

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP**

**CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO, DANOS DIRETOS E  
INDIRETOS DA COCHONILHA ROSADA DA CANA-DE-  
AÇÚCAR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895)  
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) NO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

**Gabriel Gonçalves Monteiro**

**Biólogo**

**2022**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO, DANOS DIRETOS E  
INDIRETOS DA COCHONILHA ROSADA DA CANA-DE-  
AÇÚCAR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895)  
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) NO ESTADO DE SÃO  
PAULO**

**Discente: Gabriel Gonçalves Monteiro**

**Orientadora: Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli**

**Coorientadora: Dra. Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti**

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de  
Jaboticabal, como parte das exigências para  
a obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Entomologia Agrícola)**

**2022**

M775d Monteiro, Gabriel Gonçalves  
Desenvolvimento biológico, danos diretos e indiretos da cochonilha rosada da cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) no estado de São Paulo : biosistemática da cochonilha rosada da cana-de-açúcar / Gabriel Gonçalves Monteiro. -- Jaboticabal, 2022  
95 p. : tabs., fotos  
  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal  
Orientadora: Nilza Maria Martinelli  
Coorientadora: Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti  
  
1. Entomologia. 2. Biologia. 3. Cochonilha rosada da cana-de-açúcar. 4. *Saccharicoccus sacchari*. 5. Canavicultura. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA TESE:** DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO, DANOS DIRETOS E INDIRETOS DA COCHONILHA ROSADA DA CANA-DE-AÇÚCAR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) NO ESTADO DE SÃO PAULO

**AUTOR: GABRIEL GONÇALVES MONTEIRO**

**ORIENTADORA: NILZA MARIA MARTINELLI**

**COORIENTADORA: ANA LUCIA BENFATTI GONZALEZ PERONTI**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

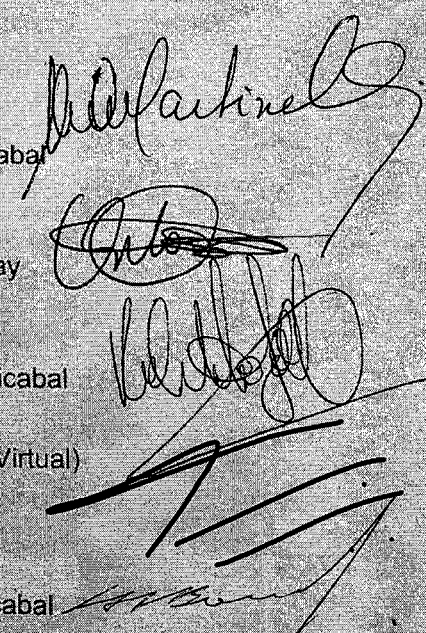
Prof. Dr. VITOR CEZAR PACHECO DA SILVA (Participação Virtual)  
Facultad de Agronomía - Universidad de la República / Montevideo/Uruguay

Prof. Dr. RICARDO ANTONIO POLANCZYK (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO DE SOUZA ROSSATO JUNIOR (Participação Virtual)  
FAFRAM / Ituverava/SP

Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 15 de setembro de 2022



## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**GABRIEL GONÇALVES MONTEIRO** – Nascido em Assis – SP, no dia 02 de junho de 1992. Técnico em Meio Ambiente (2011) pela Escola Técnica Estadual (ETEC) Pedro D’Arcádia Neto, Assis – SP, bacharel e licenciado em Ciências Biológicas (2016) pela Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Campus Luis Meneghel, Bandeirantes – PR, mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola) (2019) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) Câmpus de Jaboticabal – SP, e professor no Centro Universitário Adventista (UNASP) Campus São Paulo – SP. Na graduação foi contemplado pelos seguintes programas: Programa de Extensão Universitária (PROEXT) e Ciência sem Fronteiras na Universidade de Adelaide, Adelaide, Austrália pelo Governo Federal, Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Projeto Rondon, Operação Itacaiúnas, Abel Figueiredo – PA, pelo Ministério da Defesa. No mesmo período desenvolveu pesquisas relacionadas a ecologia de mantódeos, sob a orientação da Profa. Dra. Laila Herta Mishfeldt. No mestrado foi bolsista CAPES e desenvolveu pesquisas relacionadas a cochonilhas associadas à cana-de-açúcar no estado de São Paulo, sob a orientação da Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli e coorientação da Dra. Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti. Sob as mesmas orientação e coorientação, ingressou no curso de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em março de 2019 e foi bolsista CAPES até junho de 2020, e pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) entre julho de 2020 e março de 2022.

“Life finds a way.”

(Dr. Ian Malcolm – JP, 1993)

## DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho aos meus pais, aos quais eu tanto amo, Osmar Elízio Leite e Aparecida Donizeti Gonçalves Leite, que não mediram esforços para que eu pudesse chegar ao ponto mais alto possível em minha vida.”

## **AGRADECIMENTOS**

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – Câmpus de Jaboticabal, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), e aos docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) por todo suporte e apoio durante este trabalho;

À Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli e a Dra. Ana Lúcia Benfatti Gonzalez Peronti, por toda orientação, coorientação, paciência, amizade, cuidado e ensinamentos, tanto no meio acadêmico quanto no cotidiano;

Aos meus pais Osmar Elízio Leite e Aparecida Donizeti Gonçalves Leite, por todo apoio, carinho, incentivo e compreensão durante os anos fora de casa;

À minha noiva Monique Santos Ralhada pelo amor incondicional e por aceitar a construir nossa história junto comigo.

Aos meus amigos da Igreja Adventista do Sétimo Dia – Central de Jaboticabal por me acolherem como parte da família.

Aos meus amigos Dr. Hágabo Honorato de Paulo e Ma. Érica Ayumi Taguti do Laboratório de Biossistemática de Hemiptera (LABHEM) pela ajuda nos experimentos e momentos de descontração; e a Dra. Sidnéia Matos e Ma. Sandy Fonseca pela amizade durante estes anos.

Ao professor Dr. Modesto Barreto pela magnífica idealização deste trabalho, a quem prestei auxílio no que foi preciso.

Ao pesquisador Dr. Ivan dos Anjos do Instituto Agronômico de Campinas, Centro de Cana, Ribeirão Preto, a professora Dra. Rita de Cássia Panizzi do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitopatologia, a técnica Dra. Cláudia Maria Toffanelli Fiorillo do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica (LCME) da FCAV, e a funcionária Rosângela Teodoro dos Santos Souza do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitopatologia, por todo apoio, paciência e dedicação em me ensinar a conduzir este trabalho;

À funcionária Natalina Donizete Cursi e secretária Cibele da Silva Anton do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade da FCAV, pelo convívio diário, auxílio e companheirismo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, entre março de 2019 e junho de 2020;

E pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2019/24149-0, entre julho de 2020 e março de 2022.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
<b>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
3. REFERÊNCIAS.....	13
<b>CAPÍTULO 2 – Desenvolvimento biológico da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, <i>Saccharicoccus sacchari</i> (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae).....</b>	<b>24</b>
RESUMO.....	24
ABSTRACT.....	25
1. INTRODUÇÃO.....	26
2. OBJETIVO.....	27
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4. RESULTADOS.....	30
5. DISCUSSÃO.....	34
6. CONCLUSÃO.....	38
7. REFERÊNCIAS.....	39
<b>CAPÍTULO 3 – Consequências físico-químicas nos estádios fenológicos de cana-de-açúcar infestados por <i>Saccharicoccus sacchari</i> (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae).....</b>	<b>42</b>
RESUMO.....	42
ABSTRACT.....	43
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. OBJETIVO.....	45
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4. RESULTADOS.....	48
5. DISCUSSÃO.....	52
6. CONCLUSÃO.....	55

7. REFERÊNCIAS.....	56
<b>CAPÍTULO 4 – Avaliação do número de perfurações ocasionadas por <i>Saccharicoccus sacchari</i> (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) sobre cana-de-açúcar e da presença de hifas e esporos de <i>Colletotrichum falcatum</i>, Went no interior dos colmos.....</b>	<b>60</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>60</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>61</b>
1. INTRODUÇÃO.....	62
2. OBJETIVO.....	64
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	64
4. RESULTADOS.....	67
5. DISCUSSÃO.....	71
6. CONCLUSÃO.....	73
7. REFERÊNCIAS.....	74
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>79</b>

## DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO, DANOS DIRETOS E INDIRETOS DA COCHONILHA-ROSADA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) NO ESTADO DE SÃO PAULO

**Resumo** – O cultivo de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae) faz do Brasil o maior produtor mundial. Apesar de estratégias agronômicas empregadas, problemas fitossanitários como insetos-praga e doenças fitopatogênicas se destacam. A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) e o fungo da podridão vermelha *Colletotrichum falcatum* Went, são comumente encontrados na canavieira. Para compreender a atuação de um inseto-praga, relacionado ou não com um agente fitopatogênico, necessita-se estudar seu desenvolvimento biológico e os danos diretos e indiretos que ele pode ocasionar. Este trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento biológico de *S. sacchari* em diferentes temperaturas, analisar as características biométricas e tecnológicas dos diferentes estádios fenológicos de plantas de cana-de-açúcar, infestadas pela cochonilha, estimar o número de perfurações ocasionadas pelo pseudococcídeo através de diferentes números do inseto e confirmar por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) o complexo cochonilha-podridão. Para a análise do desenvolvimento biológico, foram coletadas fêmeas ovíparas e colmos de cana-de-açúcar. Os colmos foram infestados com cochonilhas, individualizados em placas de Petri e mantidos em duas BODs ( $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Diariamente registrou-se o número de ovos, ovos viáveis e inviáveis, tempo de incubação, duração da última oviposição, eclosão de ninfas, duração de cada ínstar, mortalidade de ninfas, tempo de emergência e longevidade do adulto. O pseudococcídeo se reproduz por partenogênese telítica. Em condições laboratoriais, o aumento da temperatura favorece a longevidade do inseto com três fases de crescimento. No estudo dos danos diretos, plantas de cana-de-açúcar foram infestadas, em cada estágio fenológico, por cochonilhas ovíparas. As plantas foram submetidas à biometria externa, e, no estágio de maturação, se obteve os dados tecnológicos. Obteve-se que as infestações do inseto em todos os estádios fenológicos reduzem as características físicas das plantas, mas não as químicas tecnológicas qualitativas. Para o estudo das perfurações e do complexo cochonilha-podridão, colmos fragmentados foram infestados com diferentes números do pseudococcídeo por progressão geométrica, e colmos infestados pelo pseudococcídeo e infectados por *C. falcatum* foram coletados. Os colmos de cada tratamento foram imersos em solução de fucsina ácida 1% e realizada a contagem de perfurações. Amostras isoladas da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, do pseudococcídeo com o aparelho bucal nas plantas, do fungo da podridão-vermelha, e do complexo cochonilha-podridão foram observadas sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Verificou-se que as perfurações ocasionadas por *S. sacchari* variaram entre 5,3 e 30,3, sendo dependente das perfurações de prova, do número de indivíduos, da área disponível para a alimentação e da sobrevivência das ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstars que conseguiram atingir até a fase adulta. Confirma-se a veracidade da hipótese do complexo cochonilha-podridão em plantas de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** Análise biométrica e tecnológica, densidade populacional, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), podridão vermelha, tabela de vida.

## **BIOLOGICAL DEVELOPMENT, DIRECT AND INDIRECT DAMAGES OF THE PINK SUGARCANE MEALYBUG *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) IN THE STATE OF SÃO PAULO**

**Abstract** – The sugarcane crop *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae) makes Brazil the world's largest producer. Despite of agronomic strategies used, phytosanitary issues such as insect pests and phytopathogenic diseases stand out. The pink sugarcane mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) and the red rot fungus *Colletotrichum falcatum* Went are commonly found in sugarcane crops. In order to understand the performance of the insect pest, related or not to a phytopathogenic agent, it is necessary to study its biological development and the direct and indirect damages that it can cause. This study aimed to evaluate the biological development of *S. sacchari* under different temperatures, to analyze the biometric and technological characteristics in different phenological stages of sugarcane plants, infested by the mealybug, and to estimate the perforations caused by the pseudococcid through different numbers of the insect and to confirm by Scanning Electron Microscopy (SEM) the mealybug-rot complex. For the analysis of the biological development, gravid females and sugarcane stalks were collected. The stalks were infested with mealybugs, individualized in Petri dishes and kept in two BODs ( $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  and  $28\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ ). The number of eggs, viable and nonviable eggs, incubation time, timing of the last oviposition, nymph hatching, timing of each instar, mortality of nymphs, emergence time and adult longevity were recorded daily. Pseudococcids reproduce by thelytocal parthenogenesis. Under laboratory conditions, the increase in temperature favors the longevity of the insect with three phases of growth. In the study of direct damage, sugarcane plants were infested, at each phenological stage, by gravid mealybugs. The plants were submitted to external biometrics, and in the ripening stage, the technological data were obtained. It was found that the insect infestations at all phenological stages reduce the physical characteristics of the plants, but not the qualitative technological chemistry. To accomplish the last objective, fragmented stems were infested with different numbers of the pseudococcid by geometric progression, and stems infested by the pseudococcid and infected by *C. falcatum* were collected. The stalks from each treatment were immersed in 1% acid fuchsin solution and the holes were counted. Isolated samples of the pink sugarcane mealybug, the pseudococcid with the mouthparts in plants, the red rot fungus and the mealybug-rot complex were observed under Scanning Electron Microscopy (SEM). It was obtained that the number of holes caused by *S. sacchari* ranged between 5.3 and 30.3, being dependent on the proof perforations, number of individuals, the area available for feeding and on the survival of the first, second and third instar nymphs that reached the adult stage. The veracity of the hypothesis of the mealybug-rot complex in sugarcane plants is confirmed.

**Keywords:** Biometric and technological analysis, population density, Scanning Electron Microscopy (SEM), red rot, life table.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de crescimento populacional de <i>Saccharicoccus sacchari</i> em cana-de-açúcar, cultivar RB867515, sob 23 °C ± 2 °C, 24 h escuridão e umidade relativa de 80%.....	31
Tabela 2. Parâmetros de crescimento populacional de <i>Saccharicoccus sacchari</i> em cana-de-açúcar, cultivar RB867515, sob 28 °C ± 2 °C, 24 h escuridão e umidade relativa de 80%.....	32
Tabela 3. Tempo em horas para a fase de ovo, e em dias para as demais fases do ciclo de vida de <i>Saccharicoccus sacchari</i> sob diferentes temperaturas.....	32
Tabela 4. Longevidade em dias de <i>Saccharicoccus sacchari</i> sob diferentes temperaturas.....	33
Tabela 5. Parâmetros métricos dos ínstares da fêmea de <i>Saccharicoccus sacchari</i> .....	34
Tabela 1. Altura (cm), diâmetro (mm) e massa (g) de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no estágio de brotação.....	49
Tabela 2. Altura (cm) e diâmetro (mm) de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, nos estádios de perfilhamento e crescimento vegetativo.....	50
Tabela 3. Altura (m), diâmetro (mm), Açúcar Total Recuperável (ATR) sacarose e Açúcares Redutores, glicose e frutose Kg/t (%), Açúcares Redutores (AR) glicose e frutose (%), Brix (%) de sólido solúveis, Pol (%) de massa de sacarose e Pureza (%) Pol/Brix x 100, de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no estágio de maturação.....	52
Tabela 1. Quantidade de perfurações, bainhas salivares, em toletes de cana-de-açúcar provenientes de fêmeas oviplenas de <i>Saccharicoccus sacchari</i> .....	68

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Brotos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no fim do estágio fenológico de brotação; tratamento infestado com cochonilhas (a) e tratamento controle (b).....	49
Figura 2. Canas-de-açúcar, cultivar RB867515, em transição entre o estágio fenológico de perfilhamento e crescimento vegetativo; tratamento infestado com cochonilhas (a) e tratamento controle (b).....	50
Figura 3. Colmos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no fim do estágio fenológico de maturação; grupos referentes ao tratamento infestado com cochonilhas (1 e 2) e grupos referentes ao tratamento controle (3 e 4).....	51
Figura 1. <i>Saccharicoccus sacchari</i> – (A) cabeça e protórax em vista ventral (aumento de 161 X); (B) estiletes do aparelho bucal sugador labial tetraqueta (aumento de 511 X); (C) ápice do aparelho bucal (aumento de 676 X); (D) inserção dos estiletes nas bainhas salivares do colmo de cana-de-açúcar (aumento de 9,95 K X).....	69
Figura 2. <i>Colletotrichum falcatum</i> – (A) esporos e hifas (aumento de 6,92 K X); (B) conidiósporo e hifas (aumento de 4,73 K X).....	69
Figura 3. Complexo cochonilha-podridão – (A) inserção dos estiletes do inseto na bainha salivar do colmo da cana-de-açúcar com hifas do fungo (aumento de 983 X); (B) desenvolvimento de hifas sobre a bainha salivar e sobre o colmo da cana-de-açúcar (aumento de 4,26 K X); (C) desenvolvimento de hifas sobre as ceras produzidas pelo pseudococcídeo (aumento de 7,02 K X); (D) esporos do fungo dentro das bainhas salivares do colmo (aumento de 9,10 K X).....	70

## CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

### 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae) é reconhecida como umas das principais cadeias produtivas da economia do Brasil (IEA, 2022; NOVA CANA, 2022). O país é o maior produtor de cana-de-açúcar, bem como de açúcar, maior exportador sucroalcooleiro e segundo maior produtor de etanol do mundo, atrás somente dos Estados Unidos (Neves e Kalaki, 2020; FOOD CHAIN ID, 2022). Na safra 2021/2022, foram cultivados cerca de oito milhões de hectares de cana-de-açúcar com produção total de 654,5 milhões de toneladas (CONAB, 2022; NOVA CANA, 2022). Quanto à exportação, o complexo sucroenergético, produção de açúcar e etanol, foi o quarto maior setor no país com participação de 9,9%, que resultou US\$ 9,9 bilhões para a economia brasileira (IEA, 2022). Tal contribuição, aconteceu devido a magnitude do setor, o qual possui 422 unidades agroindustriais de cana-de-açúcar instaladas no território brasileiro (NOVA CANA, 2022). O estado de São Paulo foi responsável por 37,1% da produção de açúcar nacional, o equivalente a US\$ 6,4 bilhões (IEA, 2022; NOVA CANA, 2022).

Essa relevância na produção do país deve-se às diversas estratégias agronômicas empregadas, tais como plantas geneticamente modificadas e cultivares resistentes (EMBRAPA, 2022).

A despeito do emprego de táticas do setor canavieiro provenientes do excelente desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar, ocorrem problemas fitossanitários, como insetos-praga e doenças fitopatogênicas que interferem na qualidade da produção de açúcar e etanol (Shan et al., 2017; Wang et al., 2019; Atencio et al., 2021; Monteiro et al., 2022). Dentre os insetos-pragas destacam-se a broca-da-cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), o bicudo-da-cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), o besouro-da-raiz *Migdolus fryanus* (Westwood, 1893) (Coleoptera: Vesperidae), a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae) e a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895)

(Hemiptera: Pseudococcidae), além de outros organismos secundários como formigas e cupins (Triana, 2019; Atencio et al., 2021; Monteiro et al., 2022).

Quanto às doenças fitopatogênicas que podem prejudicar o desenvolvimento das plantas de cana-de-açúcar, destacam-se as ocasionadas por vírus, bactérias e fungos (Shan et al., 2017; Wang et al., 2019). A doença do mosaico da cana-de-açúcar, é ocasionada pelo vírus Sugarcane Mosaic Virus (SCMV) (Wang et al., 2019). As principais doenças bacterianas são: escaldadura das folhas, raquitismo das soqueiras e estria vermelha, ocasionadas respectivamente pelas bactérias *Xanthomonas albilineans* (Ashby), *Leifsonia xyli xyli* (Davis) e *Acidovorax avenae avenae* Manns (Brigida et al., 2016; XiaMing et al., 2016; Shan et al., 2017). E as doenças fúngicas, as quais destacam-se: a mancha parda, ferrugem da cana-de-açúcar, carvão da cana-de-açúcar e podridão abacaxi, ocasionadas respectivamente pelos fungos *Cercospora longipes* Butl., *Puccinia melanocephala* Syd. & P. Syd., *Ustilago scitaminea* Syd. e *Ceratocystis paradoxa* (Dade), e a doença da podridão vermelha da cana-de-açúcar ocasionado pelo fungo *Colletotrichum falcatum* Went associado ou não com o fungo *Fusarium* spp. (Viswanathan e Rao, 2011; Avellaneda et al., 2018; Monteiro et al., 2022).

