

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – *Campus Araras***  
**DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGIA E PRODUÇÃO VEGETAL E ANIMAL**

**LETÍCIA FERNANDA CAETANO**

**BIOECOLOGIA, MONITORAMENTO E CONTROLE DO BICUDO-DA-  
CANA-DE-AÇÚCAR (*Sphenophorus levis*): UMA REVISÃO  
BIBLIOGRÁFICA.**

Trabalho Final de Graduação apresentado com o intuito de obtenção do título de bacharel em Engenharia Agrônômica pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos.  
Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques.

ARARAS – SP

2021

Caetano, Letícia Fernanda

Bioecologia, monitoramento e controle do bicudo-da-cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*): uma revisão bibliográfica / Letícia Fernanda Caetano -- 2021. 42f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Rodrigo Neves Marques

Banca Examinadora: Rodrigo Neves Marques, Flavia de Moura Manoel Bento, Maria Bernadete Silva de Campos

Bibliografia

1. Saccharum officinarum. 2. Curculionidae. 3. Manejo Integrado de Pragas. I. Caetano, Letícia Fernanda. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8  
7083

**Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu namorado, pelo apoio incondicional.**

## AGRADECIMENTOS

À Deus por todos os momentos da minha existência.

À toda a minha família, que independente da distância sempre me incentivaram, em especial os meus pais, João Roberto Caetano e Adriana Maria Isbeck, por sempre me receberem de braços abertos, e me acolher como filha. Mesmo na dificuldade, nunca desacreditaram do meu potencial, agradeço de coração.

Ao Anderson Rogério de Melo Silveira e Cristiane Rodrigues de Souza, meus sogros, por todo cuidado e apoio dado quando eu mais precisei e por sempre acreditarem no meu potencial, serei eternamente grata.

Ao meu namorado, Thiago Rodrigues Silveira, que sempre esteve ao meu lado nas horas difíceis, pelo companheirismo e cumplicidade, por toda ajuda e paciência, obrigada por sempre me apoiar e acreditar em mim.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Neves Marques, por sua dedicação como orientador, pela paciência, tempo, disposição e, principalmente, por todo ensinamento e conhecimento que adquiri durante minha jornada acadêmica em sua companhia, serei eternamente grata.

As minhas irmãs da República Gaia por cada minuto vivido durante toda a minha graduação, foi uma experiência inesquecível morar com vocês. Muito obrigada pelo acolhimento, pelo crescimento pessoal, e por me ensinar o verdadeiro significado de uma república, sem vocês eu jamais teria chegado onde cheguei. À minha cachorra Maria Eugênia, que tornou meus dias ainda mais felizes nesse tempo que estive na república.

Agradeço aos meus amigos da turma XXVI, pelos estudos, viagens e pela amizade que levarei para toda vida, vocês são muito especiais, gratidão.

Por fim, a esta universidade, seu corpo docente, direção, administração, técnicos e funcionários de serviços gerais e do RU, que me deram toda estrutura e conhecimento necessário para que eu conseguisse chegar até aqui, vocês foram fundamentais para meu desenvolvimento pessoal e profissional, o meu muito obrigada.

**“Faça o que puder, com o que tiver, onde estiver.”**

**Theodore Roosevelt**

## RESUMO

A cana-de-açúcar é atacada por inúmeras pragas, destacando-se dentre estas o bicudo-da-cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) a qual as larvas causam acentuada destruição dos colmos, dizimando e levando a renovação antecipada de canaviais, afetando assim sua produtividade e longevidade do canavial. A disseminação do bicudo em toda região produtora do Centro-Sul do país é resultado da utilização de mudas infestadas no plantio em áreas de expansão. Somado a isso, a mudança no sistema de colheita provocou um aumento drástico na população do bicudo e, atualmente, pela dificuldade de controle é uma das pragas mais preocupantes da cultura. Diante deste cenário, este trabalho teve por objetivo levantar as principais referências presentes na literatura que relatam aspectos sobre a bioecologia, monitoramento e as estratégias para o controle do bicudo-da-cana. Face aos desafios do manejo de *S. levis* em sistemas de produção da cana-de-açúcar, é necessário grandes esforços para evitar a disseminação para áreas onde ainda não há sua ocorrência e para o seu controle efetivo. Assim, o Manejo Integrado de Pragas se fundamenta no emprego de ações conjuntas que requerem uma análise sistêmica de todos os componentes do sistema com o objetivo de reduzir sua população a níveis aceitáveis.

**Palavras-chave:** *Saccharum officinarum*; Curculionidae; Praga de solo; Manejo Integrado de Pragas.

## ABSTRACT

### **BIOECOLOGY, MONITORING AND CONTROL OF THE SUGARCANE WEEVIL (*Sphenophorus levis*): A LITERATURE REVIEW.**

Sugarcane is attacked by numerous pests, among them the sugarcane weevil, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), whose larvae cause severe destruction of the cane stalks, leading to early renewal of sugarcane plantations, affecting productivity and longevity of sugarcane areas. The dissemination of the weevil throughout the entire producing region of South-Central Brazil is a result of the use of infested seedlings when planting in expansion areas. Added to this, the change in the harvesting system caused a drastic increase in the population of this pest and, currently, due to the difficulty of control is one of the most important pests of sugarcane. Given this scenario, this work aimed to survey the main references in the literature that report aspects about the bioecology, monitoring and strategies for control of *S. levis*. In view of the challenges of managing *S. levis* in sugarcane production systems, great efforts are necessary to prevent its dissemination to areas where it does not yet occur and for its effective control. Thus, Integrated Pest Management is based on the use of joint actions that require a systemic analysis of all components of the system in order to reduce its population to acceptable levels.

**Keyword:** *Saccharum officinarum*; Curculionidae; Soil pest; Integrated Pest Management.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estádios fenológicos da cana-de-açúcar (Adaptado de CHEAVEGATTI-GIANOTTO <i>et al.</i> , 2011).....	14
<b>Figura 2.</b> Série histórica da produção de cana-de-açúcar no Brasil nas safras 2005/06 a 2021/22 (estimativa) (CONAB, 2021).....	15
<b>Figura 3.</b> Adultos fêmea e macho de <i>Sphenophorus levis</i> (CASTELIANI, 2019).....	18
<b>Figura 4.</b> Ovo de <i>Sphenophorus levis</i> no momento da postura (CASTELIANI, 2019). ....	19
<b>Figura 5.</b> (A) Larva de <i>Sphenophorus levis</i> . (B) Pupa escura ventral (CASTELIANI, 2019). .....	19
<b>Figura 6.</b> (A) Entrenós basais do colmo danificados pelas larvas de <i>Sphenophorus levis</i> (PAULA, 2012) (B) Planta de cana-de-açúcar apresentando sintoma inicial de amarelecimento das folhas (GARCIA, 2013). ....	22
<b>Figura 7.</b> Sintoma do ataque de <i>Sphenophorus levis</i> em cana-de-açúcar “reboleiras” (GARCIA, 2013).....	23
<b>Figura 8.</b> (A) Trincheira aberta com dimensões (0,5 m x 0,5 m x 0,3 m) (B) Colmos para contagem das formas biológicas (WADT, 2016).....	24
<b>Figura 9.</b> Monitoramento por iscas tóxicas. (A) Iscas dispostas na base da touceira (B) Iscas cobertas com palha (IZEPPI, <i>et al.</i> , 2014). ....	25

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Inseticidas sintéticos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de <i>S. levis</i> (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021). .....	27
<b>Tabela 2.</b> Produtos de princípio ativo microbiológico registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de <i>S. levis</i> (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021). .....	31

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>12</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
3.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR ( <i>Saccharum officinarum</i> ).....	13
3.2. Principais pragas da cana-de-açúcar .....	15
3.3. Distribuição geográfica .....	16
3.4. Biologia e comportamento de <i>S. levis</i> .....	17
3.5. Espécies semelhantes e hospedeiros alternativos.....	20
3.6. Flutuação populacional, dispersão e distribuição espaço-temporal .....	20
3.7. PREJUÍZOS CAUSADOS NA CULTURA .....	21
3.8. Monitoramento .....	23
3.9. MÉTODOS DE CONTROLE.....	26
3.9.1 Controle cultural.....	26
3.9.2. Controle químico.....	27
3.9.3. Controle biológico e biotecnologia .....	29
<b>4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>34</b>
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No cenário socioeconômico brasileiro a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) se destaca como uma das culturas de maior importância desde a colonização do país (NEVES; NALAKI, 2020) representando um mercado em constante expansão, por ser a base da produção do açúcar, etanol e uma diversidade de produtos secundários (CONAB, 2021).

Além de ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, o Brasil é também o maior exportador de açúcar correspondendo a 23% da produção global e o segundo maior produtor de etanol. No contexto nacional, a cultura está presente em 1,2% do território, concentrada principalmente no Centro-Sul e Nordeste do país, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor com 313,6 milhões de toneladas, responsável por 49,9% da produção nacional (IBGE, 2021; UNICA, 2021).

Embora a cana-de-açúcar tenha expressiva importância para a economia nacional, existem ainda muitos fatores que contribuem para reduzir a sua produtividade, entre eles estão os danos causados pelos insetos-praga que afetam a cultura durante seus diferentes estágios de desenvolvimento (MACEDO *et al.*, 2012).

Nos principais estados produtores de cana-de-açúcar do Centro-Sul do Brasil, sobretudo nas regiões de cultivo do Estado de São Paulo, os relatos de canaviais intensamente danificados têm aumentado consideravelmente nos últimos anos pelo ataque do inseto de solo *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera; Curculionidae), besouro conhecido popularmente como bicudo-da-cana-de-açúcar (DEGASPARI *et al.*, 1987; DINARDO-MIRANDA, 2008).

Os danos são causados principalmente pelas formas imaturas do inseto, que se alimentam da parte basal dos colmos, abrindo galerias circulares e longitudinais danificando todo o seu interior, onde permanecem até atingir a fase adulta (GALLO *et al.*, 2002).

Em consequência desse ataque, ocorre amarelecimento de folhas, seca e morte de perfilhos (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Sob infestações elevadas, as touceiras morrem e são observadas muitas falhas na rebrota, reduzindo drasticamente a produtividade e a longevidade do canavial (ALMEIDA, 2005).

