhoramento de cana-de-açúcar**

Visando fornecer subsídios que contribuam ao Programa de Melhoramento de cana-de-açúcar quanto à obtenção de fontes de resistência, são necessários estudos sobre os aspectos biológicos da cigarrinha-das-raízes. Em programas de manejo integrado de pragas, estudos de tabela de vida de fertilidade são de grande importância para a compreensão da dinâmica populacional de uma espécie, uma vez que permite uma visão integrada das características biológicas de uma população, sob condições ambientais adequadas (Garcia et al. 2006). Cada indivíduo na tabela de vida apresenta seu próprio desenvolvimento, longevidade e fecundidade, sendo tais fatores expressos em termos médios da população. Com isso, pode-se gerar informações que propiciem a maximização das estratégias de manejo de supressão populacional para essa praga.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Plantio do material e condições de crescimento**

Os genótipos de cana-de-açúcar avaliados foram obtidos do banco de germoplasma do PMGCA - UFV mantido no CECA cuja coleção compõe-se por mais de 500 acessos de diversos genótipos de *Saccharum*.

Esta etapa do projeto foi executada em uma casa de vegetação ventilada, localizada no Campo experimental Diogo Alves Melo da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados quatro genótipos de cana-de-açúcar, dois resistentes, IM76-229 e Kawandang, e dois suscetíveis, SP81-3250 e SP80-1816, à infestação pela cigarrinha-das-raízes (Pabón, 2012; Dinardo-Miranda et al., 2014). Os dois primeiros são acessos do banco de germoplasma sendo a IM76-229 da espécie *S. robustum* e o H. Kawandang classificado como *S. arundinaceum* (Syn: *Erianthus arundinaceus*) (Cheavegatti-Gianotto et al., 2011). Os genótipos SP81-3250 e SP80-1816 são cultivares comerciais utilizadas no Brasil.

Segmentos nodais contendo uma única gema desses genótipos foram germinados em bandejas plásticas preenchidas com substrato à base de vermiculita (Plantmax<sup>®</sup>). As bandejas foram irrigadas diariamente e mantidas na casa de vegetação (75% de umidade relativa, 25-27°C de temperatura) com fotoperíodo de 16 horas claro e 8 horas escuro. Após quatro semanas, as plântulas foram transplantadas para tubos de PVC (5,3 cm de diâmetro × 6,5 cm de comprimento) abertos em ambas extremidades. Em seguida, os tubos foram preenchidos com substrato à base de vermiculita (Plantmax<sup>®</sup>), fertilizados com ureia (5g/L) e colocados em bandejas pretas de poliestireno para a indução de enraizamento na parte basal de cada planta.

Essa metodologia possibilitou a criação de um ambiente ideal para a proliferação das raízes, que é o substrato utilizado pelas ninfas de *M. fimbriolata*. Cada tubo conteve uma planta e foi irrigado diariamente. Os tubos foram mantidos nas mesmas condições descritas acima.

#### **3.2. Obtenção da coorte**

Para iniciar a criação de *M. fimbriolata*, insetos adultos foram capturados, com auxílio de uma rede entomológica, na Estação Experimental do CECA (Centro de Pesquisa e Melhoramento da Cana-de-Açúcar), localizada em Oratórios-MG. Após a

coleta, os insetos foram transportados para a Casa de Vegetação, em gaiolas (30 cm de altura × 15 cm de diâmetro) moldadas em madeira e revestidas com tela, contendo no seu interior folhas de cana-de-açúcar, para alimentar e garantir a sobrevivência dos insetos durante o transporte.

Na casa de vegetação, os insetos de *M. fimbriolata* foram transferidos para gaiolas cilíndricas de plástico transparente (70 cm de altura × 5,45 cm de diâmetro), abertas em ambas as extremidades. Cada gaiola foi fixada sobre um tubo de PVC (5,3 cm de diâmetro × 6,5 cm de comprimento), contendo uma plântula de cana-de-açúcar. O ápice da gaiola foi coberto com uma tampa. Em cada gaiola foram mantidos dois machos e três fêmeas, que foram identificados com a descrição do padrão alar dos adultos e o exame externo da genitália. Para a obtenção das posturas foi utilizado um disco de algodão (5,3 cm de diâmetro), umedecido com água destilada, envolvendo toda a base da plântula. As gaiolas foram mantidas, em condições controladas de luz, temperatura e umidade (fotoperíodo: 16 horas, temperatura: 25°C ± 1 e umidade relativa 70% ± 10).

Os tubos de PVC contendo as plântulas e os discos de papel filtro foram trocados diariamente. Para retirar os ovos do algodão, os mesmos foram lavados em água corrente sobre uma peneira de malha grossa (± 1 mm de abertura) tendo, logo abaixo, uma peneira de malha fina (400 mesh de abertura), onde os ovos ficaram retidos. Os ovos remanescentes foram removidos com o auxílio de um pincel macio fino e transferidos para placa de petri (6 cm de diâmetro × 1,5 cm altura), forradas com papel filtro umedecido com água destilada. As placas de petri foram mantidas em uma câmara climatizada (fotoperíodo: 14 horas de luz e 10 horas de escuro, temperatura: 25°C ± 1 e umidade relativa 70% ± 10) até a obtenção das ninfas de primeiro instar, que posteriormente foram usadas para infestar as plantas.

### **3.3. Tabela de vida de fertilidade**

O experimento na fase de ninfa e adulto foi conduzido em casa de vegetação entre os meses de janeiro a junho e posteriormente as posturas de ovos colocadas em câmara de crescimento tipo BOD (modelo 347 CDG, FANEM, SP, Brasil) operando sob 25°C ± 1 de temperatura e fotoperíodo 14 horas de luz e 10 horas de escuro. Foram utilizadas como fonte de alimentação 50 plantas de cada genótipo com idade de 60 dias, sendo cada planta infestada com três ninfas de primeiro instar nascidas no mesmo dia, totalizando uma cohorte de 150 ninfas por genótipo de cana estudado. O nível de



infestação usado foi determinado por Pabón (2012), mediante o qual a planta consegue manter sua capacidade fotossintética e não ocasiona perdas significativas de matéria seca ao momento da exposição à praga. O ciclo de vida das ninfas da cigarrinha foi acompanhado nas plantas de cana diariamente.

A partir das ninfas sobreviventes, obtiveram-se adultos que foram colocados em gaiolas individuais formando casais que após sua cópula e postura proporcionou a avaliação da quantidade de ovos totais por fêmea.

Os estádios de desenvolvimento de *M. fimbriolata* e a sobrevivência ou mortalidade de ovos, ninfas e adultos foram monitorados diariamente. O experimento foi mantido até a morte de todos os indivíduos originados na primeira geração, sem substituição de insetos, caso houvesse morte durante alguma fase do experimento.

A diferenciação dos ovos foi realizada visualmente usando uma lupa (Stemi DV4) e classificados como eclodidos, em diapausa quando eles não eclodiram após 50 dias da sua postura (Garcia et al., 2006) e em inviáveis quando eles apresentaram uma coloração cinza ou preta. Posteriormente foi realizada a proporção de cada característica dentro do total de ovos obtidos em cada genótipo.

