

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DOS ESTRESSORES BIÓTICOS
Diatraea saccharalis (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E
Mahanarva fimbriolata (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) NA
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA
CANA-DE-AÇÚCAR.**

José Antonio de Souza Rossato Junior

Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
2009

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

INFLUÊNCIA DOS ESTRESSORES BIÓTICOS
***Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E**
***Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) NA**
PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA
CANA-DE-AÇÚCAR.

José Antonio de Souza Rossato Junior

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes
Co-orientadora: Profa. Dra. Márcia Justino Rossini Mutton
Co-orientador: Prof. Dr. Leon George Higley

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola).

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2009

Rossato Junior, José Antonio de Souza

R823i Influência dos estressores bióticos *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) e *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) na produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar / José Antonio de Souza Rossato Junior. – Jaboticabal, 2009.

iv, 61 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009

Orientador: Odair Aparecido Fernandes

Co-orientadores: Márcia Justino Rossini Mutton, Leon George Higley.

Banca examinadora: Enrico de Beni Arrigoni, Sérgio Antonio de Bortoli.

Bibliografia

1. broca-da-cana. 2. cigarrinha-das-raízes. 3. *Saccharum* spp. 4. fotossíntese, 5. sacarose I. Título. II. Jaboticabal - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 595.7:633.61

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DOS ESTRESSORES BIÓTICOS *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (HEMIPTERA: CERCOPIDAE) NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR.

AUTOR: JOSE ANTONIO DE SOUZA ROSSATO JUNIOR

ORIENTADOR: Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

Co-Orientador(a): Dra. MÁRCIA JUSTINO ROSSINI MUTTON

Co-Orientador(a): Dr. LEON G. HIGLEY

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA) pela Comissão Examinadora:

Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

Dr. ENRICO DE BENI ARRIGONI

Dr. SERGIO ANTONIO DE BORTOLI

Data da realização: 20 de julho de 2009.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

JOSÉ ANTONIO DE SOUZA ROSSATO JUNIOR – nasceu aos 22 de Junho de 1981, na cidade de Jaboticabal, estado de São Paulo. Em 2001 ingressou no curso de Agronomia da Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, campus de Jaboticabal. Durante a graduação foi membro da Diretoria da Consultoria Agropecuária Junior e recebeu o título de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 2006. Teve experiência profissional pela empresa Du Pont – Divisão Pioneer sementes, em Itumbiara-GO, até julho de 2007 e ingressou no curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal – UNESP. É membro da Diretoria da Associação dos Pós-Graduandos desta instituição e coordenador do Núcleo Jovem Cooperativista da Cooperativa dos Plantadores de Cana da Zona de Guariba. Durante o curso de mestrado, desenvolveu pesquisas em torno da resposta da planta de cana-de-açúcar ao ataque de insetos e obteve o título de mestre em Agronomia (Entomologia Agrícola) em Julho de 2009.

Ao meu pai José Antonio e à minha mãe Maria Cristina, por ter me dado o dom precioso da vida, me apresentado a palavra Família e me proporcionarem a melhor educação possível. Por estarem sempre ao meu lado nas minhas decisões e por serem exemplos de seres humanos para mim. Sou muito grato a vocês meus pais.

À minha irmã Ciliana (“Baga”) pelo carinho, amizade e que mesmo na labuta distante está presente ao nosso lado.

À minha “pequena” Vivian, pela amizade, pelo amor incondicional, a alegria contagiante e pelo prazer de tê-la ao meu lado.

Dedico

Aos meus avós João, Mirtes e Conceição, e em especial ao meu avô e padrinho Constantino Rossato (in memoriam), pelas passagens de alegria, gargalhadas, os ensinamentos, e pelos momentos inesquecíveis que passamos juntos.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo, por ter guiado meus passos e iluminado meu caminho no desenvolvimento deste trabalho.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, pela oportunidade de realização do curso de mestrado e pela gratidão aos ensinamentos adquiridos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/**CAPES**, pela concessão da bolsa de estudos no curso de mestrado.

Ao Prof. Dr. Odair A. Fernandes, pela confiança, atenção, ensinamentos e acima de tudo, pela amizade.

À Prof. Dra. Márcia J. R. Mutton, pela co-orientação e ensinamentos durante o desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Leon G. Higley, pela co-orientação e valiosas dicas no desenvolvimento do trabalho.

Aos Professores do Departamento de Fitossanidade, pelos ensinamentos, atenção dispensada e pela contribuição na minha formação.

Aos funcionários do Departamento de Fitossanidade, em especial ao Técnico Agropecuário Gilson José Leite, pela amizade, admiração e pelo ser humano e profissional.

Aos alunos do laboratório de Tecnologia do Açúcar e Álcool, em especial ao Leonardo, Gisele, Débora, Aline, Humberto, Juliana, Dani, Igor, Fivela, Ruan, Kely, e ao

colaborador e assistente Sérgio Luis, pelo companheirismo, atenção e pelo auxílio nas análises tecnológicas do caldo da cana.

À toda equipe do Laboratório de Ecologia Aplicada (APECOLAB) da FCAV/UNESP: estagiários, graduandos e funcionário, bem como as recém diplomadas Dra. Elis Vilarinho e Dra. Tatiana R. Carneiro.

Aos colegas de pós-graduação: Alexandre Menezes, Daniel Caixeta, Juliana Alonso, Edson Corbo e Tiago Lohmann, pela amizade, excelente convívio e companheirismo no trabalho árduo (incluindo a paciência nas medições de fotossíntese).

As colegas da graduação Laura, Maria Laura, Alana e Maibi pela amizade e enorme auxílio nas amostragens de campo e análises tecnológicas.

Ao Grupo São Martinho, pela confiança e apoio no desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, em especial aos colaboradores Marcos Marcari, José Luiz, Luciano e René Sordi.

À Banca Examinadora da Dissertação de Mestrado, Dr. Enrico Arrigoni (Centro de Tecnologia Canavieira) e Prof. Dr. Sérgio Antonio de Bortoli, pela atenção e sugestões pertinentes para aprimoramento do trabalho.

A toda Família Albanez, Rossato, e aos meus amigos, em especial ao Magro, Calarota, Mauver e Moraes, pela amizade, incentivo e pelos momentos de alegria descontração.

A todos que contribuíram direta e indiretamente para a concretização desta dissertação de mestrado.

Muito obrigado!

*“O conhecimento é o único bem que se
adquire por toda a eternidade”*

Dilson de Oliveira Nunes

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
SUMMARY	iv
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Broca-da-cana.....	3
2.2 Cigarrinha-das-raízes.....	4
2.3 Interações entre estressores.....	6
2.4 Respostas da planta ao ataque de insetos.....	7
2.4.1 Impacto na fisiologia.....	7
2.4.2 Prejuízos na produtividade.....	8
2.4.3 Prejuízos na qualidade da matéria-prima.....	9
III. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Instalação e condução do experimento.....	11
3.2 Delineamento experimental.....	11
3.2.1 Tratamentos e parcela experimental.....	11
3.2.2 Monitoramento dos insetos.....	13
3.2.3 Condução das infestações.....	13
3.3 Dados agroclimatológicos.....	14
3.4 Palha residual da colheita (Massa Seca).....	14
3.5 Avaliação da fotossíntese	15
3.6 Colheita.....	15
3.7 Avaliações.....	16
3.7.1 Biometria.....	16
3.7.2 Avaliação da Intensidade de Infestação de broca-da-cana.....	16
3.7.3 Coleta de folha para análise de Prolina.....	17
3.7.4 Coleta de amostras de colmos para análises.....	17
3.7.5 Avaliação das características tecnológicas do caldo e da cana.....	18

3.7.6 Avaliação de biomoléculas.....	18
3.7.7 Processo Fermentativo.....	19
3.7.8 Avaliações do vinho delevurado.....	20
3.8 Análise estatística.....	20
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Infestações dos insetos.....	21
4.2 Taxa fotossintética das plantas de cana-de-açúcar.....	23
4.3 Parâmetros biométricos.....	27
4.4 Produtividade de colmos (TCH).....	28
4.5 Análises tecnológicas do caldo.....	35.
4.6 Tonelada de Pol por Hectare (TPH).....	34
4.7 Análise de biomoléculas.....	35
4.7.1 Compostos fenólicos totais.....	35
4.7.2 Amido.....	36
4.7.3 Prolina.....	38
4.8 Processo fermentativo.....	39
4.8.1 Comportamento microbiológico.....	39
4.9 Vinho delevurado.....	42
4.9.1 pH e acidez total.....	42
4.9.2 Glicerol.....	42
4.10 Análise geral.....	43
V. CONCLUSÕES.....	45
VI. REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE.....	58

INFLUÊNCIA DOS ESTRESSORES BIÓTICOS *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) E *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) NA PRODUTIVIDADE E QUALIDADE TECNOLÓGICA DA CANA-DE-AÇÚCAR

RESUMO - A broca-da-cana, *Diatraea saccharalis* (Fabr.) e a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stål) são consideradas importantes pragas na cultura da cana-de-açúcar. Os danos causados por esses insetos são bem conhecidos. No entanto, essa informação foi obtida para cada praga separadamente. As respostas da planta a essas duas pragas combinadas, assim como seus efeitos na qualidade da matéria-prima não estão completamente estabelecidas. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da planta de cana-de-açúcar e qualidade da matéria-prima sob a infestação desses dois estressores bióticos. O experimento foi realizado em 2007/08, sob condições de campo, com seis tratamentos: alta e baixa infestação da broca-da-cana, infestação de ninfas de cigarrinha-das-raízes, infestação de ninfas de cigarrinha-das-raízes + broca-da-cana conjuntamente e testemunhas (plantas não infestadas). As parcelas foram compostas por 4 m² de plantas de cana-de-açúcar protegidas e não-protegidas. Os níveis de fotossíntese das plantas atacadas pela broca-da-cana e pelas ninfas de cigarrinha-das-raízes foram significativamente menores do que as plantas não infestadas. Houve redução na produtividade de colmos e quantidade de sacarose nas plantas atacadas pelos insetos, que resultaram na menor produtividade de sacarose. A infestação dos dois insetos conjuntamente apresentou menor tendência de produtividade de sacarose. Verificou-se tendência de maior acúmulo do total de compostos fenólicos no caldo da cana das plantas infestadas.

Palavras-chave: broca-da-cana, cigarrinha-das-raízes, *Saccharum* spp., fotossíntese, sacarose

EFFECT OF THE BIOTIC STRESSORS *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Crambidae) AND *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) ON THE YIELD AND TECHNOLOGICAL QUALITY OF SUGARCANE

SUMMARY - The sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Fabr.) and spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stål) are considered important sugarcane pests. Damage caused by these insect are well known. However, this information was obtained for each species separately. The plant responses to these two pests combined as well the effect on the sugarcane quality are not completely understood yet. Therefore, the aim of this work was to evaluate the behavior of sugarcane plant and quality of raw material under the infestation of these two biotic stressors. The experiment was carried out during 2007/08 season, under field conditions, and comprised six treatments: high and low sugarcane borer infestations, spittle bug nymph infestation, both sugarcane borer and spittlebug infestations combined and controls (uninfested plants). The plots were composed of 4-m² caged and uncaged sugarcane plants. The photosynthetic levels of sugarcane plants attacked by sugarcane borer and sugarcane borer + spittlebug nymphs were significantly lower than uninfested plants. There was a reduction in the sugarcane stalk yield when plants were attacked by the insects, which resulted in lower sucrose yield. The infestation of both pests combined led to reduced apparent sucrose content. It was verified also a higher content of phenolic compounds in infested-plants cane juice.