No Brasil, os primeiros relatos de incidência de *S. levis* como praga da cana-de-açúcar datam do final da década de 70 na região de Piracicaba (DINARDO-MIRANDA, 2008). A disseminação da praga para outras áreas ocorreu quando mudas coletadas em locais infestados foram utilizadas no plantio em áreas de expansão, já que a capacidade de dispersão desse inseto é baixa (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Além de novas áreas infestadas, houve também um aumento expressivo nas populações da praga em áreas onde ela já estava presente. Com a colheita mecanizada da cana crua, além da não mortalidade dos adultos pelo fogo, a palha que fica na superfície do solo proporciona um ambiente favorável para o aumento e estabelecimento das populações de *S. levis* (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Aliado a isso, a dificuldade de controle contribui para que o inseto seja, atualmente, uma das pragas mais preocupantes da cultura cana-de-açúcar. Por esta razão, é preciso dar a devida importância para o manejo deste inseto, tendo em vista que, é capaz de dizimar canaviais quando não tomadas medidas de controle apropriadas e a tempo.

Em vista dos fatores expostos, o presente trabalho tem por objetivo levantar estudos presentes na literatura que relatam sobre a bioecologia e comportamento do bicudo da cana-de-açúcar *S. levis*, assim como as estratégias de controle utilizadas no manejo desta praga.

## **2. OBJETIVO**

### **Objetivo geral**

Fazer o levantamento bibliográfico da influência e importância do bicudo-da-cana sobre a cultura da cana-de-açúcar e discutir os principais pontos para o seu manejo.

### **Objetivos específicos**

- Identificar as principais referências sobre a bioecologia e comportamento do bicudo-da-cana;
- Extrair as informações de forma a compreender melhor as estratégias de controle de *S. levis* no contexto do Manejo Integrado de Pragas (MIP).
- Realizar uma análise crítica quanto ao manejo do bicudo em sistemas de produção da cana-de-açúcar.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

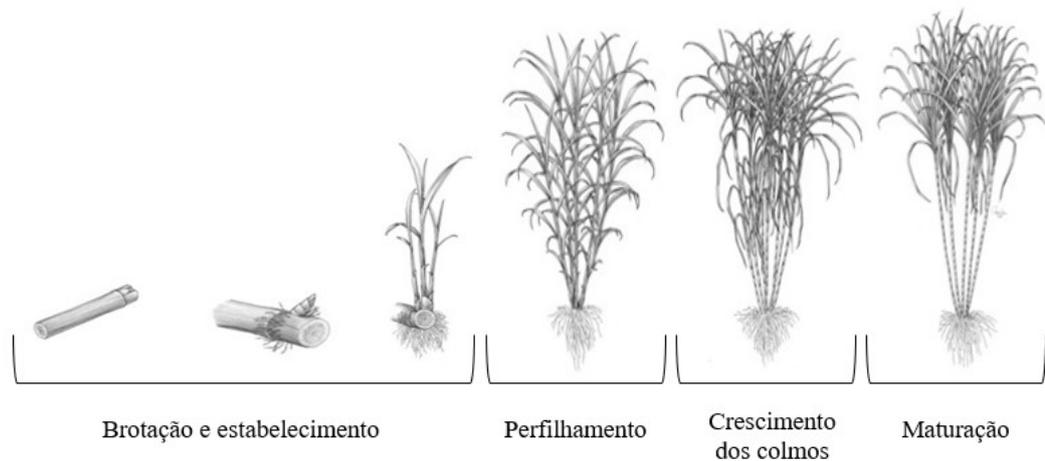
#### 3.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR (*Saccharum officinarum*)

A cana-de-açúcar é uma planta explorada comercialmente com ciclo semiperene e classificada botanicamente na família Poaceae e gênero *Saccharum* (MARTINS, 2018) que atualmente abrange várias espécies: *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (MORAIS *et al.*, 2015). Acredita-se que sua origem seja do Sudeste Asiático, na grande região concentrada em Nova Guiné e Indonésia (DANIELS; ROACH, 1987).

A introdução da cana-de-açúcar no Brasil se deu no período colonial, no século XVI, tendo o açúcar por muito tempo como principal produto comercializado e exportado. Os fatores climáticos, bem como elevada fertilidade do solo e mão de obra abundante, favoreceram a rápida expansão da cultura (RODRIGUES; ROSS, 2020). Aliado a isso, o melhoramento genético possibilitou o desenvolvimento de variedades altamente produtivas, adaptadas a ambientes diversos e com valor agregado (MORAIS *et al.*, 2015). Dessa maneira, o cultivo da cana-de-açúcar representa papel de extrema importância para o cenário agrícola brasileiro e mundial, além de pertencer ao setor que mais emprega no país (UNICA, 2021).

Dada à grande diversidade de produtos e subprodutos, a cana-de-açúcar representa uma importante fonte de recursos através do açúcar, álcool, vinhaça, melaço e bagaço, podendo estes serem empregados na geração de energia elétrica, produção de combustíveis alternativos aos combustíveis fósseis, entre outros (GONÇALVES, 2008).

É uma planta de metabolismo C4, altamente eficiente na conversão de energia. Apresenta rápido crescimento, reprodução abundante e aproveitamento econômico de grande parte da planta. O ciclo fenológico da cultura é composto pelas fases de brotação, perfilhamento, crescimento e maturação (Figura 1) (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010).

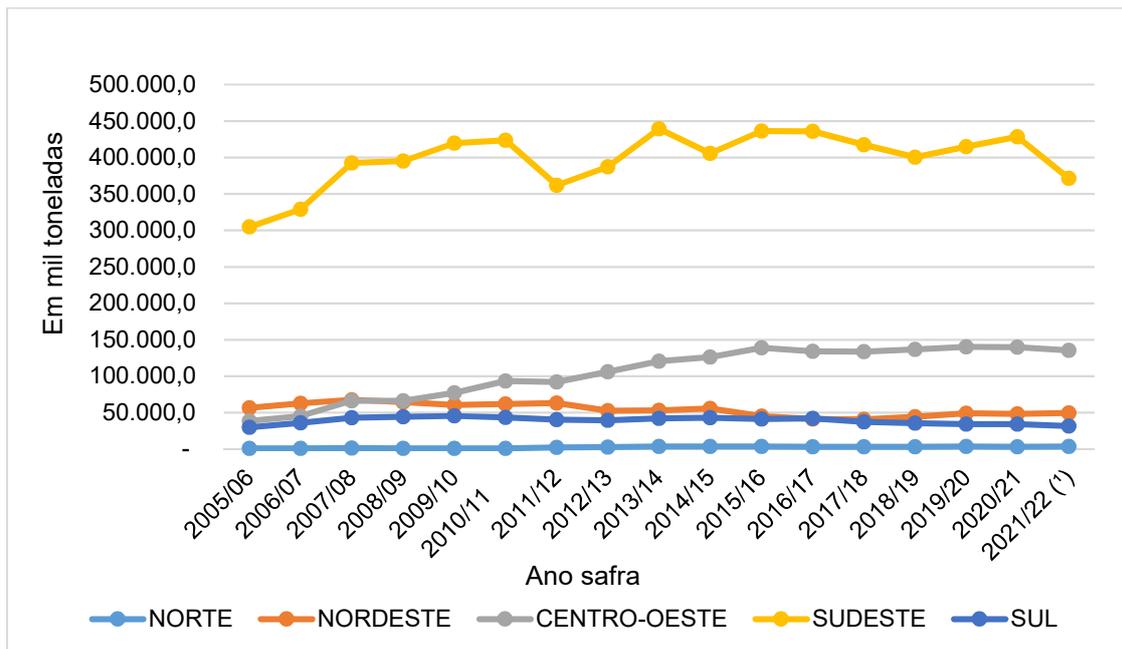


**Figura 1.** Estádios fenológicos da cana-de-açúcar (Adaptado de CHEAVEGATTI-GIANOTTO *et al.*, 2011).

Do plantio até a primeira colheita, a cana-planta pode ter um ciclo de desenvolvimento com duração de 18 meses (cana de um ano e meio) ou 12 meses (cana de ano) variando conforme a época e da região de plantio (SUGAWARA; RUDORFF, 2011). Após a primeira colheita, a cana-soca passa a ter um ciclo de 12 meses e, a cada corte, ocorre a rebrota da soqueira e o início de um novo ciclo e assim continuam sucessivas safras da soca até a renovação da lavoura (SCARPARI; BEAUCLAIR, 2010; CHEAVEGATTI-GIANOTTO *et al.*, 2011).

É cultivada em diversos países de clima tropical e subtropical (MORAIS *et al.*, 2015), numa ampla faixa de latitude entre 35° N a 30° S e em altitudes que variam desde o nível do mar até 1.000 metros (RODRIGUES, 1995).

Atualmente o Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar com área plantada de aproximadamente 10 milhões de hectares. A estimativa de produção para a safra de 2021/22 é de 592 milhões de toneladas, com produtividade média de 72 toneladas/ha. Ao considerar o cenário nacional, a cultura está concentrada principalmente em duas macrorregiões, a Centro-Sul e Nordeste, sendo a região Sudeste a principal produtora do país (Figura 2) (CONAB, 2021).



**Figura 2.** Série histórica da produção de cana-de-açúcar no Brasil nas safras 2005/06 a 2021/22 (estimativa) (CONAB, 2021).

(\*) Previsão em agosto de 2021.

### 3.2. Principais pragas da cana-de-açúcar

Muitos são os fatores que limitam a produtividade da cultura da cana-de-açúcar, dentre os quais incluem-se os insetos considerados pragas, que causam consideráveis perdas, ocasionando prejuízo econômico para os produtores (MACEDO *et al.*, 2012).

Dos insetos pragas que ocorrem com frequência na cultura destacam-se, a broca-da-cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae) a qual as larvas causam prejuízos diretos pela abertura de galerias, ocasionando perda de peso da cana e que podem levar a planta à morte, além de danos indiretos por facilitar a entrada de fungos. (GALLO *et al.*, 2002). Outra praga da ordem Lepidoptera, a broca-gigante, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). As larvas também se alimentam dos colmos causando prejuízos diretos facilitando a entrada de fungos, e em alguns casos levando a planta a morte (GARCIA; BOTELHO, 2016).