### **3.4. Análises estatísticas**

Os dados de sobrevivência de ninfas e adultos foram analisados usando o procedimento não paramétrico PROC LIFETEST do SAS, o qual utiliza o método de Kaplan-Meier para a estimativa das curvas de sobrevivência. Essas foram comparadas pelo teste de qui-quadrado ao nível de significância  $\alpha= 0,05$ . (Kaplan & Meier, 1958). A idade média de morte de ninfas e adultos nos diferentes genótipos de cana foi comparada usando o teste Least Significant Difference (LSD) ao nível de significância  $\alpha= 0,05$  usando os valores de média e erro padrão da distribuição de morte dos indivíduos obtidos do PROC LIFETEST do SAS analisados usando delineamento inteiramente casualizado. Os dados do tempo de desenvolvimento de ninfas e da fecundidade (número de ovos/fêmea) foram submetidos a análise de variância ANOVA usando o procedimento PROC GLM do SAS e as médias comparadas pelo teste LSD ao nível de significância  $\alpha= 0,05$ .

Para estimar os parâmetros relacionados com o potencial de crescimento da população em cada genótipo, foi assumido que a população tem um crescimento

exponencial descrito no modelo  $N_t = N_0 \times e^{r_m \times t}$ , em que  $N_t$  é o tamanho da população dentro do tempo  $t$ ;  $N_0$  é o tamanho inicial da população, e  $r_m$  é o parâmetro relacionado com a taxa de crescimento populacional referida como a taxa intrínseca de crescimento (Birch, 1948). O formato de tabela de vida foi usado para estudar as diferenças numéricas entre as populações de cigarrinha estabelecidas por cada genótipo de cana. Os parâmetros de crescimento populacional foram determinados segundo o descrito por Birch (1948) usando a programação SAS desenvolvida por Maia et al. (2000). A taxa intrínseca foi obtida mediante a iteração da equação Lotka (Birch, 1948):  $\sum e^{-rx} l_x m_x = 1$ , sendo  $x$  uma idade descrita ao longo do tempo,  $l_x$  é a sobrevivência na idade  $x$  e  $m_x$  como o número de fêmeas produzidas na descendência pelas fêmeas da população inicial na idade  $x$ . A taxa líquida reprodutiva  $R_0 = \sum (l_x m_x)$  e o intervalo de geração,  $T = \ln(R_0)/r$ .

As variâncias associadas com os parâmetros de crescimento populacional foram estimados pelo método de Jackknife (Meyers et al., 1986) usando a programação SAS desenvolvida por Maia et al. (2000). O programa permite determinar os intervalos de confiança para os parâmetros estimados e proporcionam pelo teste  $t$  comparações duplas ou múltiplas entre os grupos utilizando os respectivos  $P$  valores.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Interferência dos genótipos de cana-de-açúcar na sobrevivência de ninfas

A Figura 1 apresenta a curva de sobrevivência das ninfas de *M. fimbriolata* nos quatro genótipos estudados. Houve diferença significativa entre as curvas de sobrevivência ( $\chi^2=35.46$ ,  $DF=3$ ,  $\alpha=0.0001$ ). As probabilidades de sobrevivência de ninfas foram 0,55, 0,39, 0,42 e 0,20 nos genótipos SP81-3250, Kawandang, SP80-1816 e IM76-229 respectivamente. Os genótipos SP80-1816 e Kawandang mostraram semelhanças nas suas taxas de sobrevivência e uma tendência marcada de apresentar mortalidade principalmente ao começo da alimentação dos indivíduos.

Entretanto, nota-se que o genótipo IM76-229 causou alta mortalidade de indivíduos em idade jovem, refletindo posteriormente no tamanho da população adulta.

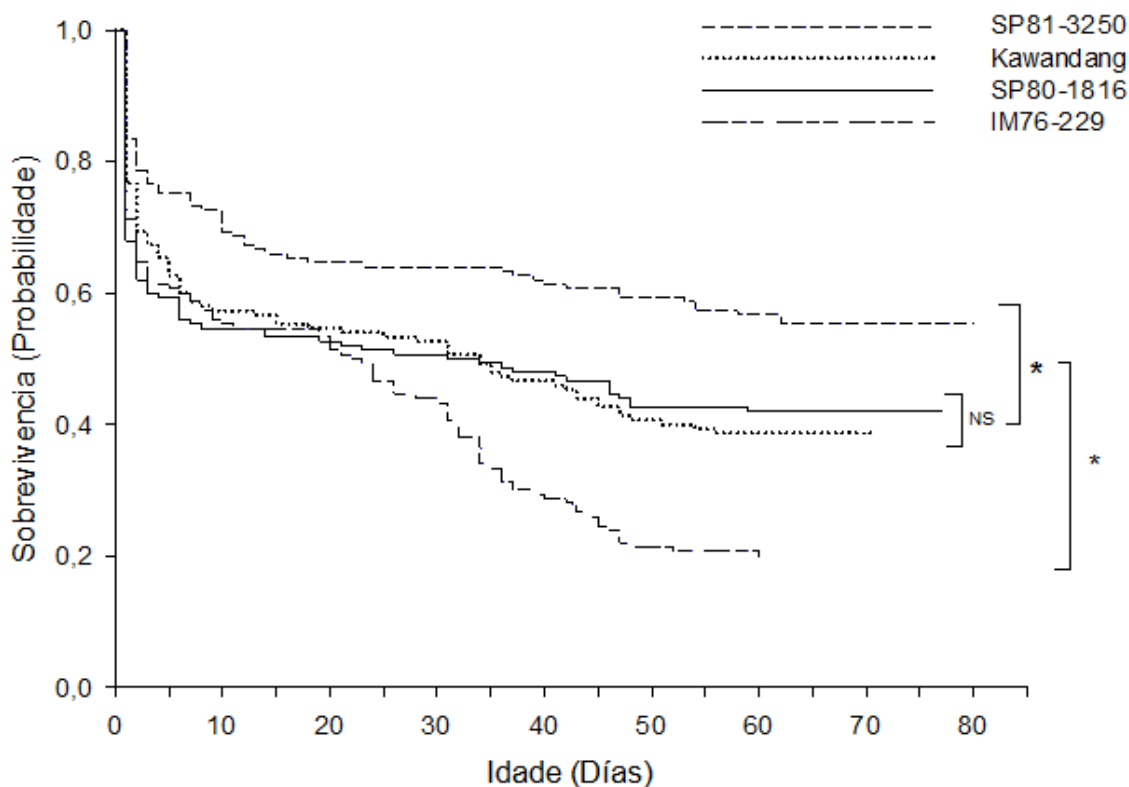


Figura 1. Curva de sobrevivência de ninfas de *M. fimbriolata* criadas em diferentes genótipos de cana de açúcar. Valores estimados pelo método de Kaplan-Meier. Houve diferença significativa entre os genótipos na sobrevivência de ninfas ( $\chi^2=35.46$ , DF=3,  $\alpha=0.0001$ ).

#### 4.2. Efeito dos genótipos de cana-de-açúcar na sobrevivência e longevidade dos adultos

Na fase adulta, dos indivíduos que sobreviveram em cada população inicial observou-se diferenças nas tendências de mortalidade ( $\chi^2=16.13$ , DF=3,  $P<0.001$ ) (Figura 2). Obteve-se sobrevivência de adultos até os 50 dias quando mantidos no genótipo SP81-3250. Os genótipos Kawandang e SP80-1816 causaram mortalidade dos indivíduos em idades de até 28 e 33 dias, respectivamente. Isso representa uma tendência de vida longa dos adultos criados em SP81-3250 e aumenta a possibilidade de acasalamento entre eles. O genótipo IM76-229 foi significativamente diferente aos genótipos anteriores. Neste, a idade de morte dos adultos foi de 15 dias, o que deve reduzir o período de acasalamento e reprodução e pode alterar futuramente o tamanho e sucesso das próximas gerações.