Dentre os agentes que ocasionam prejuízos fitossanitários, há casos em que pode haver a correlação entre si, associação ecológica entre espécies diferentes, como o que ocorre com o complexo broca-podridão (Aswin et al., 2018; AGROLINK, 2022). As lagartas de *D. saccharalis*, ao se alimentarem do tecido vegetal dos colmos de cana-de-açúcar, abrem galerias ao longo da planta, e assim, facilitam a entrada dos esporos de *C. falcatum*, naturalmente dispersos no ambiente, e que podem adentrar no vegetal (Aswin et al., 2018). Esse complexo pode estar associado ou não com espécies do fungo *Fusarium* (Botelho e Macedo, 1988; Aswin et al., 2018).

No Brasil, há a hipótese de que o complexo cochonilha-podridão, seja, a partir de *S. sacchari*, o responsável por ocasionar orifícios no colmo das plantas de cana-de-açúcar para realizar a sua alimentação, e os esporos de *C. falcatum* adentrariam por essa porta de entrada (Monteiro et al., 2022).

Então, para compreender a atuação de um inseto-praga, relacionado ou não com outros agentes fitopatogênicos, necessita-se estudar o seu ciclo de vida e os

danos diretos e indiretos que ele mesmo pode ocasionar (Aswhin et al., 2018; Luquet et al., 2021).

Não há relatos no Brasil acerca do ciclo de vida de *S. sacchari* sob condições controladas em diferentes temperaturas, informações isoladas sobre os danos diretos que este pseudococcídeo possa ocasionar na cultura canavieira, estimativas das densidades populacionais do inseto sobre as plantas de cana-de-açúcar e confirmação do possível complexo cochonilha-podridão.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar o desenvolvimento biológico de *S. sacchari* em diferentes temperaturas, analisar as características biométricas e tecnológicas dos diferentes estádios fenológicos de plantas de cana-de-açúcar, infestadas pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, e estimar as perfurações ocasionadas pelo pseudococcídeo através de diferentes números do inseto e confirmar por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) a veracidade do complexo cochonilha-podridão.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Canavieira: cenário nacional**

A cana-de-açúcar foi introduzida no país em 1532 a partir de colmos provenientes da Ilha da Madeira (Landell e Almeida Silva, 2004). A cultura se adaptou bem nas condições edafoclimática do país, cujo plantio se expandiu em território nacional (CONAB, 2022; EMBRAPA, 2022). Atualmente, o Brasil é referência mundial no setor sucroenergético, tendo em vista seu sistema de produção sustentável (Neves e Kalaki, 2020, FOOD CHAIN ID 2022). Na última safra, 2021/2022, foram produzidos 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2022).

Através do complexo sucroenergético, 87,8% da produção total foram destinados à produção de açúcar (IEA, 2022). Apenas no estado de São Paulo houve produção de 54,1% de cana-de-açúcar do total nacional, sendo que 48,4% foram destinados à produção de etanol (14,3 bilhões de litros) e 63,2% para a produção de açúcar (26,0 milhões de toneladas) (CONAB, 2022; IEA, 2022). Assim, o estado

paulista comporta o maior número de usinas de cana-de-açúcar do país, sendo representadas por 173 unidades (CONAB, 2022; IEA, 2022; NOVA CANA, 2022).

Uma das maiores safras do Brasil, 2016/2017, ocorreu em área de 9,049 milhões de hectares e foi responsável por 2,4% (US\$ 47,13 bilhões) do Produto Interno Bruto (PIB) (CONAB, 2017; Neves et al., 2017). Esse superávit resultou no aumento de 56% de produção nacional referente a última década, sendo o estado de São Paulo responsável por 55,24% (UNICA, 2016). A bioeletricidade a partir da cana-de-açúcar tem se destacado e representa 82% da energia a partir de biomassa fornecida ao Sistema Interligado Nacional (SIN) (INVESTE, 2022; UNICA, 2022).

Estima-se que em 2030, o Brasil produzirá 946,75 milhões de toneladas de cana-de-açúcar e 232,9 milhões de açúcar (Neves e Kalaki, 2020). As projeções são que em 2025 a produção mundial de etanol crescerá em 10,7% e o país será responsável em produzir 64,2 bilhões de litros (OECD-FAO, 2016).

## **2.2 Estratégia agrônômica: cultivar RB867515**

Toda rentabilidade canvieira deve-se às mais diversas estratégias agrônômicas empregadas, dentre elas o melhoramento genético de plantas (EMBRAPA, 2022).

No país se destaca a cultivar RB867515, desenvolvida em 1986 a partir do policruzamento da cultivar RB72454 com outras cultivares, e liberada no ano de 1997 pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA) (RIDESA, 2010; Daros et al., 2015; CONAB, 2022; NOVA CANA, 2022). No ano de 2015, a cultivar iniciou a liderança em áreas canvieiras dos estados de Goiás (24,98%), Minas Gerais (35,82%), Espírito Santo e Rio de Janeiro (25,81%), Paraná (45,82%), com destaque para São Paulo (27,30%) em área de 1.021.565 hectares (RIDESA, 2015). Na safra 2019/2020, a cultivar RB867515, juntamente com a CTC4 ocuparam 13% do território canvieiro do centro-sul do país (CONAB, 2022; NOVA CANA, 2022). No ano vigente, mais de 60% das áreas canvieiras brasileiras utilizam essa cultivar, além de também ser a mais cultivada mundialmente (CONAB, 2022; NOVA CANA, 2022; REVISTA CANAVIEIROS, 2022).

A grande procura pela cultivar RB867515 deve-se às seguintes características: sem exigência de solos ricos em matéria orgânica, tolerante à seca, maturação tardia, raro florescimento, bom rendimento de transporte, utilização na colheita mecânica e brotação de soca, excelente brotação de soca com palha e resposta a maturadores (EMBRAPA, 2022).

### **2.3 Estádios fenológicos de plantas de cana-de-açúcar**

Plantas de cana-de-açúcar possuem quatro estádios fenológicos (Barbosa et al., 2007; AGEITEC, 2022).

A brotação ocorre em um mês após o plantio das gemas/toletes, as raízes desenvolvem a partir da zona radicular e a emergência do colmo primário provém das gemas de cada entrenó (Aude, 1993; Thomas, 2015).

O perfilhamento é caracterizado pelos colmos primários, perfilhos, que, durante quatro meses, aumentam a área foliar e as raízes intensificam a absorção de água e nutrientes (Barbosa et al., 2007; Thomas, 2015).

No crescimento vegetativo, os colmos possuem altos teores de glicose e frutose, ganham altura, formam três entrenós por mês durante quatro meses, emitem aproximadamente 12 folhas e as raízes atingem até 40 cm de profundidade (Barbosa et al., 2007; AGEITEC, 2022).

Na maturação, há maior acúmulo de sacarose, principalmente na base dos colmos que possuem aproximadamente 20 entrenós, seis folhas verdes e baixos teores de glicose e frutose (AGEITEC, 2022).

### **2.4 Comportamento alimentar dos insetos sugadores**

Insetos sugadores, como cochonilhas e pulgões, possuem o aparelho bucal sugador labial tetraqueta formado por um conjunto de quatro estiletes (Blanke et al., 2015). Esses insetos se alimentam constantemente da seiva das plantas, sendo que o caminho que o estilete percorre até atingir o vaso vegetal é intercelular (Kosztarab e Kozár, 2012).

Devido as cochonilhas fêmeas serem ápteras, são limitadas para se dispersarem em outras plantas, porém é possível que o inseto tenha um local de preferência para se alimentar sob o mesmo vegetal (Ahmad et al., 2012; Alliaume et al., 2018). Para que isso ocorra, os insetos realizam a perfuração de prova (Pesson, 1944; Calatayud e Le Rub, 2006; Ahmad et al., 2012; Alliaume et al., 2018). Essa perfuração consiste em uma breve inserção do estilete sobre o tecido vegetal, verificando se o local está propício para realizar a sucção (Ahmad et al., 2012; Alliaume et al., 2018). Uma vez constatado o local ideal, o inseto sugará constantemente a seiva elaborada e eliminará o excesso de líquidos através de uma substância açucarada, o *honeydew* (Gamal El-Dein et al.; 2009).

## 2.5 Cochonilhas da cana-de-açúcar no Brasil

No Brasil, as seguintes cochonilhas já foram registradas infestando plantas de cana-de-açúcar: *Aclerda takahashii* (Kuwana, 1932) (Aclerdidae), *Saissetia oleae* (Olivier, 1791) (Coccidae), *Diaspis bromeliae* (Kerner, 1778), *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899), *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974, *Melanaspis saccharicola* (Lima, 1934), *Melanaspis smilacis* (Comstock, 1883), *Mycetaspis apicata* Newstead, 1920 e *Odonaspis saccharicaulis* (Zehntener, 1897) (Diaspididae), *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922), *Margarodes* sp. e *Margarodes carvalhoi* Costa Lima, 1950 (Margarodidae) e *Dysmicoccus boninsis* Kuwana, 1909, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893), *Planococcus citri* (Risso, 1813), *Pseudococcus* sp., *S. sacchari* e *Trionymus* sp. (Pseudococcidae) nos estados de Pernambuco, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Monteiro et al., 2019; Sturza et al., 2022).

## 2.6 *Saccharicoccus sacchari*

A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar é uma espécie de origem desconhecida (Zhang et al., 2018), foi descrita em Trinidad e Tobago (Cockerell, 1895) e está mundialmente distribuída em 79 países infestando plantas das famílias Arecaceae, Caricaceae e principalmente as do gênero *Saccharum* L. (Poaceae)

(García Morales et al., 2016). No Brasil o pseudococcídeo foi registrado em canaviais dos estados de Amazonas, Pará, Paraíba, Pernambuco, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Silva et al., 1968; García Morales et al., 2016; Monteiro et al., 2019, Sturza et al., 2022).

O ciclo de dispersão do inseto no cultivo inicia-se a partir do plantio de rizomas/toletes de cana-de-açúcar infestados (Rajendra, 1974). O pseudococcídeo pode sobreviver em até 30 cm de profundidade (Rajendra, 1974; Tohamy et al., 2008). Conforme a planta avança nos estádios fenológicos *S. sacchari* forma colônias nas regiões dos nós do colmo sob as bainhas das folhas (Tohamy et al., 2008). Plantas livres da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar também podem ser infestadas a partir da dispersão do inseto por formigas que se alimentam do *honeydew* excretado e pelo movimento do ar de equipamentos jato-transportados (Rajendra, 1974; Tohamy et al., 2008). Além disso, a dureza do colmo da cana-de-açúcar não interfere na colonização do inseto (Jayanthi e Goud, 1994).

Plantas híbridas são mais suscetíveis às infestações do pseudococcídeo do que soqueiras congêneres (Jayanthi, 1991). Assim como as cultivares que possuem folhas soltas e frouxas, também favorecem a infestação da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, como as cultivares CoC 671 e CoA 7601 (Sithanantham, 1973; Mehta et al., 1981), e Co 87004 (Parsana et al., 1995), e Co 971, Co 6806, Co 740 e G 229 (Jayanthi e Goud, 2001).

## **2.7 Desenvolvimento biológico da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar**

Nas Filipinas é relatado que o desenvolvimento biológico, ovovíparo, da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar é proveniente de partenogênese (Uichanco e Villanueva, 1932). Estudos na Índia indicaram que os ovos podem ser ovipositados por diversos dias consecutivos, e, após a oviposição, ocorre a morte da fêmea adulta (Atiqui, 1987). Através dessa reprodução, é possível encontrar somente fêmeas (Uichanco e Villanueva, 1932; Atiqui, 1987). Durante a oviposição, a fêmea secreta cera que protege os ovos (Hafez e Salama, 1969).

Em outras localidades, como no Egito e na Austrália, foi presenciada a reprodução sexuada da cochonilha (Hafez e Salama, 1969; Rae, 1993). Para que

essa reprodução ocorra, a cópula entre os casais de insetos possui duração de 25 a 40 minutos, além de ser possível que o macho fertilize mais de uma fêmea (Hafez e Salama, 1969). Proveniente desse tipo de reprodução, só será possível realizar o dimorfismo sexual das ninfas após a primeira ecdise (Hafez e Salama, 1969; Rae, 1993).

Em ambas reproduções, após a fêmea ovipositar e as ninfas eclodirem, estas direcionam-se para baixo do abdômen da mãe, antes de iniciar a alimentação (Atiqui, 1987). No Havaí, foi registrado que essas ninfas possuem dificuldade de inserir os seus estiletos, e, caso não encontrem um local para se alimentar, serão levadas à morte (Beardsley, 1962). Na Austrália, foi demonstrado que as ninfas jovens de primeiro ínstar, ao saírem de baixo da progenitora, permaneceram até o terceiro ínstar sob a bainha das plantas de cana-de-açúcar para se alimentarem (Inkerman et al., 1986), razão pela qual, em Belize, observou-se que as primeiras ninfas são móveis e as que estão em estágio mais avançado de desenvolvimento, menos ativas (Latha e Bautista, 2020).

Foi registrado que fêmeas e machos da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar possuem quatro ínstaros (Beardsley, 1962; Rae, 1993). Para as fêmeas, ocorrem as ninfas do primeiro ao terceiro ínstar e adulto (Beardsley, 1962). Porém, na Austrália, constatou-se que, para o macho, os ínstaros são denominados de ninfas de primeiro e segundo estágio, pré-pupa e pupa, e que diferenciar os sexos só é possível após o terceiro ínstar (Rae, 1993).

## **2.8 Prejuízos e danos econômicos ocasionados pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar**

Há diversos relatos ao redor do mundo sobre os prejuízos que o inseto, em altas infestações, ocasiona na canavicultura (Qin et al., 2017). Os principais sintomas são retardamento do crescimento da planta, morte de brotos, redução do diâmetro e massa dos colmos e do teor de sacarose (Alam, 1972; Gamal-ElDein et al., 2009; Jayanthi et al., 2016). Porém danos indiretos como o amarelamento das folhas, transmissão de patógenos como fungos e vírus, contaminação por *honeydew*, também agregam ao desencadeamento de déficits na produção canavieira

(Willcocks, 1925; Alam, 1972; Rott et al., 2000; Latha e Bautista, 2020; Monteiro et al., 2022).

### 2.8.1 Prejuízos e danos diretos

Em Barbados, em ambientes com condições áridas, intensas infestações da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar resultam em plantas mais suscetíveis ao ataque do inseto, pois períodos quentes favorecem o crescimento populacional do pseudococcídeo, como consequência, retardam o crescimento do vegetal e podem ocasionar morte das plantas (Alam, 1972).

Os surtos populacionais da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar na Índia ocorrem entre março e abril (Rao et al., 2009). As condições ambientais extremamente secas fazem com que o aumento populacional de *S. sacchari* possa ocasionar mortes nos brotos de plantas de cana-de-açúcar, retardar o crescimento das plantas e atrofiar os colmos (Uichanco e Villanueva, 1932; Isaac e Misra, 1933; Puttarudriah, 1954). No país, também há o registro de amarelecimento das folhas e dos colmos e empobrecimento na brotação da cultura com altos níveis de infestações (Puttarudriah, 1954; Jayanthi et al., 2016). Em contrapartida, o registro dos níveis populacionais do inseto diminui no país com a alta irrigação da cultura (Parsana et al., 1994).

No Egito, foi registrado que as infestações da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar também interferem no peso do colmo das plantas, que pode diminuir entre 5,03% e 34,33%, e no número de nós e entrenós, que reduzem entre 8,80% e 29,07%, através de diversos níveis de infestações populacionais do pseudococcídeo (Willcocks, 1925).

Ao se alimentarem das seivas das plantas de cana-de-açúcar, ninfas e adulto do pseudococcídeo excretam o *honeydew* sob as folhas, nós e entrenós do vegetal (Dick, 1969; Latha e Bautista, 2020). A produção dessa excreta está associada com os polissacarídeos da goma e/ou com bactérias que produzem ácido acético (Lockhart et al., 1992). O *honeydew* excretado pode estar associado com fungos dispersos naturalmente no ambiente e que formam mofos acumulados sob as bainhas das plantas de cana-de-açúcar (Alam, 1972). O açúcar processado de

plantas de cana-de-açúcar infestadas pelo pseudococcídeo possui dificuldades de ser filtrado e clareado em forma de calda de cana-de-açúcar (Alam, 1972; Latha e Bautista, 2020). A contaminação da calda de cana-de-açúcar acontece através da presença do *honeydew* excretado pelo inseto, da cera aderida ao corpo do pseudococcídeo, das peças bucais, da goma e do mofo associado com as excreções (Willcocks, 1925; Alam, 1972; Jayanthi et al., 2016; Latha e Bautista, 2020). Através de análises químicas, observou-se que a presença dessas impurezas ocasionou diminuição na qualidade da calda, redução no processo de cristalização do açúcar e interferência no açúcar bruto (Willcocks, 1925; Dymond, 1929; Alam, 1972; Latha e Bautista, 2020).

Através de análises tecnológicas, observou-se que infestações severas de *S. sacchari* reduziram os sólidos totais dissolvidos (Brix) em 16,2% (Kalra e Sidhu, 1964), sacarose em até 27,87%, POL em até 32,62% e o peso da calda em até 31,62% (Willcocks, 1925; Atiqui e Murad, 1992). Também houve redução nos dados de pureza e conteúdo de açúcar em 6,14 e 12,92% na cultivar Co 1148 (Atiqui e Murad, 1992). Os Açúcares Redutores podem aumentar entre 3,53% e 35,45% através de diversos níveis de infestações populacionais da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar (Qin et al., 2014). Assim, entende-se que essas infestações do inseto afetam as qualidades tecnológicas qualitativas (Willcocks, 1925; Qin et al., 2014).

## 2.8.2 Prejuízos e danos indiretos

*Saccharicoccus sacchari*, bem como as cochonilhas *D. boninsis* e *P. citri* que normalmente não colonizam plantas de cana-de-açúcar, podem ser transmissoras do vírus baciliforme da cana *Sugarcane baciliform virus* (SCBV) para as plantas da cultura (Rott et al., 2000; Qin et al., 2017). O vírus inoculado por *S. sacchari* já foi registrado em canavieiras na Colômbia e na China (Victoria et al., 2005; Ahmad et al., 2019). Esse pseudococcídeo também já foi relatado como transmissor do vírus do mosaico da cana-de-açúcar nos Estados Unidos, Ilhas Maurício e Malawi (Lockhart et al., 1992; Rott et al., 2000).

O vírus é transmitido por inoculação mecânica, pois assim é improvável que seja disperso a partir de plantas de cana-de-açúcar infectadas para as não infectadas

através de cortes mecânicos durante as operações da cultura (Rott et al., 2000). Registrou-se que o vírus transmitido pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar diminuiu a biomassa das plantas de cana-de-açúcar nas cultivares CP63-588, CL61-620 e CP65-357 e a biomassa de produção (Qin et al., 2017).

Ainda há a hipótese do complexo cochonilha-podridão no Brasil, pois o inseto, ao se alimentar, criaria orifícios de alimentação e permitiria que os esporos do fungo da podridão vermelha *C. falcatum* Went, naturalmente dispersos no ambiente, penetrassem nos colmos das plantas de cana-de-açúcar (Monteiro et al., 2022). Após ser inoculado, o fungo pode reduzir em até 33% a extração de sacarose, 40% a perda de açúcar e álcool, e 41% em Açúcares Redutores (AR) (Viswanathan e Rao, 2011).

## **2.9 Cultivares resistentes e tolerantes à cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar**

Cultivares de plantas de cana-de-açúcar que possuem folhas bem empilhadas dificultam infestações populacionais da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar (Sithanantham, 1973; Mehta et al., 1981). As cultivares Co 740, Co 6806 e Co 8014 e CoC 671 e CoA 7601 são consideradas como tolerantes ao ataque do inseto, e as cultivares CoBLN 9101, 9102, 9103 e Co 6806, C0Jor-1 E C0Jor-2 e Co 740 (Borah e Dutta, 1995) e C 46-117, Co 237, Co 290, Co 997, CP 31-294, CP 34-38 e CP 52-43 são consideradas resistentes às infestações do pseudococcídeo (Solouma, 2002).

As cultivares CoN 84136 e CoN 84134 (Parsana et al., 1995), e Giza 96/74 e Ph 8013 também apresentaram baixas densidades das populações de *S. sacchari* (Tohamy et al., 2008), bem como as cultivares Q 63 e Co 6501, pois são vagamente infestadas por apresentarem poucas quantidades de fenóis (Jayanthi e Goud, 2001).