Outra praga de importância da cultura, a qual ataca raízes e folhas é a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva spp.* (Hemiptera: Cercopidae). Os danos são causados principalmente pelas formas jovens, que extraem grande quantidade de água e nutrientes das raízes. Os adultos também causam danos ao se alimentarem da seiva introduzindo toxinas durante o processo de sucção, resultando em perdas na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar (DINARDO-

MIRANDA, 2005).

Os insetos de solo que atacam a cultura são considerados importantes pragas e requerem uma atenção maior, pois apresentam dificuldades de visualização de forma direta na superfície do solo, sendo encontrados em grande parte protegidos pela camada de solo ou dentro das touceiras da planta tornando o controle mais difícil (DINARDO-MIRANDA, 2008).

Alguns exemplos de pragas desse grupo, são o besouro da raiz-da-cana, *Migdolus fryanus* (Westwood, 1863) (Coleoptera: Cerambycidae), na qual as larvas causam danos ao se alimentarem do sistema radicular destruindo totalmente, levando a uma necessidade precoce de replantio no campo (GARCIA; BOTELHO, 2016). Também são problemas na cultura, os cupins *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Blattodea: Rhinotermitidae), *Procornitermes triacifer*, *Neocapritermes parvus* (Silvestri, 1901), *Neocapritermes opacus* (Hagen, 1858) e *Nasutitermes sp.* (Blattodea: Termitidae), atacam os toletes recém-plantados, danificando as gemas e causando falhas na germinação (GARCIA, 2013).

Outra praga de solo que merece destaque é *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae) conhecido popularmente como o bicudo da cana ou gorgulho-da-cana. Os adultos desta praga são longevos, permanecem geralmente no solo, sob os restos vegetais ou entre os perfilhos na base da touceira (DINARDO-MIRANDA, 2000).

As larvas desse besouro se alimentam da parte basal dos colmos, construindo galerias danificando todo o interior do colmo, resultando em grandes perdas econômicas aos produtores de cana-de-açúcar (DEGASPARI *et al.*, 1987).

Antigamente no Brasil, o bicudo era considerado uma praga secundária (GARCIA; BOTELHO, 2016), entretanto, entre as décadas de 1990 e 2000 passou a ser considerado uma das pragas agrícolas importantes em áreas tradicionais de produção de cana-de-açúcar no Centro-Sul do país (GALLO *et al.*, 2002). Assim, o hábito de vida dessa praga, bem como a sua rápida disseminação para outras regiões, e dificuldade de controle revelam a importância deste cenário.

### 3.3. Distribuição geográfica

O gênero *Sphenophorus* tem ocorrência em diversos continentes e inclui um complexo de espécies sendo muitas delas responsáveis por causar danos em diversas culturas de importância econômica, principalmente de gramíneas (WOODRUFF, 2004; DUPUY; RAMIREZ, 2016).

Acredita-se que o gênero é originário da América do Norte onde ocorrem 75 espécies. Está distribuído na América do Sul com 18 espécies (incluindo 14 no Brasil), 6 na África do Norte, Europa e Ásia, e 26 em outras regiões da África e do Pacífico (CSIK, 1936 apud VAURIE, 1978).

Na América do Sul, *S. levis* têm sua ocorrência no Brasil, Argentina e Paraguai. No Brasil, essa espécie foi coletada pela primeira vez atacando bromeliáceas e sua ocorrência em cana-de-açúcar foi relatada em Santa Bárbara D'Oeste, estado de São Paulo, no ano de 1977, tendo sido descrita como espécie nova em 1978 (VAURIE, 1978; VANIN, 1990).

Desde então, a expansão da cana-de-açúcar para outras regiões aumentou sua ocorrência por todo o centro canavieiro do estado de São Paulo. Na última década foi relatado em 135 municípios do estado de São Paulo, além do Paraná, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. Até o momento não há relatos de sua presença na região Nordeste (DINARDO-MIRANDA, 2008; MORAES; ÁVILA, 2014).

#### 3.4. Biologia e comportamento de *S. levis*

O bicudo da cana-de-açúcar é um inseto que possui um longo período de vida, cujo ciclo biológico total varia entre 58 e 307 dias e, nos dias atuais, até cinco gerações da praga podem ocorrer durante o ano. Os machos apresentam longevidade de até 247 dias e as fêmeas de 249 dias. Os adultos de *S. levis* são besouros que medem cerca de 12 a 15 mm de comprimento, apresentam coloração castanho-escuro, com manchas pretas no dorso do tórax e listras longitudinais sobre os élitros (Figura 3) (DEGASPARI *et al.*, 1987).

Possuem hábito noturno, são pouco ágeis e simulam-se de mortos ao serem manipulados como estratégia de defesa (GALLO *et al.*, 2002). Os insetos adultos têm preferência por solos argilosos (PINTO *et al.*, 2006) com potencial de causar danos 3 vezes maiores em solos que apresentem essa textura (CASTRO *et al.*, 2019).

Os insetos adultos apresentam dimorfismo sexual, sendo o macho menor que a fêmea (Figura 3), tendo a região ventral pilosa, principalmente, na coxa dianteira, que lhe atribui um aspecto de esponja (VAURIE, 1978; WADT, 2016).

A razão sexual em laboratório e campo é de 1:1 e 1,5:1 fêmeas por macho, respectivamente (DEGASPARI *et al.*, 1987). Casais com 14 e 35 dias de vida apresentam grande atividade reprodutiva, chegando a realizar várias cópulas a qualquer hora do dia com duração média da primeira cópula a mais longa, sendo que o tempo total de cópula num único

dia pode variar entre 1 a 17 horas, com média de 7 horas. Além disso, fêmeas foram capazes de copular com idade avançada entre 85 e 210 dias e ovipositar ovos viáveis (BARRETO-TRIANA, 2009).

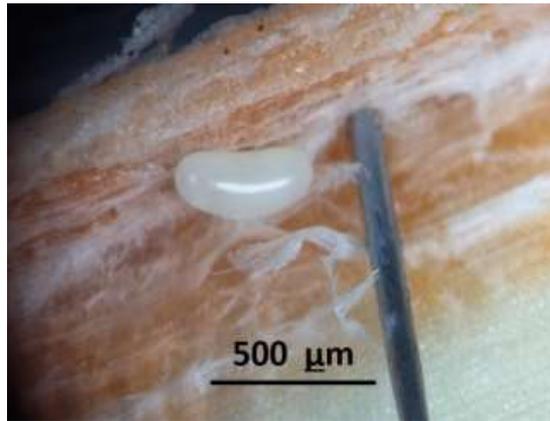


**Figura 3.** Adultos fêmea e macho de *Sphenophorus levis* (CASTELIANI, 2019).

A postura é feita na base das brotações, abaixo ou ao nível do solo. Com o auxílio do rostro as fêmeas perfuram a casca dos colmos e perfilhos depositando os ovos individualmente em até 4 mm no seu interior (CASTELIANI, 2019). Além disso, ovipositam em média 40 ovos, podendo chegar a 70 ovos, dos quais cerca de 75% destes são depositados na primeira metade de sua vida (DEGASPARI *et al.*, 1987).

Os machos produzem os feromônios, os quais correspondem ao feromônio de agregação atraindo ambos os sexos. O 2-metil-4-octanol, identificado por Zarbin *et al.* (2003), é considerado um composto chave no comportamento de agregação em adultos desta espécie e foi comprovado que é produzido especificamente pelos machos. As fêmeas também liberam voláteis atrativos para ambos os sexos, entretanto, ainda não foram caracterizados (BARRETO-TRIANA, 2009).

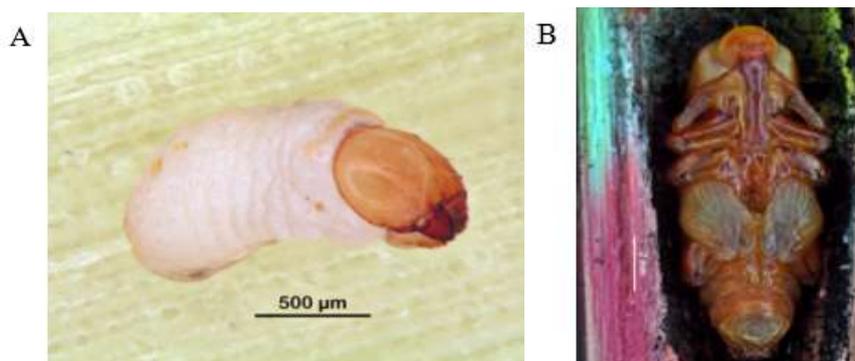
Os ovos são de forma elíptica, possuem a coloração branco-leitosa e escurecem à medida que se aproxima o momento da eclosão da larva. Este período tem duração média de 8 dias (PRECETTI; ARRIGONI, 1990) (Figura 4).



**Figura 4.** Ovo de *Sphenophorus levis* no momento da postura (CASTELIANI, 2019).

As larvas recém-eclodidas apresentam coloração branco-leitosa (Figura 5), tornam-se amarelas posteriormente e são altamente sensíveis ao calor e à desidratação. Apresentam mandíbulas bem desenvolvidas, hábito subterrâneo e se locomovem à medida que abrem as galerias durante a alimentação. A fase larval pode durar até 50 dias (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Antes de passar à fase de pupa, a larva amplia a galeria em que se encontra, preparando a câmara pupal, feita com serragem fina no interior da base do colmo. Neste momento, cessa seus movimentos, diminui de tamanho e se transforma em pupa, que é livre, branco-leitosa, tipo exarada, tornando-se castanha à medida que se aproxima da emergência do adulto (Figura 5). O período pupal tem duração de até 13 dias (DEGASPARI *et al.*, 1987).



**Figura 5.** (A) Larva de *Sphenophorus levis*. (B) Pupa escura ventral (CASTELIANI, 2019).

### 3.5. Espécies semelhantes e hospedeiros alternativos

As formas biológicas de *S. levis* e *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758) geram muitas dúvidas pelo fato de apresentarem características semelhantes e serem espécies que ocorrem na cultura da cana-de-açúcar (GALLO *et al.*, 2002).