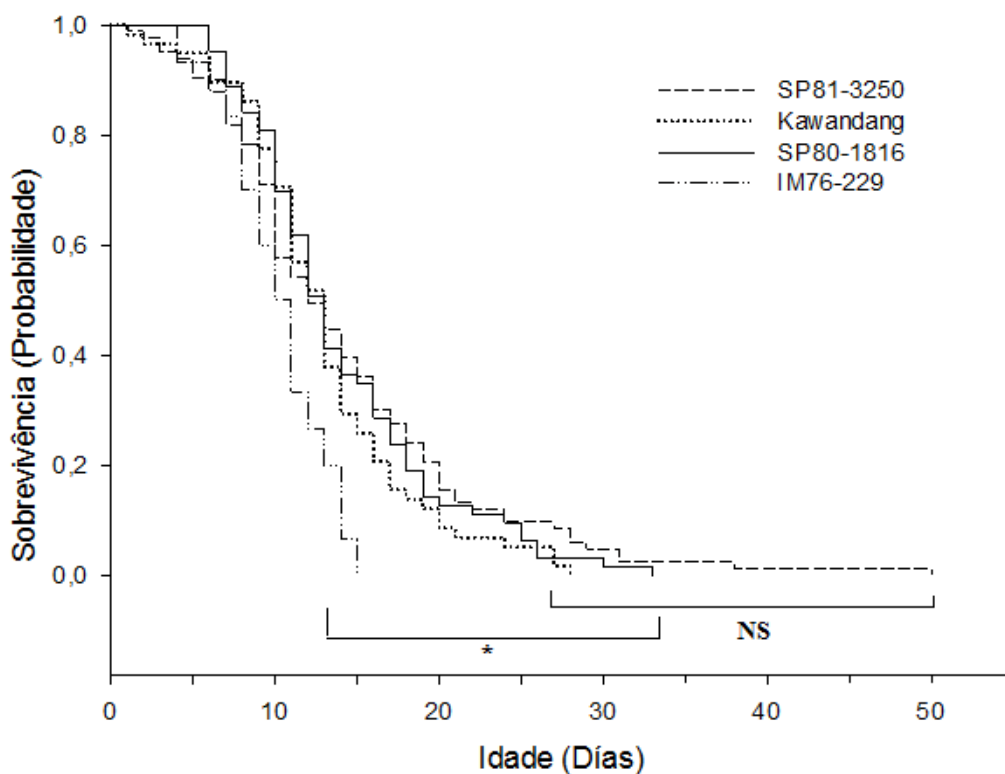


Figura 2. Curva de sobrevivência de adultos de *M. fimbriolata* criadas em diferentes genótipos de cana de açúcar. Valores estimados pelo método de Kaplan-Meier. Houve diferença significativa entre os genótipos na longevidade dos adultos ( $\chi^2=16.13$ , DF=3,  $\alpha=0.001$ ).

#### 4.3. Idade média de mortalidade e desenvolvimento nos estádios de ninfa e adulto

A duração média do tempo para morte de *M. fimbriolata* foi diferente entre os genótipos de cana-de-açúcar (Teste LSD,  $\alpha=0.05$ ). Observou-se que os insetos no genótipo SP81-3250 tiveram uma duração média de vida de 39.6 dias, postulando-se como a maior duração reportada entre todos os genótipos estudados. Entre os genótipos Kawandang e SP80-1816 não houve diferenças, mas eles diferiram do genótipo IM76-229 que apresentou o período de desenvolvimento das ninfas mais curto (Figura 3).

No caso do período transcorrido pelos adultos de *M. fimbriolata*, os três primeiros genótipos obtiveram os maiores tempos de desenvolvimento sem apresentar diferenças (Figura 3). Entretanto, o genótipo IM76-229, que foi diferente dos outros, apresentou uma duração média de vida de 10.27 dias, constatando mortalidade dos adultos com idade menor.

Enquanto quanto ao tempo de desenvolvimento das ninfas sobreviventes em cada genótipo, houve diferença significativa ( $F= 10.82$ ;  $DF= 3$ ;  $\alpha=0.05$ ) como se observa na Figura 4. Os genótipos SP80-1816 e IM-229 reduziram o período de ninfa, permitindo aos insetos chegar à fase adulta em menor tempo.

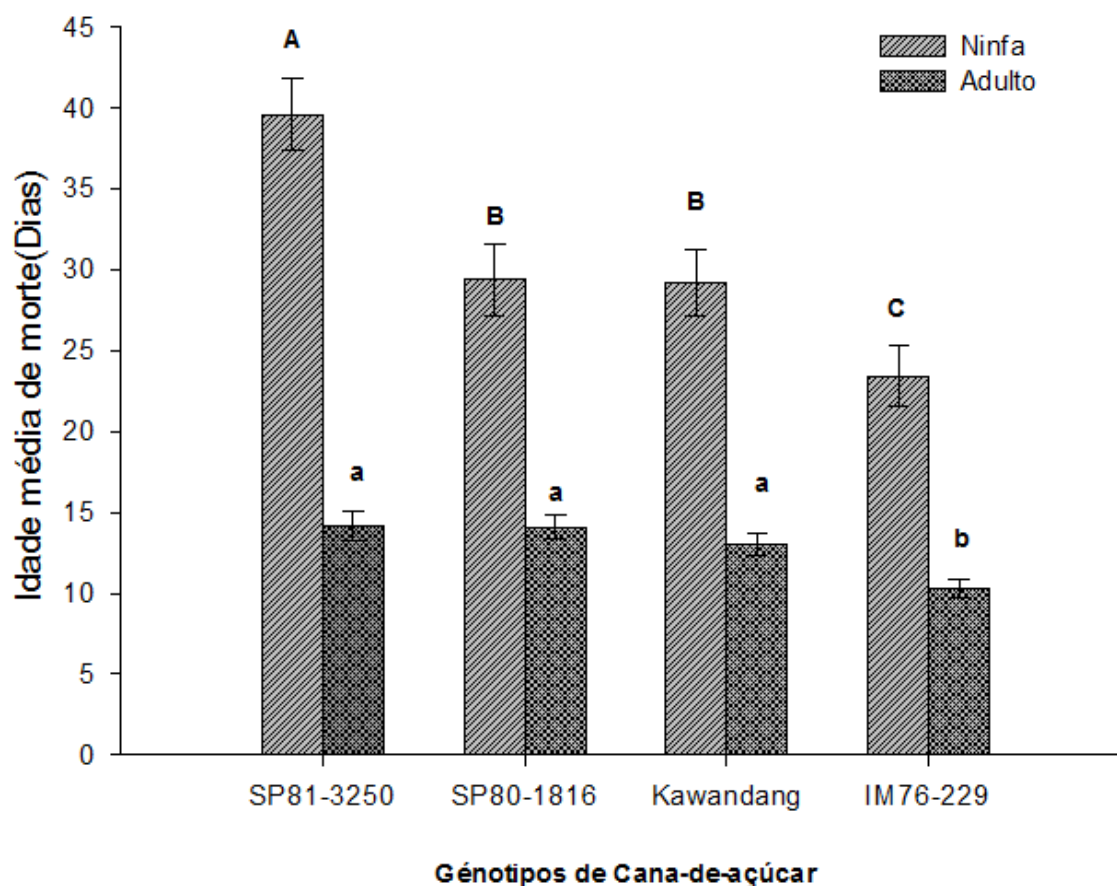


Figura 3. Tempo médio de mortalidade de ninfas e adultos de *M. fimbriolata* em quatro genótipos de cana de açúcar. Médias  $\pm$  E.P obtidas pelo procedimento Life-test do SAS. Barras da mesma cor e com mesma letra (maiúscula para ninfa e minúscula para adulto), não apresentam diferenças significativas pelo teste LSD ( $\alpha=0.05$ ).