## **2.10 *Colletotrichum falcatum***

*Colletotrichum falcatum* é um fungo fitopatogênico que possui os seus isolados, sendo os esporos, clamidósporos, conídios e micélio, naturalmente dispersos no ambiente (Santiago e Rossetto, 2010; Singh et al., 2012; Silva et al., 2017; Vilela et al., 2017). A doença é conhecida como doença da podridão vermelha (Silva et al.,

2017; Vilela et al., 2017). Essa doença foi identificada na Índia por Went em 1893 e disseminada ao redor do mundo com a transição de plantas de cana-de-açúcar (Sathyabhama et al., 2015; Ashwin et al., 2017).

O fungo penetra no interior de colmos de plantas de cana-de-açúcar através de perfurações naturais ou ocasionadas por outros agentes, como insetos fitófagos (Oliveira e Andrade, 2009; Santiago e Rossetto, 2010; Silva et al., 2017; Vilela et al., 2017). A doença é disseminada pela alta umidade, como chuvas e orvalho (Silva et al., 2017; Vilela et al., 2017). A esporulação dependente do acúmulo de água presente nas bainhas de plantas de cana-de-açúcar, serve como meio para a penetração dos isolados no interior do colmo (Santiago e Rossetto, 2010; Silva et al., 2017; Vilela et al., 2017).

A incidência do fungo ocorre através das folhas e colmos truncados (Silva et al., 2017; Vilela et al., 2017). Os principais sintomas da infestação são: aspecto alaranjado ou amarelado dos colmos, folhas secas, pontos brancos sobre a nervura das folhas, coloração avermelhada no interior do colmo infectado e seca do ponteiro da planta (Viswanathan e Rao, 2011).

O fungo presente na planta pode ocasionar perdas significativas (Sathyabhama et al., 2015; Ashwin et al., 2017; Bharti et al., 2017; Ashwin et al., 2018). Uma vez no interior do tecido vegetal, se prolifera, espalha e inverte a sacarose dos colmos (Bharti et al., 2017; Ashwin et al., 2018), podendo acarretar até 50% de perdas (Ashwin et al., 2017; Bharti et al., 2017; Ashwin et al., 2018). Caso haja plantas suscetíveis, e através de condições externas favoráveis, o fungo pode dizimar a área total (IAC, 2017).

### 3. REFERÊNCIAS

AGEITEC (2022) Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em <<http://www.agenciacnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

AGROLINK (2022) Agrolink. Disponível em <<http://www.agrolink.com.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Ahmad A, Kaushik S, Ramamurthy VV, Lakhanpaul S, Ramani R, Sharma KK, Vidyarthi AS (2012) Mouthparts and stylet penetration of the lac insect *Kerria lacca* (Kerr) (Hemiptera: Tachardiidae). **Arthropod Structure and Development** 45:435-441.

Ahmad K, Sun SR, Chen JL, Huang MT, Fu HY, Gao SJ (2019) Presence of diverse sugarcane bacilliform viruses infecting sugarcane in China revealed by Pairwise sequence comparisons and phylogenetic analysis. **Plant Pathology Journal** 35:41-50.

Alam MM (1972) The establishment of *Anagyrus saccharicola* Timb. (Hymenoptera: Encyrtidae) in Barbados. West Indies, against the sugarcane mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) (Hemiptera: Coccidae). **Entomophaga** 17:257-363.

Alliaume A, Reinbold C, Uzest M, Lemaire O, Herbach E (2018) Mouthparts morphology of the mealybug *Phenacoccus aceris*. **Bulletin of Insectology** 7:1-9.

Ashwin NMR, Barnabas L, Sundar AR, Malathi P, Viswanathan R, Masi A, Agrawal GK, Rakwal R (2017) Comparative secretome analysis of *Colletotrichum falcatum* identifies a cerato-platanin protein (EPL1) as a potential pathogen-associated molecular pattern (PAMP) inducing systemic resistance in sugarcane. **Journal of Proteomics** 169:2-20.

Ashwin NMR, Barnabas L, Sundar AR, Malathi P, Viswanathan R, Masi A, Agrawal GK, Rakwal R (2018) CfPDIP1, a novel secreted protein of *Colletotrichum falcatum*, elicits defense responses in sugarcane and triggers hypersensitive response in tobacco. **Applied Microbiology and Biotechnology** 102:6001-6021.

Atencio VR, Goebel, F, Guerra A, Nikpay A, Collantes GR (2021) Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* em caña de azúcar. **Revista Semilla Del Este** 2:37-58.

Atiqui MUA (1987) **Studies on the mealy bugs with special reference to interaction between host and pest.** Department of Zoology Aligarh Muslim University, Aligarh India.

Atiqui MUA, Murad H (1992) Assessment of loss in sucrose content of sugarcane due to sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. **Journal of Insect Science** 5:196-197.

Aude MIS (1993) Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. **Ciência Rural** 23:241-248.

Avellaneda MC, Parco AP, Hoy JW, Baisakh N (2018) Putative resistance-associated genes induced in sugarcane in response to the brown rust fungus, *Puccinia melanocephala* and their use in genetic diversity analysis of Louisiana sugarcane clones. **Plant Gene** 14:20-28.

Barbosa MHP, Silveira LCI, Macêdo GAR, Paes JMV (2007) Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário** 28:20-24.

Beardsley JW (1962) Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society** 18:55-59.

Bharti YP, Singh VB, Atul S, Sing IS, Sharma BL (2017) Screening of promising sugarcane genotypes for resistance to red rot disease (*Colletotrichum falcatum*) in eastern Uttar Pradesh. **Agrica** 6:154-159.

Blanke A, Ruhr PT, Mokso r, Villanueva P, Wilde F, Stampanoni M, Uesogi K, Machida R, Misof B (2015). Structural mouthpart interaction evolved already in the earliest lineages of insects. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences** 282:2015-1033.

Borah BK, Dutta SK (1995) Varietal reaction of sugarcane to pink mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation. **Journal of Agricultural Science Society NE India** 8:100-102.

Botelho PSM, Macedo N (1988) Controle integrado da broca da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* (Fabri. 1794) (Lepidoptera: Pyralidae). **Brasil Açucareiro** 160:2-14.

Brigida ABS, Rojas CA, Grativol C, Armas EM, Entenza JOP, Thlebaut F, Lima MF, Farrinell L, Hemerly AS, Lifschitz S, Ferreira PCG (2016) Sugarcane transcriptome analysis in response to infection caused by *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*. **Plos One** 11:1-30.

Calatayud PA, Le RUB (2006) **Cassava-mealybug interactions**. IRD Éditions, Actiques, Paris, France.

Cockerell TDA (1895) A new mealy-bug on sugar cane. **Journal of the Trinidad Field Naturalists' Club** 2:195.

CONAB (2017) Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 20 setembro 2017.

CONAB (2022) In: Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Daros E, Oliveira RA, Barbosa GVS (2015) **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar, 25 anos de RIDESA**. Curitiba, Editora Graciosa 156p.

Dick J (1969) **The Mealybugs of sugarcane**. In **William J.R. et al. Pests of Sugarcane**. (Coccids p. 343-365). Elsevier Pub. Co., Amsterdam, London, New York. 1:568p.

Dymond GG (1929) Mealybugs. Their effect on cane culture and manufacture in Natal. **Proceedings of the South African Sugar Technologist Association** 3:51-53.

EMBRAPA (2022) Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. Disponível em <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

FOOD CHAIN ID (2022) Food Chain ID Clareza do campo à mesa. Disponível em <<http://www.foodchainid.com.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Gamal El-Dein H, Mohamed Sanaa A, Ibrahim M, Fatma AM (2009) Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. **Egyptian Academic Journal of Biological Science** 2:119-123.

García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB (2016) ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Disponível em: <http://scalenet.info>. Acessado em: 07 junho 2022.

Hafez M, Salama HS (1969) Biological on the sugar cane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll., in Egypt. Bull. **Societe entomologique d’Egypte**. 53:499-516.

IAC (2017) Instituto Agrônômico. Disponível em <[www.iac.sp.gov.br](http://www.iac.sp.gov.br)>. Acesso em: 30 julho 2017.

IEA (2022) Governo do Estado de São Paulo. Disponível em <[www.iea.sp.gov.br](http://www.iea.sp.gov.br)>. Acesso em: 07 junho 2022.

Inkerman PA, Ashbolt NJ, Carver M, Williams DJ (1986) Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). **Entomology** 1:612-619.

INVESTE Investe São Paulo (2022) Agência Paulista de Promoção de Investimento e Competitividade. Disponível em <<http://www.investe.sp.gov.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Isaac PV, Misra RB (1933) The chief insect pests of sugarcane and methods for their control. **Agriculture and Livestock in India** 3:315-324.

Jayanthi R (1991) **An evaluation of the interactions between the sugarcane coccoids and their host plant**. Thesis (Ph.D.) – Bharathiar University, Coimbatore, India.

Jayanthi R, Goud YS (1994) Physical characters of sugarcane plant in relation to infestation by *Melanaspis glomerata* (G.) and *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.). **Journal of Entomological Research** 18:305-314.

Jayanthi R, Srikanth J, Sushil SN (2016) **Sugarcane**. ICAR-Sugarcane Breeding Institute. Coimbatore 641007, India, Springer India.

Jayanthi R, Goud YS (2001) Phenolic content in sugarcane stem as related to infestation by Coccoids. **Indian Journal of Agricultural Research** 35:198-201.

Kalra AN, Sidhu AS (1964) Sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll., and its control. **Proceedings of the Indian Academy of Science** 5:557-559.

Kosztarab M, Kozár F (2012) **Scale insects of central Europe**. Springer Science & Business, 456p.

Landell, M. G. A.; Almeida Silva, M. As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.1, p.18-23, 2004.

Latha T, Bautista K (2020) Preliminary investigation on insect pests of sugarcane in the northern sugar belt region of Belize. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 8:1334-1340.

Lockhart BEL, Autrey LJC, Comstock JC (1992) Partial purification and serology of sugarcane mild mosaic virus, a mealy bug-transmitted closterolike virus. **Phytopathology** 82:691-695.

Luquet M, Nicolas P, Maxime H, Emmanuel D (2021) Inferring insect feedings patterns from sugar profiles: a comparison of statistical methods. **Ecological Entomology** 46:19-32.

Mehta UK, Jayanthi R, David H (1981) Occurrence of pink mealybug on certain early maturing sugarcane varieties. **Agris** 5:1-12.

Monteiro GG, Peronti ALBG, Martinelli NM (2022) Presence of pink sugarcane mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane. **Scientia Agricola** 79:1-5.

Monteiro GG, Wolff VRS, Peronti, ALBG, Martinelli NM, Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11:392-396.

Neves MF, Gerardi F, Neves MF, Kalaki RB, Gali R (2017) **O Setor Sucoenergético em 2030: Dimensões, Investimentos e Uma Agenda Estratégica**. Brasília, Confederação Nacional da Indústria – CNI 108p.

Neves MF, Kalaki RB (2020) **Bioenergy from sugarcane**. São Paulo, Socicana ed. 151p.

Nova Cana (2022) In: NovaCana. Disponível em <<http://www.novacana.com>>. Acesso em: 07 junho 2022.

OECD-FAO (2016) In: Agricultural Outlook. Disponível em: <<http://www.oecd-ilibrary.org>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Oliveira FGL, Andrade CFS (2009) Ocorrência de *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera; Pyralidae) em plantações de cana-de-açúcar (Magnoliophyta; Poaceae) em diferentes localidades, no município de Paraty (RJ). **Ciência Et Praxis** 2:7-10.

Parsana GJ, Malavia DD, Koshiya DJ (1994) Effect of drip irrigation on incidence of insect pests of sugarcane. **Gujarat Agricultural Research Journal** 20:15-17.

Parsana GJ, Butani PG, Kapadia MN (1996) Parasitism of the sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) in relation to the weather parameters. **Gujarat Agricultural Research Journal** 21:141-143.

Pesson P (1944) **Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de la tête, de l'appareil buccal et du tube digestif des femelles de Coccides**. Imprimerie Nationale. Paris, France.

Puttarudriah M (1954) The status of the mealy-bug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology** 16:1-10.

Qin ZQ, Huang WH, Wei JJ, Nikpay A, Deng ZY (2014) **Occurrence and damage of pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Guangxi, China.** China, Nanning 333p.

Qin ZQ, Wei JJ, Song XP, Luo YW, Liu L, Deng ZY (2017) Efficacy of the ladybird beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant for control of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell). **Sugar Tech** 19:599-603.

Rae DJ (1993) A method for discrimination between instars of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Journal of Australian Entomological Society** 32:249-252.

Rajendra (1974) The biology and control of *Saccharicoccus sacchari* Ckll. (Hom: Pseudococcidae) the pink mealy bug of sugar cane in Sri Lanka. **Ceylon Journal of Science. Biological Sciences.** 11:23-28.

Rao CVN, Rao NV, Bhavani B, Naidu NV (2009) Survey and surveillance of sugarcane insect pests in Andhra Pradesh. **Indian Journal of Plant Protection** 37:24-28.

Revista Canavieiros (2022) In: Revista Canavieiros. Disponível em: <<https://www.revistacanavieiros.com.br/>>. Acesso em: 07 junho 2022.

RIDESA (2010) **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro.** Catálogo Nacional de variedades "RB" de cana-de-açúcar. 136p.

RIDESA (2015) **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro.** Liberação Nacional de Variedades RB de Cana-de-Açúcar. 77p.

Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft BJ, Saumtally AS (2000) **A guide to sugarcane diseases.** CIRAD and ISSCT.

Santiago AD, Rossetto R (2010) **Doenças causadas por vírus**. Brasília: Embrapa: AGEITEC.

Sathyabhama M, Viswanathan R, Malathi P, Ramesh Sundar A (2015) Identification of differentially expressed genes in sugarcane during pathogenesis of *Colletotrichum falcatum* by suppression subtractive hybridization (SSH). **Sugar Tech** 18:176-183.

Shan H, Li W, Huang Y, Wang X, Zhang R, Luo Z, Yin J (2017) First detection of sugarcane red stripe caused by *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* in Yuanjiang, Yunnan, China. **Tropical Plant Pathology** 42:137-141.

Silva R, Gonçalves CR, Galvão D, Gonçalves M, Gomes J, Silva MM, Simoni L (1968) **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: Seus parasitos e predadores: Parte 2, Tomo 1, insetos, hospedeiros e inimigos naturais**. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. Brasil.

Silva P, Freitas J, Silva CL, Perestrelo R, Nunes FM, Câmara JS (2017) Establishment of authenticity and typicality of sugarcane honey based on volatile profile and multivariate analysis. **Food Control** 73:1176-1188.

Singh DAK, Tiwari S, Mall B, Shukla IZ, Ahmad GPR (2012) Morphological and molecular diversity among *C. falcatum* isolates causing red rot disease of sugarcane in Uttar Pradesh. In: 10th Pathology Workshop. **Resumos...** Nanning, China, p. 9.

Sithanantham S (1973) Varietal incidence of the pink mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) in sugarcane during different ages. **Crop Sugar** 4:583-586.

Solouma AG (2002) Screening of sugarcane breeder materials to infestation with the pink mealybug (*Saccharicoccus sacchari* Ckll.) under field conditions in Egypt. **Annual Agricultural Science Moshtohor** 40:535-540.

Sturza VS, Peronti ALBG, Nava DE (2022) First record of *Dysmicoccus boninsis* Kuwana, 1909 (Hemiptera: Pseudococcidae) on sugarcane in the state of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology** 82:1-2.

Thomas AL (2015) **Desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar**. Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia/UFRGS, Porto Alegre, RS 22p.

Tohamy TH, El-Raheem AAA, El-Rawy AM (2008) Role of the cultural practices and natural enemies for suppressing infestation of the pink sugarcane mealybug: *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in sugarcane fields at Minia Governorate, Middle Egypt. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 18:177-188.

Triana MF (2019) Ecologia química da broca-das-sementes de andiroba, *Hypsipyla ferrealis* (Hampson, 1929) (Lepidoptera: Phycitidae) e das pragas da cana-de-açúcar: broca-peluda, *Hyponeuma taltula* (Schs., 1904) (Lepidoptera: Erebididae) e broca-gigante, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). Dissertação Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – Universidade Federal de Alagoas.

Uichanco LB, Villanueva FE (1932) Biology of the pink mealybug of sugar cane, *Trionymus sacchari* (Cockerell), in the Philippines. **Philippine Agriculture** 21:205-276.

UNICA (2016) União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Disponível em: <<http://www.unica.com.br>>. Acesso em: 07 junho 2022.

Victoria JI, Avellaneda MC, Angel JC, Guzmán ML (2005) Resistance to *Sugarcane yellow leaf virus* in Colombia. **International Society of Sugar Cane Technologists** 25:664-670.

Vilela M, Nunes dos Santos AJ, Simeone MLF, Costa Parrella RA, Dionisia da Silva D, Parreira DF, Okumura F, Schaffert RE, Mendes SM (2017) Influence of *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) infestation on sweet sorghum productivity and juice quality. **African Journal of Agricultural Research** 12:2877-2885.

Viswanathan R, Rao GP (2011) Disease scenario and management of major sugarcane diseases in India. **Sugar Tech** 13:336-353.

Wang KI, Deng QQ, Chen JW, Shen WK (2019) Development of a reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for rapid and visual detection of sugarcane streak mosaic virus in sugarcane. **Crop Protection** 119:38-45.

Willcocks FC (1925) **The insect and related pests of Egypt II**. Insects and mites feeding on graminous crops and products in the field, granary and mill. Sultanic Agricultural Society, II, Cairo.

XiaMing W, WanKuan S, MingZhu L, DeHua R, PeiShou C, ZiDe J (2016) Detection of *Leifsonia xyli* subsp. *xyli*, causal bacterium of sugarcane ratoon stunting disease for introduced cultivars of fruit cane. **Southwest China Journal of Agricultural Sciences** 29:1046-1051.

Zhang JT, Wu B, Wu SA (2018) A review of the genus *Saccharicoccus* Ferris, 1954 (Hemiptera: Coccoomorpha: Pseudococcidae) in China, with description of a new species. **Zootaxa** 4375:127-135.

## CAPÍTULO 2 – DESENVOLVIMENTO BIOLÓGICO DA COCHONILHA-ROSADA-DA-CANA-DE-AÇÚCAR, *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

**RESUMO** – A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) ocorre praticamente em todas as regiões com o cultivo de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poaceae). Estudos realizados sobre o ciclo de vida do inseto sob diversas temperaturas, em diferentes países, variaram nos parâmetros reprodutivos, no número de ínstaes da fêmea e quanto ao polimorfismo do macho. O objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento biológico da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar em diferentes temperaturas. Foram coletadas fêmeas ovíparas do pseudococcídeo e colmos de cana-de-açúcar provenientes de localidade rural situada no município de Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Os colmos foram seccionados em internódios que foram infestados no nó com uma cochonilha ovípara. Os internódios foram individualizados em placas de Petri mantidas em duas BODs, uma sob condição de temperatura de  $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  e a outra sob  $28\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , ambas com fotoperíodo 24 h escuridão e umidade relativa de 80%. Registrou-se diariamente o número de ovos ovipositados, quantidade de ovos viáveis e inviáveis através da eclosão das ninfas de primeiro ínstar, tempo de incubação dos ovos, duração da última oviposição do adulto, número de eclosão de ninfas, duração de cada ínstar ninfal, mortalidade das ninfas para cada estágio, tempo de emergência do adulto até a oviposição do primeiro ovo e longevidade do adulto. O desenvolvimento biológico dos insetos foi estipulado pelo software SAS University Edition, versão 9.4. Houve diferenças no ciclo de vida do pseudococcídeo sob duas temperaturas e observou três ínstaes para as fêmeas de *S. sacchari*. Durante a execução do trabalho em campo, um espécime alado foi encontrado. A reprodução assexuada ocorre em campo e em condições controladas. Ao se aumentar a temperatura, há aumento no período de cada fase e a presença do macho alado no Brasil indica a possibilidade da reprodução sexuada da espécie.

**Palavras-chave:** Ciclo de vida, crescimento populacional, ínstaes, parâmetros de fertilidade, tabela de vida de fertilidade.