Key words: sugarcane borer, spittlebug, *Saccharum* spp., photosynthesis, sucrose

I. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma monocotiledônea alógama e semi-perene, pertence a família Poaceae e ao gênero *Saccharum*. Como exemplo típico de planta C₄, a cana-de-açúcar desenvolveu mecanismos que a possibilitam uma maior eficiência na assimilação do carbono (TAIZ & ZEIGER, 2004). É originária do Sudeste Asiático, na grande região central da Nova Guiné e Indonésia. Com quase cinco séculos de cultivo, o Brasil apresenta-se como líder mundial na produção de cana-de-açúcar com área em torno de 7 milhões de hectares e produção total de 572 milhões de toneladas, obtida na safra 2008/09, destinada principalmente à produção de açúcar e etanol (UNICA, 2009).

A cultura da cana-de-açúcar é alvo de vários insetos-praga que causam prejuízos às plantas através do ataque ao sistema radicular ou a parte aérea da planta. Dentre esses, a broca-da-cana *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) e a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stål, 1854) são tidos como insetos causadores de prejuízos econômicos à cultura.

A broca-da-cana, originária provavelmente da América Central e do Sul, é praga de diversas gramíneas e, particularmente no caso da cana-de-açúcar, é a principal praga da cultura em diversas regiões. As lagartas penetram no colmo pela parte mais tenra (região dos nós), próximo às gemas, abrem galerias ascendentes na região do palmito e perfuram internamente o colmo (SILVA et al., 1968), promovendo reduções diretas e indiretas na produtividade, no rendimento de açúcar e etanol (GALLO et al., 2002).

A cigarrinha-das-raízes também é relatada como praga de diversas gramíneas (GALLO et al., 2002). É considerado um típico exemplo de inseto que atingiu o status de praga por meio da mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar sem a prévia

utilização de fogo para despalha e conseqüente manutenção de palha sobre o solo. Principalmente a fase jovem desse inseto (ninfas), através da sucção das raízes, causa reduções na produtividade de colmos e sacarose (MENDONÇA et al., 1996; GONÇALVES et al., 2003).

O conceito de que o rendimento da cultura é progressivamente reduzido com o aumento do número de pragas é amplamente conhecido. No entanto, pouco se sabe sobre o que acontece entre a ação dos estressores na planta e a redução na produção e qualidade da cultura. Por essa razão, pode-se concluir que se sabe muito sobre plantas, porém muito pouco sobre como as plantas respondem ao estresse promovido por pragas (PETERSON & HIGLEY, 2001). As injúrias promovidas por estresses bióticos e, mesmo, estresses abióticos são fatores externos que exercem influência desvantajosa sobre o potencial produtivo das plantas (TAIZ & ZEIGER, 2004).

As reações fisiológicas às injúrias são pouco estudadas em diversos agroecossistemas (PETERSON & HIGLEY, 2001). Entretanto, a compreensão dos mecanismos utilizados pelas plantas para reduzir o estresse por injúria causada por insetos fitófagos está relacionada direta e indiretamente aos processos fisiológicos de respiração, transpiração e fotossíntese (WELTER 1989, HIGLEY et al. 1993). No caso das plantas de cana-de-açúcar, a broca-da-cana e a cigarrinha-das-raízes são comuns na cultura e os danos provocados individualmente por estes dois estressores bióticos são conhecidos. No entanto, não estão ainda completamente elucidadas as informações sobre a resposta da planta e os efeitos na qualidade da matéria-prima enviada à indústria quando essas duas pragas ocorrem conjuntamente. Neste contexto, o presente estudo objetivou avaliar a resposta da planta de cana-de-açúcar e a qualidade da matéria-prima infestada por dois estressores bióticos, *D. saccharalis* e *M. fimbriolata*.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Broca-da-cana

A broca-da-cana, também conhecida como broca-do-colmo, tem como hospedeiro inúmeras plantas pertencentes à família Poaceae. De acordo com SILVA et al. (1968), o inseto ocorre em todo território nacional e suas lagartas desta praga broqueiam, além da cana-de-açúcar, hastes e colmos de milho, arroz, aveia, sorgo, trigo e várias forrageiras.

É um inseto holometabólico, conseqüentemente apresentando as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Esta última é uma mariposa, dotada de asas anteriores de coloração amarelo-palha, sendo as fêmeas maiores que os machos. O acasalamento é noturno e as posturas assemelham-se a escamas de peixe; possuem período embrionário de quatro a doze dias. A longevidade dos adultos é de dois a nove dias, podendo a fêmea colocar em média trezentos ovos durante toda a sua vida. (GAGLIUMI, 1973).

De coloração branco-amarelada e cabeça marrom escura, a lagarta pode atingir até 2,5 cm de comprimento e ter a duração entre 20 a 79 dias. No Estado de São Paulo a praga pode apresentar quatro gerações por ano, sendo que, em casos excepcionais até cinco gerações, dependendo das condições climáticas. As lagartas (2^o ou 3^o ínstar) penetram no colmo pela região mais tenra (região dos nós), próximo às gemas, alimentando-se do conteúdo interno do colmo por meio de galerias ascendentes (GALLO et al., 2002).

Os danos das lagartas da broca-da-cana podem ser diretos: morte da gema apical, também conhecida como “coração-morto”; quebra da cana; enraizamento aéreo;

germinação das gemas laterais; encurtamento dos entrenós e perda de peso. Por outro lado, podem ocorrer danos indiretos em que, devido ao hábito de se alimentar internamente do colmo, sua galeria é porta de entrada para agentes fitopatogênicos, como *Colletotrichum* e *Fusarium*, que ocorrem no colmo juntamente com a praga, caracterizando-se o chamado complexo broca-podridão (GALLO et al., 2002) e causando efeitos negativos na qualidade da matéria-prima (SILVA & CAMPOS, 1975).

2.2 Cigarrinha-das-raízes

A cigarrinha-das-raízes, inseto sugador comumente conhecido por cigarrinha, abrange em torno de onze gêneros que atacam gramíneas (CASTRO et al., 2005) e estão distribuídos desde os EUA até o sudeste do Brasil (PECK et al., 2004). Até a década de 1990, este inseto se mostrava de grande importância econômica em algumas regiões do Nordeste, especialmente Sergipe, Maranhão e Bahia, sendo praga secundária no Centro sul do Brasil (MENDONÇA et al., 1996).

Nos últimos anos, devido à mudança do sistema de colheita da cana-de-açúcar e a não utilização de queima prévia da palha, *M. fimbriolata* tornou-se praga-chave nesta cultura. A adoção da prática de colheita da cana sem a utilização de fogo, comumente conhecida por cana-crua, resulta em cobertura vegetal abundante (palha), que proporciona condições de alta umidade e proteção extremamente favoráveis ao desenvolvimento da cigarrinha (MENDONÇA et al., 1996; DINARDO-MIRANDA et al., 2001).

Em adição, de acordo com DINARDO-MIRANDA et al. (1999), a despalha a fogo na pré-colheita promove a destruição das formas biológicas deste inseto, especialmente os ovos em diapausa. Contudo, sob a existência de Protocolo Agro-Ambiental que prevê a total erradicação desta prática de fogo na colheita até o ano de 2017 (UNICA, 2009), certamente ocorrerão ainda maiores contribuições para o pleno desenvolvimento e disseminação desta praga.

As fêmeas da cigarrinha-das-raízes realizam postura (média de 60 ovos) em bainhas secas na região do colo da planta, próximo ao solo, ou sobre o solo nas

proximidades do perfilho da cana (MACEDO, 2005). Os ovos são fusiformes, de coloração amarela e dimensões milimétricas (STINGEL, 2005). O desenvolvimento embrionário do inseto no ovo ocorre em torno de 21 dias em condições controladas de temperatura e umidade (GARCIA, 2002).

As formas jovens eclodem e dirigem-se às raízes sob a palha para sucção da seiva, onde permanecem durante todo o período de desenvolvimento ninfal que tem duração média de 35 a 40 dias (STINGEL, 2005).

O ataque das ninfas pode resultar em desordem metabólica generalizada das plantas, com conseqüente desidratação das plantas, colmos secos, afinados e o sintoma de “coração-morto” em estádios fenológicos iniciais dos perfilhos (GALLO et al., 2002).

As ninfas de cigarinha-das-raízes produzem “espuma” característica que as envolvem e tem a finalidade de protegê-las contra dessecação (GARCIA, 2002) e o ataque de inimigos naturais (MACEDO et al., 1997). Segundo GARCIA (2002), a espuma é formada de líquidos eliminados pelo ânus que são formados pelo volume de seiva sugado e de substância mucilaginosa secretada e excretada pelas glândulas epidérmicas do sétimo e oitavo segmentos abdominais, denominadas glândulas de Batelli.

A fase adulta dura em média cerca de 15 a 20 dias (STINGEL, 2005) sendo o dimorfismo sexual evidente na coloração, apresentando-se os machos avermelhados, e as fêmeas de coloração mais escura (marrom-avermelhada). Os insetos adultos têm o hábito de sugar as folhas na parte aérea das plantas (STINGEL, 2005), causando o aparecimento de estrias cloróticas longitudinais no limbo foliar (GALLO et al., 2002), afetando o processo fotossintético (MENDONÇA et al. 1996).

Essas injúrias, quando provocadas pelo ataque de alta população desse inseto, resultam em um aspecto visual da planta semelhante à condição de estresse hídrico por ausência de água. Nessa condição abiótica adversa, há um aumento da concentração de solutos osmo-reguladores, responsáveis pela prevenção da perda de água pela planta por meio da redução do potencial osmótico e conseqüente manutenção da integridade e propriedades celulares (BRAY, 1997; TAIZ & ZEIGER, 2004).

2.3 Interações entre estressores

O significado científico do termo interação é o da dependência de um fator em outro (SOKAL et al., 1981). Nesta perspectiva, algum fator que altera a resposta da planta para um dado estressor representa uma interação. Assim, idade da planta, parte da planta injuriada ou efeitos ambientais, podem ser considerados interação de fatores com um dado estresse.

No entanto, interação de estresses mais comuns referem-se a dependência de um estresse por outro. Interação de estresses representa o relacionamento potencial entre diferentes agentes que produzem estresse na planta. A resposta desta a dois ou mais estresses juntos podem ser maiores ou menores do que a soma das respostas aos mesmos estresses quando ocorrendo individualmente (PETERSON & HIGLEY, 2001).

Segundo SIMMS (1990), muitas plantas estão sujeitas ao ataque de múltiplos herbívoros durante o seu ciclo de vida. Em tais situações, os efeitos de cada herbívoro e interações de diferentes herbívoros na planta hospedeira precisam ser considerados a fim de se obter uma resposta completa da pressão seletiva de herbivoria nas plantas em questão.