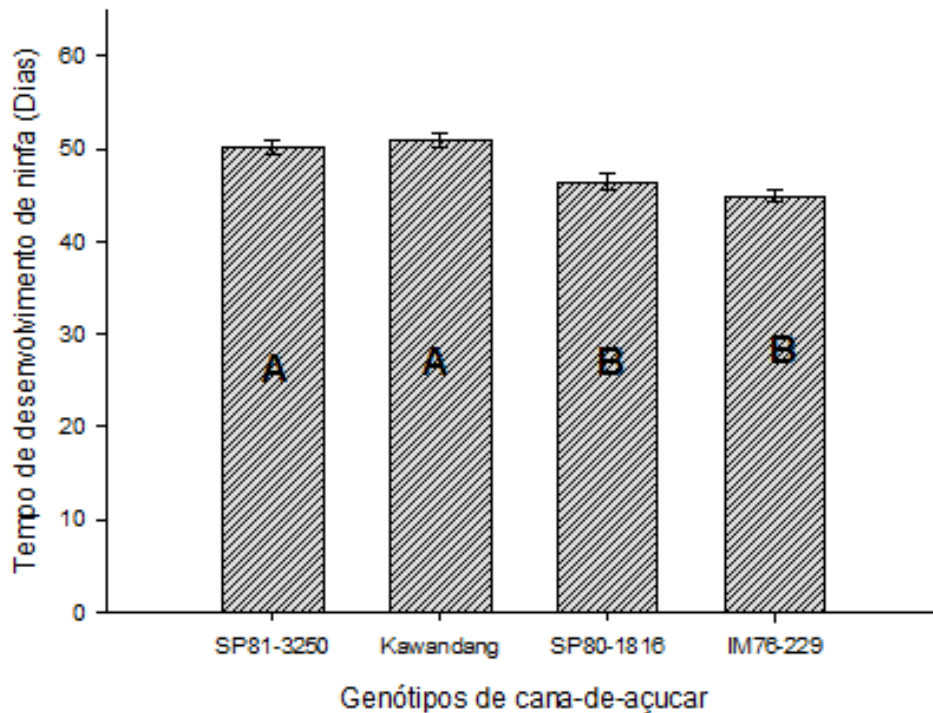


Figura 4. Tempo médio de desenvolvimento de ninfas sobreviventes de *M. fimbriolata* em quatro genótipos de cana de açúcar. Médias  $\pm$  E.P obtidas pelo procedimento PROC GLM do SAS. Barras da mesma letra indica não haver diferenças significativas ( $\alpha=0,05$ ) pelo teste LSD.

#### 4.4. Taxa de reprodução

Verificaram-se diferenças significativas ( $F= 4,10$ ;  $DF= 3$ ;  $\alpha=0,05$ ) entre o número total de ovos encontrados por genótipo. Casais mantidos no genótipo SP81-3250 produziram maior número de ovos dentro do período de acasalamento com um total de 3816 ovos, seguido por 1760 ovos obtidos no genótipo Kawandang, para os quais não houve diferença significativa. Os insetos que permaneceram nos genótipos SP80-1816 e IM76-29 apresentaram as menores taxas de oviposição (1353 e 381 ovos) respectivamente e suas médias não foram diferentes estatisticamente (Figura 5). Esse resultado pode estar sendo determinado pelas diferenças entre a quantidade de casais que se obtiveram para cada genótipo e que variou com as diferentes taxas de mortalidades apresentadas anteriormente. De acordo com isso, pode-se notar que os insetos com maior sucesso de acasalamento foram àqueles criados nas plantas de SP81-3250 possibilitando futuramente maiores probabilidades de manter sua população. Isso

foi pelas diferentes observações encontradas na população de adultos das plantas de IM76-229, caracterizada por um baixo número de ovos, que finalmente refletirá numa diminuição significativa das futuras populações.

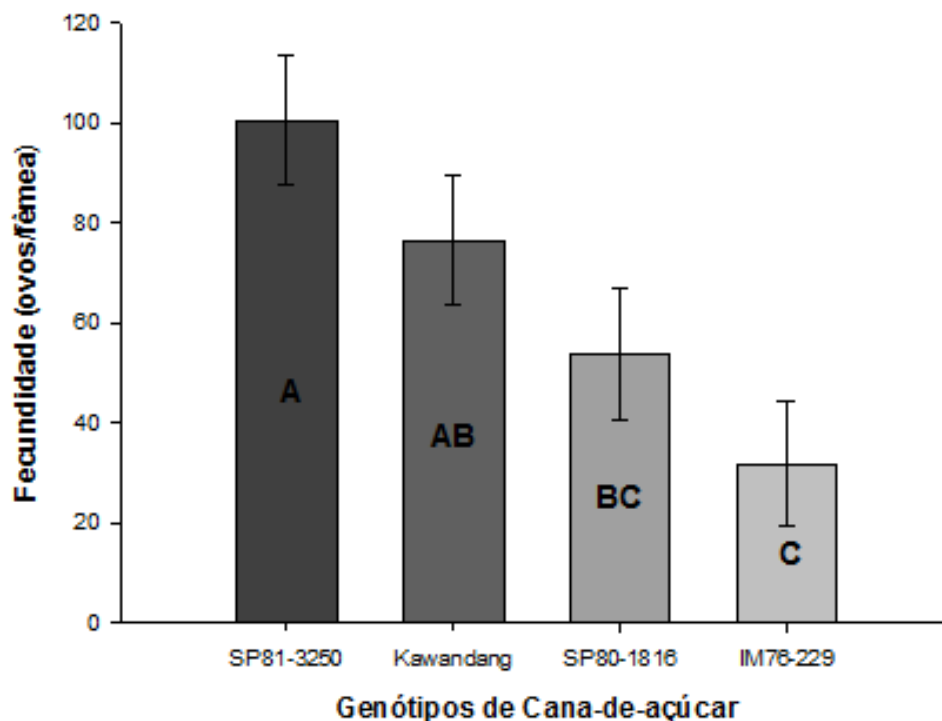


Figura 5. Fecundidade de *M. fimbriolata* em quatro genótipos de cana de açúcar. Diferenças significativas encontradas pelo procedimento PROC GLM do SAS e comparadas mediante o teste LSD ( $\alpha=0,05$ ). Barras com mesma letra, não apresentam diferenças significativas.

#### 4.5. Diferenciação fisiológica dos ovos de *M. fimbriolata* obtidos em cada genótipo de cana-de-açúcar

Determinou-se a porcentagem de ovos eclodidos, ovos em de diapausa e ovos inviáveis, como se mostra na Figura 6. As porcentagens apresentaram variabilidade para todos os genótipos e suas diferenças dependeram das taxas de fecundidade apresentadas anteriormente.

No genótipo SP81-3250 os insetos apresentaram uma porcentagem de eclosão de ovos de 53.43%, similar com aquela observada no genótipo Kawandang, 46.87%. Esses valores foram as maiores taxas encontradas entre os genótipos estudados. Em SP80-

1816 e IM76-229 observou-se, respectivamente, apenas 31.72% e 21.78% de ovos eclodidos. Esses últimos genótipos apresentaram as maiores porcentagens de diapausa, 56.44% e 65.87% respectivamente.