**CHAPTER 2 – BIOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE PINK SUGARCANE  
MEALYBUG, *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895)  
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

**ABSTRACT** – The pink sugarcane mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) occurs practically in all regions where *Saccharum* spp. (Poaceae) is cultivated. Studies carried out on the insect life cycle under different temperatures, in different countries, varied in reproductive parameters, in the number of female instars and in terms of male polymorphism. The aim of this study was to evaluate the biological development of sugarcane pink mealybug under different temperatures. Gravid females of the pseudococcid and sugarcane stalks were collected from a rural location located in Jaboticabal county, São Paulo, Brazil. The stalks were sectioned into buds and infested at the node with a gravid mealybug. The buds were individualized in Petri dishes maintained in two BODs, one at a temperature of  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  and the other at  $28\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , both with a photoperiod of 24 h in darkness and 80% relative humidity. There were daily registered the number of eggs laid, number of viable and nonviable eggs through the hatching of the first instar nymphs, egg incubation time, duration of the last adult oviposition, number of nymph hatching, duration of each nymphal instar, mortality of nymphs for each stage, time from adult emergence to oviposition of the first egg and adult longevity. The biological development of insects was stipulated by the SAS University Edition software, version 9.4. There were differences in the life cycle of the pseudococcid under two temperatures and observed three instars for females of *S. sacchari*. During the execution of the field work, a winged specimen was found. Asexual reproduction occurs in the field and under controlled conditions. As the temperature increases, there is an increase in the period of each phase and the presence of the winged male in Brazil indicates the possibility of sexual reproduction of the species.

**Keywords:** Life cycle, population growth, instars, fertility parameters, fertility life table.

## 1. INTRODUÇÃO

A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), de origem desconhecida (Zhang et al., 2018), foi descrita, em 1895, infestando plantas de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poaceae) em Trinidad e Tobago (Cockerell, 1895). A espécie que infesta preferencialmente plantas da família Poaceae, *Cortaderia* spp., *Cymbopogon caesius* (Hook. & Arn.), *Holcus* spp., *Imperata cylindrica* (L.), *Miscanthus* spp., *Oryza sativa* L., *Phragmites* spp. e *Sorghum* spp., também já foi registrada sobre *Cocos nucifera* L. (Arecaceae) e *Carica papaya* L. (Caricaceae) (García Morales et al., 2016). Porém é sobre plantas de cana-de-açúcar que o pseudococcídeo é considerado como uma das principais pragas, às quais ocasiona danos diretos e indiretos (Monteiro et al., 2021)

*Saccharicoccus sacchari* ocorre em todas as regiões zoogeográficas, exceto na Antártida (García Morales et al., 2016). No Brasil, principal produtor de cana-de-açúcar, a espécie foi registrada nos estados de Amazonas, Pará, Paraíba, Pernambuco, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (Silva et al., 1968; Monteiro et al., 2019, Sturza et al., 2022).

Estudos dos parâmetros biológicos de reprodução, fases do ciclo de vida e morfologia já realizados, em condições controladas de laboratório, sugerem que os parâmetros de fertilidade da espécie se alteram conforme a temperatura do ambiente (Hafez e Salama, 1969; Atiqui, 1987; Rae e De'ath, 1991; Rae, 1993). O período de oviposição da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, sob 20 °C, foi de 31 dias na Austrália (Rae e De'ath, 1991). O período de oviposição, sob 26 °C, foi entre 20 e 29 dias, e 42 dias o tempo máximo para que o pseudococcídeo complete seu desenvolvimento na Índia (Atiqui, 1987). Após a oviposição, em condições naturais, as ninfas de primeiro ínstar permanecem nessa fase entre dois e três dias, respectivamente, na China (Qin et al., 2017). Entretanto, Hafez e Salama (1969) observaram que o período ninfal do inseto é de 82 dias quando criados a 16 °C, e longevidade de 84 dias, sob 30 °C, o período dos ínstars é de 15 dias e a longevidade de 51 dias, sendo que para ambas temperaturas se observou de quatro a cinco gerações do inseto por ano no Egito.

Quanto ao desenvolvimento biológico, após a eclosão, *S. sacchari*, através de ínstars se transformará em indivíduo adulto por metamorfose hemimetábola

(Uichanco e Villanueva, 1932; Beardsley, 1962; Hafez e Salama, 1969; Rae, 1993). Uichanco e Villanueva (1932) descreveram que, nas Filipinas, há cinco ínstares para que a fêmea da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar atinja a sua maturidade. Entretanto demais autores, como Beardsley (1962) no Havaí e Hafez e Salama (1969), registraram apenas quatro fases para a fêmea, sendo três ínstares ninfais e o adulto. Ao atingir a fase adulta, a espécie está apta a se reproduzir e ovipositar (Uichanco e Villanueva, 1932; Inkerman, 1986). Uichanco e Villanueva (1932) sugeriram que a espécie pode se reproduzir assexuadamente por partenogênese telítoca ou sexuadamente, sendo a forma partenogenética a mais comum. Inkerman (1986) observou que, na Austrália, ocorrem as duas formas de reprodução, mas devido à grande quantidade de machos encontrados, entende-se que a forma sexuada é a mais comum, bem como no Egito (Hafez e Salama, 1967).

Quanto às informações da morfologia da espécie, através do estudo de Rae (1993), na Austrália, foi proposto que, para diferenciar os três ínstares da fêmea e a fase de adulto, é necessário mensurar o tamanho do corpo em comprimento e largura, o comprimento da antena e o número de segmentos antenais do inseto.

Entende-se que, em diferentes localidades, a mesma espécie apresentou diferenças no ciclo de vida quando criada sob diferentes temperaturas e no número de ínstares da fêmea. Conhecer as estratégias de sobrevivência e reprodução do pseudococcídeo é fundamental para implementar ações de controle populacional do inseto que compõem o manejo integrado de pragas em cultivos de cana-de-açúcar.

## **2. OBJETIVO**

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento biológico de *S. sacchari* sob diferentes temperaturas.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Biossistemática de Hemiptera (LABHEM) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV),

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### **3.1 Coleta, identificação e depósito de espécie voucher de *Saccharicoccus sacchari***

Foram coletadas 50 fêmeas ovíparas de *S. sacchari*, sob plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, provenientes de localidade rural, nas coordenadas: -21°13'22" S, -48°16'81" O e altitude de 605 m, situada no município de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

Para confirmar a espécie, amostras foram montadas em lâminas permanentes usando a técnica descrita por Granara de Willink (1990). A identificação ocorreu sob microscópio óptico através de características morfológicas usando o trabalho de Willians e Granara de Willink (1992).

A espécie voucher foi depositada na Coleção de Referência de Insetos e Ácaros (CRIA) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade da FCAV/UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### **3.2 Criação de *Saccharicoccus sacchari* em condições laboratoriais sob diferentes temperaturas**

Na mesma localidade foram coletados dez colmos de cana-de-açúcar, cultivar RB857515. Após os colmos serem transportados ao LABHEM, as regiões que possuíam um nó foram seccionadas em 40 internódios de dez centímetros. Os internódios cortados foram esterilizados com álcool 70% e previamente secos por meio de papéis descartáveis e expostos em ambiente natural para a secagem total. Para retardar a perda de sacarose, os internódios foram parafinados em suas extremidades (Beardsley, 1962).

Cada internódio fragmentado foi infestado no nó com uma cochonilha ovípara. Os internódios foram individualizados em 40 placas de Petri.

As placas de Petri com as cochonilhas foram mantidas em duas BODs. A primeira BOD manteve 20 placas de Petri sob a condição de temperatura de 23 °C ±

2 °C, e a segunda BOD com as outras 20 placas de Petri sob a condição de temperatura de 28 °C ± 2 °C, ambas com fotoperíodo 24 h escuridão e umidade relativa de 80% de acordo com os trabalhos de Hafez e Salama (1969), Atiqui (1987) e Rae e De'ath (1991).

### **3.3 Avaliação do desenvolvimento biológico de *Saccharicoccus sacchari***

Diariamente, foi registrada a oviposição diária, mensurada a quantidade de ovos viáveis e inviáveis através da eclosão das ninfas de primeiro ínstar, tempo de incubação dos ovos, duração da última oviposição do adulto até a sua morte, número de eclosão de ninfas, duração de cada ínstar ninfal, mortalidade de ninfas vivas para cada estágio, duração do período de pré-oviposição e longevidade do adulto.

As observações dos períodos de incubação, ninfal, pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição das fêmeas foram conduzidas sob microscópio estereoscópio.

### **3.4 Diferenciação das fases da fêmea de *Saccharicoccus sacchari***

Para cada fase observada, após a eclosão da ninfa de primeiro ínstar, ou seja, observação de exúvias aderidas ao corpo nas demais ninfas e no adulto, amostras foram montadas em lâminas permanentes usando a técnica descrita por Granara de Willink (1990).

A diferenciação das fases da fêmea foi realizada sob microscópio óptico através das características morfológicas: comprimento e largura do corpo, comprimento antenal e número de segmentos antenais (Rae, 1993).

### **3.5 Obtenção e depósito de espécime voucher de macho alado de *Saccharicoccus sacchari***

Nas coletas efetuadas, foi encontrado e coletado sob planta de cana-de-açúcar em campo, na localidade rural mencionada, um espécime alado, juntamente com a população de fêmeas de *S. sacchari*.

O indivíduo foi capturado e montado em lâmina permanente usando a técnica descrita por Granara de Willink (1990). A identificação foi realizada por meio de microscópio óptico através de características morfológicas (Beardsley, 1960).

O espécime voucher foi depositado na Coleção de Referência de Insetos e Ácaros (CRIA) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade, da FCAV/UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### 3.6 Procedimentos estatísticos

Após a obtenção dos dados, a tabela de vida de fertilidade e a longevidade do inseto foram calculados através do programa SAS<sup>®</sup> University Edition, versão 9.4. A tabela de vida foi elaborada utilizando o procedimento LIFETABLE.sas desenvolvido por Maia et al. (2000), através das estimativas da taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ), taxa de aumento intrínseco ( $r_m$ ), razão finita de aumento ( $\lambda$ ), tempo médio entre gerações (T) e tempo de duplicação da população (TD).

O desenvolvimento biológico do inseto foi elaborado através de delineamento inteiramente casualizado (DIC), com dois tratamentos, referentes às temperaturas de criação em condições laboratoriais e 20 repetições. Os dados, tempo de cada etapa do ciclo de vida e longevidade, foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar homocedasticidade (PROC GLM) e ao teste de Cramer von Mises para normalidade (PROC UNIVARIATE). Os dados apresentaram normalidade, dessa forma a análise de variância (PROC ANOVA) foi conduzida. As médias (PROC MEANS), quando significativas, foram comparadas usando o teste de Student ( $p < 0,05$ ) (Everitt e Hothorn, 2005).

## 4. RESULTADOS

Houve diferenças no desenvolvimento biológico do inseto sob diferentes temperaturas e constatação de três ínstares para a fêmea da espécie.

Durante a execução do trabalho, foi obtido um macho alado de *S. sacchari* sob plantas de cana-de-açúcar.

#### 4.1 Desenvolvimento biológico de *Saccharicoccus sacchari* em diferentes temperaturas

A população de *S. sacchari*, quando criada à temperatura constante de 23 °C, demonstra que um indivíduo adulto, no período de oviposição, adicionou aproximadamente 23 fêmeas que atingiram a maturidade. A taxa de aumento intrínseco foi de 0,123 pseudococcídeo por dia. Diariamente, uma fêmea que complete o seu desenvolvimento biológico foi adicionada nesta população. Nessa temperatura, os insetos iniciaram a oviposição 25 dias após o nascimento. Aproximadamente cinco semanas é a estimativa para que essa população se duplique (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros de crescimento populacional de *Saccharicoccus sacchari* em cana-de-açúcar, cultivar RB867515, sob 23 °C ± 2 °C, 24 h escuridão e umidade relativa de 80%.

$R_0$ (fêmeas)	$r_m$ (fêmeas/fêmeas/dia)	$\lambda$ (fêmeas/dia)	T (dias)	TD (semanas)
23,34	0,123	1,13	25,49	5,61

*Nota.*  $R_0$  = taxa líquida de reprodução

$r_m$  = taxa de aumento intrínseco

$\lambda$  = razão finita de aumento

T = tempo médio entre gerações

TD = tempo de duplicação da população

Em relação a população estabelecida à temperatura de 28 °C, fêmea adulta adicionou em média, 34 fêmeas que completaram seu desenvolvimento biológico. A taxa de aumento intrínseco foi de 0,128 inseto por dia. Uma fêmea foi adicionada por dia, que atinja o período de pós-oviposição. Nessas condições, após a eclosão, os pseudococcídeos demoraram aproximadamente 27 dias para iniciar a oviposição. Em torno de cinco semanas é a estimativa para que essa população se duplique (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros de crescimento populacional de *Saccharicoccus sacchari* em cana-de-açúcar, cultivar RB867515, sob 28 °C ± 2 °C, 24 h escuridão e umidade relativa de 80%.

R <sub>0</sub> (fêmeas)	r <sub>m</sub> (fêmeas/fêmeas/dia)	λ (fêmeas/dia)	T (dias)	TD (semanas)
34,62	0,128	1,13	27,48	5,37

*Nota.* R<sub>0</sub> = taxa líquida de reprodução

r<sub>m</sub> = taxa de aumento intrínseco

λ = razão finita de aumento

T = tempo médio entre gerações

TD = tempo de duplicação da população

O tempo de incubação dos ovos e o terceiro estágio ninfal não apresentaram diferenças significativas em ambas temperaturas. Houve diferenças significativas na duração do primeiro e segundo estágio ninfal e no estágio adulto, sendo a temperatura de 28 °C com maior duração nessas fases (Tabela 3).

Tabela 3. Tempo em horas para a fase de ovo, e em dias para as demais fases do ciclo de vida de *Saccharicoccus sacchari* sob diferentes temperaturas.

Tratamentos	Ovo	Ninfa 1	Ninfa 2	Ninfa 3	Adulto
23 °C ± 2 °C	1,9 ± 0,30a	5,5 ± 0,15b	8,8 ± 0,13b	13,3 ± 0,26a	16,0 ± 0,27b
28 °C ± 2 °C	2,25 ± 0,36a	6,0 ± 0,19a	9,5 ± 0,13a	13,3 ± 0,28a	25,0 ± 0,66a

*Nota.* \*Média ± desvio padrão seguidos da mesma letra na mesma coluna não diferem pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ); Ovo em horas ( $F = 0,39$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,5337$ ); Ninfa 1 em dias ( $F = 4,80$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,0347$ ); Ninfa 2 em dias ( $F = 15,11$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,00004$ ); Ninfa 3 em dias ( $F = 0,02$ ;  $df = 1$ ;  $p > 0,8977$ ); Adulto em dias ( $F = 159,65$ ;  $df = 1$ ;  $p < 0,0001$ ).

A longevidade do pseudococcídeo apresentou diferença significativa. Os insetos quando sob temperatura constante de 28 °C, apresentaram longevidade maior, com média de 52,5 dias (Tabela 4).

Tabela 4. Longevidade em dias de *Saccharicoccus sacchari* sob diferentes temperaturas.

Tratamentos	Dias
23 °C ± 2 °C	41,7 ± 1,33b*
28 °C ± 2 °C	52,0 ± 1,79a

*Nota.* \*Média ± desvio padrão seguidos da mesma letra na mesma coluna não diferem pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ); Dias ( $F = 23,39$ ;  $df = 1$ ;  $p < ,0001$ ).

#### 4.2 Diferenciação das fases da fêmea de *Saccharicoccus sacchari*

Para a fêmea de *S. sacchari*, obteve-se cinco períodos de crescimento: uma fase de ovo, três estádios ninfais e uma fase adulta, resultando em três mudas para a emergência do inseto maduro.

O ovo apresenta comprimento de 0,36 mm e largura de 0,18 mm. A ninfa de primeiro ínstar apresenta comprimento de 0,45 mm, largura de 0,22 mm e comprimento antenal de 0,16 mm. A ninfa de segundo ínstar apresenta comprimento de 0,87 mm, largura de 0,34 mm e comprimento antenal de 0,17 mm e a ninfa de terceiro ínstar apresenta comprimento de 1,25 mm, largura de 0,68 mm e comprimento antenal de 0,24 mm. A fêmea adulta da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar apresenta comprimento de 4,07 mm, largura de 3,34 mm e comprimento antenal de 0,37 mm. Todos estádios ninfais apresentam seis segmentos antenais, e o adulto sete (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros métricos dos ínstars da fêmea de *Saccharicoccus sacchari*.

Ínstar	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Comprimento antenal (mm)	Número de segmentos antenais
Ovo	0,36	0,18	-	-
Ninfa de primeiro ínstar	0,45	0,22	0,16	6
Ninfa de segundo ínstar	0,87	0,34	0,17	6
Ninfa de terceiro ínstar	1,25	0,68	0,24	6
Fêmea adulta	4,07	3,34	0,37	7

#### 4.3 Obtenção de macho alado de *Saccharicoccus sacchari* no Brasil

O único exemplar alado encontrado apresentava comprimento corporal de 0,73 mm, largura de 0,23 mm, antena com dez segmentos e comprimento antenal de 0,34 mm. abdômen com um par de poro cluster, formador da cauda de filamentos, associado com longas setas ao nono segmento; ápice da bainha peniana levemente expandida e rodeada com largura de 9  $\mu\text{m}$  e altura de 22  $\mu\text{m}$ ; discos dermais com quatro lóculos periféricos; menos do que dez setas presentes nas laterais no abdômen; tórax bem desenvolvido; antenas cobertas com setas digitais de, no máximo, 18  $\mu\text{m}$  de comprimento.

## 5. DISCUSSÃO

O desenvolvimento biológico do inseto apresentou diferenças sob as duas temperaturas em que foram submetidos.

Sob 23 °C, os insetos iniciaram a oviposição 25 dias após o nascimento, enquanto que a 28 °C, a maturidade do adulto foi a partir do 28° dia de vida. Estes dados corroboram com os de Beardsley (1962) que observou que em condições

naturais, o período de oviposição do pseudococcídeo está entre 28 e 36 dias após o nascimento. Porém, Hafez e Salama (1969) apresentam que, sob 24 °C, o início da oviposição é a partir do 21 °C dia após o nascimento e, ao se aumentar a temperatura para 27 °C, a maturidade é a partir de 16 dias após a eclosão da ninfa de primeiro ínstar.

Neste trabalho, os insetos criados sob a temperatura de 23 °C adicionaram 23 fêmeas à população que atingiu a maturidade, e os criados a 28 °C adicionaram 34 fêmeas. Em ambas temperaturas, foi possível ser adicionada, a cada dia, uma fêmea que atingiu a maturidade. Rae e De'ath (1991) relataram que a população dos pseudococcídeos que foram criados sob 25 °C adicionaram na população 69 indivíduos que chegaram na maturidade, e que apenas 20 fêmeas alcançaram a maturidade quando foram criadas sob 30 °C; relataram ainda que as criações em condições laboratoriais diminuem a fecundidade da espécie.

Para ambas as temperaturas, no decorrer deste estudo, o tempo para que a geração se duplique é de aproximadamente cinco semanas. Ebieda Ahmed et al. (2020) descreveram que, no Egito, em condições naturais, a população de *S. sacchari* também pode se duplicar a cada cinco semanas, e, no ciclo da cultura de cana-de-açúcar, é possível observar de quatro a sete gerações.

O tempo de incubação dos ovos não diferiu entre as temperaturas analisadas, com média de duas horas. Atiqui (1987) também relata que o tempo de incubação dos ovos é em poucas horas. Porém, Hafez e Salama (1969) e Uichanco e Villanueva (1932) mencionam variações de incubação de 6 à 10 minutos.

Sob 28 °C, a duração do primeiro e do segundo estágio ninfal, diferiu significativamente, porém não houve diferença para o terceiro estágio ninfal, sendo seis, 9,5 e 13 dias necessários para completar cada ínstar ninfal, consecutivamente. Esses resultados são semelhantes ao de Atiqui (1987) que registrou, em condições naturais, duração de cinco a sete dias para o primeiro estágio ninfal, nove dias para o segundo estágio ninfal e 12 dias para o último estágio ninfal do inseto.

A fase adulta do pseudococcídeo, neste estudo, apresentou diferenças significativas entre os tratamentos, sendo que, na temperatura de 28 °C, obteve-se a maior duração, de aproximadamente 25 dias, e sob 23 °C, 16 dias. Esse resultado foi semelhante ao encontrado por Hafez e Salama (1969), que relataram duração, nessa

fase, de 16 dias para insetos criados sob temperatura de 27 °C. Porém Atiqui (1987) registrou duração de até 29 dias em condições naturais para essa fase de desenvolvimento. Beardsley (1962) registrou, em condições naturais, de 21 a 77 dias de duração para a fase adulta.