A importância da correta identificação das duas espécies se refere principalmente na questão de controle, pois *M. hemipterus* é considerada uma praga secundária e incide apenas em colmos previamente danificados ocasionado pelo ataque de uma praga primária (MACEDO *et al.*, 2012).

A principal característica para separação dos insetos adultos se dá pela coloração no pronoto, sendo castanho-avermelhado para *S. levis* e alaranjado para *M. hemipterus*. Também, a fase larval de *M. hemipterus* apresenta abdômen mais saliente em relação a *S. levis* (ALENCAR, 2016).

Não há muitas informações sobre hospedeiros alternativos de *S. levis*. Além da cana-de-açúcar, principal espécie hospedeira, há registros de sua presença em bromeliáceas (VAURIE, 1978) e na cultura do milho (ALMEIDA, 2005), embora ainda não há evidência concreta sobre sua bioecologia neste hospedeiro.

Algumas gramíneas infestantes como grama-seda (*Cynodon dactylon* L.), capim-colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.) e capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) não são consideradas hospedeiras, porém servem de abrigo, favorecendo a sobrevivência e longevidade dos insetos adultos (PRECETTI; ARRIGONI, 1990), principalmente quando há ocorrência de altas infestações em áreas comerciais (DINARDO-MIRANDA, 2008).

### 3.6. Flutuação populacional, dispersão e distribuição espaço-temporal

*S. levis* pode ser encontrado no campo durante todo o ano, porém suas formas biológicas apresentam diferentes picos populacionais ao longo do ano (IZEPPI, 2015). Os adultos apresentam dois picos populacionais, um entre fevereiro e março, considerado como principal e, outro entre outubro e novembro. Para as larvas, o pico populacional se dá entre os meses de junho e julho. No caso das pupas, os picos ocorrem entre dezembro a janeiro e entre agosto a setembro (DEGASPARI *et al.*, 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990; CANASSA, 2014).

O clima exerce grande influência na época de maior ocorrência das formas biológicas do bicudo (ALENCAR, 2016; XAVIER, 2020). O pico populacional de insetos adultos ocorre

nos meses mais quentes e úmidos do ano, diminuindo com as chuvas e com a redução das temperaturas, enquanto as populações de larvas e pupas apresentam picos nos meses mais frios e secos do ano (IZEPPI, 2015).

O bicudo da cana-de-açúcar apresenta baixa capacidade de deslocamento, movimentando-se somente por caminhamento pois, mesmo possuindo asas, sua capacidade de voo é baixa (DEGASPARI *et al.*, 1987; BARRETO-TRIANA, 2009).

A dispersão de adultos em condições naturais de campo é 6,6 m a 11,1 m por mês numa área aproximada de 98,2 m<sup>2</sup> (DEGASPARI *et al.*, 1987) revelando, portanto, que este fator impediria sua introdução em novas áreas canavieiras (OLIVEIRA, 2009).

Assim, acredita-se que sua dispersão a longas distâncias é decorrente dos descuidos pelo transporte de mudas retiradas de locais infestados que são levadas à outras propriedades e regiões livres de sua ocorrência (LEITE *et al.*, 2005).

Os insetos adultos podem se transportar tanto no interior dos colmos, através de galerias feitas nos primeiros entrenós, como entre os colmos, uma vez que frequentemente se abrigam nos entrenós da base da cana e entre os colmos de mudas recém-cortadas que são depositadas no solo (BARRETO-TRIANA, 2009) por serem atraídos pela exsudação de açúcares (DINARDO-MIRANDA, 2005).

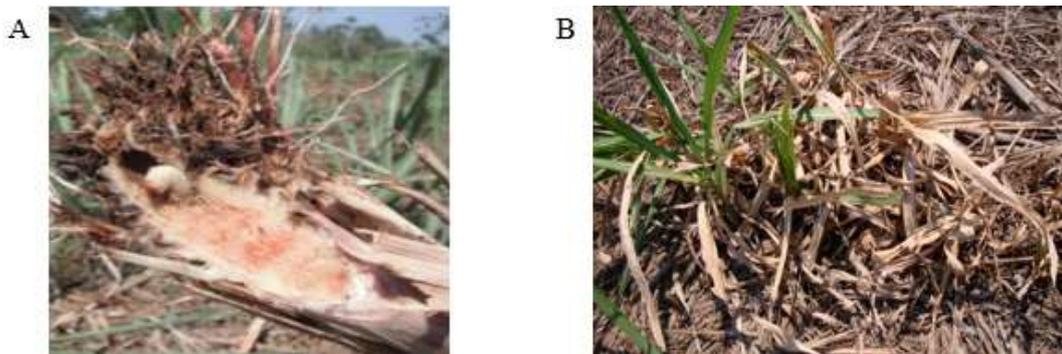
No campo, sua distribuição ocorre em reboleiras (PAVLU, 2012; MORAIS; ÁVILA, 2014; ROSA; FERNANDES, 2020) independente da fase biológica do inseto ou da época de avaliação (ALENCAR, 2016), sendo um padrão característico de pragas com mobilidade limitada (CANASSA, 2014).

Em estudo visando aplicar o conceito da distribuição espacial utilizando a análise geoestatística, avaliou os valores do alcance da dependência espacial em relação ao número de cortes de um canavial. No 1º corte, o alcance médio foi de 21 m, aumentando para 26, 37 e 56 m, para os 2º, 3º e 4º cortes da cana, respectivamente. Esses resultados revelam que à medida que o canavial envelhece, as reboleiras e a intensidade de ataque tendem a aumentar em virtude do aumento da população do inseto na área. Em canaviais mais jovens, as reboleiras são pequenas e, algumas vezes, o inseto e seus danos se distribuem ao acaso, pois o inseto está começando a colonizar a área (IZEPPI, 2015; XAVIER, 2020).

### 3.7. PREJUÍZOS CAUSADOS NA CULTURA

Por se tratar de uma praga de solo, os danos são observados nos toletes abaixo do nível do solo e na base das brotações (CASTELIANI, 2019). Os danos diretos são causados pelas larvas que se alimentam da base do interior dos colmos, abrindo galerias circulares e longitudinais (Figura 6), com altura média de 7,5 cm de comprimento no interior dos colmos e no máximo de 21 cm acima do nível do solo (DEGASPARI *et al.*, 1987).

A destruição dos colmos reflete em amarelecimento das folhas (Figura 6), seguido pelo secamento e morte dos perfilhos prejudicando a rebrota da cultura para os anos seguintes. Os sintomas são visualizados principalmente nas épocas mais secas do ano (GARCIA; BOTELHO, 2016), podendo ser confundidos com fitotoxicidade causada por herbicidas, estresse hídrico e até aplicação excessiva de vinhaça, por isso é fundamental verificar a presença de larvas no interior dos colmos para confirmação do dano pelo inseto (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).



**Figura 6.** (A) Entrenós basais do colmo danificados pelas larvas de *Sphenophorus levis* (PAULA, 2012) (B) Planta de cana-de-açúcar apresentando sintoma inicial de amarelecimento das folhas (GARCIA, 2013).

Os danos gerados pelo ataque podem levar à morte das touceiras (Figura 7), promovendo danos indiretos como o aumento do número de plantas invasoras que competem com a cultura. Além de redução na produtividade agrícola, qualidade da matéria prima e longevidade dos canaviais (ALMEIDA, 2005).



**Figura 7.** Sintoma do ataque de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar “reboleiras” (GARCIA, 2013).

Em áreas com infestações superiores a 35% de tocos atacados, é necessário que se proceda com a reforma precoce dos canaviais (CAMPANHOLA; BETTIOL, 2003). Em algumas áreas, o ataque ocorre de forma tão intensa que o canavial é reformado logo após o primeiro corte.

Os danos se refletem no número, tamanho e diâmetro de colmos finais para a colheita, sendo que as perdas econômicas podem ser estimadas em relação à redução em toneladas de cana esperadas por hectare. Em determinados locais têm-se observado cerca de 50% a 60% de perfilhos atacados, provocando uma queda na produtividade na ordem de 20 a 30 toneladas ha/ano (LEITE *et al.*, 2012; GARCIA; BOTELHO, 2016).

Para cada 1% de rizomas atacados pelo bicudo, há redução de 0,32% no peso de colmos antes da colheita, e de 0,68% no número de brotos gerados por rizoma após a colheita dos colmos, resultando em um total de perda de 0,92% a partir do primeiro corte (CASTELIANI, 2019).

### 3.8. Monitoramento

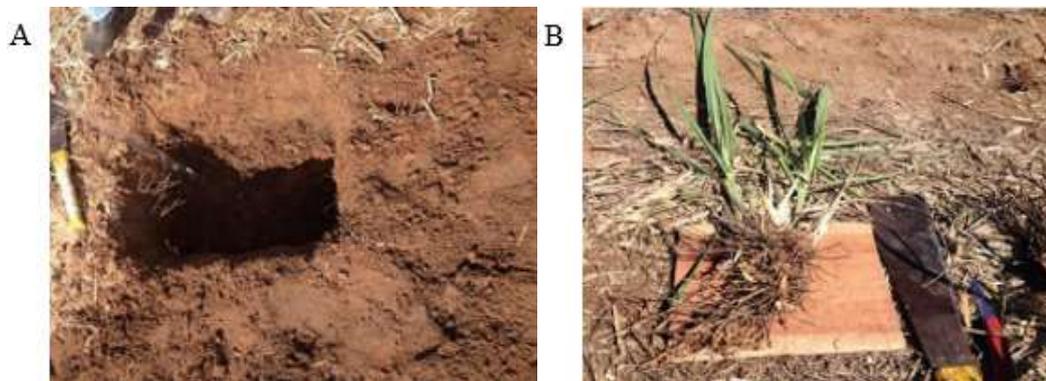
Para verificar a presença das formas imaturas do bicudo na cultura utiliza-se o mesmo método proposto para estimar as populações de cupins e *M. fryanus* que é através da abertura de duas trincheiras com dimensões correspondente a uma touceira (0,5 m x 0,5 m x 0,3 m) por hectare (Figura 8) (DINARDO-MIRANDA, 2005).

Porém, Izeppi *et al.* (2014) relatam que esse número só tem sido suficiente para detecção da presença da praga em áreas muito infestadas, sendo necessário aumentar o número de pontos de amostragem para áreas com baixas infestações, sugerindo o uso de 6 pontos por hectare.