Os insetos nos genótipos SP81-3250 e Kawandang ovipositaram menor número de ovos diapáusicos com 30.92% e 27.38% respectivamente.

A proporção de ovos inviáveis foi relativamente constante nos genótipos, com leve destaque para o genótipo Kawandang que apresentou uma porcentagem de 25.73% de ovos inférteis, causando maior perda populacional nesta fase do ciclo. Os genótipos SP81-3250, SP80-1816 e IM76-229 apresentaram perdas percentuais de 18.26%, 11.84% e 12.34% respectivamente. Esses valores afetam quantitativamente o potencial de crescimento populacional da geração seguinte de *M. fimbriolata*.

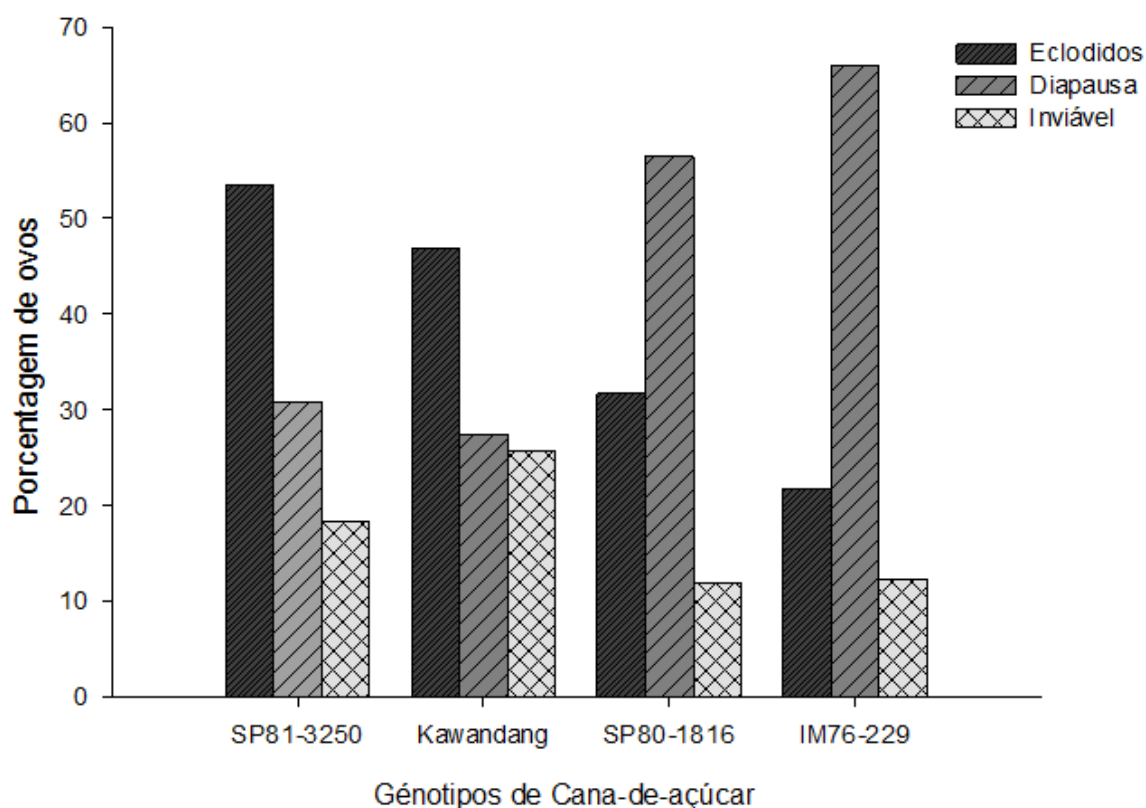


Figura 6. Diferenciação fisiológica de ovos totais de *M. fimbriolata* determinados em cada genótipo de cana de açúcar. Proporção de ovos eclodidos, diapausa e inviabilidade.



#### **4.6. Estimativas dos parâmetros de tabela de vida para cada genótipo de cana-de-açúcar**

Verificou-se diferença significativa ( $\alpha=0,05$ ) para a taxa líquida de reprodução, taxa intrínseca de crescimento populacional e a duração média de uma geração nos genótipos estudados (Tabela 1).

As maiores taxas de crescimento populacional encontradas foram no genótipo SP81-3250, sendo significativamente diferente das taxas encontradas nos genótipos Kawandang, SP80-1816 e IM76-229. Contudo, o genótipo IM76-229 obteve uma taxa intrínseca de crescimento negativa explicada por apresentar a maior mortalidade de insetos durante o ciclo e pela menor fecundidade.

De forma semelhante, esse genótipo teve a menor taxa líquida de reprodução (0.74), limitando o aumento populacional entre gerações como consequência da presença de uma taxa baixa de fecundidade apresentada fêmeas da população.

O menor tempo de geração foi obtido no genótipo SP80-1816 devido à mortalidade precoce dos indivíduos nos diferentes estádios. Os insetos no genótipo IM76-229 tiveram um atraso no seu ciclo denotado pelo aumento de tempo para conseguir a nova geração. Os genótipos SP81-3250 e Kawandang que foram significativamente diferentes aos outros genótipos, obtiveram um intervalo maior entre duas gerações sucessivas.

TABELA 1. Estimativas dos parâmetros associados à tabela de vida de fertilidade  $\pm$  intervalo de confiança aproximado a 95% de probabilidade e correspondentes aos testes t, para comparação entre os diferentes genótipos. Variâncias estimadas pelo método de “Jackknife”. Valores denotados com mesma letra não apresentam diferenças significativas ao  $\alpha=0,05$ .

GENÓTIPO	PARÂMETROS		
	$R_o$	$r_m$	T
<b>SP81-3250</b>	15,38 (10,44-20,33) <b>a</b>	0,053 (0,046-0,06) <b>a</b>	51,53 (49,12-53,9) <b>a</b>
<b>Kawandang</b>	5,49 (3,19-7,8) <b>b</b>	0,032 (0,024-0,041) <b>b</b>	52,95 (49,67-56,22) <b>a</b>
<b>SP80-1816</b>	2,86 (0,33-5,39) <b>bc</b>	0,026 (0,0025-0,049) <b>bc</b>	45,28 (43,06-47,49) <b>b</b>
<b>IM76-229</b>	0,74 (-0,11-1,59) <b>c</b>	-0,002 (-0,022-0,017) <b>c</b>	65,55 (59,78-71,34) <b>c</b>

$R_o$ = Taxa líquida de reprodução;  $r_m$ = Taxa intrínseca de crescimento populacional; T= Tempo de geração

## 5. DISCUSSÃO

A sobrevivência de ninfas e adultos de *M. fimbriolata* foi altamente reduzida com o genótipo IM76-229, mostrando notoriamente que a planta possui características intrínsecas que afetam diretamente a alimentação do inseto. Isso evidencia que o genótipo não possui os atributos adequados para um hospedeiro da cigarrinha das raízes e que ditas características afetam o desenvolvimento de ninfas e adultos dentro da população.

A presença do inseto pode estar induzindo a planta a produzir ácidos e compostos fenólicos. A produção desses metabólitos pode reduzir a produção de açúcar e etanol, além da qualidade dos seus produtos finais (Mutton & Mutton, 2002), mas poderiam conferir resistência às plantas (Ravaneli et al. 2006). Este fenômeno deveria ser investigado posteriormente, particularmente para o genótipo IM76-229.