As estimativas de perdas de rendimento nas culturas têm sido dificultadas pelo estabelecimento de uma relação entre injúria da praga e a resposta da planta, que não estão bem definidas. Isto ocorre basicamente porque a relação inseto-planta é fortemente influenciada por outros fatores ambientais e não ambientais (HIGLEY & PETERSON, 1996; WELTER, 1993).

Em ambientes naturais e agricultáveis, as plantas freqüentemente crescem sob condições desfavoráveis, tais como a seca, a salinidade, o resfriamento, o congelamento, a alta temperatura, alagamento ou a intensa luminosidade. Estas condições são coletivamente chamadas de estresses abióticos e qualquer uma delas pode retardar o crescimento e o desenvolvimento, reduzir a produtividade e, em casos extremos, levar a planta à morte (JIANG & ZHANG, 2002; XIONG et al., 2002; QIANG et al., 2000).

Condições ambientais provavelmente influenciam o número de pragas (e/ou comportamento), a resposta da planta ao ataque da praga, ou ambos (HIGLEY & PETERSON, 1996). Isto decorre porque os insetos pragas e culturas são sistemas biológicos independentes e os estressores externos (abióticos ou bióticos) terão influência ou efeito em cada um – enfraquecendo ou fortalecendo uma posição biológica.

2.4 Respostas da planta ao ataque de insetos

2.4.1 Impacto na fisiologia

Os artrópodes que promovem respostas similares das plantas injuriadas permitem que a tomada de decisão de controle de pragas em um determinado agroecossistema considere a população total do conjunto de espécies de ambas as pragas (PETERSON, 2001). Entretanto, as injúrias diferentes causadas por insetos proporcionam respostas fisiológicas distintas pela planta hospedeira e essas reações fisiológicas às injúrias são pouco estudadas em diversos agroecossistemas (PETERSON & HIGLEY, 2001).

Dependendo do hábito alimentar do inseto, tem-se um determinado impacto na fotossíntese das plantas. No caso de insetos desfolhadores, comumente não ocorre declínio na taxa fotossintética das folhas remanescentes, podendo, inclusive, levar a uma compensação, estimulando o crescimento das plantas (WELTER, 1989; PETERSON & HIGLEY, 1996), ou ser prejudicial às mesmas resultando em redução da área foliar e do tecido remanescente (MACEDO et al., 2003). No entanto, para insetos sugadores, tendo em vista a injúria e/ou remoção de clorofila, a taxa de fotossíntese pode ser reduzida (YOUNGMAN & BARNES, 1986; WELTER, 1989).

A compreensão dos mecanismos utilizados pelas plantas para reduzir o estresse proporcionado pelo ataque de insetos fitófagos está relacionada direta e indiretamente aos processos fisiológicos de respiração, transpiração e fotossíntese (WELTER, 1989; HIGLEY et al., 1993).

Na fotossíntese, o gás carbônico é fixado nos cloroplastos e produz o tri-fosfato, que é, em parte, convertido em sacarose a ser transportada das folhas através do floema para vários processos metabólicos em toda a planta. O tri-fosfato pode ser também acumulado na forma de amido (WARDLAW & PASSIOURA, 1976). Insetos sugadores de seiva causam mudanças estruturais e funcionais nos tecidos vasculares e efeitos no metabolismo do carbono (ECALE ZHOU & BACKUS, 1999), podendo causar alterações na dinâmica do amido na planta.

A fotossíntese contribui diretamente para o acúmulo de biomassa da planta. Portanto, espera-se que cultivares com maior taxa de fotossíntese nas folhas resulte em maiores ganhos de produtividade (HAILE, 2001).

2.4.2 Prejuízos na produtividade

Os insetos que se alimentam dos feixes vasculares das plantas podem causar perturbações no transporte de água e nutrientes, interrupção dos processos fisiológicos e resultar em reduções na produtividade (EDWARDS et al., 1992; HAILE, 2001), visto que o estresse biótico é considerado a maior limitação de produtividade das plantas (HIGLEY et al., 1993).

Além da *D. saccharalis* ter o hábito de se alimentar internamente do colmo, a galeria construída favorece a entrada de agentes fitopatogênicos, *Colletotrichum* e *Fusarium*, que ocorrem no colmo juntamente com a praga, caracterizando-se o chamado complexo broca-podridão (GALLO et al., 2002). As ninfas de *M. fimbriolata* liberam saliva rica em enzimas e aminoácidos que auxiliam no processo de digestão do alimento (FEWKES, 1969). No entanto, ainda que a injeção de toxinas e a transmissão de patógenos sejam importantes, mais comumente encontrados e de maior importância são as injúrias causadas por insetos que consomem tecidos e fluidos das plantas (PEDIGO et al., 1986).

PEDIGO et al. (1986) identificaram os fatores associados ao estresse biótico e que influenciam no rendimento das plantas. Especificamente, foram discutidos cinco

fatores com relação à curva de dano: momento da injúria, parte da planta injuriada, tipos de injúria, intensidade da injúria e efeitos do meio ambiente.

Geralmente, as plantas são mais suscetíveis à injúria durante a fase vegetativa e início da reprodução do que durante os estádios vegetativos e de maturação (PETERSON et al., 1998). Assim, o conhecimento do momento da injúria em relação à fenologia da planta é um importante critério de decisão para o manejo de pragas nos estádios individuais do desenvolvimento da planta de cana-de-açúcar.

As cultivares tardias de cana-de-açúcar (colhidas no final da safra), coincidindo com a época ideal para o desenvolvimento das ninfas de cigarrinhas-das-raízes, sofreram danos mais acentuados do que as variedades colhidas em início de safra, provavelmente por estarem pouco desenvolvidas e mais vulneráveis ao ataque do inseto (DINARDO-MIRANDA et al., 2001).

Situações em que a injúria individual causada por diferentes insetos provocam danos semelhantes nas plantas, as injúrias são consideradas equivalentes e permite-se a soma total de ambos os insetos para o manejo integrado das pragas.

2.4.3 Prejuízos na qualidade da matéria-prima

Os fatores estressantes, aos quais as plantas foram expostas no campo, podem refletir diretamente em prejuízos na qualidade da matéria-prima e afetar os componentes do caldo (MUTTON & MUTTON, 2002).

Segundo STUPIELLO (2001), a qualidade tecnológica do caldo de cana é avaliada pela sua composição, que depende de fatores genéticos e ambientais, como: tratos culturais, estágio de maturação, sistema de colheita, processo de extração do caldo e outros. A utilização de matéria-prima de baixa qualidade faz com que ocorra redução na velocidade do trabalho na indústria, acarretando em menor quantidade e qualidade do produto (CLARKE & LEGENDRE, 1999).

Fatores externos que danifiquem as raízes, os colmos e as folhas da cana, como por exemplo, o ataque de pragas, doenças e o manejo da cultura, são indesejáveis, pois diminuem a qualidade da matéria-prima, podendo acarretar em prejuízos no

rendimento industrial, conforme observado por RAVANELI (2005). Esse autor concluiu, ainda, que o ataque de cigarrinha-das-raízes influenciou negativamente na qualidade da cana-de-açúcar.

O aumento de infestação de cigarrinha-das-raízes pode reduzir o teor de sacarose, a pureza, produtividade e pH do caldo e elevar a quantidade de biomoléculas não favoráveis ao processo fermentativo de produção do etanol e da qualidade de açúcar como os compostos fenólicos (MADALENO et al., 2008). A broca-da-cana, associada ao ataque de cigarrinha-das-raízes, pode desencadear processo de redução expressiva da qualidade da cana, ainda pouco observado em estudos.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Instalação e condução do experimento

O experimento foi conduzido em área de cana-de-açúcar da Usina São Martinho, Pradópolis-SP, localizada nas coordenadas de 21°19'S e 48°06'O, altitude média de 533 m, no período de dezembro de 2007 a outubro de 2008.

Foi utilizada a variedade SP80-3280 (4º. corte), considerada suscetível ao ataque de cigarrinha-das-raízes e de broca-da-cana (DINARDO-MIRANDA, 2003). Além da alta suscetibilidade, esta variedade ocupa área considerável dentre as variedades cultivadas atualmente.

Após o terceiro corte da lavoura, foi realizada a instalação do experimento nos dias 28 e 29 de dezembro de 2007, estando as plantas com 72 DA3º.C (Dias Após o 3º. Corte).

Foi realizada avaliação prévia da infestação de cigarrinha-das-raízes na área, e a partir dos dados da população de ninfas, definiu-se a disposição das parcelas experimentais.

3.2 Delineamento experimental

3.2.1 Tratamentos e parcela experimental

Cada parcela foi representada por uma linha de plantas de cana-de-açúcar de 2 m de comprimento e espaçamento de 1,5 m entre linhas. Os perfilhos foram protegidos

por gaiola telada de tecido “voile” com o objetivo de impedir o trânsito de insetos, com exceção à testemunha desprotegida.

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com 6 tratamentos e 4 repetições, sendo composto pelos seguintes tratamentos:

- Alta infestação de broca-da-cana;
- Baixa infestação de broca-da-cana;
- Cigarrinha-das-raízes;
- Cigarrinha-das-raízes e broca-da-cana;
- Testemunha (plantas protegidas);
- Testemunha (plantas desprotegidas).

O estudo envolveu as fases imaturas dos insetos: lagarta da broca-da-cana e a fase de ninfa da cigarrinha-das-raízes. No momento em que os insetos atingiam a fase adulta, eram retirados do interior da gaiola com a finalidade de, principalmente no caso da cigarrinha-das-raízes, evitar que possíveis injúrias provocadas pelos adultos, pudessem influenciar nos resultados dos tratamentos.

Adotou-se a infestação de $2,5 \text{ ninfas.m}^{-1}$ nos tratamentos com a presença de cigarrinha-das-raízes (cigarrinha-das-raízes e cigarrinha-das-raízes + broca-da-cana). Entretanto, nestas parcelas infestadas por cigarrinha-das-raízes, houve o ataque médio de $3,36$ e $2,95 \text{ ninfas.m}^{-1}$, individualmente e associada à broca-da-cana, respectivamente.

Houve o aparecimento de ninfas nas parcelas experimentais em que não envolviam esse inseto sugador, embora em níveis inferiores ($0,64$ e $0,60 \text{ ninfas.m}^{-1}$) às parcelas de infestações de cigarrinha-das-raízes

Para os tratamentos envolvido a broca-da-cana adotou-se alta infestação e baixa infestação pela praga, considerando-se 48% e 8% de intensidade de infestação, respectivamente.

3.2.2 Monitoramento dos insetos

Para a cigarrinha-das-raízes, monitorou-se a população até meados do mês de maio/2008, seguindo recomendação de ALMEIDA et al. (2004). Já no caso da broca-da-cana, o monitoramento foi realizado até a colheita.

A contagem de ninfas de cigarrinha-das-raízes foi realizada por meio do afastamento manual da palha sobre o solo, em ambos os lados da linha das plantas, para facilitar a visualização para contagem de ninfas na região radicular, na superfície e subsuperfície do solo. Após a contagem, a palha era retornada ao local original (ALMEIDA et al., 2002).

Para a broca-da-cana, realizou-se a retirada das folhas senescentes a fim de visualizar orifícios causados pela praga no colmo. Os colmos injuriados eram identificados e a confirmação da presença de galerias e lagartas foi realizada na colheita.