Para amostragem georreferenciada recomenda-se amostrar 17 pontos por hectare, seguindo a metodologia de uma fileira de cana a cada 20 fileiras e o espaçamento entre os pontos na fileira deve ser de 20 m (PAVLU, 2012).

Nesta metodologia, todo o material vegetal da touceira deve ser vistoriado à procura de formas imaturas do inseto e danos ocasionados pelo seu ataque (Figura 8). Deve ser feita preferencialmente na época de maior ocorrência das larvas e pupas, entre os meses de maio a setembro, logo após a colheita ou antes da reforma do canavial (WADT, 2016).

Os danos são expressos em porcentagem de rizomas atacados e, para isso, contam-se os rizomas totais e os rizomas danificados na touceira, que são utilizados no cálculo do dano [Dano =  $n^{\circ}$  rizomas danificados/ $n^{\circ}$  total de rizomas amostrados) \*100] (IZEPPI, *et al.*, 2014).

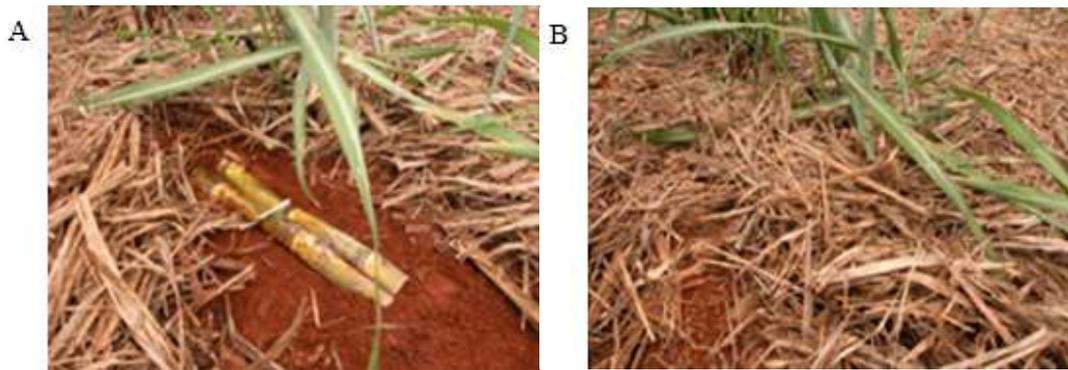


**Figura 8.** (A) Trincheira aberta com dimensões (0,5 m x 0,5 m x 0,3 m) (B) Colmos para contagem das formas biológicas (WADT, 2016).

Para os adultos do bicudo, iscas feitas a partir dos toletes da cana-de-açúcar são recomendadas para monitoramento, demonstrando eficiência para atratividade e também captura de insetos (GALLO *et al.*, 2002; ALMEIDA, 2005; GIRON-PEREZ *et al.*, 2009).

As iscas são confeccionadas com toletes de cana com 30 cm cortados longitudinalmente, embebidas em solução inseticida com melaço. São distribuídas 10 iscas por hectare, que são colocadas junto à base das touceiras, viradas para baixo, cobertas com palha (Figura 9) e são renovadas a cada 15 dias (PRECETTI; ARRIGONI, 1990; GIRÓN-PEREZ, 2008).

É importante que os toletes de cana estejam em contato com o solo para manter sua umidade e conseqüente durabilidade, favorecendo sua perfeita fermentação e atração dos adultos de *S. levis* (BARRETO-TRIANA, 2009). Preferencialmente, o levantamento deve ser realizado nas épocas de maior incidência do inseto adulto, entre os meses de outubro a março.



**Figura 9.** Monitoramento por iscas tóxicas. (A) Iscas dispostas na base da touceira (B) Iscas cobertas com palha (IZEPPI, *et al.*, 2014).

Em viveiros é fundamental realizar este levantamento para verificar a presença de galerias, formas biológicas e locais de ocorrência do dano. É realizado amostrando-se ao acaso, utilizando 100 iscas por hectare (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Visando aperfeiçoar a atração de adultos de *S. levis*, estudos foram feitos utilizando iscas atrativas misturadas com outros compostos em estado de fermentação, como alternativa para detectar a presença da praga em áreas infestadas.

Os resultados obtidos indicam que toletes da cana-de-açúcar misturados com melão a 10% e fermentados por 24h e 48h foram altamente atrativos a adultos de *S. levis*, acima de 90%. Constatando que tecidos vegetais fermentados com maior concentração de voláteis são mais atrativos a esses insetos (GIRÓN-PÉREZ *et al.*, 2009). A vinhaça *in natura* também pode ser uma alternativa, pois apresentou atratividade a ambos os sexos de adultos de *S. levis*, em condições de laboratório e campo (MARTINS, 208).

Não há um nível de controle padrão para esta praga, pois existem poucos estudos e relatos sobre o nível de controle de *S. levis* para a cultura da cana-de-açúcar. Geralmente, as unidades produtoras utilizam seu próprio critério em relação ao melhor método de controle, levando-se em consideração alguns fatores como o nível de infestação da praga, idade do canavial, disponibilidade do defensivo, entre outros (PAVLU, 2012; IZEPPPI, 2015).

O nível de dano econômico foi determinado em estudo feito em lavouras comerciais de cana-de-açúcar durante quatro anos. Os valores do nível de dano econômico para realização de controle químico da praga em cultivos de sequeiro e irrigado foram 5,93% e 4,85% de tocos atacados, respectivamente. Já para realização de controle biológico de *S. levis* com o fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill nos mesmos sistemas de cultivo, os valores foram 4,15% e 3,40% de tocos atacados, respectivamente (XAVIER, 2020).

### 3.9. MÉTODOS DE CONTROLE

#### 3.9.1 Controle cultural

A adoção de medidas de controle inicia-se com o preparo do solo no momento da renovação do canavial em que foi constatado a presença do ataque do bicudo (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013). A utilização do Destruidor Mecânico de Soqueiras ou de outros equipamentos mecânicos (PIZZANO *et al.*, 1987) aliado a um bom preparo de solo, são práticas importantes para destruir larvas e pupas presentes no solo visando expô-las a seus predadores e causar secamento dos rizomas. Também, impede que adultos emergidos das soqueiras mortas ocorram nos novos brotos em formação (GARCIA; BOTELHO, 2016).

Pode ser realizada de uma única vez ou pulando duas linhas para retornar nestas após 15 a 20 dias. O momento adequado para sua execução é no período mais seco do ano, quando se tem maior infestação de larvas na área (DINARDO-MIRANDA, 2008).

Embora seja uma medida eficiente na redução populacional do bicudo, bons resultados são observados somente no primeiro corte, pois muitas larvas e adultos conseguem sobreviver alimentando-se da matéria orgânica deixada no campo após a destruição das soqueiras (ALMEIDA, 2005). Para evitar que isso ocorra, recomenda-se a eliminação total de remanescentes do canavial e a aplicação de inseticidas antes do plantio da nova lavoura.

Outra estratégia que pode ser adotada quando se tem altas infestações é manter a área livre de vegetação hospedeira por períodos superiores a 3 meses (DINARDO-MIRANDA, 2005). No entanto, para evitar que o solo fique exposto e sujeito à erosão, recomenda-se o plantio de adubos verdes, como o feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria juncea*) (ALMEIDA, 2005).

A rotação de culturas com plantas de importância econômica que não são hospedeiras também é recomendável (GALLO *et al.*, 2002). Pode-se optar pelo plantio de leguminosas como soja (*Glycine max*) e amendoim (*Arachis hypogaea*), evitando-se o uso de gramíneas, principalmente milho (*Zea mays*), pois já foi relatado sua presença nesta cultura (GARCIA; BOTELHO, 2016).

O uso de mudas sadias na implantação da nova lavoura é ferramenta crucial para redução dos problemas fitossanitários da cultura (DINARDO-MIRANDA, 2008). Dessa forma, cuidados preventivos devem ser tomados de forma criteriosa para evitar a propagação da praga para áreas onde ela ainda não ocorre (OLIVEIRA, 2009).

É essencial a realização de vistorias em viveiros, assim como a limpeza de máquinas e implementos nas mudanças de áreas de operação, a limitação de cargas para evitar quedas de toletes pelo caminho e, principalmente, não utilizar canas para muda de áreas cujo o ataque de *S. levis* tenha sido registrado, a menos que estas sejam expurgadas com inseticida antes de deixarem esses locais (MACEDO *et al.*, 2012; GARCIA; BOTELHO, 2016). Além disso, é importante o uso de mudas que foram colhidas em sistema de corte basal elevado com pelo menos 30 cm do corte acima do nível do solo e acondicionadas em local protegido, evitando o contato direto com o solo (ALMEIDA, 2005).

### 3.9.2. Controle químico

O método químico inclui a utilização de inseticidas sintéticos com aplicações preventivas no sulco de plantio no momento da implantação do canavial e na soqueira logo após a colheita cortando a linha da cana (EVANGELISTA *et al.*, 2017).

Outra modalidade de controle é o uso de iscas tratadas com inseticidas químicos para o controle de insetos adultos em campo (GIRÓN-PÉREZ *et al.*, 2009). Porém, é um método que apresenta alto custo, pois exige mão de obra para preparo, distribuição em campo e posterior revisão. Por essa razão, tem sido empregado exclusivamente para monitoramento visando detectar a praga, principalmente em pequenas propriedades e áreas de viveiros (PAVLU, 2012).

Atualmente existem 12 inseticidas sintéticos registrados para o controle do bicudo da cana-de-açúcar, sendo para aplicação direta no sulco de plantio (cana planta) e no corte de soqueira (cana soca) (AGROFIT, 2021) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Inseticidas sintéticos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de *Sphenophorus levis* (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021).