Os genótipos Kawandang e SP80-1816 apresentaram uma mortalidade superior de ninfas no início da alimentação. No entanto, eles permitem o desenvolvimento da praga no seu estágio adulto sob condições normais, o que pode representar a existência de efeitos de antibióticos ou antixenóticos para os estádios jovens do inseto. De acordo com o descrito por Schoonhoven et al. (2005), a habilidade do hospedeiro de suportar a presença e desenvolvimento da população praga, e paralelamente conseguir se recuperar das injúrias ocasionadas, pode ser considerado como um efeito de tolerância.

As observações feitas em ninfas e adultos mantidos no genótipo SP81-3250, evidenciaram expressivamente a susceptibilidade do genótipo a *M. fimbriolata*, como foi também constatado por Pabón et al. (2012), onde conseguiu 98% de viabilidade de ninfas usando como hospedeiro o mesmo genótipo. Neste trabalho a viabilidade de ninfas foi de 55%, sendo que se deve às prováveis diferenças nas condições experimentais. Essa mesma susceptibilidade permitiu um maior período para o acasalamento e a obtenção de um número maior de ovos viáveis, com pouca incidência de diapausa. Os outros genótipos tiveram menores taxas de fecundidade com uma alta presença de ovos diapausicos e no caso de Kawandang um alto número de ovos inviáveis.

Contudo, a condição fisiológica dos ovos não deve estar somente relacionada diretamente com os efeitos de resistência da planta, mas com o conjunto de efeitos

bióticos e abióticos a que os insetos e as plantas foram expostos. Delinger (2002) descreve a condição da diapausa como um evento fisiológico desencadeado pela combinação de fatores ambientais que ativam a expressão de genes reguladores contidos nos parentais. Dependendo da natureza do gene, ele pode ativar ou suprimir mecanismos metabólicos que induzem a diapausa (Delinger, 1986). Além disso, a fecundidade estará inteiramente ligada ao número de casais obtidos na população sobrevivente de cada genótipo.

Neste trabalho verificou-se que o genótipo IM76-229 teve a menor taxa de fertilidade e menor potencial de crescimento populacional determinado pela alta mortalidade de insetos dentro do ciclo. Da mesma forma, *M. fimbriolata* nesse genótipo gastou um período maior para completar seu ciclo biológico e a sua capacidade de aumentar sua população foi determinada por um intervalo de tempo longo. Esse acontecimento esteve ligado à baixa fecundidade da população. Esses valores podem descrever possivelmente uma resistência à praga conferida por fatores químicos ou morfológicos. Estudos anteriores, já tem relatado existência de características de resistência em alguns genótipos de cana-de-açúcar. Dinardo-Miranda et al. (2014) reportou diferentes taxas de mortalidade do inseto obtidas em cultivares tais como IACSP96-7586 e IACSP96-2008.

Os genótipos Kawandang e SP80-1816 se mostraram moderadamente resistentes a *M. fimbriolata*, permitindo taxas de crescimento da população relativamente baixas possibilitando a ocorrência de futuras gerações. Garcia et al. (2006) argumenta que há resistência intermediária quando a planta permite uma sobrevivência entre 31% e 50% dos insetos, similar ao resultado encontrado neste trabalho. Essa resistência deve ser consequência direta ou indireta da expressão de fatores aleloquímicos ou biofísicos da planta, que produz efeitos negativos na interação inseto-planta (Smith & Clement, 2012).

A característica de resistência moderada sugerida para o genótipo *Erianthus arundinaceus* H.Kawandang e SP80-1816 tem seu valor como fonte de resistência a cigarrinha-das-raízes. Entretanto, embora seja possível utilizar em cruzamentos com a cana-de-açúcar o genótipo *Erianthus arundinaceus* H.Kawandang, pertencente ao complexo *Saccharum* (Cheavegatti-Gianotto et al.,2011), sugere-se como estratégia para o programa de melhoramento genético de cana-de-açúcar aplicar recursos para o

uso de IM76-229 (*S. robustum*), uma vez que este último apresenta visualmente excelente vigor vegetativo, além do fato do mesmo ser de fácil cruzamento com híbridos comerciais utilizados no Brasil, em comparação aos cruzamentos com o genótipo Kawandang.

Constatou-se que o genótipo SP81-3250 foi o melhor hospedeiro para *M. fimbriolata*, permitindo a maior expressão de potencial biótico dentre os genótipos e possibilitando a permanência da cohorte para futuras gerações. Em estudos prévios foi concluído o mesmo resultado, onde determinaram-se alta viabilidade do inseto em estágios jovens, maiores períodos na fase adulta e otimização dos seus parâmetros biológicos (Dinardo-Miranda et al. 2014; Pabón, 2012; Garcia et al. 2011).

Assim, os genótipos susceptíveis ao ataque de *M. fimbriolata* como SP81-3250 não são recomendados para plantio em áreas amplas, sendo que, potencialmente os danos causados refletirão diretamente na diminuição da qualidade dos produtos finais e na eficiência dos processos industriais (Garcia et al. 2010).

Historicamente, estudos sobre resistência de plantas demonstram como o resultado da interação inseto-planta tem como consequência efeitos letais proporcionados pela composição e influência ativa da planta. Este tipo de resistência tornou-se um paradigma nos programas de melhoramento, sendo visto como mais vantajoso e efetivo para o controle populacional dos insetos, diferente à categoria de tolerância, definida como a capacidade da planta de suportar o ataque da praga e permitir um desenvolvimento populacional controlado da mesma. (Panter, 1951; Smith 2005; Stout, 2013).

Por isso, os resultados obtidos neste trabalho devem enfatizar a procura de mecanismos de resistência que controlem eficientemente o crescimento populacional da praga. Características físicas, morfológicas e químicas podem causar efeitos negativos no comportamento dos insetos, além de interferir na sua competitividade (Gossain et al. 2005). Essas características podem ser utilizadas na seleção de genótipos resistentes como método mais eficiente no controle de insetos praga e uma alternativa diferente ao uso de inseticidas. Portanto, sugere-se a realização de estudos acerca do genótipo IM76-229 uma vez que há evidência de resistência para as fases de ninfa e adulto da cigarrinha.

## 6. CONCLUSÕES

- ✓ O desempenho populacional da cigarrinha-das-raízes teve variações contundentes nos diferentes genótipos pela presença de mecanismos de resistência.
- ✓ A cultivar SP81-3250 mostrou alta susceptibilidade à presença do inseto em seus diferentes estádios.
- ✓ Nos genótipos Kawandang e SP80-1816, *M. fimbriolata* teve desempenho populacional intermediário, permitindo um baixo crescimento da população da praga.
- ✓ O genótipo IM76-229 promove diminuição significativa na taxa de crescimento populacional e figura-se como uma fonte promissora de resistência para utilização em programas de melhoramento genético.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M.H.P; SILVEIRA L.C.I. D; MACÊDO, G.A.R; PAES, J.M.V. 2007. **Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais.** Informe Agropecuário 28: 20-24.

BIRCH, L.C. 1948. **The intrinsic rate of natural increase of an insect population.** J. Anim. Ecol. 17, 15–26.

BROEKGAARDEN, C; SNOEREN, T.A; M; VOSMAN, D.B. 2011. **Exploiting natural variation to identify insect-resistance genes.** Plant Biotechnology Journal 9: 819-825.

CARDONA, C; FORY, P; SOTELO, G; PABON, A.H; DIAZ, G; MILES, J. W. 2004. **Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera : Cercopidae) in Brachiaria spp.: Implications for breeding for resistance.** Journal of Economic Entomology 97: 635-645.