O monitoramento de ambas as pragas (broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes) foi realizado em todas as parcelas, já que por se tratar de infestações naturais, houve a ocorrência dos insetos não apenas no respectivo tratamento proposto.

No caso da cigarrinha-das-raízes, as ninfas presentes nos tratamentos em que não envolviam esse inseto, tiveram a sua ocorrência registrada bem como controladas pela remoção manual, tão rapidamente fosse identificada a sua presença durante as avaliações.

3.2.3 Condução das infestações

Nas avaliações de contagem de ninfas de cigarrinha-das-raízes, foi registrado o número total de ninfas encontradas em cada parcela, e na sequência, de acordo com o tratamento, essas ninfas foram retiradas (tratamentos: testemunha protegida, testemunha desprotegida, broca da cana em alta infestação e broca-da-cana em baixa infestação) ou mantidas (tratamentos: cigarrinha-das-raízes e cigarrinha-das-raízes + broca-da-cana).

Em situações de alta infestação de ninfas, alguns indivíduos foram retirados com o objetivo de manter a população de ninfas pré-estabelecida nos tratamentos (2,5 ninfas.m⁻¹). Já, quando a infestação era inferior ao estabelecido, ninfas eram transferidas para as parcelas até completar o número de indivíduos pré-estabelecido.

A quantificação populacional das ninfas de cigarrinha-das-raízes foi realizada durante 151 dias, com início na instalação do experimento e a última avaliação realizada no dia 27/05/2008. Nos primeiros 94 dias (até 01/04/2008) a avaliação foi realizada a cada três dias, e a seguir, passou-se a realizá-la semanalmente, tendo em vista o declínio da população de ninfas (final do período chuvoso), porém com a possibilidade de ninfas ainda eclodirem. Já com relação a broca-da-cana, as avaliações do número de colmos injuriados foram realizadas quinzenalmente até a colheita do experimento.

Os dados da população de ninfas coletados foram transformados em ninfa-dia acumulado (RUPPEL, 1983).

3.3 Dados agroclimatológicos

Foi realizado acompanhamento do regime pluviométrico da área experimental, bem como medições de temperatura (máxima e mínima) e Umidade Relativa, por meio de dados coletados da Estação Agro-meteorológica da Usina São Martinho, instalada próxima à área de execução do estudo.

3.4 Palha residual da colheita (Massa Seca)

Durante a instalação do experimento, foi utilizado gabarito de 0,5 m² (dimensões de 1 m x 0,5 m) para a coleta da palha residual da colheita que se encontrava sobre o solo. Essa palha foi acondicionada em sacos de papel identificados e encaminhados à estufa da FCAV-Unesp para secagem e cálculo de Massa Seca da área de coleta, expressa em quantidade de Massa Seca em 0,5 m², que extrapolada, resultou em tonelada de Massa Seca por hectare.

3.5 Avaliação da fotossíntese

A taxa fotossintética foi determinada utilizando-se o equipamento de avaliação Li-Cor 6400 (Li-Cor Biosciences, Nebraska, USA), avaliando-se o terço médio da folha “+1”, seguindo classificação do sistema Küijper (DILLEWIJN, 1952). A avaliação da taxa fotossintética foi realizada em plantas previamente identificadas com fitas coloridas em que informavam a infestação que estava ocorrendo e/ou que já havia ocorrido (término da infestação das ninfas de cigarrinha-das-raízes com o final da estação chuvosa).

3.6 Colheita

A colheita foi realizada no dia 30 de setembro de 2008, procedendo-se à montagem de feixes de 25 colmos por parcela. Os colmos, previamente despalhados e identificados individualmente, foram despontados na altura da gema apical (ponto de quebra) e níveis de comprometimento foram estabelecidos para cada tratamento, conforme tabela abaixo:

Tabela 1. Descrição da composição dos feixes por tratamento na colheita.

Tratamento	% de Danos	Colmos Aparentemente Sadios	Colmos com Danos	Colmos desidratados (secos)
Broca (Baixa infestação)	8%	23	2	-
Broca (Alta infestação)	48%	13	12	-
Cigarrinha-das-raízes	30%	18	5	2
Cigarrinha + Broca	30% e 8%	16	2 (atacados por Broca) + 5 (atacados por Cigarrinha)	2
Testemunha protegida	0%	25	0	0
Testemunha desprotegida	0%	25	0	0

No tratamento testemunha desprotegida (sem gaiola), quase que a totalidade dos colmos encontrava-se com a presença de orifícios (brocados). Desta forma, na pré-colheita do experimento, foram selecionados colmos sadios (sem injúria do ataque de broca-da-cana) nas proximidades do ensaio, na mesma área experimental. Com isto, esses colmos representaram o tratamento testemunha sem o ataque da broca-da-cana.

Em virtude desta seleção das plantas não-injuriadas (desprotegidas) na pré-colheita, ficou impossibilitado o registro de dados referente a infestação da cigarrinha-das-raízes. Contudo, tomou-se o cuidado de selecionar colmos sem sintomas visuais típicos de terem sofrido o ataque desse inseto.

3.7 Avaliações

3.7.1 Biometria

Registrou-se a massa fresca dos feixes em balança digital para cálculo de estimativa de produtividade de colmos expressos em toneladas de cana por hectare (TCH). A partir do resultado da produtividade de colmos, multiplicado pela quantidade de sacarose da matéria-prima (Pol), determinou-se a quantidade de Toneladas de Pol por Hectare (TPH).

Na sequência foi medido, individualmente, o comprimento dos colmos com o auxílio de uma régua e realizadas medições do diâmetro na base, meio e ponta para cada um dos colmos que compunham o feixe, através de paquímetro digital.

3.7.2 Avaliação da Intensidade de Infestação de broca-da-cana

Nos feixes com presença de colmos brocados, avaliou-se a Intensidade de Infestação (I.I.) da broca-da-cana através da abertura longitudinal de cada um dos colmos pré-identificados com orifício, contando-se os internódios injuriados pela broca e dividindo-se pelo número total de internódios do colmo, conforme PARRA (1993). Os

dados da porcentagem da intensidade de infestação foram classificados de acordo com GUAGLIUMI (1972).

A seguir, com o auxílio de paquímetro, realizou-se a medição do comprimento e largura de cada uma das galerias com o propósito de se encontrar o volume total de cana broqueada pelo inseto. Tendo o volume broqueado e dividindo-se pelo volume total do colmo, tem-se um Índice de Volume da Galeria (IVG).

3.7.3 Coleta de folha para análise de Prolina

Foram realizadas duas coletas de folha +2, seguindo classificação do sistema Küijper (DILLEWIJN, 1952), em duas épocas distintas, para quantificação da concentração de Prolina na planta. A primeira coleta foi realizada no dia 11/03/2008 (plantas sem estresse hídrico) e a segunda coleta em 24/09/2008 (plantas sob estresse hídrico). Retirou-se uma folha +2 da planta de cana-de-açúcar de cada parcela, rejeitando-se os terços extremos e a nervura central. Na sequência o material vegetal foi envolvido em papel alumínio e acondicionado imediatamente em nitrogênio líquido visando à conservação até o momento da extração e quantificação da biomolécula no laboratório.

3.7.4 Coleta de amostras de colmos para análises

Os colmos que compunham o feixe de cada parcela, foram desintegrados, homogeneizados e realizada a extração do caldo segundo metodologia da prensa hidráulica (TANIMOTO, 1964). Imediatamente após a extração, determinou-se os níveis de sólidos solúveis (Brix), a sacarose aparente (Pol), e o resíduo fibroso resultante da prensagem (PBU), quantificado para cálculo do teor de fibra, de acordo com CONSECANA (2009). Foi coletada alíquota de 100 mL de caldo de cana, imediatamente congelado e acondicionado em dois tubos Falcon identificados para posterior análise dos compostos fenólicos e fermentação no Laboratório de Açúcar e Álcool do Departamento de Tecnologia da FCAV-Unesp.

3.7.5 Avaliação das características tecnológicas do caldo e da cana

- **Sólidos solúveis totais do caldo (Brix):** determinado através de refratometria a 20°C (SCHENEIDER, 1979);
- **Sacarose aparente do caldo (Pol):** de acordo com (SCHENEIDER, 1979).
- **pH do caldo:** determinado através de leitura direta em pHmetro digital;
- **Fibra % cana:** segundo norma da CONSECANA (2009);
- **Pureza aparente do caldo (%):** segundo norma da CONSECANA (2009);
- **ATR (Açúcar Teórico Recuperável):** determinado de acordo com CONSECANA (2009);
- **Fibra Tanimoto:** determinado de acordo com CONSECANA (2009);
- **Umidade % cana:** calculada a partir da massa do bagaço (bolo) úmido subtraído da sua massa seca, obtida após 48h em estufa com temperatura constante de 65°C e dividido pela massa do bolo úmido;
- **Pureza do caldo (%):** Determinada através do quociente entre a Pol e o Brix, ambos do caldo, e multiplicado por 100);
- **Açúcares Redutores (AR) do caldo:** expressos em glicose e dosados através do método volumétrico proposto por LANE & EYNON (1934);
- **Acidez total do caldo:** através da titulação do caldo em agitação com NaOH padrão 0,05N e expressa em g H₂SO₄.dm⁻³ de caldo;

3.7.6 Avaliação de biomoléculas

- **Compostos fenólicos totais no caldo:** determinado pelo método desenvolvido por FOLIN & CIOCALTEU (1927), através da diluição (10x) do caldo com metanol acidificado HCl (1v/0,01v), adicionando-se 2,5 ml de reagente Folin-Cicalteau e 2 ml de Na₂CO₃ a 7,5%. A seguir realizou-se aquecimento em banho-maria a 45°C por 15 minutos, sendo obtida leitura em espectrofotômetro a 765 nm. Os compostos fenólicos totais foram expressos em mg de catequina.mL⁻¹ de caldo;

- **Amido no caldo:** segundo metodologia descrita em CHAVAN et al. (1991), utilizou-se os reagentes: ácido acético 2N, iodato de potássio e iodeto de potássio. A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro a 570 nm;
- **Prolina livre:** determinado pelo método de BATES et al. (1973) com a seguinte adaptação: 0,5 g de tecido foliar (folha +2) foi macerada em nitrogênio líquido (objetivando facilitar a extração da prolina livre) e 10 mL de ácido sulfosalicílico a 3%, em seguida filtrado. A partir de 2 mL do filtrado adicionou-se 2 mL de ninidrina ácida e 2 mL de ácido acético e dessa mistura levou ao aquecimento em banho-maria a 100°C por 1h. Ao término da reação, foi resfriado em gelo, adicionado 4 mL de tolueno, levado à agitação em agitador de tubo e realizada leitura em espectrofotômetro a 520 nm.

3.7.7 Processo Fermentativo

Utilizou-se a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Itaiquara) na concentração de 33 g de fermento biológico prensado.L⁻¹ de glicose, no pé-de-cuba. As fermentações foram realizadas em erlenmeyer de 500 mL, adicionando-se metade do mosto preparado a partir de caldo de cana dos tratamentos, a 18º Brix e pH 3,5 (± 0,1). Na sequência, acondicionou-se em B.O.D. para a realização do processo fermentativo, estando sob temperatura controlada (32°C). A outra metade do mosto foi adicionada 1 hora após a primeira. O processo foi monitorado através da perda de massa, com o auxílio de balança digital de precisão e considerando-se o final do processo fermentativo quando da estabilização da leitura da massa.