Produto Comercial (p.c.)	Princípio Ativo	Empresa	Dosagem (lp.c./ha)	Modalidade de uso
Albatross	Fipronil	Adama	0,25*	Sulco de plantio/corte de soqueira
Altacor	Clorantraniliprole	FMC	0,45*	Corte de soqueira
Capture 400 EC	Bifentrina	FMC	3,0 - 6,0	Corte de soqueira
Engeo Pleno S	Tiametoxam + Lambda-Cialotrina	Syngenta	2,0 - 2,5	Sulco de plantio
Imidacloprid Nortox SC	Imidacloprido	Nortox	1,5 - 2,0	Sulco de plantio
Muneo	Fipronil + Alfacipermetrina + Piraclostrobina	Basf	0,8 - 1,2	Sulco de plantio/corte de soqueira
Regent Duo	Fipronil + Alfacipermetrina	Basf	1,0 - 2,5	Sulco de plantio/corte de soqueira
Talisman	Bifentrina + Carbossulfano	FMC	5	Sulco de plantio/corte de soqueira
Warrant 700 WG	Imidacloprido	FMC	0,3 – 0,4*	Corte de soqueira

\*(kg p.c./ha)

O controle químico pode apresentar deficiências de acordo com o modo em que ele é aplicado. Autores relatam que a baixa eficiência é atribuída à palha residual que dificulta o contato dos inseticidas com o inseto alvo quando esta não é removida no momento da aplicação (NUNES, 2012; ALENCAR, 2016; EVANGELISTA *et al.*, 2017).

Como menciona Garcia e Botelho (2016) para obter um controle satisfatório, é preciso antes da aplicação realizar o desenleiramento da palhada para que o inseticida alcance o inseto, tendo em vista que, se não forem tomados os devidos cuidados pode se tornar um método de controle economicamente inviável.

Este fato está associado a ocorrência das larvas e pupas do bicudo no interior da planta (DEGASPARI, *et al.*, 1987), e do comportamento dos adultos, pois além de se movimentarem pouco, permanecem abrigados na palhada dificultando o alcance dos produtos químicos (GARCIA; BOTELHO, 2016).

Após o desenleiramento, recomenda-se a aplicação de inseticidas nas soqueiras por meio do Cortador de Soqueiras no sistema 70/30. O cortador direciona 70% da calda dentro da linha da cana-de-açúcar a profundidades de 10 a 15 cm, focando atingir larvas e pupas. Os 30% restantes são direcionados sobre a linha de plantio visando atingir os insetos adultos (GARCIA; BOTELHO, 2016).

Por outro lado, existem estudos que demonstram resultados positivos. Dinardo-Miranda e Fracasso (2010), ao avaliarem alguns inseticidas aplicados no sulco de plantio, observaram que os inseticidas fipronil e imidacloprid contribuíram para redução populacional do bicudo e incremento na produtividade da cana-de-açúcar.

Souza *et al.* (2019) concluiu que o fipronil proporcionou os melhores resultados no controle populacional e na redução de danos quando aplicado em campo no corte da soqueira, apresentando eficiência de 83% aos 30 dias após a aplicação.

Em condições laboratoriais o efeito letal dos inseticidas cartap e tiametoxam em diferentes dosagens apresentou níveis de mortalidade superiores a 80% em insetos adultos. Em condições de campo, bons resultados de mortalidade foram encontrados quando utilizados iscas impregnadas com inseticidas (GIRÓN-PÉREZ, 2008).

### 3.9.3. Controle biológico e biotecnologia

Considerando o hábito de vida do bicudo, o uso do controle biológico utilizando produtos à base de microrganismos entomopatogênicos no manejo integrado é uma estratégia interessante, especialmente sob o ponto de vista econômico e ambiental (CONCEIÇÃO; SILVA, 2011). Contudo, necessita de condições ambientais favoráveis para obter sucesso no controle (CANASSA, 2014; VINHA *et al.*, 2019).

Dentre os mais promissores para o controle de *S. levis* na cultura da cana-de-açúcar, destacam-se o uso de fungos entomopatogênicos como, *B. bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok. (GALLO *et al.*, 2002; VEGA *et al.*, 2009), aplicados isoladamente (VINHA *et al.*, 2019), associados a inseticidas (CUSTÓDIO *et al.*, 2017; SMANIOTTO, 2019; SOUZA *et al.*, 2019) ou com outros entomopatógenos (SIMI, 2014).

Os fungos entomopatogênicos possuem a capacidade de causar doenças e morte de inúmeros artrópodes (EMBRAPA, 2020). Agem por contato com o corpo do hospedeiro, penetrando ativamente na cutícula por meio de enzimas, colonizando o corpo do inseto, levando-o a morte em poucos dias (ALVES, 1998).

Estudos realizados em campo apresentaram alta eficácia com até 92% de mortalidade de adultos, utilizando iscas com tolete de cana inoculadas com o fungo *B. bassiana* em doses de  $4,9 \times 10^{11}$  conídios por pedaço de cana-de-açúcar tratado (BADILLA; ALVES, 1991). Em outro estudo de eficácia, *B. bassiana* foi eficaz no controle de larvas utilizando as formulações GR e WP na dose de 450 g conídios  $ha^{-1}$ , em condições de campo (PAGLIARANI, 2012).

Além de *B. bassiana*, o fungo entomopatogênico *M. anisopliae* também pode ser usado para o controle do bicudo. Em estudo feito em campo testando diferentes formulações e doses, observou redução dos danos nos colmos acima de 80%, sendo a dose de 225 g conídios  $ha^{-1}$  eficaz no controle de larvas e adultos nas formulações utilizadas (DELFANTI, 2012).

Os nematoides entomopatogênicos (NEPs) dos gêneros *Steinernema* e *Heterorhabditis* possuem uma associação simbiótica com bactérias patogênicas do gênero *Photorhabdus* e *Xenorhabdus* respectivamente, que são as responsáveis pela morte do hospedeiro (EMBRAPA, 2020).

No solo, os nematoides encontram os insetos, invadem seu o corpo e, uma vez dentro do organismo, liberam as bactérias que ficam alojadas em seu trato digestivo, chegando a causar a morte rápida do hospedeiro (LEITE *et al.*, 2012)

Diversos estudos indicam a viabilidade do uso de espécies de NEPs para o controle de *S. levis*. Em condições laboratoriais as larvas de *S. levis* apresentaram-se susceptíveis aos NEPs *H. indica* e *Steinernema* sp. com mortalidade acima de 70%, na dosagem de 2,4 juvenis infectivos (JI)/ $cm^2$  (LEITE *et al.*, 2005).

Tavares *et al.* (2007) obtiveram bons resultados ao avaliar o efeito de nematoides contra larvas de *S. levis*. O uso de *H. indica* IBCB n5 na dose 60 JI/ $cm^2$ , em condições laboratoriais e em casa-de-vegetação, proporcionou mortalidade de 95% e 85%, respectivamente. Enquanto que *S. brazilense* IBCB n6 na mesma dosagem proporcionou 42% de mortalidade em laboratório e 73% de em casa-de-vegetação, e foi constatado que esta espécie é capaz de persistir em campo de cana-de-açúcar por pelo menos 10 meses (GIOMETTI, 2009).

Além destas espécies, em estudo recente, o nematoide *S. rarum* foi eficiente no controle de insetos que estavam no interior de colmos de cana-de açúcar (SILVA, 2020). Os resultados dos estudos, evidenciam a habilidade do nematoide de penetrar os orifícios deixados pelo bicudo nos rizomas da cana e localizar o hospedeiro em seu interior (CASTELIANI, 2019).

Além disso, estudos relatam resultados interessantes do uso associado desses inimigos naturais com produtos químicos. A mistura de *Steinernema* sp. (60 JI/ $cm^2$ ) e fipronil (Regent 800WG) (62,5g p.c/ha) no controle de adultos de *S. levis* proporcionou 76% de mortalidade,

acima dos tratamentos testados isoladamente (TAVARES *et al.*, 2009). A aplicação química não afetou negativamente a atividade dos NEPs.

Leite *et al.* (2012) concluiu em teste de campo que o melhor resultado da combinação do nematoide *S. brazilense* IBCB n6 na dose  $1 \times 10^8$  JI/ha foi com o inseticida tiamethoxam (Actara 250WG) na subdosagem de 500 g p.c./ha ao qual proporcionou um incremento na produção de cana-de-açúcar de até 28 t/ha.

Foi testado também seu uso combinado com fungos entomopatogênicos. *S. brazilense* IBCB n6 na dose de 15 JI/cm<sup>2</sup> combinado com *B. bassiana* IBCB 170, promovendo 80% de mortalidade de larvas de *S. levis* e 40% em insetos adultos de *S. levis* (SIMI, 2014).

Os fungos e nematoides entomopatogênicos são importantes inimigos naturais o bicudo. Atuam sobre todas as fases da praga e podem ainda serem utilizados em conjunto com outros métodos, num programa de manejo integrado (Tabela 2).

Atualmente existem 24 produtos de princípio ativo microbiológico registrados para o controle do bicudo. O tratamento é realizado logo após a colheita e quando constatada a presença do bicudo na área, mesmo com baixo índice de tocos atacados. A aplicação deve ser realizada via corte de soqueira, preferencialmente em horários com umidade relativa elevada (AGROLINK, 2021).

**Tabela 2.** Produtos de princípio ativo microbiológico registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de *Sphenophorus levis* (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021).

(continua)

Produto Comercial (p.c.)	Princípio Ativo	Empresa	Dose (kg p.c./ha)
Atrevido	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Koppert	$7.2 \times 10^{12}$ *
AUIN	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Agrivalle	0,5 - 1
Bassi Control	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Innova	7,2
BeauveControl	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Simbiose	3,6
Beauve Protection	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Innova	1,1
Beauveria JCO	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	JCO	12

**Tabela 2.** Produtos de princípio ativo microbiológico registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de *Sphenophorus levis* (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021).

(continua)

Produto Comercial (p.c.)	Princípio Ativo	Empresa	Dose (kg p.c./ha)
Beauveria Oligos WP	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Oligos Biotecnologia	7,2
Beauveria SR	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Oligos Biotecnologia	0,0072
Bemitrix WG	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	COMDEAGRO	0,773
BIO BACTERIOPHORA	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i> cepa EN01	Bio Controle	0,285 - 0,57
Bouveriz WP Biocontrol	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Biocontrol	0,9
Bovemip	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Promip	0,9
Boven	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Biota	7,2
Bovéria-Guard	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Vittia	3,8
Boveria-Turbo	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Vittia	3,8
Boveril Cana	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Koppert	$7,2 \times 10^{12} *$
Bovettus ORG	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Nooa	1,44
Corvair	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Koppert	$7,2 \times 10^{12} *$
Dux	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Ballagro	7,2

**Tabela 2.** Produtos de princípio ativo microbiológico registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de *Sphenophorus levis* (Adaptado de AGROFIT, 2021; AGROLINK, 2021).