A longevidade do pseudococcídeo, apresentou diferença significativa, sendo em média de 41 dias, quando criados sob 23 °C, e 52 dias, quando criados sob 28 °C. Atiqui (1987) relata que o inseto criado a 26 °C possui ciclo de vida entre 42 e 58 dias. De acordo com Ebieda Ahmed et al. (2020), em condições controladas de 30 °C, a longevidade do inseto é de 30 dias, e sob 23 °C, de 44 dias. Rae e De'ath (1991) relatam que sob 20 °C o desenvolvimento biológico do inseto é de 107 dias; sob 30 °C, de 25 dias; e, em condições naturais, os pseudococcídeos se desenvolvem mais rápido em temperaturas baixas quando estão presentes em altas latitudes. Porém, esses autores apontam que, em todos os traços geográficos é possível observar a mesma taxa reprodutiva quando a temperatura passa dos 27 °C. Em condições naturais, Beardsley (1962) relata o desenvolvimento biológico de *S. sacchari* de 42 dias, Lata e Bautista (2020) de 30 dias no Belize, e Hafez e Salama (1969) citam que o desenvolvimento varia de 52 a 138 dias, porém, se criado em condições controladas de 30 °C, a longevidade do pseudococcídeo é de 51 dias.

Obteve-se cinco fases de desenvolvimento da fêmea de *S. sacchari*, sendo que cada etapa apresentou diferentes parâmetros métricos.

Se observou: um estágio de ovo, três estádios ninfais e um estágio adulto. Esse resultado também se assemelha ao proposto por Beardsley (1962), Atiqui (1987) e Rae (1993) que relatam três instares ninfais para a espécie. Entretanto, Uichanco e Villanueva (1932) são os únicos autores que mencionaram cinco instares para a fêmea do pseudococcídeo. Provavelmente os autores cometeram um erro interpretativo na observação dos instares, pois a regra geral para os insetos dessa família é apresentar apenas três instares ninfais (Beardsley, 1962; Atiqui, 1987; Rae, 1993).

Os parâmetros métricos para cada fase de desenvolvimento do pseudococcídeo, no decorrer deste estudo, foram: ovo com 0,36 mm de comprimento e 0,18 mm de largura; ninfa de primeiro instar com 0,45 mm de comprimento, 0,22 mm de largura e 0,17 mm de comprimento antenal; ninfa de segundo instar com 0,87

mm de comprimento, 0,34 mm de largura e 0,17 mm de comprimento antenal; ninfa de terceiro ínstar 1,25 mm de comprimento, 0,68 mm de largura e 0,24 mm de comprimento antenal; e fêmea adulta com 4,07 mm de comprimento, 3,34 mm de largura e 0,37 mm de comprimento antenal. Em todos os estádios ninfais houve o registro de seis segmentos antenais, e o adulto com sete.

Esses resultados se assemelham aos propostos em estudos prévios (Beardsley, 1962; Atiqui, 1987; Rae, 1993). De acordo com Atiqui (1987), o ovo apresenta 0,37 mm de comprimento e 0,19 mm de largura; a ninfa de primeiro ínstar apresenta 0,50 mm de comprimento e 0,15 mm de largura; o segundo estágio ninfal apresenta 0,80 mm de comprimento e 0,30 mm de largura; e a ninfa de terceiro ínstar apresenta 1,12 mm de comprimento e 0,48 mm de largura. De acordo com o autor, em todas as fases há seis segmentos antenais. Rae (1993) menciona que no primeiro estágio ninfal há 0,61 mm de comprimento, 0,22 mm de largura e 0,17 mm de comprimento antenal; para o segundo estágio ninfal o comprimento é de 0,87 mm, a largura de 0,43 mm e 0,18 mm de comprimento antenal; e para a ninfa de terceiro ínstar há 1,26 mm de comprimento, 0,61 mm de largura e 0,23 mm de comprimento antenal, havendo seis segmentos antenais para todas as fases apresentadas. De acordo com Beardsley (1962), uma fêmea adulta pequena da espécie apresenta 1,25 mm de comprimento, porém Rae (1993) relata que nessa fase o inseto apresenta em torno de 1,93 mm de comprimento, 0,92 mm de largura e 0,28 mm de comprimento antenal que contém sete segmentos antenais.

Um indivíduo alado da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar foi observado.

Constatou-se que o espécime alado era o macho de *S. sacchari*, a partir da chave de identificação de machos de cochonilhas-farinhas de Beardsley (1960), entendendo-se que a reprodução sexuada da espécie também é possível no território nacional. De acordo com Uichanco e Villanueva (1932), há poucos machos alados nas Filipinas. Atiqui (1987) também relata a pouca numerosidade de machos na Índia. Beardsley (1962) e Rae (1993) relatam que ocorre macho alado e áptero no Havaí e na Austrália, respectivamente. E Hafez e Salama (1967), mencionam que no Egito ocorre a maior quantidade polimórfica da espécie em macho, e que em criação laboratorial o macho alado é mais numérico do que o áptero ou o braquiáptero.

## 6. CONCLUSÃO

*Saccharicoccus sacchari*, em condições controladas de temperatura, apresenta o mesmo comportamento reprodutivo que o observado em condições naturais, sendo que a reprodução assexuada ocorre por partenogênese telítoca. Conforme o aumento da temperatura ambiente aumenta-se a duração de cada fase do ciclo de vida, demonstrando temperatura ideal de criação a  $28\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ .

A população de fêmeas do pseudococcídeo apresenta três fases: uma fase de ovo, três estádios ninfais e uma fase adulta. Conforme o avanço do desenvolvimento do inseto, há aumento métrico em suas características morfológicas.

A partir do registro do macho alado da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, se indica a possibilidade da presença da reprodução sexuada da espécie no país.

Estudos futuros devem ser baseados no acompanhamento do ciclo de vida do macho alado da espécie e análise do desenvolvimento biológico da população dos insetos a partir da reprodução sexuada em diferentes localidades.

## 7. REFERÊNCIAS

Atiqui MUA (1987) **Studies on the mealy bugs with special reference to interaction between host and pest.** Department of Zoology Aligarh Muslim University, Aligarh India.

Beardsley JW (1960) **A preliminary study of the males of some Hawaiian mealybugs (Homoptera: Pseudococcidae).** Experiment Station, HSPA, Honolulu, Hawaii.

Beardsley JW (1962) Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society** 18:55-59.

Cockerell TDA (1895) A new mealy-bug on sugar cane. **Journal of the Trinidad Field Naturalists' Club** 2:195.

Ebieda Ahmed MM, Mohanny KM, Mohamed GS, Allam ROH, Sadan MAA (2020) Predicted voltinism for *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Homoptera: Pseudococcidae) on sugarcane in Egypt. **Plant Archives** 20:2708-2714.

Everitt BS, Hothorn T (2005) **A Handbook of Statistical Analyses Using R.** Technometrics, Erlangen, London, UK.

García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB (2016) ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Disponível em: <http://scalenet.info>. Acessado em: 07 julho 2021.

Granara de Willink, MC (1990) **Knowing our fauna, I Superfamily Coccoidea.** Universidad Nacional de Tucumán Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.

Hafez M, Salama HS (1967) Polymorphism in the male of the mealy bug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell). **Proceedings of the Royal Entomological Society of London (A)** 42:25-29.

Hafez M, Salama HS (1969) Biological on the sugar cane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll., in Egypt. Bull. **Societe entomologique d’Egypte** 53:499-516.

Inkerman PA, Ashbolt NJ, Carver M, Williams DJ (1986) Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). **Entomology** 1:612-619

Latha T, Bautista K (2020) Preliminary investigation on insect pests of sugarcane in the northern sugar belt region of Belize. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 8:1334-1340.

Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C (2000) Statistical inferences on associated lifetable parameters using jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economical Entomology** 93:511-518.

Monteiro GG, Wolff VRS, Peronti ALBG, Martinelli NM, Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11:392-396.

Monteiro GG, Peronti ALBG, Martinelli NM (2021) Presence of pink sugarcane mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane (in press). **Scientia Agricola** 79:1-5.

Qin ZQ, Wei JJ, Song XP, Luo YW, Liu L, Deng ZY (2017) Efficacy of the ladybird beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant for control of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell). **Sugar Tech** 19:599-603.

Rae DJ (1993) A method for discrimination between instars of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Journal of Australian Entomological Society** 32:249-252.

Rae DJ, De'ath G (1991) Influence of constant temperature on development, survival and fecundity of sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Australian Journal of Zoology** 39:105-122.

Silva R, Gonçalves CR, Galvão D, Gonçalves M, Gomes J, Silva MM, Simoni L (1968) **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: Seus parasitos e predadores: Parte 2, Tomo 1, insetos, hospedeiros e inimigos naturais**. Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro. Brasil.

Sturza VS, Peronti ALBG, Nava DE (2022) First record of *Dysmicoccus boninsis* Kuwana, 1909 (Hemiptera: Pseudococcidae) on sugarcane in the state of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology** 82:1-2.

Uichanco LB, Villanueva FE (1932) Biology of the pink mealybug of sugar cane, *Trionymus sacchari* (Cockerell), in the Philippines. **Philippine Agriculture** 21:205-276.

Willians DJ, Granara de Willink MC (1992) **Mealybugs of Central and South America**. CAB International, London, UK.

Zhang JT, Wu B, Wu SA (2018) A review of the genus *Saccharicoccus* Ferris, 1954 (Hemiptera: Coccoomorpha: Pseudococcidae) in China, with description of a new species. **Zootaxa** 4375:127-135.

**CAPÍTULO 3 – CONSEQUÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS NOS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS DE CANA-DE-AÇÚCAR INFESTADOS POR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

**RESUMO** – No estado de São Paulo, a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) é frequente em áreas de cultivo de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae), ocorrendo durante todo o seu ciclo fenológico. Entretanto informações sobre o impacto na produtividade de colmos e a qualidade da matéria-prima ainda é desconhecida no Brasil. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características biométricas e tecnológicas dos diferentes estádios fenológicos de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, em casa de vegetação, infestadas por *S. sacchari*. Foram cultivadas 160 plantas de cana-de-açúcar em 80 vasos plásticos, distribuídas em dois blocos e quatro fileiras referentes a dois tratamentos (infestado com cochonilhas e controle). As cochonilhas foram provenientes de criação em condições laboratoriais. As plantas de cana-de-açúcar, em cada estágio fenológico: brotação, perfilhamento, crescimento vegetativo e maturação, foram infestadas com cinco fêmeas oviplenas antes do seu início fenológico. No término de cada estágio fenológico, as plantas foram submetidas à biometria externa: altura, diâmetro e pesagem dos brotos; no estágio de maturação se avaliou a qualidade tecnológica do caldo, sendo: Açúcares Totais Recuperável (ATR), Açúcares Redutores (AR), Brix, Pol e Pureza. O experimento foi instalado sob delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 20 repetições para cada estágio fenológico. Verificou-se que, em relação aos parâmetros biométricos: altura (cm), diâmetro (mm) e massa (g) dos brotos no estágio de brotação, os tratamentos diferiram entre si. Os parâmetros tecnológicos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, porém índices menores foram obtidos no tratamento infestado com cochonilhas.

**Palavras-chave:** Análise tecnológica, biometria, cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, cultivar RB867515, *Saccharum* spp.

**CHAPTER 3 – PHYSICOCHEMICAL CONSEQUENCES ON THE PHENOLOGICAL STAGES OF SUGARCANE INFESTED BY *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

**ABSTRACT** – Pink sugarcane mealybug *Saccharicoccus sacchari* has infested sugarcane *Saccharum* spp. in São Paulo state throughout its phenological cycle. Information around yield losses by this insect is still unknown in Brazilian conditions. The aim of this research was to evaluate biometric and raw material quality under sugarcane plants on different stages infested by *S. sacchari*. There were cultivated 160 sugarcane plants distributed in two per plot and four rows referring to two treatments (infested with mealybugs and control). Each sugarcane plant was infested by five gravid females before their phenological onset. At the end of each phenological stage, plants were submitted to external biometrics, height, diameter and weighing of the shoots, and at the ripening stage, technological data for Total Recoverable Sugar (TRS), Reducing Sugar (RS), Brix, Pol and Purity. Experiment was carried out in a completely randomized design (CRD) with 20 replications for each phenological stage. In relation to the biometric parameters: height (cm), diameter (mm) and weight (g) of the shoots at the establishment stage, the treatments differed from each other. The raw material quality analysis, did not show significant difference between treatments, but lower rates were obtained in the treatment infested with mealybugs.

**Keywords:** Biometrics, cultivar RB867515, pink sugarcane mealybug, *Saccharum* spp., technological analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae), sendo o estado de São Paulo o principal produtor, com 55% da área de cultivo (CONAB, 2020; Food Chain ID, 2021).

No país, diversas estratégias agrônômicas são empregadas no setor canavieiro visando a maior rentabilidade, dentre elas o melhoramento genético de plantas (EMBRAPA, 2021). A cultivar RB867515, desenvolvida em 1986 a partir do policruzamento da RB72454 com diversas outras cultivares, foi liberada em 1997 pela Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroenergético (RIDESA), e ocupa mais de 60% das áreas canavieiras do país (RIDESA, 2010; Daros et al., 2015; Nova Cana, 2021). Essa cultivar também é a mais difundida mundialmente (Nova Cana, 2021; Revista Canavieiros, 2021). Entre as vantagens apresentadas por essa cultivar, destacam-se: alto teor de sacarose, tolerância à seca, raro florescimento e excelente brotação de soca com palha (RIDESA, 2010; EMBRAPA, 2021).

Uma das preocupações do setor canavieiro que busca por constante melhoria no desenvolvimento e qualidade das plantas de cana-de-açúcar são os problemas fitossanitários, causadas por doenças fitopatológicas e insetos-pragas. A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), encontra-se presente nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar ao redor do mundo (García Morales et al., 2016). No estado de São Paulo, está entre os insetos mais frequentes associados a este cultivo (García Morales et al., 2016; Monteiro et al., 2019).

Os estudos relacionados às variações das características físico-químicas das plantas de cana-de-açúcar infestadas por *S. sacchari*, nos diferentes estádios fenológicos, em geral, não indicam as cultivares estudadas (Puttarydriah, 1954; Dick, 1969; Atiqui e Murad, 1992; Gamal El-Dein et al., 2009), sendo essas indicadas em alguns estudos realizados na Índia e no Egito (Borah e Duttah, 1995; Solouma, 2002 e Jayanthi et al., 2016). Na presença da cochonilha, baixa germinação das gemas de plantas de cana-de-açúcar foi encontrada por Dick (1969) em canaviais nos Estados Unidos; e o amarelecimento das folhas, retardamento do crescimento e atrofiamento dos colmos de cana-de-açúcar foram encontrados por Puttarydriah (1954) em áreas

de cultivo na Índia. Com relação aos parâmetros tecnológicos, qualidade da calda de cana-de-açúcar, Atiqui e Murad (1992) detectaram redução de sacarose em 16,44% e Açúcares Redutores em 37,08%; e, Gamal El-Dein et al. (2009) encontraram diminuição de Brix em 13,47%, Pol em 32,62% e da Pureza da calda, em estudos realizados na Índia e Egito, respectivamente. A contaminação da calda, através de colmos triturados com a cochonilha, desacelera o processo de cristalização do açúcar (Jayanthi et al., 2016).

Além disso, danos indiretos relacionados à cochonilha têm sido relatados, com: o provável complexo cochonilha-podridão com o fungo *Colletotrichum falcatum* Went, 1893 (Glomerellales: Glomerellaceae) nos colmos de cana-de-açúcar no Brasil (Monteiro et al., 2021); e a transmissão do *Sugarcane bacilliform virus* (SCBV) na China (Ahmad et al., 2019) e do vírus do mosaico da cana nos Estados Unidos, Ilhas Maurício e Malawi (Lockhart et al., 1992; Rott et al., 2000).

## **2. OBJETIVO**

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar as características biométricas e tecnológicas dos diferentes estádios fenológicos de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, em casa de vegetação, infestadas por *S. sacchari*.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil entre janeiro de 2020 e fevereiro de 2021.

### **3.1 Obtenção e plantio de gemas de *Saccharum* spp.**

Foram fornecidos 32 colmos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, pela empresa Syngenta® Brasil localizada em Itápolis, São Paulo, Brasil. Os colmos foram

transportados ao Laboratório de Biossistemática de Hemiptera (LABHEM) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade, (FCAV/UNESP). Posteriormente, foram fragmentados em 160 gemas de cinco centímetros de comprimento de colmo. Em duplas, as gemas foram plantadas em 80 vasos plásticos com capacidade de oito litros, previamente preparados e preenchidos com terra, areia e matéria orgânica na proporção 3:1:1, a aproximadamente cinco centímetros de profundidade e cinco centímetros de distância entre gemas, conforme metodologia descrita por Cebim (2007). Ao substrato, foi adicionado adubo NPK 4 - 16 - 38, 300 mg de nitrogênio, 200 mg de fósforo e 150 mg de potássio, para cada litro de terra.

Os vasos foram posicionados em dois blocos de quatro fileiras, referente aos tratamentos: infestado com cochonilhas e controle, para quatro etapas, correspondentes aos estádios fenológicos das plantas de cana-de-açúcar: brotação, perfilhamento, crescimento vegetativo e maturação. Para suprir as necessidades hídricas das plantas, a irrigação manual, através da utilização de mangueira, ocorreu diariamente. A temperatura foi em condições naturais em casa de vegetação, com média anual de 23 °C.

### **3.2 Criação de *Saccharicoccus sacchari* em condições laboratoriais**

Foram coletados 15 colmos de cana-de-açúcar da cultivar RB867515 e 180 fêmeas oviplenas de *S. sacchari*, provenientes de localidade rural situada no município de Jaboticabal, São Paulo, Brasil, sob a coordenada: -21°13'22'' S, -48°16'81'' O e altitude de 605 m. Após os colmos serem transportados ao LABHEM, as regiões que possuíam dois nós foram seccionadas em 45 toletes de 45 centímetros. Os toletes cortados foram esterilizados com álcool 70% e previamente secos por meio de panos descartáveis e expostos em ambiente natural para a secagem total. Para retardar a perda de sacarose, os toletes foram parafinados em suas extremidades (Beardsley, 1962).

Cada colmo fragmentado foi infestado, em cada nó, com duas cochonilhas oviplenas. Os toletes infestados foram agrupados em cinco unidades e distribuídos em nove garrafas plásticas do tipo PET com as extremidades seccionadas. Essas

garrafas foram mantidas na horizontal em BOD (temperatura  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , fotoperíodo 24 h escuridão e umidade relativa de 80%).

O procedimento se repetiu 180 dias após a primeira criação, visando renovar o substrato de criação, pois, de acordo com a metodologia proposta por Beardsley (1962), os colmos tendem a perder sacarose em excesso e necessitam ser renovados.

### **3.3 Infestação das cochonilhas para cada estágio fenológico**

Precedendo o início de cada estágio fenológico, cinco fêmeas ovíparas, provenientes da criação em condições laboratoriais, foram transferidas para cada gema/planta correspondente a cada tratamento.

No pré-estádio de brotação, momento do plantio, após a transferência dos insetos, as gemas foram protegidas com duas camadas de papel toalha para evitar o possível contato das cochonilhas com o substrato. Nos pré-estádios de perfilhamento, 30 dias após o plantio, e crescimento vegetativo, 150 dias após o plantio, os insetos foram transferidos para os nós das plantas utilizando um pincel com cerdas macias, inclinando-se as folhas e expondo essas regiões. Após a transferência dos insetos as folhas das bainhas retomavam sua posição original. Para o pré-estádio de maturação, 270 dias após o plantio, os pseudococcídeos foram transferidos para os nós medianos utilizando-se o mesmo procedimento.

### **3.4 Análises biométrica e tecnológica das plantas**

Ao fim de cada estágio fenológico, as 20 plantas de cada tratamento foram submetidas às análises.

Para a análise biométrica, referente à altura e diâmetro dos colmos, foram utilizados trena e paquímetro. Exclusivamente os brotos, provenientes do estágio de brotação, foram pesados em balança analítica com precisão de 0,01 g, pois brotos com menor peso tendem a resultar em colmos pobres em sacarose (Cebim, 2007). Na análise tecnológica, as plantas foram divididas em dois grupos de dez do mesmo tratamento, após o estágio fenológico de maturação. De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), foram amostradas, realizando a desfibragem e homogeneização dos colmos

para obtenção dos dados de impureza do vegetal e Peso do Bolo Úmido (PBU); Açúcares Totais Recuperáveis (ATR), polarimetria, refratometria e aferição de massas; Açúcares Redutores (AR), e valores de Brix, Pol e Pureza da calda de cana-de-açúcar. A análise tecnológica foi realizada no Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Cana, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

### **3.5 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos**

O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois tratamentos e 20 repetições para cada estágio fenológico. O programa usado foi SAS<sup>®</sup> University Edition, versão 9.4. Os dados biométricos e tecnológicos foram submetidos aos testes de Bartlett para verificar homocedasticidade (PROC GLM) e Cramer von Mises para normalidade (PROC UNIVARIATE). Os dados apresentaram normalidade, dessa forma a análise de variância (PROC ANOVA) foi conduzida. As médias (PROC MEANS), quando significativas, foram comparadas usando o teste de Student ( $p < 0,05$ ) (Everitt e Hothorn, 2005).