CARDONA, C; MILES, J.W; SOTELO, G. 1999. **An improved methodology for massive screening of Brachiaria spp. genotypes for resistance to Aeneolamia varia (Homoptera : Cercopidae).** Journal of Economic Entomology 92: 490-496.

CAREY, J.R. 1993. **Applied demography for biologists with special emphasis on insects**. Oxford University Press, New York.

CASTRO, U.C; CARDONA, J; VERA-GRAZIANO, J. MILES; GARCIA, R.G. 2007. **Morphological and molecular identification of *Prosapia simulans* (Walker) (Hemiptera : Cercopidae), and screening and mechanisms of resistance to this spittlebug in *Brachiaria* hybrids**. Neotropical Entomology 36: 547-554.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A.; ABREU, H.; ARRUDA, P.; FILHO, J.; BURNQUIST, W.; CRESTE, S.; CIERO, L.; FERRO, J.; FIGUEIRA, A., FILGUEIRAS, T.; GROSSI-DE-SÁ, M.; GUZZO, E.; HOFFMANN, H.; ANDELL, M.; MACEDO, N.; MATSUOKA, S.; REINACH, F.; ROMANO, E.; SILVA, W.;

FILHO, M.; ULIAN, E. 2011. **Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for theregulation of genetically modified cultivars in Brazil**. Tropical plant biology 4:62-89.

DELINGER, D.L. 2002. **Regulation of Diapause**. Annual Review of Entomology 47: 93-122.

DELINGER, D.L. 1986. **Dormancy in Tropical Insects**. Annual Review of Entomology 31: 239-264.

DINARDO-MIRANDA, L.L; COSTA, V.P.d; FRACASSO, J.V; PERECIN, D; OLIVEIRA, M.C.d; IZEPPPI, T.S; LOPES, D.O.P. 2014. **Resistance of Sugarcane Cultivars to *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera:Cercopidae)**. Neotropical Entomology 43: 90-95.

DINARDO-MIRANDA, L.L. 2008. **Pragas**. In: Dinardo-Miranda, L.L; Vasconcelos, A.C.M; Landell, G.A. (Eds.). Cana-de-açúcar, Campinas: Instituto Agronômico, cap. 17, 349-404.

DINARDO-MIRANDA, L.L; VASCONCELOS, A.C.M; VIEIRA, S.R; FRACASSO, J.V; GREGO, C.R. 2007. **Uso da geoestatística na avaliação da distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar**. Bragantia 66: 449-455.

DINARDO-MIRANDA, L.L; PIVETTA, J. P; FRACASSO, J.V. 2006. **Eficiência de Inseticidas no Controle de Mahanarva fimbriolata (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e seus Efeitos sobre a Qualidade e Produtividade da Cana-de-Açúcar** BioAssay 1.

DINARDO-MIRANDA, L.L; VASCONCELOS, A.C.M; FERREIRA, J.M.G; GARCIA, C.A; COELHO, A.L; GIL, M.A. 2004b. **Efficiency of Metarhizium anisopliae (Metsch.) on sugarcane root froghopper Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera : Cercopidae).** Neotropical Entomology 33: 743-749.

DINARDO-MIRANDA, L.L; COELHO, A.L; FERREIRA, J.M.G. 2004a. **Influence of time and rate of application of insecticides on Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera : Cercopidae) control and on quality end yield of sugarcane.** Neotropical Entomology 33: 91-98.

DINARDO-MIRANDA, L.L; FERREIRA, J.M.G; CARVALHO, P.A.M. 2001. **Influência da Época de Colheita e do Genótipo de Cana-de-açúcar sobre a Infestação de Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae).** Neotropical Entomology 30 (1): 145-149.

FEWKES, D. W. 1969. **The biology of sugarcane froghoppers**, pp. 283-307. In: J.R. Williams, J.R. Metcalfe, R.W. Mungomery and R. Mathes [eds.], Pests of sugar cane. Elsevier, Amsterdam.

GALLO, D; NAKANO, S. SILVEIRA NETO, R.P.L; CARVALHO, G.C; BATISTA, E.B.F PARRA; J.R.P; ZUCCHI, R.A; ALVES, S.B; VENDRAMIN, J.D; MARCHINI, L.C; J.R.S. LOPES, C. O. 2002. **Entomologia agrícola**, Piracicaba: FEALQ, 920 p.

GARCIA, J.F; PRADO, S.S; VENDRAMIN; BOTELHO, P.S.M. 2011. **Effect of Sugarcane Varieties on the Development of Mahanarva fimbriolata (Hemiptera: Cercopidae).** Revista Colombiana de Entomologia 37: 16-20.

GARCIA, D.B; RAVANELI, G.C; MADALENO, L.L; MUTTON, M.A; MUTTON, M.J.R. 2010. **Damages of Spittlebug on Sugarcane Quality and Fermentation Process.** Scientia Agricola 67: 555-561.



- GARCIA, J.F., BOTELHO, P.S.M; PARRA, J.R.P. 2007. **Laboratory rearing technique of Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera : Cercopidae)**. Scientia Agricola 64: 73-76.
- GARCIA, J. 2006. **Bicologia e manejo da cigarrinha-das-raízes, Mahanarva fimbriolata (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae), em cana-de-açúcar**, pp. 125, Ciência-Entomologia. ESALQ, Piracicaba-SP.
- GARCIA, J.F; BOTELHO, P.S.M; PARRA, J.R.P. 2006. **Biology and fertility life table of Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane**. Scientia Agricola 63: 317-320.
- GÓMEZ, L.A. 2007. **Manejo del salivazo Aeneolamia varia en cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca, Colombia**, pp. 10-17, Carta Trimestral. Centro Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar (Cenicaña), Cali - Colombia.
- GONÇALVES, T.D; MUTTON, M.A; PERECIN, D; CAMPANHÃO, J.M; MUTTON, M.J.R. 2003. **Qualidade da matéria prima em função de diferentes níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes**. STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos 22(2): 29-33.
- GOSSAIN, M.M; PRADO, E; MORAES, J.C. 2005. **Effect of Silicon Applied to Wheat Plants on the Biology and Probing Behavior of the Greenbug Shizaphis graminum (Rond.) (Hemiptera: Aphididae)**. Neotropical Entomology 34: 807-813.
- GUIMARÃES, E.R; MUTTON, M. A; FERRO, M.I.T; SILVA, J.A; MUTTON, M.J. R; KALAKI, D. B; MADALENO, L.L. 2007. **Evidence of Sugarcane Resistance against Mahanarva fimbriolata (STÅL, 1854) (Hemiptera: Cercopidae)**, pp. 901-909. In: I. S. o. S. C. Technologists [ed.], XXVI Congress International Society of Sugar Cane Technologists, Durban, South Africa.
- HOLMANN, F; PECK, D. 2002. **Economic damage caused by spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in Colombia: a first approximation of impact on animal production in Brachiaria decumbens pastures**. Neotropical Entomology 31: 275-284.
- KAPLAN, E.L; MEIER, P. 1958. **Nonparametric estimation from incomplete observations**. Journal of the American Statistical Association 53: 457-481.

KELLER-GREIN, G; MAAS, B.L; HANSON, J. 1996. **Natural variation in Brachiaria and existing germplasm collections**, pp. 16-42. In Miles, J. W; Maas B. L; Valle C.B. d [eds.], *Brachiaria: biology, agronomy, and improvement* CIAT, Cali, Colombia.

KREBS, C.J. 1994. *Ecology*, 4th Ed. **The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Harper Collins College Publ., NY.

LAPOINTE, S.L; SERRANO, M.S; ARANGO, G.L; SOTELO, G; CORDOBA, F. 1992. **Antibiosis spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) in accessions of Brachiaria spp.** . *Journal of Economic Entomology* 85.