(conclusão)			
Produto Comercial (p.c.)	Princípio Ativo	Empresa	Dose (kg p.c./ha)
Ecobals	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Vital Brasil	7,2
Exterminador Bio	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Simbiose	3,6
Granada	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Bio Controle Farroupilha	7,2
Nat Beauveria	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Agropaulo	2,6
Trapper	<i>Beauveria bassiana</i> isolado IBCB 66	Vital Brasil	7,2

\*(conídios/ha)

Há também estudos envolvendo *Bacillus thuringiensis*, uma bactéria de solo que durante sua fase de esporulação é capaz de produzir cristais que são compostos por uma ou várias proteínas *Cry* chamadas de  $\delta$ -endotoxinas, os quais conferem a ação tóxica de *B. thuringiensis* em insetos no estágio larval (GALLO *et al.*, 2002).

Dessa forma, foi avaliado a atividade tóxica de *B. thuringiensis* com o gene *Cry3*. Resultados demonstraram que a proteína provocou uma redução no número de larvas desenvolvidas de *S. levis* (ABREU, 2006; CÍCERO *et al.*, 2009). Já em outro estudo com o gene *Cry3Bb* visando caracterizar novos isolados, revelaram que três isolados de *B. thuringiensis* foram promissores no controle, causando redução alimentar, ausência de mudança de instar, perda de mobilidade e morte das larvas devido a infecção generalizada. O isolado IB26.2 foi altamente eficiente com 76,6% de mortalidade (CAMPANINI *et al.*, 2012).

Além de *B. thuringiensis*, nos últimos anos têm sido desenvolvidos diversos estudos visando o uso de plantas transgênicas que expressam inibidores de peptidase como uma alternativa no combate de *S. levis*.

Para isso, foi demonstrado que larvas de *S. levis* usam cisteína peptidases semelhantes à catepsina L, como suas principais enzimas digestivas. Tais enzimas iniciam a degradação de proteínas no intestino médio de larvas de *S. levis* e, portanto, são essenciais para seu crescimento e desenvolvimento (LOPES, 2002; SOARES-COSTA *et al.*, 2011; FONSECA *et al.*, 2012;

EVANGELISTA *et al.*, 2015). Também é produzida por insetos adultos, porém, em taxas bem menores (PAULA, 2012).

Resultados de ensaios *in vitro*, sugerem que plantas transgênicas que expressam o inibidor de cisteína peptidase 1 da cana-de-açúcar (CaneCPI-1) apresentaram o potencial de inibir 85% da atividade da cisteína peptidase das larvas de *S. levis* no intestino médio (RIBEIRO *et al.*, 2008).

Já o efeito *in vivo*, a superexpressão de CaneCPI-1 causou uma redução de 50% de peso médio das larvas, afetando o seu desenvolvimento no interior dos colmos ao se alimentarem. Além disso, a cana-de-açúcar transgênica apresentou menos danos causados pelo ataque larval (SCHNEIDER *et al.*, 2017). Sendo assim, há indicativos para novos estudos e alternativas do uso em plantas de cana-de-açúcar modificadas geneticamente.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações disponíveis na literatura, é essencial o conhecimento da situação em que a população da praga se encontra nas áreas cultivadas. A realização de uma amostragem da população no campo é importante não só para a determinação do momento de controle da praga, mas também para avaliar se a estratégia de controle adotada está trazendo resultados satisfatórios.

Assim, é importante salientar que o estágio de desenvolvimento da cultura, o histórico e tamanho da área, as condições climáticas e a disponibilidade de equipamentos e mão de obra, certamente são fatores a serem considerados na adoção das medidas de controle.

Impedir a entrada do inseto no plantio de cana é um dos caminhos que evitaria a ocorrência do mesmo em novas regiões produtoras do país. Assim, cuidados preventivos devem ser tomados de forma criteriosa, principalmente na implantação de viveiros com os sistemas de MEIOSI e CANTOSI. Neste caso, a associação com a tecnologia de mudas pré-brotadas (MPB) mostra ser uma ferramenta interessante por apresentar elevado padrão de sanidade.

Considerando-se estes aspectos, é importante a capacitação tanto de produtores quanto da mão-de-obra visando a difusão de novas tecnologias e conhecimentos, sendo de extrema importância para a tomada de decisão.

Os desafios não estão só no manejo em campo. A dificuldade de controle desse inseto ressalta a importância da continuidade de desenvolver pesquisas na busca de um controle a base de alternativas eficazes, economicamente viáveis e sustentáveis.

Logo, vale nos atentarmos para a necessidade de avanços em novas estratégias de controle, como é o caso da tecnologia de plantas transgênicas resistentes a *S. levis*.

Neste contexto, a ausência de estratégias de controle por comportamento evidencia a necessidade de desenvolver um atrativo sintético com base no feromônio de agregação, por apresentar várias vantagens e com potencial para ser usado como ferramenta auxiliar no monitoramento e controle massal de adultos de *S. levis*. Sendo essa, uma grande oportunidade para o setor privado.

Portanto, considerando o comportamento de *S. levis*, o presente trabalho nos faz compreender que o controle deste inseto se fundamenta no emprego de ações simultâneas que compõem o Manejo Integrado de Pragas. Reduzir suas populações exige o entendimento do sistema como um todo, o conhecimento das relações ecológicas entre o inseto-praga, seus inimigos naturais e o ambiente onde a cana-de-açúcar está inserida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, I. L. **Identificação e caracterização de um gene *cry* recombinante de *Bacillus thuringiensis* var. Londrina**, 2006. 87 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.

AGROFIT - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Consulta de Pragas e doenças**. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 31 out. 2021.

AGROLINK. **Bicudo da cana-de-açúcar (*Sphenophorus levis*)**. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/problemas/bicudo-da-cana-de-acucar\\_2994.html](https://www.agrolink.com.br/problemas/bicudo-da-cana-de-acucar_2994.html)>. Acesso em: 31 out. 2021.

ALENCAR, J. R. C. C. de. **Dinâmica populacional, distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de *Sphenophorus levis* vaurie, 1978 (Coleoptera: curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2016. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

ALENCAR, M. A. V. ***Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae): Caracterização macroscópica e determinação de inseticida e época de aplicação para controle**. 2016. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

ALMEIDA, L. C. **Bicudo da cana-de-açúcar: boletim técnico C.T.C**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, p.1-3, 2005.

ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2. Ed. Piracicaba: Fealq, p.289-381, 1998.

BADILLA, F. F.; ALVES, S. B. Controle do bicudo da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae) com *Beauveria ssp* em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.20, n. 2, p. 250-263, 1991.

BARBOSA, F. S. da. **Resistência à seca em cana-de-açúcar para diferentes níveis de disponibilidade hídrica no solo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências: Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

BARRETO-TRIANA, N. D. C. **Comportamento sexual e reprodutivo de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

BORDONAL, R. de O. *et al.* Sugarcane yield and soil carbon response to straw removal in south-central Brazil. **Geoderma**, v. 328, p. 79-90, 2018.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos Alternativos de Controle Fitossanitário. Embrapa Meio Ambiente**. Jaguariúna: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA, 2003.

CAMPANINI, E. B. *et al.* Caracterização de novos isolados de *Bacillus thuringiensis* para o controle de importantes insetos-praga da agricultura. **Bragantia**, v. 71, p. 362-369, 2012. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/brag/a/wTXsbJqDq83XzgtSqYrvDbG/abstract/?format=html&lang=pt>> Acesso em: 29 ago. 2021.

CANASSA, F. **Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2014. Dissertação (Mestre em Ciências: entomologia) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2014.

CASTELIANI, A. **Aspectos comportamentais de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar e ocorrência natural de nematoides entomopatogênicos na população do inseto**. 2019. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, São Paulo, 2019.

CASTRO, S. G. Q. de *et al.* Changes in Soil Pest Populations Caused by Sugarcane Straw Removal in Brazil. **Bioenerg. Res.** 12, 2019.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A. *et al.* Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical plant biology**, v. 4, n. 1, p. 62-89, 2011.

CÍCERO, E. A. S.; FERRAUDO, A. S.; LEMOS, M. V. F. Identification cry genes from *Bacillus thuringiensis* effective Against *Sphenophorus levis*, the sugar-cane borer. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 817-823, 2009.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileiro: Cana-de-Açúcar Safra 2021/22: Segundo levantamento.** Brasília: 2021.

CONCEIÇÃO, L. L.; SILVA, C. D. da. O controle biológico e suas aplicações na cultura de cana-de-açúcar. **Campo Digital**, Campo Mourão, v.6, n.1, p.14-25, 2011.

CUSTÓDIO, H. H.; MARTINELLI, P. R. P.; SANTOS, L. S. dos. Controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomología mexicana**, p. 331–337, 2017.

DANIELS, J; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. *In: Developments in crop science.* Elsevier [s. n.], p. 7-84, 1987.

DEGASPARI, N. *et al.* Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.

DELFANTI, L. A. de A. **Eficácia do fungo *Metarhizium anisopliae* no controle de *Sphenophorus levis* e efeito em outras pragas de solo em cana-de-açúcar. 2012.** Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2012.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Cana. **Revista Cultivar Grandes Culturas.** Caderno Técnico Cultivar, Pelotas, n. 80, p. 10, 2005.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* Effect of insecticides applied at sugarcane planting on *Sphenophorus levis* Vaurie (coleoptera; curculionidae) control and on the yield of first two harvests. *In: Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 2010.

DINARDO-MIRANDA, L. L; FRACASSO, J. V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 305-310, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Besouro Implacável. **Revista Cultivar**, v.114, p.11-13, 2008. Disponível em: < [https://issuu.com/grupocultivar/docs/cultivar\\_114/13](https://issuu.com/grupocultivar/docs/cultivar_114/13)>. Acesso em: 12 abr. 2021.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Ocorrência de *Sphenophorus levis* em 2000. **Stab – Açúcar, Álcool e Subprodutos.** v.19, n.1, p.26, 2000.