## **4. RESULTADOS**

Todos os estádios fenológicos avaliados apresentaram diferenças significativas, entre os tratamentos, nas características físicas: altura (cm), diâmetro (mm) e peso (g) dos brotos no estágio de brotação. Porém, para as químicas, referente ao estágio de maturação, não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

### **4.1 Brotação**

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas na altura (cm), diâmetro (mm) e massa (g) dos brotos. Os brotos do tratamento infestados com cochonilhas apresentaram menor comprimento (17,8 cm), foram mais atrofiados (4,9 mm) e com menor peso (28,5 g) do que brotos do tratamento controle (Tabela 1) (Figura 1).

Tabela 1. Altura (cm), diâmetro (mm) e massa (g) de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no estágio de brotação.

Tratamentos		Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Peso (g)
Infestado com cochonilhas		17,8 ± 0,02b*	4,9 ± 0,17b*	28,5 ± 1,06b*
Controle		26,4 ± 0,01a	6,3 ± 0,21a	34,4 ± 1,62a

*Nota.* \*Médias ± desvio padrão seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ).

Altura (cm) ( $F = 10,66$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0023$ ), diâmetro (mm) ( $F = 24,83$ ;  $df = 1$ ;  $p = <,0001$ ), peso (g) ( $F = 9,31$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0041$ ).

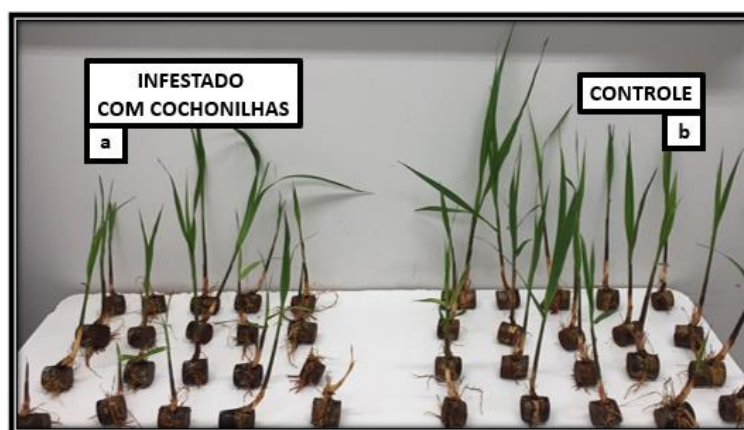


Figura 1. Brotos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no fim do estágio fenológico de brotação; tratamento infestado com cochonilhas (a) e tratamento controle (b).

#### 4.2 Perfilhamento e crescimento vegetativo

Para os dois estádios fenológicos, as plantas dos tratamentos apresentaram diferenças significativas na altura (cm) e no diâmetro (mm) dos colmos das plantas. Plantas do tratamento infestado com cochonilhas foram menores e mais atrofiadas em ambos estádios (Figura 2).



Figura 2. Canas-de-açúcar, cultivar RB867515, em transição entre o estágio fenológico de perfilhamento e crescimento vegetativo; tratamento infestado com cochonilhas (a) e tratamento controle (b).

No estágio de perfilhamento, as plantas do tratamento infestado com cochonilhas apresentaram 32,3 cm de altura e 13,4 mm de diâmetro, e no estágio de crescimento vegetativo as plantas desse mesmo tratamento obtiveram 76,3 cm de altura e 8,3 mm de diâmetro (Tabela 2).

Tabela 2. Altura (cm) e diâmetro (mm) de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, nos estádios de perfilhamento e crescimento vegetativo.

Tratamentos	Perfilhamento		Crescimento vegetativo	
	Altura (cm)	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Infestado com cochonilhas	32,3 ± 0,03b	13,4 ± 1,23b	76,3 ± 0,04b	8,3 ± 0,60b
Controle	47,9 ± 0,03a	20,3 ± 0,78a	95,8 ± 0,04a	10,3 ± 0,48a

*Nota.* \*Médias ± desvio padrão seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ).

Perfilhamento altura (cm) ( $F = 11,80$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0014$ ), diâmetro (mm) ( $F = 21,87$ ;  $df = 1$ ;  $p = <,0001$ ), Crescimento vegetativo altura (cm) ( $F = 9,21$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0043$ ); diâmetro (mm) ( $F = 6,98$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0119$ ).

### 4.3 Maturação

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas na altura (cm) e no diâmetro (mm) dos colmos das plantas neste estágio fenológico. Plantas do tratamento infestado com cochonilhas apresentaram 1,0 m de comprimento e 14,6 mm de diâmetro (Figura 3).

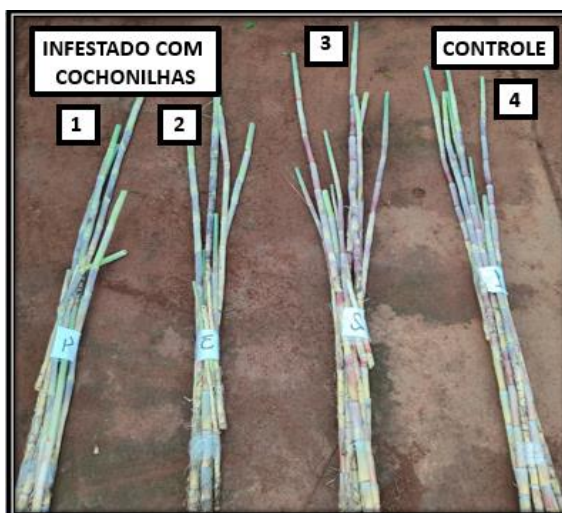


Figura 3. Colmos de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no fim do estágio fenológico de maturação; grupos referentes ao tratamento infestado com cochonilhas (1 e 2) e grupos referentes ao tratamento controle (3 e 4).

Quanto aos parâmetros tecnológicos: ATR, AR, Brix, Pol e Pureza, não diferiram entre os tratamentos. Valores de ATR (sacarose e AR em Kg/t), Brix (sólidos solúveis), Pol (sacarose) e Pureza ( $\text{Pol/Brix} \times 100$ ) foram maiores no tratamento controle, sendo respectivamente 9,3, 13,8, 9,0 e 0,77%, enquanto que somente o AR (glicose e frutose) foi maior no tratamento infestado com cochonilhas, sendo 0,8% (Tabela 3).

Tabela 3. Altura (m), diâmetro (mm), Açúcar Total Recuperável (ATR) sacarose e Açúcares Redutores, glicose e frutose Kg/t (%), Açúcares Redutores (AR) glicose e frutose (%), Brix (%) de sólido solúveis, Pol (%) de massa de sacarose e Pureza (%) Pol/Brix x 100, de plantas de cana-de-açúcar, cultivar RB867515, no estágio de maturação.

Tratamentos	Altura (m)	Diâmetro (mm)	ATR Kg/t (%)	AR (%)	Brix (%)	Pol (%)	Pureza (%)
Infestado com cochonilhas	1,0 ± 0,06b	14,6 ± 0,69b	8,4 ± 1,61a	0,8 ± 0,03a	12,9 ± 0,35a	8,0 ± 0,17a	75,1 ± 0,90a
Controle	1,4 ± 0,05a	20,4 ± 0,62a	9,3 ± 2,05a	0,7 ± 0,03a	13,8 ± 0,21a	9,0 ± 0,18a	79,5 ± 0,77a

*Nota.* \*Médias ± desvio padrão seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ).

Altura (m) ( $F = 18,41$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0001$ ), diâmetro (mm) ( $F = 38,55$ ;  $df = 1$ ;  $p = <,0001$ ), ATR Kg/t (%) ( $F = 8,45$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,1008$ ); AR (%) ( $F = 9,39$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0920$ ); Brix (%) ( $F = 4,81$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,1595$ ); Pol (%) ( $F = 15,37$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0593$ ); Pureza (%) ( $F = 13,63$ ;  $df = 1$ ;  $p = 0,0662$ ).

## 5. DISCUSSÃO

A presença de *S. sacchari* reduziu significativamente as características biométricas das plantas de cana-de-açúcar em todos estádios fenológicos quando comparados com o tratamento controle.

No referente estudo, os brotos infestados pelo pseudococcídeo apresentaram menor comprimento, menor diâmetro e menor massa em relação aos brotos do tratamento controle. Jayanthi et al. (2016) relataram que brotos infestados pelas cochonilhas, de diferentes ínstares, resultaram em baixa germinação da cultivar que apresentou raízes de menor comprimento. Uichanco e Villanueva (1932) relataram que, quando a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar ocorria sobre os brotos, eles não germinavam, levando à morte da planta, em estudos realizados nas Filipinas.

As plantas infestadas por *S. sacchari*, no decorrer deste estudo, foram menores e mais atrofiadas nos estádios de perfilhamento, crescimento vegetativo e maturação quando comparadas com o tratamento controle. Jayanthi (1991) relatou que, na Índia, nas fases de desenvolvimento da planta, principalmente no crescimento vegetativo, plantas híbridas, como a cultivar RB867515, são mais suscetíveis a infestações do inseto do que plantas congêneres. Estudos realizados na Índia e em Barbados, embora não mencionem o número de cochonilhas relativas às infestações, relataram que maiores populações da cochonilha, nesses mesmos estádios fenológicos, causaram os seguintes danos: retardo no crescimento, atrofiamento dos colmos e baixa taxa de desenvolvimento em casos extremos de infestação, e a injúria de amarelecimento nas folhas (Kalra e Sidhu, 1964; Dick, 1969; Alam, 1972; Gamal El-Dein et al., 2009). Entretanto o resultado obtido para a fase de maturação por Gamal El-Dein et al. (2009) foi distinto, com diferença não significativa entre as plantas infestadas com cochonilhas e tratamento controle, quanto aos mesmos parâmetros biométricos.

As análises tecnológicas realizadas no estágio fenológico de maturação não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos.

As plantas do tratamento infestado com cochonilhas, no referente estudo, apresentaram menor qualidade da calda da cana-de-açúcar do que plantas do tratamento controle. Dymond (1929), na África do Sul, e Gamal El-Dein et al. (2009) identificaram que a contaminação da calda de cana-de-açúcar infestada com cochonilhas, deve-se à cera aderida ao corpo do inseto e ao *honeydew* que ele excreta, que pode estar associado a fungos e bactérias que produzem ácido acético (Lockhart et al., 1992). Willcocks (1925) e Latha e Bautista (2020) também mencionaram que, no Egito e em Belize, como resultado dessa contaminação, há a redução no processo de cristalização do açúcar. Danos indiretos também afetam as características químicas das plantas, como constatado por Rott et al., (2000) que relataram a redução da biomassa em plantas de cana-de-açúcar das cultivares CL61-620, CP63-588 e CP65-357, após a inoculação do vírus baciliforme da cana (SCBV) no floema, através dos estiletos do pseudococcídeo. Plantas de cana-de-açúcar com a presença da cochonilha e com os esporos do fungo da podridão vermelha, *C. falcatum*, também apresentaram maiores perdas tecnológicas em relação às plantas

nas quais o inseto e os esporos do fungo foram inoculados em plantas distintas (Monteiro et al., 2021, no prelo). Realizar análises tecnológicas provenientes da calda da cana-de-açúcar, e que apresentam os valores de ATR, AR, Brix, Pol e Pureza, é uma das principais premissas para fornecer resultados analíticos qualitativos que visam aumentar o rendimento industrial, minimizar as perdas e aumentar a produtividade canavieira (CNPEM, 2017).

O valor de Açúcar Total Recuperável (ATR) sacarose e Açúcares Redutores, glicose e frutose em Kg/t (%) foi menor no tratamento infestado com o pseudococcídeo (8,4%). Kalra e Sidhu (1964), na Índia, observaram diminuição da sacarose em 24,1%. Gamal El-Dein et al. (2009) observaram reduções de sacarose de 6,29% a 27,87%.

O valor de Açúcares Redutores (AR) glicose e frutose (%) no tratamento infestado pelo inseto foi de 0,8%. Gamal El-Dein et al. (2009) observaram redução de AR em 5,29%. Atiqui e Murad (1992) também obtiveram redução em 12,92% na cultivar Co 1148 infestada com o pseudococcídeo.

O Brix, porcentagem de sólidos solúveis na calda, foi menor no tratamento infestado com a espécie, sendo 12,9%. Atiqui e Murad (1992) também obtiveram redução de Brix em 10,64%, bem como Kalra e Sidhu (1964) em 16,2%.

A massa de sacarose (Pol) reduziu em 8,0% no tratamento infestado com a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar. Gamal El-Dein et al. (2009) obtiveram redução em 5,29% para canas infestadas por *S. sacchari*.

A Pureza (Pol/Brix x 100), que representa a qualidade da matéria prima em recuperar açúcar, foi maior no tratamento controle, 79,5%. Atiqui e Murad (1992) obtiveram redução em 6,14%, para canas infestadas por cochonilhas, para a cultivar Co 1148.

Os resultados tecnológicos aqui obtidos para as plantas infestadas com as cochonilhas diferiram dos resultados recomendados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2021) que preconiza valores de ATR maior do que 15%, AR menor do que 0,8%, Brix no valor de 18%, Pol maior do que 14% e Pureza maior do que 85%.

Logo, este estudo indicou que a cultivar RB867515 apresentou diferenças significativas entre os tratamentos nas análises biométricas, mas não nas tecnológicas. Jayanthi et al. (2016) verificaram, após análises semelhantes às

realizadas neste estudo, que as cultivares Co 740, Co 6806, Co 8014, CoC 671 e CoA 7601 foram consideradas tolerantes às infestações de *S. sacchari*. Borah e Duttah (1995) e Solouma (2002) também relataram tolerância à cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar nas cultivares CoBLN 9101, 9102, 9103, Co 6806, C0Jor-1, C0Jor-2, Co 740, C 46-117, Co 237, Co 290, Co 997, CP 31-294, CP 34-38 e CP 52-43.

## **6. CONCLUSÃO**

Infestações de *S. sacchari* em todos estádios fenológicos da cana-de-açúcar na cultivar RB867515 proporcionaram reduções nas características físicas, enquanto não foi verificado impacto na qualidade tecnológica da matéria-prima. Estudos semelhantes devem ser aplicados a outras cultivares encontradas nos canaviais paulistas, a fim de se obter resultados comparativos quanto ao seu desenvolvimento e qualidade da calda da cana-de-açúcar obtidos em relação à infestação pela cochonilha, além de níveis de danos causados pela cochonilha.

## 7. REFERÊNCIAS

Ahmad K, Sun SR, Chen JL, Huang MT, Fu HY, Gao SJ (2019) Presence of diverse sugarcane bacilliform viruses infecting sugarcane in China revealed by Pairwise sequence comparisons and phylogenetic analysis. **Plant Pathology Journal** 35:41-50.

Alam MM (1972) The establishment of *Anagyrus saccharicola* Timb. (Hymenoptera: Encyrtidae) in Barbados. West Indies, against the sugarcane mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Ckll.) (Hemiptera: Coccidae). **Entomophaga** 17:257-363.

Atiqui MUA, Murad H (1992) Assessment of loss in sucrose content of sugarcane due to sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll. **Journal of Insect Science** 5:196-197.

Beardsley JW (1962) Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society** 18:55-59.

Borah BK, Dutta SK (1995) Varietal reaction of sugarcane to pink mealybug *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation. **Journal of Agricultural Science Society NE India** 8:100-102.

Cebim VLMS (2007) **Biometria de mudas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em dois sistemas de plantio**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

CNPEM (2017) In: Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais. Acesso: 10 maio 2021, <https://cnpem.br/metodos-e-tecnologias-para-analise-de-cana/>.

CONAB (2020) In: Companhia Nacional de Abastecimento. Acesso: 01 abril 2021, <http://www.conab.gov.br>.

Daros E, Oliveira RA, Barbosa GVS (2015) **45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar, 25 anos de RIDESA**. Curitiba, Editora Graciosa 156p.

Dick J (1969) **The Mealybugs of sugarcane**. In William J.R. et al. **Pests of Sugarcane**. (Coccids p. 343-365). Elsevier Pub. Co., Amsterdam, London, New York. 1:568p.

Dymond GG (1929) Mealybugs. Their effect on cane culture and manufacture in Natal. **Proceedings of the South African Sugar Technologist Association** 3:51-53.

EMBRAPA (2021) In: Agência Embrapa de Informação e Tecnologia. Acesso: 01 abril 2021, <http://www.embrapa.br>.

Everitt BS, Hothorn T (2005) **A Handbook of Statistical Analyses Using R**. Technometrics, Erlangen, London, UK.

Food Chain ID (2021) In: Food chain ID, Seeing Food Clearly. Acesso: 01 abril 2021, <https://www.foodchainid.com/>.

Gamal El-Dein H, Mohamed Sanaa A, Ibrahim M, Fatma AM (2009) Effect of *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) infestation levels on sugarcane physical and chemical properties. **Egyptian Academic Journal of Biological Science** 2:119-123.

García Morales M, Denno BD, Miller DR, Miller GL, Ben-Dov Y, Hardy NB (2016) ScaleNet: A literature-based model of scale insect biology and systematics. Disponível em: <http://scalenet.info>. Acessado em: 01 abril 2021.

Jayanthi R (1991) **An evaluation of the interactions between the sugarcane coccids and their host plant**. Thesis (Ph.D.) – Bharathiar University, Coimbatore, India.

Jayanthi R, Srikanth J, Sushil SN (2016) **Sugarcane**. ICAR-Sugarcane Breeding Institute. Coimbatore 641007, India, Springer India.

Kalra AN, Sidhu AS (1964) Sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* Ckll., and its control. **Proceedings of the Indian Academy of Science** 5:557-559.

Latha T, Bautista K (2020) Preliminary investigation on insect pests of sugarcane in the northern sugar belt region of Belize. **Journal of Entomology and Zoology Studies** 8:1334-1340.

Lockhart BEL, Autrey LJC, Comstock JC (1992) Partial purification and serology of sugarcane mild mosaic virus, a mealy bug-transmitted closterolike virus. **Phytopathology** 82:691-695.

Monteiro GG, Wolff VRS, Peronti ALBG, Martinelli NM, Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11:392-396.

Monteiro GG, Peronti ALBG, Martinelli NM (2021) Presence of pink sugarcane mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane (in press). **Scientia Agricola** 79:1-5.

Nova Cana (2021) In: NovaCana. Acesso: 01 abril 2021, <https://www.novacana.com/>.

Puttarydriah M (1954) The status of the mealy-bug on sugarcane with special reference to Mysore State. **Indian Journal of Entomology** 16:1-10.

Revista Canavieiros (2021) In: Revista Canavieiros. Acesso: 01 abril 2021, <https://www.revistacanavieiros.com.br/>.

RIDESA (2010) **Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro**. Catálogo Nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar. 136p.

Ripoli TCC, Ripoli MLC (2004) **Sugarcane biomass: harvest, energy and environment**. Editora Esalq, Barros & Marques, Piracicaba, SP, Brazil.

Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft BJ, Saumtally AS (2000) **A guide to sugarcane diseases**. CIRAD and ISSCT.

Solouma AG (2002) Screening of sugarcane breeder materials to infestation with the pink mealybug (*Saccharicoccus sacchari* Ckll.) under field conditions in Egypt. **Annual Agricultural Science Moshtohor** 40:535-540.

Uichanco LB, Villanueva FE (1932) Biology of the pink mealybug of sugar cane, *Trionymus sacchari* (Cockerell), in the Philippines. **Philippine Agriculture** 21:205-276.

Willcocks FC (1925) **The insect and related pests of Egypt II**. Insects and mites feeding on graminous crops and products in the field, granary and mill. Sultanic Agricultural Society, II, Cairo.