Foram realizadas contagens de células em Câmara de Neubauer, utilizando-se Azul de Metileno Rhinger como corante (LEE et al., 1981) e com auxílio de microscópio óptico comum. As leituras de viabilidade foram efetuadas cerca de 30 minutos após a realimentação do mosto e no final do processo fermentativo. Além do parâmetro microbiológico de viabilidade celular das leveduras, procedeu-se também à avaliação da viabilidade de brotos, por meio das seguintes fórmulas:

$$\text{Viabilidade celular} = \frac{(n.\text{célulasvivas}) * 100}{(n.\text{célulasvivas} + n.\text{céulasmortas})}$$

$$\text{Viabilidade debrotos} = \frac{(n.\text{brotosvivos}) * 100}{(n.\text{brotosvivos} + n.\text{brotosmortos})}$$

3.7.8 Avaliações do vinho delevurado

Ao término do processo fermentativo, os vinhos foram centrifugados a 4000 rpm, 25°C, por 5 minutos para separação do fermento e vinho delevurado. Obtido o vinho delevurado, foram determinados:

- Glicerol: de acordo com COPERSUCAR (1988);
- pH do vinho: determinado através de leitura direta em pHmetro digital;
- Acidez sulfúrica do vinho: determinada de acordo com (COPERSUCAR, 2001);

Tendo em vista a ínfima quantidade de vinho delevurado remanescente, não foi possível realizar as análises de teor alcoólico.

3.8 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F e a comparação entre médias realizadas pelo teste LSD (BANZATTO & KRONKA, 2006), utilizando o procedimento PROC GLM (SAS INSTITUTE, 2004).

Os dados da análise da biomolécula prolina livre foram transformados em $\sqrt{x+1}$ com o objetivo de estabilizar a variância dos dados.

Os dados referentes aos tratamentos foram submetidos à análise exploratória de dados (análise multivariada), através de agrupamento não-hierárquico de classificação das infestações dos insetos. A representação gráfica dos grupos é representada por estrutura de árvore denominada dendrograma (SNEATH & SOKAL, 1973).

As análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o programa STATISTICA versão 7.0 (STATSOFT, 2004).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Infestações dos insetos

Analisando os dados das infestações de broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes no decorrer do experimento, foram obtidos os níveis de infestações apresentados na Figura 1.

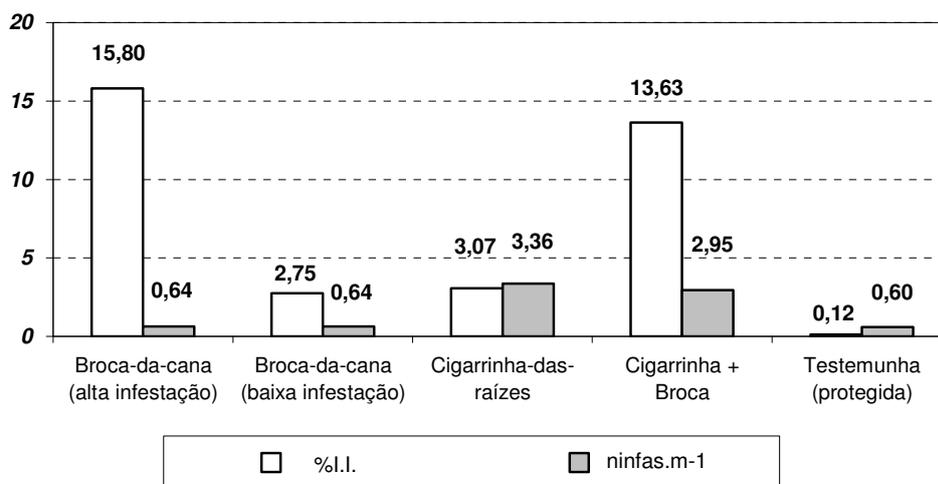


Figura 1. Níveis médios de Intensidade de Infestação de broca-da-cana (%I.I.) e infestação de cigarrinha-das-raízes (ninfas.m⁻¹).

O pico populacional das ninfas ocorreu no segundo decêndio do mês de fevereiro, período com alto índice pluviométrico e de temperatura média de 23,8°C. Esses dados corroboram DINARDO-MIRANDA et al. (2008) em que a população do

inseto se correlaciona positivamente com a precipitação e temperatura do solo (APÊNDICE I, III e IV).

A presença da palha residual da colheita sobre o solo, que influencia diretamente na dinâmica populacional desse inseto, apresentou 11,55 t de massa seca.ha⁻¹ na área experimental.

As plantas expostas ao ambiente (testemunha desprotegida) apresentaram os maiores índices de colmos perfurados em virtude de estarem sem a proteção da tela que impedia o trânsito dos insetos (APÊNDICE II). Entretanto, nota-se que a proteção das plantas não foi suficiente para eliminar as infestações de broca-da-cana no interior das gaiolas, tendo em vista que a instalação do experimento só foi possível 72 dias após a colheita, momento em que as plantas já apresentavam cerca de 80 cm de altura e suscetíveis ao ataque desse inseto.

A infestação de broca-da-cana nas plantas foi mais elevada nos meses de fevereiro e abril (Apêndice II), influenciada possivelmente pela ocorrência das temperaturas médias diárias e umidade relativa elevadas durante o período. Isto também foi verificado por GALLI & CARVALHO (1978) e AMBROSANO et al. (1996).

A Intensidade de Infestação de broca-da-cana nas plantas de cana-de-açúcar (Tabela 2) foi classificada como “elevado” no tratamento sob alta infestação, bem como no tratamento em que esta praga ocorreu conjuntamente com a cigarrinha-das-raízes. Apesar das plantas testemunha (protegida) e aquelas infestadas por cigarrinha-das-raízes terem apresentado infestação de broca-da-cana, o grau dessas infestações foi classificado como “baixo” (3,26 e 3,07%, respectivamente), conforme padrão estabelecido por GUAGLIUMI (1973).

Os colmos desprotegidos, selecionados na pré-colheita, foram classificados com grau de infestação ausente já que não apresentavam orifícios da injúria da broca-da-cana.

Houve uma tendência dos colmos classificados com grau de infestação elevado apresentarem os maiores valores de Índice de Volume da Galeria (IVG). Isso sugere que colmos com alto índice de infestação apresentam um caminhamento mais extenso

da lagarta no interior do colmo e conseqüentemente um volume de galeria (injúria) maior com a alimentação da lagarta.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos contendo a porcentagem total de colmos brocados, a porcentagem de Intensidade de Infestação (I.I.), grau de infestação de broca-da-cana e o Índice Volumétrico da Galeria (IVG).

TRATAMENTO	Colmos brocados (%)	I.I. (%)	Grau de Infestação de broca	IVG (%)
Broca-da-cana (Alta infestação)	83,04	15,80	Elevado	3,62
Broca-da-cana (Baixa infestação)	29,96	2,75	Baixo	0,44
Cigarrinha-das-raízes	21,00	3,07	Baixo	0,37
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	72,17	13,63	Regular	2,40
Testemunha (protegida)	1,25	0,12	Baixo	0,52
Testemunha (desprotegida)	0,00	0,00	Ausente	0,00

4.2 Taxa fotossintética das plantas de cana-de-açúcar

As plantas de cana-de-açúcar expostas ao ambiente (desprotegidas) não apresentaram taxa fotossintética significativamente diferente das plantas não infestadas e protegidas, durante as avaliações realizadas no decorrer do estudo (Figura 2). Esse resultado contradiz BUNTIN (2001) que afirma que experimentos envolvendo insetos e que requerem a utilização de tela para não-interferência dos tratamentos, podem alterar o micro clima, com diminuição da fotossíntese das plantas e conseqüente perda na produtividade.

No mês de fevereiro observou-se a maior média da taxa fotossintética das plantas de cana-de-açúcar. Possivelmente, fatores abióticos tais como: água disponível no solo, temperatura do ar e o nível de radiação líquida neste período (APÊNDICE III, IV E V), favoreceram o pleno desenvolvimento vegetativo das plantas de cana-de-

açúcar. Segundo TAIZ & ZEIGER (2004), os fatores de disponibilidade luminosa, concentração de gás carbônico na atmosfera, temperatura do ar e água disponível são fatores abióticos que alteram a taxa de fotossíntese das plantas terrestres.

Fatores bióticos, como o ataque de pragas também podem causar interferência no processo fotossintético das plantas. A broca-da-cana, ao promover galerias através da alimentação do conteúdo interno do colmo, pode causar estresse na planta devido à interrupção dos feixes vasculares. Segundo CULY (2001), o impacto fisiológico desta perturbação vascular na planta é similar aos efeitos do estresse hídrico, pois há redução no transporte de água e de nutrientes para a expansão das folhas responsáveis pela fotossíntese. Com isso, há diminuição no desenvolvimento e redução do acúmulo de massa seca (VAADIA, 1985).

Na avaliação realizada no mês de fevereiro não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as plantas com presença da broca-da-cana e as plantas não infestadas (protegidas e desprotegidas) com relação a taxa fotossintética. Provavelmente, as injúrias das lagartas estavam na fase inicial no interior dos colmos e a presença de água disponível no solo foi suficiente para a planta, a ponto de não provocarem reduções significativas na taxa fotossintética.

Na Figura 2, comparando-se a avaliação realizada em fevereiro com os dados do mês de abril, as plantas infestadas por broca-da-cana tiveram redução significativa na taxa fotossintética das plantas, sendo 63% sob alta infestação e 56,8% sob baixa infestação. Isso provavelmente ocorreu em virtude do aumento das galerias no interior do colmo, já que, neste mesmo período, a redução da fotossíntese nas plantas não-infestadas e protegidas foi de 43,9%. Como provavelmente essa redução nas plantas não-infestadas ocorreu em virtude dos fatores abióticos, o prejuízo adicional observado nas plantas infestadas foi causado pela infestação de broca.

Nas duas avaliações seguintes, realizadas nos meses de junho e setembro, ainda sob menor temperatura e disponibilidade hídrica no solo, não foram observadas diferenças significativas entre as plantas sob infestações de broca-da-cana, bem como em relação às plantas não-infestadas (protegidas).