DUPUY, M. M.; RAMIREZ, R. A. Biology and Management of Billbugs (Coleoptera: Curculionidae) in Turfgrass. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, n. 1, p. 6, 2016.

EMBRAPA. **Controle biológico de pragas da agricultura.** Brasília: Recursos Genéticos e Biotecnologia, v.01 p. 202-319, 2020.

EVANGELISTA, D. E. *et al.* Pectinases from *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae): putative accessory digestive enzymes. **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, 2015.

- EVANGELISTA, E. F. D. *et al.* Controle químico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomologia Mexicana**. Jaboticabal, 2017.
- FONSECA, F. P. P. *et al.* Recombinant expression, localization and in vitro inhibition of midgut cysteine peptidase (Sl-CathL) from sugarcane weevil, *Sphenophorus levis*. **Insect biochemistry and molecular biology**, v. 42, n. 1, p. 58-69, 2012.
- GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**, Piracicaba: FEALQ, v. 10 p. 275-457, 2002.
- GARCIA, J. F. **Manual de identificação de pragas da cana**. Campinas: FMC, p. 164-169, 2013
- GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M. **Cana-de-açúcar: Desafios fitossanitários e Manejo sustentável**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, CRIAR/ Boletim Técnico, n. 4, p. 65-76, 2016.
- GIOMETTI, F. H. C. **Avaliação de nematoides entomopatogênicos para o controle de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae)**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sanidades vegetal, Segurança alimentar e o ambiente) - Instituto Biológico, São Paulo, 2009.
- GIRÓN-PÉREZ, K. **Eficiência de iscas tóxicas no controle de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências: entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2008.
- GIRÓN-PÉREZ, K. *et al.* Atração de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) a fragmentos vegetais em diferentes estados de conservação. **Neotropical Entomology**, v. 38, n. 6, p. 842-846, 2009.
- GIRÓN-PÉREZ, K. **Eficiência de iscas tóxicas no controle de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2008.
- GONÇALVES, E. R. **Fotossíntese, osmorregulação e crescimento inicial de quatro variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2008.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em setembro, IBGE prevê safra de 250,9 milhões de toneladas para 2021**. 2021. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/31826-em-setembro-ibge-preve-safra-de-250-9-milhoes-de-toneladas-para-2021>>. Acesso em: 23 out. 2021.
- IZEPPI, T. S. **Distribuição espacial e dinâmica populacional de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2015. Dissertação Mestrado em Agronomia: Entomologia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

- IZEPPI, T. S. *et al.* Escavadores do mal. **Revista Cultivar**, v. 182, p. 08-09, 2014. Disponível em: < <https://www.grupocultivar.com.br/acervo/363> >. Acesso em: 29 ago. 2021.
- LEITE, L. G. *et al.* Alternativa de controle: Bicudo da cana-de-açúcar. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n.83, 2005.
- LEITE, L. G. *et al.* Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus sp.* em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 40-48, 2012.
- LOPES, F. C. da C. **Caracterização da atividade proteinásica digestiva de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) e sua sensibilidade à chagasina**. 2002. Tese (Doutorado em Genética) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.
- MACEDO, N. *et al.* Manejo de pragas e nematoides. **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e etanol**. Viçosa, 2. ed. UFV, p. 120-143, 2012.
- MARTINS, L. F. de. **Atração de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) à vinhaça da cana-de-açúcar e identificação dos seus compostos voláteis**. 2018. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema) - Instituto Biológico, São Paulo, 2018.
- MORAES, G. C.; ÁVILA, C. J. Insetos-praga associados ao solo na cultura da cana-de-açúcar, no estado de Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, Dourados, 2014.
- MORAIS, L. K. de *et al.* **Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar**. Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA / Circular Técnica, n. 200, p. 092015.
- NEVES, M. F; NALAKI, R. B. **Bioenergy from sugarcane**. 1. ed. Guariba, SP: Socicana, 2020.
- NUNES, B. de M. **Efeito de inseticidas na qualidade da cana-de-açúcar e microbiota da fermentação etanólica sob infestação de *Sphenophorus levis***. 2012. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2012.
- OLIVEIRA, H. N. de. **Pragas da cana-de-açúcar podem ser introduzidas em Mato Grosso do Sul e causar prejuízos à cultura**. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA / Circular Técnica, n. 152, 2009.
- PAGLIARANI, V. D. **Formulação e dose do fungo *Beauveria bassiana* no controle de *Sphenophorus levis* e efeito em pragas de solo em cana-de-açúcar**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto, 2012.
- PAULA, F. F. P. de. **Biologia molecular aplicada à identificação de alvos para o controle do bicudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis***. 2012. Tese (Doutorado em Ciências

biológicas: Bioquímica e Biologia Molecular) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

PAVLU, F. A. **Plano de amostragem e distribuição espacial visando o controle localizado de *Sphenophorus levis* na cultura da cana-de-açúcar**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências: Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

PINTO, A. S. *et al.* Manejo das principais pragas da cana-de-açúcar. In: VANZOLINI, S. S.; SENE, A. P.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. São Paulo: Ed. PROL, p. 257-280, 2006.

PIZANO, M. A. *et al.* Diferentes métodos de destruição da soqueira de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera, Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 11., 1987, Campinas. **Anais**. Campinas: Sociedade Entomológica do Brasil. p.287, 1987.

PRECETTI, A. A. C. M.; ARRIGONI, E. B. **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Coopersucar – Edição Especial, 1990. 15p.

RIBEIRO, C. W. *et al.* Production of a His-tagged canecystatin in transgenic sugarcane and subsequent purification. **Biotechnology progress**, v. 24, n. 5, p. 1060-1066, 2008.

RODRIGUES, G. S. de S. C.; ROSS, J. L. S. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Uberlândia: EDUFU, p. 07, 2020.

RODRIGUES, J. D. **Fisiologia da cana-de-açúcar**. Botucatu: Instituto de Biociências, Unesp, 1995. Disponível em: < <http://www.camarasetorialdoleite.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/Fisiologia-da-Cana-de-A%C3%A7%C3%BAcar.pdf>>. Acesso em: 15 fev 2021.

ROSA, J. O.; FERNANDES, O. A. Aumento e expansão do ataque de *Hyponeuma taltula* nas regiões produtoras de cana-de-açúcar do estado de São Paulo e Estudos de Comportamento e danos comparativos à *Sphenophorus levis*. **Revista Stab**, v. 38, n.4, p. 38-41, 2020.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. de. **Anatomia e botânica**. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agrônômico, 2010. 882p.

SCHNEIDER, V. K. *et al.* Transgenic sugarcane overexpressing CaneCPI-1 negatively affects the growth and development of the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Plant Cell Rep.** p. 193-201, 2017.

SILVA, F. C. da. *et al.* **Avaliação da produtividade agrícola da cana-planta e cana-soca sob diferentes espaçamentos entre plantas para produção de açúcar e etanol**. Embrapa Informática Agropecuária. Campinas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA / Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 40, 2015.

- SILVA, M. S. O. *Steinernema rarum* para o controle de *Sphenophorus levis*, *Hyponeuma taltula* e *Leucothyeus sp.* na cultura da cana-de-açúcar e sua compatibilidade com vinhaça. 2020. Dissertação (Mestrado em Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema) - Instituto Biológico, São Paulo, 2020.
- SIMI, L. D. Controle de *Sphenophorus levis* e *Conotrachelus humeropictus* pelo uso combinado de nematoides e fungos entomopatogênicos. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia: Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2014.
- SOARES-COSTA, A. *et al.* Digestive physiology and characterization of digestive cathepsin L-like proteinase from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal of insect physiology**, v. 57, n. 4, p. 462-468, 2011.
- SOARES-COSTA, A. *et al.* Digestive physiology and characterization of digestive cathepsin L-like proteinase from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal of insect physiology**, v. 57, n. 4, p. 462-468, 2011.
- SOUZA, A. *et al.* Comparação do controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **COGITARE**, v. 2, n. 1, p. 70-79, 2019.
- SUGAWARA, L. M.; RUDORFF, B. F. T. Acompanhamento do crescimento vegetativo da cana-de-açúcar por meio de séries temporais de NDVI do sensor Modis. **In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, Curitiba, v. 15, p. 391, 2011.
- TAVARES, F. M. *et al.* Efeito de *Heterorhabditis indica* e *Steinernema sp.* (Nemata: Rhabditida) sobre larvas do bricudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), em laboratório e casa de vegetação. **Nematologia Brasileira**, v. 31, p. 12-19, 2007.
- TAVARES, F. M. *et al.* Efeitos sinérgicos de combinações entre nematoides entomopatogênicos (Nemata: Rhabditida) e inseticidas químicos na mortalidade de *Sphenophorus levis* (Vaurie) (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**, v. 4, 2009.
- UNICA - UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO. 2021. Disponível em: < <https://unica.com.br/setor-sucroenergetico/>>. Acesso em: 04 out. 2021.
- VANIN, S. A. A new species of *Sphenophorus schoenherr* from Brazil (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 34, n. 4, p. 697-701, 1990.
- VAURIE, P. Revision of the Genus *Sphenophorus* in South America. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, New York, n. 2656, p.1-30, 1978.
- VEGA, F. E. *et al.* Fungal entomopathogens: new insights on their ecology. **Fungal ecology**, v. 2, n. 4, p. 149-159, 2009.

VINHA, F. B.; RODRIGUES, L. R.; PINTO, A. de S. Controle do gorgulho-da-cana *Sphenophorus levis* com fungos entomopatogênicos em diferentes doses e formulações. **Nucleus**, v.15, n.2, p. 329-335, 2019.

WADT, L. **Morfometria, amostragem populacional e reinvestigação do feromônio de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculinidae)**. 2016. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

WOODRUFF, R. E. The hunting billbug, *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden in Florida (Coleoptera: Curculionidae). **Entomology Circular**, Gainesville: Florida Dep. Agri. Entomol., 2004.

XAVIER, G. G. **Níveis de dano econômico para controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* em cultivos cana-de-açúcar sequeiro e irrigado**. 2020. Dissertação (Mestrado em defesa sanitária) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

ZARBIN, P. H. G. *et al.* Identification of male specific chiral compound from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, n. 29, p. 377-386, 2003.