**CAPÍTULO 4 – AVALIAÇÃO DO NÚMERO DE PERFURAÇÕES OCASIONADAS POR *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) SOBRE CANA-DE-AÇÚCAR E DA PRESENÇA DE HIFAS E ESPOROS DE *Colletotrichum falcatum*, WENT NO INTERIOR DOS COLMOS**

**RESUMO** – As cochonilhas se alimentam da seiva de plantas através da inserção de seus estiletes. A saliva contém substância tóxica que perfura o parênquima até atingir o floema. Através da alimentação, elas podem transmitir viroses e os orifícios abertos podem facilitar a inoculação de outros microrganismos, como os esporos do fungo da podridão vermelha *Colletotrichum falcatum*, Went. O objetivo deste trabalho foi estimar as perfurações ocasionadas por *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) através de diferentes números do inseto e confirmar através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) a possibilidade da presença de hifas e esporos do fungo no interior dos orifícios abertos pelos estiletes da cochonilha, caracterizando o complexo cochonilha-podridão. Foram coletados 20 colmos de cana-de-açúcar da cultivar RB867515 e 500 fêmeas ovíparas de *S. sacchari*. A cada 16 colmos fragmentados, estes foram infestados em cada nó com diferentes números do pseudococcídeo por progressão geométrica, com uma, duas, quatro, oito e 16 cochonilhas ovíparas. Os toletes foram mantidos em BOD (temperatura 25 °C ± 2 °C, fotoperíodo 24 h escuridão e umidade relativa de 80%) por 30 dias. Os colmos de cada tratamento foram imersos por quatro horas em solução de fucsina ácida 1%. O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos e 16 repetições pelo software SAS® University Edition. Amostras isoladas da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, do pseudococcídeo com o aparelho bucal inserido nas bainhas alimentares nas plantas, do fungo da podridão-vermelha, e do complexo cochonilha-podridão sob plantas de cana-de-açúcar foram observadas sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Houve diferença significativa na quantidade de perfurações, bainhas salivares, nos colmos de cana-de-açúcar sob diferentes números de *S. sacchari* e foi constatada a presença de esporos do fungo da podridão vermelha dentro das bainhas alimentares ocasionadas pelo inseto. O número de perfurações obtidas variou de 5,3 a 30,3, sendo o maior número de perfurações relacionados à presença de oito cochonilhas. O número de perfurações ocasionadas por *S. sacchari* é condicionado pelas perfurações de prova, tamanho da área disponível e pela sobrevivência de ninfas de primeiro ínstar que atingem a fase adulta. Foi constatada a presença de hifas e esporos do fungo da podridão vermelha no interior das bainhas alimentares ocasionadas pelo inseto, caracterizando o complexo cochonilha-podridão.

**Palavras-chave:** Cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, fungo da podridão vermelha, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), *Saccharum* spp.

**CHAPTER 4 – AVALIATION ON THE NUMBER OF PERFORATIONS CAUSED BY *Saccharicoccus sacchari* (COCKERELL, 1895) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) ON SUGARCANE AND PRESENCE OF HYPHAE AND SPORES OF *Colletotrichum falcatum*, WENT INSIDE STALKS**

**ABSTRACT** – Scale insects feed on the sap of plants by inserting their stilettos. Saliva contains a toxic substance that pierces the parenchyma until it reaches the phloem. Through feeding, they can transmit viruses and opening orifices can facilitate inoculation of other microorganisms, such as the spores of the red rot fungus *Colletotrichum falcatum*, Went. The objective of this work was to estimate the perforations caused by *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae) through different numbers and confirm through Scanning Electron Microscopy (SEM) the possibility of the presence of hyphae and fungus spores inside the opening holes by the mouthparts of the mealybug, characterizing the mealybug-rot complex. Twenty sugarcane stalks of the cultivar RB867515 and 500 gravid females of *S. sacchari* were collected. At each 16 fragmented stems, these were infested at each node with different numbers of the pseudococcid by geometric progression, with one, two, four, eight and 16 gravid mealybugs. The stalks were kept in BOD (temperature 25 °C ± 2 °C, photoperiod 24 h darkness and relative humidity of 80%) for 30 days. The stems of each treatment were immersed for four hours in 1% acid fuchsin solution. The experiment was in a completely randomized design (DIC) with six treatments and 16 replications using the SAS<sup>®</sup> University Edition software. Isolated samples of the pink sugarcane mealybug, of the pseudococcid with mouthparts inserted into food sheaths in the plants, red rot fungus, and mealybug-rot complex under sugarcane plants were observed under Scanning Electron Microscopy (SEM). There was significant difference in the number of perforations, in the sugarcane stalks under different numbers of *S. sacchari* and the presence of spores of the red rot fungus was observed inside the food sheaths caused by the insect. The number of perforations obtained ranged from 5.3 to 30.3, with the highest number of perforations related to the presence of eight mealybugs. The number of perforations caused by *S. sacchari* is conditioned by the proof perforations, size of the available area and by the survival of first instar nymphs that reach adult stage. Hyphae and spores of the red rot fungus were observed inside the food sheaths caused by the insect, characterizing the mealybug-rot complex.

**Keywords:** Pink sugarcane mealybug, red rot fungus, Scanning Electron Microscopy (SEM), *Saccharum* spp.

## 1. INTRODUÇÃO

As cochonilhas estão entre os principais insetos-praga que reduzem a produção agrícola em plantas de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae) (Monteiro et al., 2019; Triana, 2019; Atencio et al., 2021).

No país, já foram registradas 18 espécies de cochonilhas nos estados de Pernambuco, Minas Gerais, Mato Grosso, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Pseudococcidae) é a mais conhecida e abundante dentre elas (Monteiro et al., 2019; Sturza et al., 2022). Essa espécie pode estar presente nas raízes e nos colmos basais, medianos e apicais, na bainha, sob as folhas da planta (Bonnett e Hewitt, 2005; Tohamy et al., 2008).

As cochonilhas possuem peças bucais especializadas constituídas por quatro estiletes os quais são utilizados para penetrar no tecido vegetal e realizar a sua alimentação (Blanke et al., 2015). Esse aparelho bucal é denominado como sugador labial tetraqueta (Kosztarab e Kozár, 2012). As perfurações realizadas por cochonilhas como *S. sacchari* são denominadas de bainhas alimentares ou bainhas salivares, que são formadas pela solidificação da saliva do inseto, com enzimas pectinolíticas, que rompem o parênquima do vegetal, permitindo a sucção constante da seiva elaborada do floema (Calatayud, 1993; Bonnett e Hewitt, 2005; Tohamy et al., 2008; Blanc et al., 2014).

As perfurações de insetos sugadores, como cochonilhas e pulgões, iniciam-se com a perfuração de prova, através de uma rápida inserção e retirada dos estiletes no tecido vegetal, para verificar se o hospedeiro é adequado à alimentação (Pesson, 1944; Calatayud e Le Rub, 2006; Ahmad et al., 2012; Alliaume et al., 2018). Caso seja adequado, os estiletes serão penetrados até alcançar o sistema vascular da planta, encontrando o floema (Ahmad et al., 2012; Alliaume et al., 2018). Assim, o número de perfurações será maior do que o número de adultos nas plantas, devido às perfurações de prova e também ao aumento de indivíduos, representado pelo número de ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstares que serão eclodidas através dos ovos de fêmeas ovíparas (Atiqui, 1987; Rae e De'ath, 1991).

O aparelho bucal da cochonilha *Drosicha mangiferae* (Stebbing, 1903) (Hemiptera: Monophlebidae) podem medir até 163,3 µm que possuíram os estiletes espiralados armazenados, que são maiores do que o corpo do inseto, os quais proporcionarão perfurações sob o tecido vegetal atingindo os vasos floema (Nandi e Ckakraorty 2021). As perfurações realizadas pelos estiletes de *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae) foram estudadas pela técnica Electrical Penetration Graphs (EPG) (Lenira, 2003). A técnica consiste em incorporar o inseto e a planta em um circuito elétrico acoplado a um sistema de mediação a um computador (Tjallingii, 1988; Lenira, 2003). Para isso é conectado um eletrodo de ouro no dorso do inseto e outro na planta, assim o circuito se fecha com a introdução dos estiletes no tecido vegetal, registrando o comportamento alimentar (Lenira, 2003).

A cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar também pode ocasionar danos indiretos através da inoculação de fitopatógenos pelo aparelho bucal, ou permitindo a entrada de esporos de fungos, provenientes das bainhas salivares no tecido vegetal (Ahmad et al., 2019; Monteiro et al., 2022). O inseto é relatado como transmissor do vírus baciliforme da cana-de-açúcar (SCBV) na Colômbia e na China (Victoria et al., 2005; Ahmad et al., 2019) e do vírus do mosaico da cana-de-açúcar (SCMV) nos Estados Unidos, Ilhas Maurício e Malawi (Lockhart et al., 1992; Rott et al., 2000). No Brasil, foi encontrada uma correlação entre o fungo da podridão vermelha e as aberturas ocasionadas pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar, levantando-se uma possível hipótese sobre o complexo cochonilha-podridão, pois a abertura dos orifícios de alimentação permitiria que os esporos do fungo da podridão vermelha *Colletotrichum falcatum* Went, naturalmente dispersos no ambiente fossem inoculados no interior da planta (Monteiro et al., 2022). Uma vez adentrado, o fungo reduz em até 33% a extração de sacarose, em 40% a perda de açúcar e álcool e em 41% Açúcares Redutores (AR) (Viswanathan e Rao, 2011).

Para comprovar a infecção de plantas de importância agrícola por fitopatógenos fúngicos, além da observação dos sintomas nos tecidos vegetais, é necessário encontrar os conídios no interior ou sob eles (Jin et al., 2020). Estudos conduzidos através de microscopia eletrônica de varredura permitiram identificar algumas doenças de *Colletotrichum* spp. (Diéguez-Uribeondo et al., 2007; Jin et al., 2020).

Diéguez-Uribeondo et al. (2007) relataram a doença antracnose em folhas de amêndoas *Prunus* spp. (Rosales: Rosaceae) na Califórnia, Estados Unidos, causada por *Colletotrichum acutatum* Simonds. Jin et al. (2020) estudaram a mesma doença em folhas de manga *Mangifera* spp. (Sapindales: Anacardiaceae) na China, ocasionadas por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.).

Entende-se que o inseto por si, pela própria sucção na planta, causa prejuízos à produção agrícola e que, além da sucção, se o pseudococcídeo estiver contribuindo para a entrada de um fitopatógeno, a perda econômica pode ser ainda maior.

## **2. OBJETIVO**

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar as perfurações, bainhas salivares, ocasionadas por *S. sacchari* através de diferentes números do inseto e confirmar, através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a possível interação do complexo cochonilha-podridão sob plantas de cana-de-açúcar infestadas pela cochonilha e que apresentaram os sintomas da doença da podridão vermelha.

## **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Biossistemática de Hemiptera (LABHEM) do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitossanidade e no Laboratório Central e Microscopia Eletrônica (LCME) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Campus de Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

### **3.1 Colmos infestados por *Saccharicoccus sacchari* em condições laboratoriais**

Foram coletados 20 colmos de cana-de-açúcar da cultivar RB67515 e 500 fêmeas oviplenas de *S. sacchari* provenientes de localidade situada no município de Jaboticabal, São Paulo, Brasil nas coordenadas: -21°13'22" S, -48°16'81" O e

altitude de 605 m. Após os colmos serem transportados ao LABHEM, as regiões que possuíam um nó foram seccionadas em 96 toletes de dez centímetros. Os toletes cortados foram esterilizados com álcool 70% e previamente secos por meio de papéis descartáveis e expostos em ambiente natural para a secagem total. Para retardar a perda de sacarose, os toletes foram parafinados em suas extremidades (Beardsley, 1962).

A cada 16 colmos fragmentados, estes foram infestados em cada nó com diferentes números do pseudococcídeo por progressão geométrica, com uma, duas, quatro, oito e 16 cochonilhas ovíparas. Os toletes infestados foram agrupados em quatro unidades e distribuídos em 24 garrafas plásticas do tipo PET com as extremidades seccionadas. Essas garrafas foram mantidas na horizontal em BOD (temperatura  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ , fotoperíodo 24 h escuridão e umidade relativa de 80%) por 30 dias.

### **3.2 Contagem das perfurações nos toletes ocasionadas por *Saccharicoccus sacchari***

Para determinar a contagem de perfurações, bainhas salivares, ocasionadas pelo pseudococcídeo nos toletes, estes foram retirados da BOD, e as cochonilhas extraídas com o auxílio de um pincel com cerdas finas. Os colmos de cada tratamento foram imergidos dentro de Beakers de um litro, por quatro horas, em solução de fucsina ácida 1%, marcador para insetos sugadores (Niva e Panizzi, 1996). Após a imersão, os colmos foram previamente secos por meio de panos descartáveis e expostos em ambiente natural para a secagem total. A contagem das bainhas salivares de cada colmo foi realizada a partir das observações das pontuações rosadas, indicando somente as perfurações superficiais, entorno dos internódios no vegetal, sob microscópio estereoscópio (ZEISS – STEMI 508).

### **3.3 Delineamento experimental e procedimentos estatísticos**

O experimento foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos e 16 repetições. O programa usado foi SAS® University Edition, versão

9.4. Os dados foram submetidos aos testes de Bartlett para verificar homocedasticidade (PROC GLM) e Cramer von Mises para normalidade (PROC UNIVARIATE). Os dados apresentaram normalidade, dessa forma, a análise de variância (PROC ANOVA) foi conduzida. As médias (PROC MEANS), quando significativas, foram comparadas usando o teste de Student ( $p < 0,05$ ) (Everitt e Hothorn, 2005).

### **3.4 Coleta de colmos de cana-de-açúcar infestados por *Saccharicoccus sacchari* e infectados por *Colletotrichum falcatum***

Foram coletados cinco colmos de cana-de-açúcar da cultivar RB867515 infestados por *S. sacchari* e infectados por *C. falcatum*, provenientes da localidade anteriormente mencionada. Para a coleta dos colmos infestados pelo pseudococcídeo e infectados por *C. falcatum*, os sintomas observados foram: aspectos alaranjados ou amarelados, folhas secas, pontos brancos sobre a nervura das folhas, coloração avermelhada no interior do colmo infectado e seca do ponteiro da planta (Viswanathan e Rao, 2011). Depois da confirmação da espécie do fungo realizada no Departamento de Ciências da Produção Agrícola, Setor de Fitopatologia, sob supervisão da Profa. Dra. Rita de Cássia Panizzi, as estruturas com os sintomas da doença foram cortadas e preparadas para a análise microscópica-eletrônica.

### **3.5 Suspensão de conídios do fungo *Colletotrichum falcatum***

*Colletotrichum falcatum* foi obtido por meio de inóculo proveniente dos colmos infectados da localidade rural mencionada. As estruturas foram colocadas em álcool e depois em solução de hipoclorito de sódio e água. Após, os conídios foram colocados em um meio de cultura BDA (batata, dextrose e ágar), e então esperou-se 15 dias para garantir o seu crescimento. Depois da purificação e multiplicação do fungo em placa de Petri, uma suspensão foi obtida, com uma concentração de  $10^5$  conídios  $\text{mL}^{-1}$ , contando-os através da câmara de Neubauer (Araújo e Stadnik, 2013).

### 3.6 Análise microscópica-eletrônica do complexo cochonilha-podridão

Os colmos infestados pelo pseudococcídeo e infectados por *C. falcatum* e a suspensão de conídios foram encaminhados ao LCME. Foram preparadas cinco amostras isoladas da cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar e cinco amostras do pseudococcídeo com o aparelho bucal inserido nas bainhas salivares das plantas, dez amostras isoladas do fungo da podridão-vermelha, e dez amostras do complexo cochonilha-podridão sob plantas de cana-de-açúcar. As amostras foram fixadas em glutaraldeído 25% e lavadas em solução tampão de fosfato 0,2 M + H<sub>2</sub>O destilada (1:1), retirando-se o excesso do fixador. Após a desidratação, as amostras foram conduzidas ao Ponto Crítico por três horas para a dessecação. As amostras foram colocadas em *stubs* com o auxílio de um microscópio estereoscópio (ZEISS – STEMI 508). Por fim, as amostras foram conduzidas à Metalizadora de Ouro e então observadas sob Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) (ZEISS – EVO MA 10).

## 4. RESULTADOS

Houve diferença significativa na quantidade de perfurações, bainhas salivares, nos colmos de cana-de-açúcar sob diferentes números de *S. sacchari*.

Foi constatada a presença de esporos do fungo *C. falcatum* dentro das bainhas salivares ocasionadas pelo inseto sob plantas de cana-de-açúcar.

### 4.1 Perfurações em cana-de-açúcar por *Saccharicoccus sacchari*

Os tratamentos apresentaram diferenças significativas na quantidade de perfurações, bainhas salivares, nos toletes para os diferentes números de *S. sacchari*.

Os toletes com uma cochonilha oviplena, apresentaram a menor quantidade de bainhas salivares, 5,3, enquanto que toletes com oito cochonilhas oviplenas apresentaram a maior quantidade de perfurações, 30,3 (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de perfurações, bainhas salivares, em toletes de cana-de-açúcar provenientes de fêmeas ovíparas de *Saccharicoccus sacchari*.

Tratamentos	Número de perfurações
Infestado com uma cochonilha	5,3 ± 0,76d*
Infestado com duas cochonilhas	15,1 ± 1,41c
Infestado com quatro cochonilhas	21,6 ± 1,93ac
Infestado com oito cochonilhas	30,3 ± 4,10b
Infestado com 16 cochonilhas	27,8 ± 3,57ab
Controle	0 ± 0d

*Nota.* \*Médias ± desvio padrão seguidos da mesma letra dentro da mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Student ( $p > 0,05$ ).

Número de perfurações ( $F = 24,88$ ;  $df = 5$ ;  $p = <,0001$ ).

#### 4.2 Análise microscópica-eletrônica do complexo cochonilha-podridão

Através da análise microscópica-eletrônica, foi observada a cabeça e o protórax em vista ventral do inseto (Figura 1A). Observou-se também os estiletes que compõem o aparelho bucal sugador labial tetraqueta (Figura 1B). Evidenciou-se o ápice de inserção dos estiletes provenientes do aparelho bucal (Figura 1C). Observou-se também o aparelho bucal de *S. sacchari* sendo inserido na bainha salivar dos colmos de cana-de-açúcar (Figura 1D).

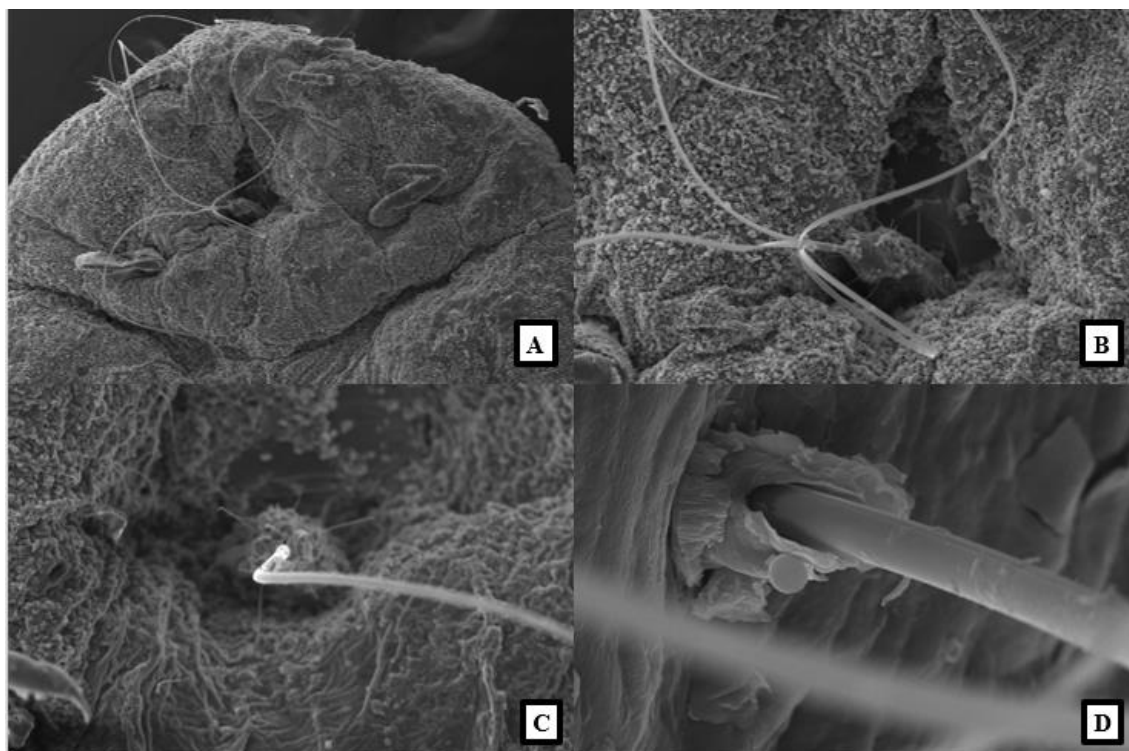


Figura 1. *Saccharicoccus sacchari* – (A) cabeça e protórax em vista ventral (aumento de 161 X); (B) estiletes do aparelho bucal sugador labial tetraqueta (aumento de 511 X); (C) ápice do aparelho bucal (aumento de 676 X); (D) inserção dos estiletes na bainha salivar do colmo de cana-de-açúcar (aumento de 9,95 K X).