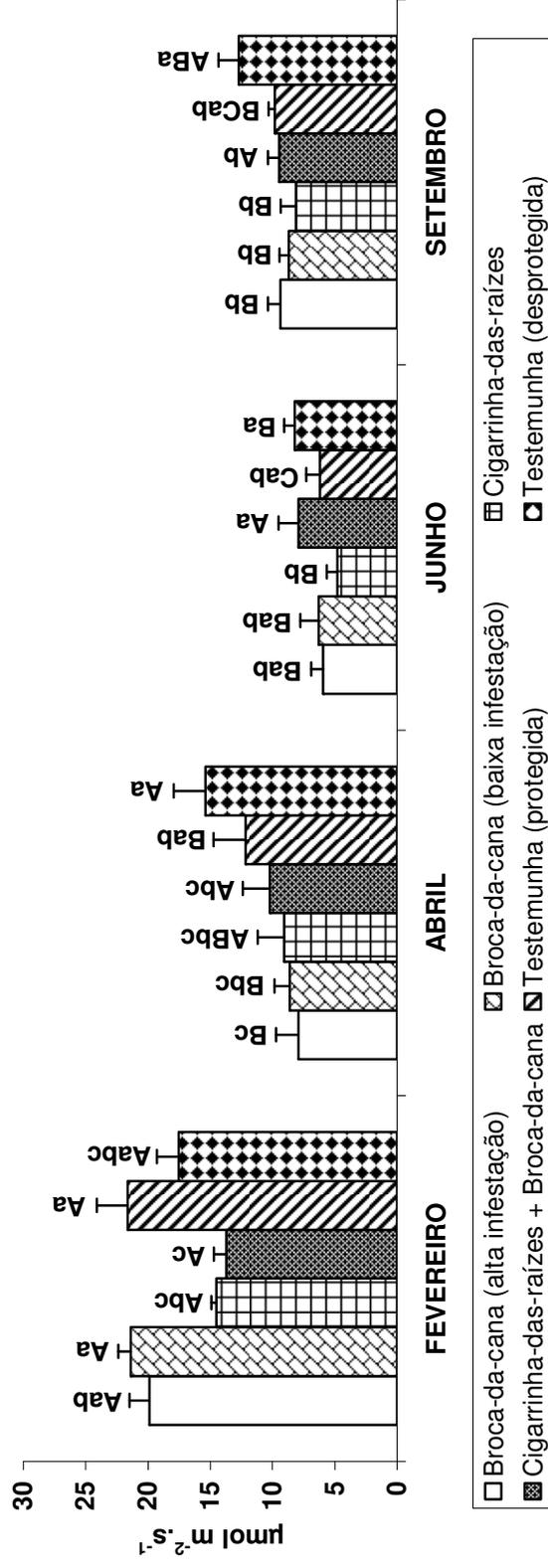


Figura 2. Médias da taxa fotossintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) das plantas de cana-de-açúcar no decorrer do experimento. As letras maiúsculas comparam épocas e as minúsculas os tratamentos, pelo Teste de LSD a 5% de probabilidade.

De acordo com CULY (2001), a condição de deficiência de água disponível no solo tem menor influência sobre as plantas quando a capacidade de transporte de água e nutrientes no interior delas já fora diminuída previamente por algum outro fator. Isso provavelmente explica o motivo pelo qual, plantas não-infestadas (protegidas) apresentaram maior redução na fotossíntese em comparação às plantas infestadas pela broca-da-cana, em que esse inseto já havia diminuído o transporte hídrico das raízes para as folhas.

Com relação às infestações de cigarrinha-das-raízes, houve interferência desse inseto, individualmente ou associado à broca-da-cana na taxa fotossintética das plantas de cana-de-açúcar. Na avaliação no mês de fevereiro, as plantas que se encontravam sob ataque das ninfas de cigarrinha-das-raízes ou sob infestações conjuntas dos dois estressores bióticos, apresentaram redução significativa da taxa de fotossíntese comparada às plantas não-infestadas e protegidas (Figura 2).

A infestação dos dois insetos associados não se diferiu significativamente da infestação individual de cigarrinha-das-raízes, porém, o contrário ocorreu na comparação frente às plantas infestadas individualmente pela broca-da-cana. A partir desses resultados, pode-se inferir que dentre os dois estressores bióticos, a cigarrinha-das-raízes exerceu maior impacto sobre a fotossíntese das plantas.

Segundo GARCIA (2006), as ninfas de cigarrinha-das-raízes sugam seiva, preferencialmente, nos vasos do xilema radicular, embora também possam se alimentar da seiva dos vasos condutores do floema. Esse comportamento do inseto pode resultar no fechamento desses vasos condutores de seiva e desencadear a morte de raízes, tanto pelo hábito alimentar como por danos mecânicos provocados pelo estilete do inseto na alimentação.

HAILE (2001) relatou que os insetos sugadores de seiva das plantas podem remover tecidos vegetais e interromper processos fisiológicos normais das plantas. Pode ocorrer a liberação de saliva rica em enzimas e aminoácidos que auxiliam no processo digestivo, porém de natureza tóxica para a planta, que resulta na morte de tecidos radiculares, comumente conhecida por necrose (FEWKES, 1969).

Nas demais avaliações, compreendidas no período de ausência das ninfas de cigarrinha-das-raízes, não houve diferença significativa da taxa fotossintética entre as plantas injuriadas anteriormente pelo inseto e as plantas que não haviam recebido a infestação do mesmo. Além da ausência do inseto, as condições abióticas desfavoráveis provavelmente influenciaram a ocorrência desse resultado. Contudo, conseqüências negativas às plantas infestadas pela cigarrinha-das-raízes já haviam ocorrido, como discutido anteriormente para o mês de fevereiro.

4.3 Parâmetros biométricos

As conseqüências decorrentes do ataque da cigarrinha-das-raízes promoveram reflexos nas variáveis biométricas de comprimento e diâmetro de colmo das plantas de cana-de-açúcar (Tabela 3). As plantas que foram atacadas somente por cigarrinha-das-raízes e por esse inseto associado à broca-da-cana tiveram reduções de 10% e 8,9% no comprimento e 7,2% e 5,6% no diâmetro, respectivamente. O diâmetro e comprimento dos colmos nestas plantas foram significativamente menores do que nas plantas não-infestadas. Já as plantas atacadas isoladamente pela broca-da-cana, independente da Intensidade de Infestação, apresentaram menor redução destes parâmetros biométricos e sem diferença significativa em relação às plantas sem a presença de insetos. A alimentação das ninfas resulta na desidratação e desnutrição dos colmos da cana-de-açúcar (DINARDO-MIRANDA, 2003). Desta forma, o ataque da cigarrinha-das-raízes influencia negativamente no desenvolvimento da planta, com reflexos diretos na produtividade da matéria-prima.

Observou-se que plantas em estágio fenológico mais avançado, infestadas por ninfas de cigarrinha-das-raízes durante o experimento, aparentemente não sofreram prejuízos na sua biometria. De acordo com DINARDO-MIRANDA et al. (2008), plantas colhidas no início da safra suportam melhor o ataque da praga, provavelmente porque as plantas estão mais desenvolvidas no início da infestação da praga, ao passo que plantas colhidas no final da safra sofrem o ataque quando essas se encontram ainda pouco desenvolvidas.

A magnitude da perda de rendimento, em virtude de estresses bióticos ou abióticos, está diretamente relacionada à severidade do estresse e ao estágio de desenvolvimento das plantas no momento em que o estresse ocorre (HAILE, 2001). Em adição, a resposta das plantas a esses estressores envolve processos fisiológicos destinados à cicatrização e reparação de células e tecidos lesionados, garantindo assim a integridade estrutural e fisiológica da planta.

4.4 Produtividade de colmos (TCH)

Em decorrência do decréscimo nos parâmetros biométricos de comprimento e diâmetro dos colmos, houve redução significativa na produtividade de colmos (Tabela 3). As plantas infestadas pela cigarrinha-das-raízes, individualmente ou em conjunto com a broca-da-cana, tiveram produtividade de colmos significativamente menor em relação às plantas não infestadas.

Por outro lado, plantas infestadas por broca-da-cana isoladamente, independente do nível de Intensidade de Infestação, não apresentaram diferença significativa na produtividade em relação às plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes (individualmente ou em conjunto). Da mesma forma, comparando-se as plantas infestadas por broca-da-cana com plantas não infestadas, não houve diferença significativa para produtividade de colmos. Tendo em vista que existe uma correlação positiva entre a intensidade de infestação da broca-da-cana e o prejuízo no rendimento do peso da cana (VALSECHI et al., 1976), espera-se que sob níveis de infestação superiores ocorra prejuízos maiores na produtividade de colmos.

As reduções na produtividade de colmos nas plantas que foram infestadas por ninfas de cigarrinha-das-raízes (individualmente ou em conjunto com a broca-da-cana) foram consequência do ataque das ninfas, que conforme também observado por DINARDO-MIRANDA et al. (2000) apresentaram colmos menores, mais finos e desidratados. Essas anomalias nos colmos são promovidas pela sucção das radículas superficiais das plantas pela cigarrinha-das-raízes na fase jovem, por meio da ingestão

de água e nutrientes (sais inorgânicos de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e outros aminoácidos e açúcares) dos vasos do xilema (DINARDO-MIRANDA et al., 2008).

A injúria promovida pelo ataque de cigarrinha-das-raízes resultou em perda de rendimento devido ao impacto na fisiologia da planta, com a redução na fotossíntese por unidade de área foliar, e possível interrupção do fluxo de água e seiva e/ou a diminuição da absorção de água do solo. Conseqüentemente, este tipo de injúria pode reduzir o tamanho do dossel das plantas, indiretamente, devido alterações na fisiologia da planta (HAILE, 2001).

Tabela 3. Diâmetro, comprimento e produtividade de colmos atacados por *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Diâmetro do colmo (cm)	Comprimento do colmo (cm)	Produtividade de colmos (t.ha ⁻¹)
Broca-da-cana (Alta infestação)	2,43 ab	258,63 abc	116,85 ab
Broca-da-cana (Baixa infestação)	2,41 ab	261,86 abc	116,85 ab
Cigarrinha-das-raízes	2,32 b	245,44 c	103,41 b
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	2,36 b	248,47 bc	106,04 b
Testemunha (protegida)	2,49 a	272,82 a	125,54 a
Testemunha (desprotegida)	2,49 a	267,29 ab	125,85 a
P	0,034	0,0965	0,0284
F _{Trat}	3,27*	2,30 ^{NS}	3,45*
CV	3,17	5,39	8,80

^{NS} = não significativo pelo teste F; * = significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de LSD a 5% de probabilidade.

Foram observadas plantas cujos colmos encontravam-se mortos (desidratados) e as folhas secas, nas infestações envolvendo as ninfas de cigarrinha-das-raízes. Esses danos são considerados extremamente severos. De acordo com MENDONÇA et

al. (1996) e GARCIA et al. (2006), estes prejuízos nos colmos são consequência do reduzido armazenamento de açúcares nas folhas, provocado pela elevada demanda de água e açúcares requeridos pelas fases imaturas do inseto.

4.5 Análises tecnológicas do caldo

As análises tecnológicas de qualidade da matéria-prima mostraram que o teor de sólidos solúveis (Brix) e a sacarose aparente (Pol) no caldo das plantas mantidas fora de gaiolas e sem infestação, foram significativamente superiores em comparação com as plantas protegidas (gaiolas) e infestadas pelos insetos (Tabela 4). As plantas não infestadas (desprotegidas) provavelmente tiveram maior aproveitamento dos fatores abióticos e que resultou em maior acúmulo de açúcares na planta.