LOPEZ, F; CARDONA, C; MILES, J.W; SOTELO, G; MONTOYA, J. 2009. **Screening for Resistance to Adult Spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae) in Brachiaria spp.: Methods and Categories of Resistance**. *Journal of Economic Entomology* 102: 1309-1316.

LOUREIRO, E.D; BATISTA, A; ALMEIDA, J.E.M; PESSOA, L.G.A. 2005. **Screening of Metarhizium anisopliae (Metsch.) Sorok. strains against the sugarcane root spittlebug Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera : Cercopidae) in laboratory**. *Neotropical Entomology* 34: 791-798.

MAIA, A.H.N; LUIZ, A.J.B; CAMPANHOLA, C. 2000. **Statistical Interference on Associated Fertility Life Table Parameters Using Jackknife Technique: Computational Aspects**. *Jornal of Economic Entomology* 93(2): 511-518.

MATSUOKA, S; GARCIA, A.A.F; ARIZONO, H. 2005. **Melhoramento da Cana-de-Açúcar**, pp. 225-274. In A. Borém [ed.], *Melhoramento de espécies cultivadas*. UFV, Viçosa.

MENDONÇA, A.F; BARBOSA, G.V.S; MARQUES, E.J. 1996. **As cigarrinhas da Cana-de Açúcar (Hemíptera:Cercopidae) no Brasil**. In: MENDONÇA, A.F. (ed.) *Pragas da Cana-de-Açúcar*. Insetos & Cia. Maceió, 200p.

MEYERS, J.S; INGERSOLL, C.G; MCDONALD, L.L; BOYCE, M.S. 1986. **Estimating uncertainty in population growth rates: jackknife vs. bootstrap techniques**. *Ecology* 67, 1156–1166.

MILES, J.W; CARDONA, C; SOTELO, G. 2006. **Recurrent selection in a synthetic Brachiariagrass population improves resistance to three spittlebug species.** Crop Science 46: 1088-1093.

MILES, J.W; VALLE, C.B.d; RAO, I.M; EUCLIDES, V.P.B. 2004. **Brachiariagrasses**, pp. 745-783. In Sollenberger, L. E. [ed.], Warm-Season (C4) Grasses, Agronomy Monograph no. 45. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, USA.

MIRANDA-DINARDO, L.L; COSTA da V.P; FRACASSO, J.V; PERECIN, D; OLIVEIRA de M.C; IZEPI, T.S; LOPES, D.O.P. 2014. **Resistance of Sugarcane Cultivars to Mahanarva fimbriolata (Stal) (Hemiptera: Cercopidae).** Neotropical Entomology 43: 90-95.

MUTTON, M.J.R; MUTTON, M.A. 2002. **Maturadores químicos em cada de açúcar: III- Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto.** In: Congresso Nacional da STAB,8., Recife, 2002. Anais. Recife: STAB. P.452-457.

PABON, A. 2012. **Screening for resistance and identification of tolerance in sugarcane genotypes to spittlebugs Mahanarva fimbriolata.** Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa para obtenção do título de Doctor Scientiae. 60p.

PABON, A; CARDONA, C; MILES, J.W; SOTELO, G. 2007. **Response of resistant and susceptible Brachiaria spp. genotypes to simultaneous infestation with multiple species of spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae).** Journal of economic entomology 100: 1896-1903.

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

PECK, D. 2001. **Diversidad y distribución geográfica del salivazo (Homoptera: Cercopidae) asociado com gramíneas en Colombia y Ecuador.** Revista Colombiana de Entomologia 27: 129-136.

PENATTI, C. 2006. **Cigarrinha das raízes da cana-de-açúcar.** Coplana: 24-25.

PINTO, A.D.S; GARCIA, J.F; OLIVEIRA, H.N.d. 2006. **Manejo das principais pragas da cana-de-açúcar**, pp. 258-280. In Segato, S. V; Pinto, A. d. S; Jendiroba, E; Nóbrega, J. C. M. d. [eds.], Atualização em produção de Cana-de-açúcar, Piracicaba.

- PIRES, C.S.S; PRICE, P.W; SUJII, E.R; AVELAR, C. 2000. **Feeding behavior of the spittlebug *Deois flavopicta* (Homoptera : Cercopidae) on wild and cultivated host plants.** Environmental Entomology 29: 750-757.
- PRICE, P.W. 1997. **Insect ecology**, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons.
- RABINOVICH, J.E. 1978. **Ecologia de Poblaciones Animales.** Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, 114p.
- RAVANELI, G.C; MADALENO, L.L; PRESOTTI, L.E; MUTTON, M.A; MUTTON, M.J.R. 2006. **Spittlebug infestation in sugarcane affects ethanolic fermentation.** Scientia Agricola. Piracicaba, Brazil 63(6): 534-539.
- SILVA-FILHO, M.C; FALCO, M.C. 2000. **Interação planta-inseto: adaptação dos insetos aos inibidores de proteinase produzidos pelas plantas.** Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento 2: 38-42.
- SHOONHOVEN, L.M; LOON, J.A; DICKE, M. 2005. **Insect-plant biology.** Oxford University press- New York, p.421.
- SMITH, C.M & CLEMENT, S.L. 2012. **Molecular Bases of plant Resistance to Arthropods.** Annual Reviews Entomology 57: 309-328.
- SMITH, C.M. 2005. **Plant resistance to arthropods: Molecular and conventional approaches.** Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- SOTELO, P.A; MILLER, M.F; CARDONA, C; MILES, J.W; SOTELO, G; MONTOYA, J. 2008. **Sublethal effects of antibiosis resistance on the reproductive biology of two spittlebug (Hemiptera : Cercopidae) species affecting *Brachiaria* spp.** Journal of Economic Entomology 101: 564-568.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations.** 2nd ed. Chapman and Hall. London, 500p.
- STOUT, M.J. 2013. **Reevaluating the conceptual framework for applied research on host-plant resistance.** Insect Science 20: 263-272.
- SUJII, E.R; GARCIA, M.A; FONTES, E.M.G. 2000. **Movements of migration and dispersion of adult spittlebugs.** Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 471-480.

THOMPSON, V. 2004. **Associative nitrogen fixation, C-4 photosynthesis, and the evolution of spittlebugs (Hemiptera : Cercopidae) as major pests of neotropical sugarcane and forage grasses.** Bulletin of Entomological Research 94: 189-200.

VALÉRIO, J.R; BARBOSA, L.R; VALLE, C.B.D.; RABAIOLLI, M; OLIVEIRA, M.C.M. 2008. **Screening Brachiaria hybrids for resistance to the pasture spittlebug Notozulia entreriana (Berg, 1879) (Hemiptera: Cercopidae) in Central Brazil,** pp. 394-394, XXI International Grassland Congress - VII International Rangeland Congress: Multifunctional Grasslands in a Changing World, Hohhot, Inner Mongolia.

VALÉRIO, J.R. 2006. **Considerações sobre a morte de pastagens de Brachiaria brizantha cultivar Marandu em alguns Estados do Centro e Norte do Brasil: Enfoque Entomológico.,** pp. 135-150. In Barbosa, R. A. [ed.], Morte de Pastos de Braquiárias, 1 ed. Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS.

VALÉRIO, J.R; CARDONA, C. PECK, D.C; SOTELO, G. 2001. **Spittlebugs: bioecology, host plant resistance and advances in IPM.** Proceedings of the Xix International Grassland Congress: 217-221.