Foram observados os esporos isolados de *C. falcatum* (Figura 2A). Também se registrou o conidiósporo e as hifas em desenvolvimento do fungo da podridão vermelha (Figura 2B).

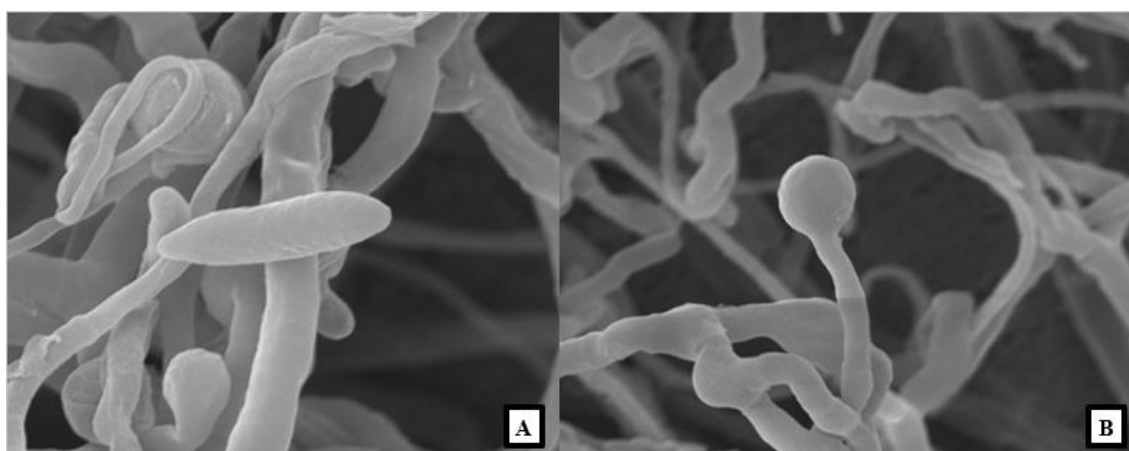


Figura 2. *Colletotrichum falcatum* – (A) esporos e hifas (aumento de 6,92 K X); (B) conidiósporo e hifas (aumento de 4,73 K X).

Observou-se a inserção dos estiletes provenientes do aparelho bucal do inseto penetrando o colmo de cana-de-açúcar (Figura 3A) e as hifas do fungo da podridão vermelha em desenvolvimento sob os colmos de cana-de-açúcar infectados pela doença e sob as ceras ocasionadas pela cochonilha (Figuras 3B e 3C). Verificou-se os esporos do fungo dentro das bainhas salivares ocasionadas pelo inseto nos colmos de cana-de-açúcar infectados pela doença da podridão vermelha (Figura 3D).

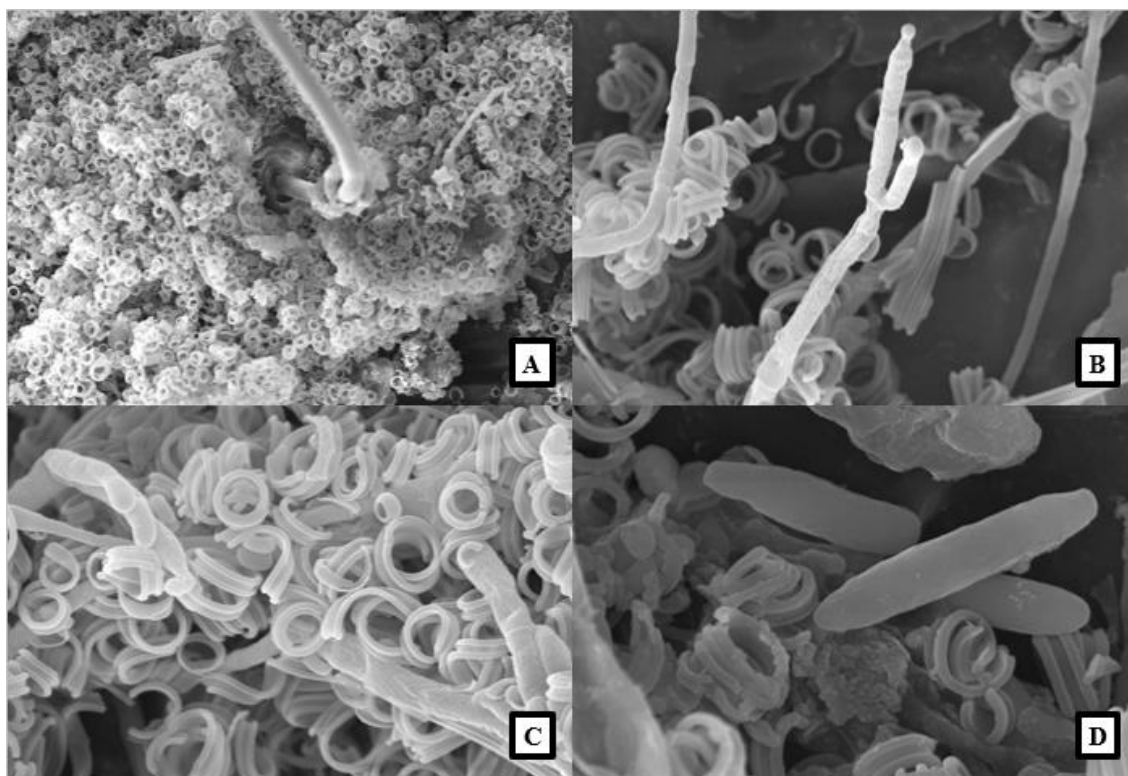


Figura 3. Complexo cochonilha-podridão – (A) inserção dos estiletes do inseto na bainha salivar do colmo da cana-de-açúcar com hifas do fungo (aumento de 983 X); (B) desenvolvimento de hifas sobre a bainha salivar e sobre o colmo da cana-de-açúcar (aumento de 4,26 K X); (C) desenvolvimento de hifas sobre as ceras produzidas pelo pseudococcídeo (aumento de 7,02 K X); (D) esporos do fungo dentro das bainhas salivares do colmo (aumento de 9,10 K X).

## 5. DISCUSSÃO

A presença de diferentes níveis de infestação de *S. sacchari* diferiu significativamente nas quantidades de bainhas salivares nos colmos fragmentados de cana-de-açúcar. Os colmos infestados com oito cochonilhas foram os que apresentaram a maior quantidade de bainhas alimentares nos toletes, 30,3, semelhante estatisticamente ao número de 16 pseudococcídeos, que proporcionaram 27,8 bainhas salivares. McClure (1980) observou nos Estados Unidos, o comportamento alimentar das cochonilhas *Fiorinia externa* Ferris, 1942 e *Tsugaspidiotus tsugae* (Marlatt, 1911) (Hemiptera: Diaspididae), porém infestando cicutas orientais *Tsuga canadenses* (Linnaeus) (Pinales: Pinaceae), e verificou que ambas espécies se encontravam em grandes números de insetos, apesar de não mencionar a quantidade, e que os diaspidídeos proporcionaram maior número de perfurações sob o tecido vegetal. Huang et al. (2013), na China, observaram a infestação de *Phenacoccus solenopsis* Tinsley, 1898 (Hemiptera: Pseudococcidae) em folhas de tomate *Solanum lycopersicum* L. (Solanales: Solanaceae) diminuir consideravelmente após o aumento da população em 20 dias, o que elevou o número de bainhas salivares sob o tecido vegetal.

Neste trabalho, a quantidade de bainhas salivares nos diferentes números de pseudococcídeo foi maior do que a quantidade de adultos inicialmente infestados, o que pode ser explicado pela perfuração de prova e alimentação adicional de ninfas após a eclosão provenientes das fêmeas ovíparas que permaneceram nos toletes por 30 dias. De acordo com Alliaume et al. (2018), que estudaram o aparelho bucal da cochonilha *Phenacoccus aceris* (Signoret, 1985) (Hemiptera: Pseudococcidae) sob plantas de uva *Vitis* spp. (Vitales: Vitaceae), o número de perfurações no tecido vegetal foi maior do que o número de indivíduos presentes, devido à perfuração de prova, possibilitando que o inseto encontre um local propício para realizar sua alimentação. Martínez-Blay et al. (2018) verificaram, na Espanha, que a quantidade de seis exemplares adultos de *Delottococcus aberiae* (De Lotto, 1961) (Hemiptera: Pseudococcidae) apresentou grande quantidade de orifícios sobre plantas de citros *Citrus* spp. (Sapindales: Rutaceae), após a eclosão de ninfas que também se alimentaram do mesmo recurso disponível. Segundo Rae e De'ath (1991), em um

estudo conduzido na Austrália, das centenas de ovos que a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar pode ovipositar, aproximadamente 100 indivíduos completam o primeiro ínstar e menos de 70 atingem a fase adulta sob plantas de cana-de-açúcar. Bearsdley (1962), no Havaí, mencionou que essas ninfas possuem dificuldade de penetrar os estiletes nos colmos da planta. Atiqui (1987), na Índia, reiterou que, caso essas ninfas, após a eclosão, não encontrem um lugar para se alimentar, morrerão.

Assim, neste estudo a quantidade de bainhas salivares maior do que a quantidade inicial de adultos do pseudococcídeo é explicada pela perfuração de prova que as cochonilhas realizaram para encontrar o local ideal para a alimentação, e pelas ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar, que se fixaram para a alimentação durante 30 dias, e, apesar da espécie poder ovipositar centenas de ovos, poucos conseguiram manter-se vivos, penetrando os estiletes nos toletes.

Logo, os resultados evidenciam que a capacidade suporte do ambiente foi condicionada pelos toletes seccionados em dez centímetros sem bainhas foliares de proteção, limitando a sobrevivência das ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstares que permaneceram nos toletes seccionados, sem bainha foliar, por 30 dias. Segundo Inkerman et al. (1986), em estudo realizado na Austrália, o local de preferência para a alimentação das ninfas de primeiro ínstar é embaixo das bainhas foliares da planta de cana-de-açúcar.

Também foi constatado que os esporos de *C. falcatum* estavam no interior das bainhas salivares ocasionados pelo pseudococcídeo em colmos com os sintomas da doença da podridão-vermelha.

Neste estudo, verificou-se, através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), o complexo cochonilha-podridão. De acordo com Pannuti et al. (2013), o complexo broca-podridão é a interação da broca da cana *D. saccharalis* com os fitopatógenos fúngicos oportunistas *C. falcatum*, associado ou não a *Fusarium moniliforme* Sheld., pois os conídios do fungo da podridão vermelha entrarão pelas galerias formadas pela broca da cana, comprometendo o interior do colmo e caracterizando a doença.

## 6. CONCLUSÃO

A quantidade de perfurações ocasionadas por *S. sacchari* sob colmos de cana-de-açúcar foi condicionada pelo número total de insetos, perfurações de prova, tamanho da área disponível e sobrevivência das ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstares que conseguiram penetrar seus estiletes.

Também se registra a veracidade do complexo cochonilha-podridão devido à constatação de esporos e hifas de *C. falcatum* em desenvolvimento dentro das bainhas salivares ocasionadas pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar.

Estudos futuros deverão relacionar a presença da quantidade de insetos sob plantas de cana-de-açúcar com a incidência do fungo da podridão vermelha, e analisar a qualidade da seiva através da técnica Electrical Penetration Graphs (EPG).

## 7. REFERÊNCIAS

Ahmad A, Kaushik S, Ramamurthy VV, Lakhanpaul S, Ramani R, Sharma KK, Vidyarthi AS (2012) Mouthparts and stylet penetration of the lac insect *Kerria lacca* (Kerr) (Hemiptera: Tachardiidae). **Arthropod Structure and Development** 45:435-441.

Ahmad K, Sun SR, Chen JL, Huang MT, Fu HY, Gao SJ (2019) Presence of diverse sugarcane bacilliform viruses infecting sugarcane in China revealed by Pairwise sequence comparisons and phylogenetic analysis. **Plant Pathology Journal** 35:41-50.

Alliaume A, Reinbold C, Uzest M, Lemaire O, Herbach E (2018) Mouthparts morphology of the mealybug *Phenacoccus aceris*. **Bulletin of Insectology** 7:1-9.

Araújo L, Stadnik MJ (2013) Cultivar specific and ulvan induced resistance of apple plants to *Glomerella* leaf spot are associated to an enhanced activity of peroxidases. **Acta Scientiarum** 35:1-7.

Atencio VR, Goebel, F, Guerra A, Nikpay A, Collantes GR (2021) Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* em caña de azúcar. **Revista Semilla Del Este** 2:37-58.

Atiqui MUA (1987) **Studies on the mealy bugs with special reference to interaction between host and pest**. Department of Zoology Aligarh Muslim University, Aligarh India.

Beardsley JW (1962) Notes on the biology of the pink sugar cane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Hawaii (Homoptera: Pseudococcidae). **Proceedings of the Hawaiian Entomological Society** 18:55-59.

Blanc S, Drucker M, Uzest M (2014) Localizing viruses in their insect vectors. **Annual Review of Phytopathology** 52:403-425.

Blanke A, Ruhr PT, Mokso r, Villanueva P, Wilde F, Stampanoni M, Uesogi K, Machida R, Misof B (2015). Structural mouthpart interaction evolved already in the earliest lineages of insects. **Proceedings of the Royal Society Biological Sciences** 282:2015-1033.

Bonnett GD, Hewitt ML (2005) Numbers of pink sugarcane mealy bug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), differ within season and among regions and stages of the sugarcane crop cycle. **Australian Journal of Entomology** 44:304-309.

Calatayud PA (1993) **Etude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte**. Institut de Recherche Pour Le Développement pp. 106.

Calatayud PA, Le RUB (2006) **Cassava-mealybug interactions**. IRD Éditions, Actiques, Paris, France.

Diéguez-Uribeondo J, Forster H, Adaskaveg JE (2007) Digital image analysis of internal light spots of appressoria of *Colletotrichum acutatum*. **Biochemistry and Cell Biology** 93:923-930.

Everitt BS, Hothorn T (2005) **A Handbook of Statistical Analyses Using R**. Technometrics, Erlangen, London, UK.

Huang J, Zhang PJ, Zhang J, Lu YB, Huang F, Li MJ (2013) Chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in tomato leaves infested with an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Environmental Entomology** 42:973-979.

Inkerman PA, Ashbolt NJ, Carver M, Williams DJ (1986) Observations on the pink sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell), in Australia (Homoptera: Pseudococcidae). **Entomology** 1:612-619.

Jin P, Wang H, Tan Z, Xuan Z, Dahar GY, Li QX, Miao W, Liu W (2020) Antifungal mechanism of bacillomycin D from *Bacillus velezensis* HN-2 against *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. **Pesticide Biochemistr and Physiology** 163:102-107.

Kosztarab M, Kozár F (2012) **Scale insects of central Europe**. Springer Science & Business, 456p.

Lenira VCSC (2003) Interação cochonilha (Pseudococcidae) – Planta avaliada mediante estudos biológicos e da técnica de “Electrical Penetration Graphs” (EPG). Tese Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia – Universidade Federal de Lavras.

Lockhart BEL, Autrey LJC, Comstock JC (1992) Partial purification and serology of sugarcane mild mosaic virus, a mealy bug-transmitted closterolike virus. **Phytopathology** 82:691-695.

Martínez-Blay V, Pérez-Rodríguez J, Tena A, Soto A (2018) Density and phenology of the invasive mealybug *Delottococcus aberiae* on citrus: implications for integrated pest management. **Journal of Pest Science** 91:625-637.

McClure MS (1980) Competition between exotic species: scale insects on hemlock. **Ecology** 61:1391-1401.

Monteiro GG, Peronti ALBG, Martinelli NM (2022) Presence of pink sugarcane mealybug (Hmiptera: Pseudococcidae) increases probability of red rot on sugarcane. **Scientia Agricola** 79:1-5.

Monteiro GG, Wolff VRS, Peronti, ALBG, Martinelli NM, Anjos IA (2019) First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens*

(Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science** 11:392-396.

Nandi PS, Ckakraborty K (2021) Ultra structural study on different sensory structure and some associated body parts of mango mealy bug, *Drosicha mangiferae* (Stebbing, 1903) by scanning electron microscopy. **Acta pytotecn zootechny** 24:78-86.

Niva CC, Panizzi AR (1996) Efeitos de cloreto de sódio no comportamento de *Nezara viridula* (L.) (Heteroptera: Pentatomidae) em vagem de soja. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 25:251-257.

Pannuti LER, Baldin EL, Gava GJC, Kolln OT, Cruz JCS (2013) Danos do eomplexo broca-podridão à produtividade e à qualidade da cana-de-açúcar fertirrigada com doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48:381-387.

Pesson P (1944) **Contribution à l'étude morphologique et fonctionnelle de la tête, de l'appareil buccal et du tube difestif des femelles de Coccides**. Imprimerie Nationale. Paris, France.

Rae DJ, De'ath G (1991) Influence of constant temperature on development, survival and fecundity of sugarcane mealybug, *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **Australian Journal of Zoology** 39:105-122.

Rott P, Bailey RA, Comstock JC, Croft BJ, Saumtally AS (2000) **A guide to sugarcane diseases**. CIRAD and ISSCT.

Sturza VS, Peronti ALBG, Nava DE (2022) First record of *Dysmicoccus boninsis* Kuwana, 1909 (Hemiptera: Pseudococcidae) on sugarcane in the state of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Biology** 82:1-2.

Tohamy TH, El-Raheem AAA, El-Rawy AM (2008) Role of the cultural practices and natural enemies for suppressing infestation of the pink sugarcane mealybug:

*Saccharicoccus sacchari* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) in sugarcane fields at Minia Governorate, Middle Egypt. **Egyptian Journal of Biological Pest Control** 18:177-188.

Tjallingii, WF (1988) Electrical recording of stylet penetration activities. **Amsterdam: Elsevier Science Publishers** 2:95-107.

Triana MF (2019) Ecologia química da broca-das-sementes de andiroba, *Hypsipyla ferrealis* (Hampson, 1929) (Lepidoptera: Phycitidae) e das pragas da cana-de-açúcar: broca-peluda, *Hyponeuma taltula* (Schs., 1904) (Lepidoptera: Erebidae) e broca-gigante, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). Dissertação Pós-Graduação em Biotecnologia da Rede Nordeste de Biotecnologia – Universidade Federal de Alagoas.

Victoria JI, Avellaneda MC, Angel JC, Guzmán ML (2005) Resistance to *Sugarcane yellow leaf virus* in Colombia. **International Society of Sugar Cane Technologists** 25:664-670.

Viswanathan R, Rao GP (2011) Disease scenario and management of major sugarcane diseases in India. **Sugar Tech** 13:336-353.

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o Brasil seja considerado como modelo internacional no mercado de cana-de-açúcar *Saccharum* spp. (Poales: Poaceae), problemas fitossanitários como os ocasionados pela cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* (Cockerell, 1895) (Hemiptera: Pseudococcidae), comumente encontrada na cultura, são responsáveis por causar danos diretos e indiretos que afetam a produção.

Neste trabalho, constatou-se que o pseudococcídeo se reproduz por partenogênese telítica e que em condições laboratoriais o aumento da temperatura favorece a longevidade do inseto que possui as fases ovo, ninfa com três ínstar e adulto para a fêmea. No entanto, um macho alado da espécie foi encontrado em condições naturais, indicando a possibilidade da existência da reprodução sexuada em canaviais paulistas.

Além disso, as infestações do inseto em todos os estádios fenológicos da cana-de-açúcar reduzem as características físicas das plantas, mas não as químicas tecnológicas qualitativas.

A quantidade de perfurações ocasionadas por *S. sacchari* foi dependente das perfurações de prova, quantidade de indivíduos, área disponível para a alimentação e sobrevivência das ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar que conseguiram atingir a fase adulta. Além disso, confirma-se a veracidade da hipótese do complexo cochonilha-podridão em plantas de cana-de-açúcar pela presença de esporos dentro das bainhas salivares.

Estudos futuros deverão averiguar a reprodução do inseto em outras regiões do país, com diferentes condições climáticas.

Devido aos danos diretos que a cochonilha-rosada-da-cana-de-açúcar pode ocasionar na canavicultura, outras cultivares correntemente utilizadas nos canaviais paulistas devem ser analisadas através de resultados comparativos aos parâmetros biométricos e tecnológicos por estarem infestadas pelo pseudococcídeo, e o nível de dano que eles podem ocasionar nessas cultivares.

Em relação às perfurações ocasionadas pelo pseudococcídeo sob os colmos de cana-de-açúcar, estudos futuros deverão relacionar a presença da quantidade de insetos sob o tecido vegetal com a incidência do fungo da podridão vermelha, e

averiguar a qualidade da seiva das plantas através da técnica Electrical Penetration Graphs (EPG).