Analisando-se os dados coletados das plantas mantidas sob a mesma condição (protegidas), observou-se que não houve diferença significativa na quantidade de sólidos solúveis totais (Brix). Esse resultado corrobora os dados de PRESOTTI (2005), RAVANELI (2005) e MADALENO (2006) que não verificaram influência do ataque da cigarrinha-das-raízes no Brix. No entanto, contradiz os mesmos autores com relação aos resultados obtidos na Pol. Isso deve ter ocorrido, pois os níveis de infestação da praga observados naqueles estudos foram maiores (superiores a 5 ninfas.m⁻¹). Desta forma, provavelmente há uma tendência de infestações elevadas promoverem reduções de maior magnitude na Pol. DINARDO-MIRANDA et al. (2006), trabalhando com nível médio de infestação de ninfas de 3,4 indivíduos m⁻¹, também não observaram impacto neste parâmetro tecnológico e sugerem a hipótese de que a Pol pode ser influenciada negativamente pela intensidade do ataque das ninfas.

Plantas infestadas por broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes conjuntamente, tiveram redução significativa na Pol em relação às plantas infestadas por cigarrinha-das-raízes, individualmente, ou pela broca-da-cana sob baixa infestação. No entanto, plantas com alta intensidade de infestação de broca-da-cana não diferiram significativamente em relação às plantas sob o ataque conjunto em ambos os insetos (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de sólidos solúveis (Brix), sacarose aparente (Pol), sacarose aparente (Pol), pureza, umidade, fibra, fibra Tanimoto, açúcares redutores (AR), açúcar teórico recuperável (ATR), acidez e pH do caldo de plantas infestadas por *Diatraea saccharalis* e *Mahararva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Tanimoto									
	Brix	Pol	Pureza	Umidade	Fibra	Fibra Tanimoto	AR	ATR	Acidez do caldo	pH do caldo
	(%)									
	(g.H ₂ SO ₄ .L ⁻¹)									
Broca-da-cana (Alta infestação)	21,93 b	19,63 bc	90,12 a	69,33 a	12,45 a	15,48 a	0,55 a	162,37 bc	0,75 a	5,48 a
Broca-da-cana (Baixa infestação)	22,30 b	20,08 b	90,64 a	68,95 a	11,98 a	14,79 a	0,53 a	167,28 b	0,76 a	5,49 a
Cigarrinha-das-raízes	22,22 b	20,08 b	90,98 a	69,08 a	11,89 a	14,77 a	0,52 a	167,39 b	0,82 a	5,43 a
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	21,78 b	19,27 c	89,13 a	69,91 a	12,41 a	15,28 a	0,59 a	159,87 c	0,83 a	5,31 a
Testemunha (protegida)	21,73 b	19,50 c	90,33 a	69,52 a	11,61 a	14,78 a	0,54 a	163,67 bc	0,85 a	5,49 a
Testemunha (desprotegida)	23,51 a	21,03 a	90,04 a	67,05 b	12,55 a	16,34 a	0,56 a	173,45 a	0,85 a	5,42 a
P	0,0002	< 0,0001	0,3506	0,004	0,4081	0,0367	0,2965	0,0007	0,5064	0,1063
F _{Treat}	10,64**	14,66**	1,21 ^{NS}	5,65**	1,08 ^{NS}	3,20*	1,35 ^{NS}	8,04**	0,90 ^{NS}	2,22 ^{NS}
CV	1,82	1,64	1,27	1,22	5,94	4,51	7,14	2,04	11,59	1,69

^{NS} = não significativo pelo teste F; ** = significativo a 1 % de probabilidade; * = significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de LSD a 5%.

Esses dados sugerem que há maior impacto negativo da broca-da-cana, sob intensidade de infestação elevada, do que o dano da cigarrinha-das-raízes na Pol. As perdas de açúcares provocadas pela broca-da-cana podem estar relacionadas, principalmente, à ocorrência dos fungos causadores de podridões que provocam a inversão da sacarose e produção de metabólitos inibidores (INGRAM, 1946; MATHES et al., 1960; STUPIELLO & MORAES, 1974; BLUMER, 1994).

A pureza aparente do caldo não foi influenciada pelo ataque das pragas, possivelmente em virtude da diferença não-significativa do Brix entre as plantas sob infestações dos insetos e as plantas não infestadas (protegida), além da baixa variação da Pol.

Para a acidez do caldo não se verificou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 4). Resultados contrários foram observados por GONÇALVES (2003), RAVANELI (2005) e MADALENO et al. (2008). Todavia, estes autores analisaram caldo extraído a partir de plantas sob níveis superiores de infestações de cigarrinha-das-raízes. Segundo EGAN (1971) o pH do caldo pode ser considerado um indicador de qualidade do caldo da cana. Entretanto, no caso de matéria-prima deteriorada, em virtude da produção de compostos fenólicos e ácidos orgânicos, o pH normalmente apresenta-se com valor inferior a 5,0 (STUPIELLO, 1999).

Com relação ao parâmetro de umidade da cana (Tabela 4), as infestações de insetos não diferiram significativamente do tratamento testemunha (protegido). Já as plantas não-infestadas e sem a tela de proteção, apresentaram valores de umidade inferior, possivelmente em virtude, da maior quantidade de sacarose aparente contida (Pol), decorrente de melhores condições para o desenvolvimento vegetal.

Para a fibra da cana não se verificou diferença significativa entre os tratamentos. Apesar disso, incrementos da ordem de 6,9 e 7,2% na quantidade de fibra foram observados quando da ocorrência dos dois insetos associados, e do tratamento de alta infestação de broca-da-cana, respectivamente, em relação à testemunha (protegida). O mesmo ocorreu para o parâmetro de avaliação da fibra pelo método Tanimoto, em que não foi verificada diferença significativa entre as infestações.

É possível que em função do ataque destas pragas em níveis superiores, possa haver um aumento ainda maior e significativo na quantidade de fibra, decorrente da presença de colmos desidratados (dano de cigarrinha-das-raízes) e colmos rachados ou com sintoma de “coração-morto” (danos de broca-da-cana). Conforme observado por GONÇALVES et al. (2003), quanto maiores os níveis de comprometimento dos colmos pelo ataque de cigarrinha-das-raízes, maior a quantidade de fibra.

O teor de fibra ideal para as variedades de cana é de 12% (DINARDO-MIRANDA et al., 2008). Valores muito elevados podem comprometer a eficiência de extração na indústria. Já os teores inferiores de fibra podem aumentar a suscetibilidade das plantas ao acamamento, quebra por ventanias e danos mecânicos na operação de colheita. Além disso, podem favorecer a contaminação por microorganismos indesejáveis (BARBOSA et al., 2007).

Não houve diferença significativa com relação ao teor de Açúcares Redutores (AR) presentes no caldo (Tabela 4). Por outro lado, PRESOTTI (2005) verificou aumento significativo de AR em plantas sob infestação da praga superiores a 5,0 ninfas m^{-1} . Provavelmente, as plantas quando injuriadas por insetos em níveis elevados, necessitem de açúcares simples para retomar o desenvolvimento e encontram no desdobramento da sacarose, a maneira da planta suprir a necessidade fisiológica de frutose e glicose, e assim resultam em aumento dos seus teores. O mesmo foi constatado nas plantas em processo de deterioração, que comumente promovem a inversão da sacarose em açúcares redutores (glicose e frutose) e podem depreciar a qualidade da matéria-prima (MUTTON, 1984).

O total de Açúcar Teórico Recuperável (ATR), principal parâmetro de qualidade da matéria-prima e comumente utilizado para pagamento da qualidade da cana, apresentou o maior valor nas plantas não-infestadas (desprotegidas) em consequência do seu pleno desenvolvimento e sem injúria de insetos (Tabela 4).

Por outro lado, as plantas mantidas sob gaiolas não apresentaram diferença significativa no ATR do caldo da cana. Entretanto, comparando-se as plantas infestadas, verificou-se menor valor deste parâmetro quando as plantas foram atacadas pelas duas pragas conjuntamente. Essa tendência de perdas de ATR pelo ataque de

ambas as pragas pode acentuar-se dependendo dos níveis de infestação de cigarrinha-das-raízes e Intensidade de Infestação da broca-da-cana, que podem apresentar-se correlacionados negativamente com os rendimentos de ATR (MADALENO, 2006; WHITE, 2008).

Tendo em vista o modelo matemático do cálculo da ATR em que a diminuição do seu valor é diretamente proporcional à redução da Pol, o resultado está condizente com os valores encontrados para o teor de sacarose das amostras.

4.6 Tonelada de Pol por Hectare (TPH)

Considerando-se o teor de sacarose e a produtividade de colmos obtida no estudo, verificou-se que o Teor de Pol por Hectare (TPH) apresentou valor significativamente menor nas plantas que foram infestadas por cigarrinha-das-raízes, individualmente ou combinado com a broca-da-cana, comparando-se as plantas sem infestação de insetos.

Quando o inseto sugador infestou individualmente as plantas, a redução na TPH foi de 17,8% em relação às plantas não infestadas, ao passo que associado a broca-da-cana, a redução foi ainda mais acentuada (19,9%). Analisando-se as plantas infestadas apenas pela broca-da-cana, as reduções na TPH foram de 4,5 e 6,7%, para baixa e alta infestação, respectivamente, em comparação com as plantas não infestadas. Verificou-se que reduções mais acentuadas no rendimento de sacarose por área (TPH) foram observadas nas plantas sob infestações de cigarrinha-das-raízes quando se compara à broca-da-cana e impactada possivelmente pela redução na produtividade de colmos provocada pelo ataque das ninfas.

Tabela 5. Produtividade em tonelada de pol por hectare (TPH) das plantas sob infestações de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	TPH (t.pol.ha ⁻¹)
Broca-da-cana (Alta infestação)	22,96 bc
Broca-da-cana (Baixa infestação)	23,44 abc
Cigarrinha-das-raízes	20,79 c
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	20,42 c
Testemunha (protegida)	24,50 ab
Testemunha (desprotegida)	26,46 a
P	0,0077
F _{Trat}	4,86**
CV	8,94

** = significativo a 1 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de LSD a 5%.

4.7 Análise de biomoléculas

4.7.1 Compostos fenólicos totais

Não houve diferença significativa quanto ao acúmulo de compostos fenólicos dentre as plantas sob infestações dos insetos. As plantas não infestadas e expostas ao ambiente (desprotegida) apresentaram níveis de compostos fenólicos similares aos encontrados nas plantas que estavam sob presença das pragas e evidencia a maior exposição dessas às adversidades do ambiente (Tabela 6). Plantas aparentemente saudáveis e que foram expostas aos fatores estressantes no campo podem refletir diretamente na qualidade da matéria-prima e promover prejuízos diretos aos componentes do caldo (MUTTON & MUTTON, 2002).

Na análise quantitativa de compostos fenólicos totais do caldo, verificou-se maior acúmulo de compostos fenólicos nas plantas que sofreram infestações dos insetos, principalmente cigarrinha-das-raízes comparando-se às plantas não infestadas. A síntese de metabólitos secundários com o acúmulo de compostos fenólicos é uma forma de defesa da planta ao estresse provocado pelo ataque de pragas (TAIZ & ZEIGER, 2004) e por estresses ambientais (HAHLBROCK & SCHEEL, 1989).

Provavelmente, o estresse provocado na planta pela alimentação do inseto sugador foi mais elevado que o estresse provocado pelo ataque da broca-da-cana e traduzido, conseqüentemente, em maiores valores de acúmulo de compostos fenólicos no caldo. Os fenóis podem ainda agir como inibidores digestivos ou na produção de radicais livres que irão atuar na defesa da planta à herbivoria (APPEL, 1993).

Pode-se sugerir que os níveis de compostos fenólicos no caldo da cana promovidos pelo ataque da cigarrinha-das-raízes estão diretamente relacionados ao nível de infestação deste inseto-praga. Essa hipótese corrobora a de RAVANELI (2005) que observou acúmulo de compostos fenólicos crescentes no caldo quando houve incremento dos níveis de infestação de ninfas de cigarrinha-das-raízes.

Níveis maiores de intensidade de infestação da broca-da-cana também podem contribuir com o acúmulo de compostos fenólicos por meio da ação de patógenos causadores da podridão vermelha, que se disseminam na galeria interna da broca-da-cana em concentrações tóxicas e inibidoras aos patógenos. Esta defesa bioquímica é feita pela ação de várias enzimas que se oxidam e resultam na produção de tanino, lignina, quinona e outros componentes celulares (GALLI & CARVALHO, 1978).

4.7.2 Amido

Os teores de amido no caldo não apresentaram diferença significativa entre as infestações de broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes em relação às plantas não infestadas (Tabela 6). Existe a hipótese de que a interrupção de vasos do floema pela injúria de insetos cause um excesso de fotoassimilados nas folhas que possam inibir o transporte da sacarose adicional para o restante da planta (HIBBS et al., 1964). Esse

acúmulo de sacarose pode resultar em maior conversão de açúcares dessa natureza em amido a serem armazenados nas folhas das plantas (PIRONE et al., 2005).

As ninfas de cigarrinha-das-raízes se alimentam, em sua maioria, do xilema das radículas e a broca-da-cana pode causar uma interrupção dos feixes vasculares nos colmos das plantas. Já que as ninfas da cigarrinha-das-raízes e a broca-da-cana não sugam a seiva vegetal diretamente dos tecidos foliares, provavelmente não haveria acúmulo de amido na planta. Entretanto, existe a possibilidade de que adultos de cigarrinha-das-raízes, cuja alimentação se dá diretamente nas folhas, possam resultar em acúmulo de fotoassimilados na planta e convertidos em amido. Este amido, presente no caldo, segundo GODOY (2004) aumenta a viscosidade e dificulta a cristalização do açúcar.

Tabela 6. Prolina livre nas folhas (1ª e 2ª época), compostos fenólicos e amido no caldo da cana de plantas sob infestações de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Compostos Fenólicos (mg.dm ⁻³)	Amido (ppm)	Prolina (1a. Época) (µmoles de prolina.g de MF ⁻¹)	Prolina (2a. Época)
Broca-da-cana (Alta infestação)	348,42 a	130,78 a	1,58 a	2,54 a
Broca-da-cana (Baixa infestação)	358,34 a	196,94 a	2,06 a	2,62 a
Cigarrinha-das-raízes	398,22 a	222,65 a	1,41 a	2,62 a
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	362,79 a	156,39 a	1,60 a	2,96 a
Testemunha (protegida)	322,10 a	215,40 a	1,14 a	2,75 a
Testemunha (desprotegida)	371,70 a	172,29 a	1,98 a	2,83 a
P	0,7051	0,1914	0,1822	0,9574
F _{Trat}	0,59 ^{NS}	1,72 ^{NS}	1,76 ^{NS}	0,20 ^{NS}
CV	18,16	29,85	9,55	8,72

^{NS} = não significativo pelo teste F. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de LSD a 5%.

4.7.3 Prolina

Os níveis de prolina nas folhas, comparando-se dentro de uma mesma época, não apresentaram diferença significativa (Tabela 6). Entretanto, comparando-se épocas de avaliação, houve diferença significativa na quantidade de prolina livre no tecido foliar da cana-de-açúcar, com maior média para a segunda coleta realizada em setembro/2008 (plantas sob estresse hídrico).

Esses dados corroboram os resultados obtidos por BRAY (1997) e TAIZ & ZEIGER (2004) que afirmaram que o aumento da concentração de solutos, dentre eles a prolina, tem o objetivo de prevenir a perda de água pela planta com a manutenção do seu potencial hídrico interno em níveis satisfatórios para ao metabolismo celular.

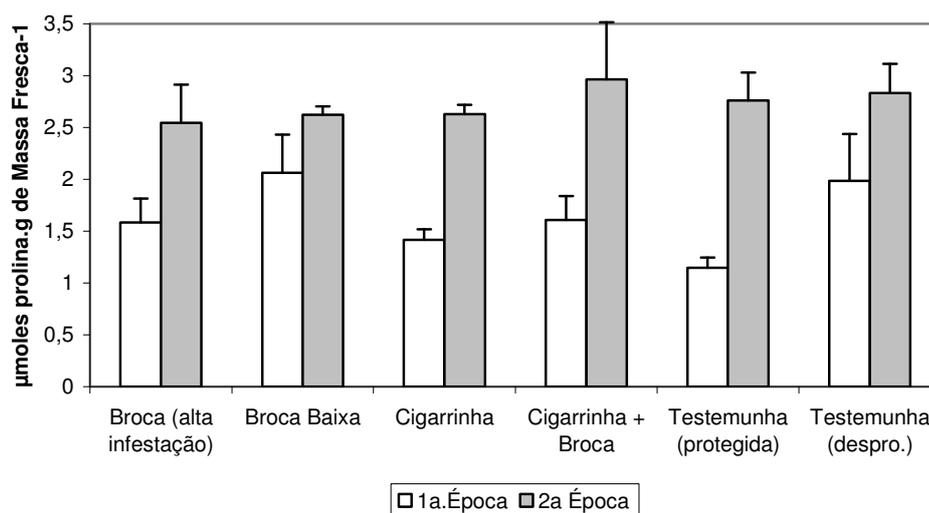


Figura 3. Teores médios de prolina na folha em duas épocas de coleta.

Na 1ª época (março/2008), sob condições satisfatórias de água disponível no solo, as plantas de cana-de-açúcar apresentaram níveis de prolina na folha inferiores aos da 2ª época, independente da infestação de insetos e sem diferença significativa com as plantas não infestadas (Figura 3). Isso sugere que a planta de cana-de-açúcar quando infestada pelos insetos envolvidos neste estudo, principalmente sob ataque da cigarrinha-das-raízes, não acumula prolina livre nas folhas, apesar de visualmente os

sintomas da planta de cana-de-açúcar atacada por esse inseto serem muito semelhantes aos sintomas de déficit hídrico.

Sugere-se desta forma, que a análise desta biomolécula não deve ser utilizada como parâmetro para mensurar o estresse causado pela sucção dos vasos condutores pela cigarrinha-das-raízes. Isso também foi sugerido por GUIMARÃES et al. (2008), levando em consideração que existe uma variação natural do nível de prolina entre variedades de cana-de-açúcar.

4.8 Processo fermentativo

4.8.1 Comportamento microbiológico

No início do processo fermentativo, o nível inicial de viabilidade celular foi superior a 90% em todos os caldos da cana sob infestações, indicando boa viabilidade desse microorganismo para o início da fermentação.

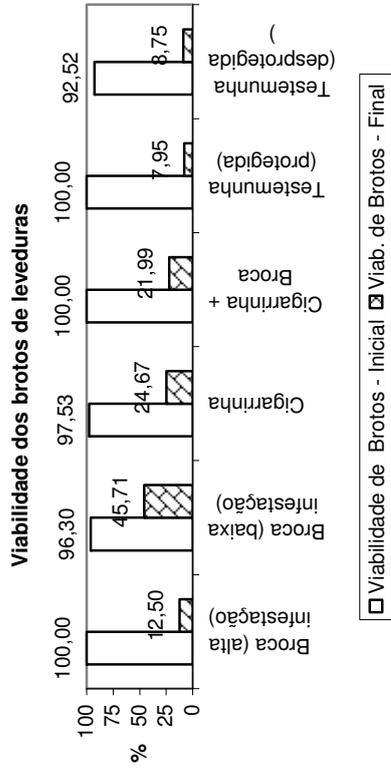
Verifica-se que houve redução da viabilidade celular das leveduras em todos os caldos de cana sob infestações de insetos, num comparativo entre o início e final do processo fermentativo (Figura 4B). O teor de compostos fenólicos e a acidez total podem reduzir a viabilidade celular das leveduras. Além de interferir na quantidade de sacarose, esses compostos podem influenciar no metabolismo da levedura de forma negativa, comprometendo o processo fermentativo (POLAKOVIC et al., 1992; NARENDRANATH et al., 2001).

As infestações dos insetos não resultaram em diferença significativa no nível de concentração final de leveduras vivas. A manutenção do maior número de células e brotos viáveis no final do processo fermentativo tem grande importância na sua reutilização nos ciclos fermentativos seguintes (RAVANELI, 2005) e uma baixa infestação de insetos no campo, pode contribuir na qualidade da matéria-prima e resultar em uma boa eficiência fermentativa.

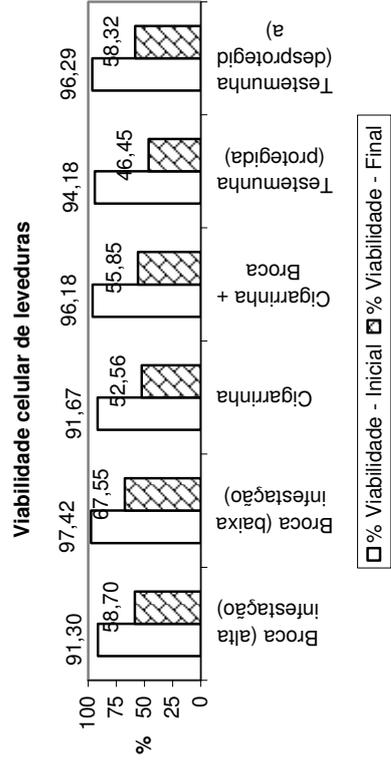
Tabela 7. Viabilidade celular, brotamento, viabilidade dos brotos e concentração de leveduras vivas no processo fermentativo do caldo da cana oriundo das plantas sob infestações de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

Tratamento	Viabilidade		Brotamento		Viabilidade dos brotos		Concentração de leveduras vivas	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Broca-da-cana (Alta infestação)	91,29 b	58,70 ab	28,26 a	4,36 b	100,00 a	12,50 b	3,28 a	4,22 a
Broca-da-cana (Baixa infestação)	97,42 a	67,55 a	30,33 a	14,92 a	96,29 a	45,71 a	4,16 a	3,52 a
Cigarrinha-das-raízes	91,67 b	52,56 ab	28,27 a	9,17 ab	97,52 a	24,67 ab	4,21 a	3,10 a
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	96,18 ab	55,85 ab	29,09 a	7,23 ab	100,00 a	21,99 b	4,70 a	2,92 a
Testemunha (protegida)	94,19 ab	46,45 b	25,84 a	3,30 b	100,00 a	7,95 b	4,52 a	3,33 a
Testemunha (desprotegida)	96,29 ab	58,32 ab	23,28 a	2,88 b	92,52 a	8,75 b	4,23 a	3,96 a
F _{Trat}	5,56**	3,45*	0,24 ^{NS}	7,51**	1,34 ^{NS}	8,43**	1,19 ^{NS}	1,52 ^{NS}
CV	2,3	13,37	37,95	47,97	5,29	48,42	21,54	23,15

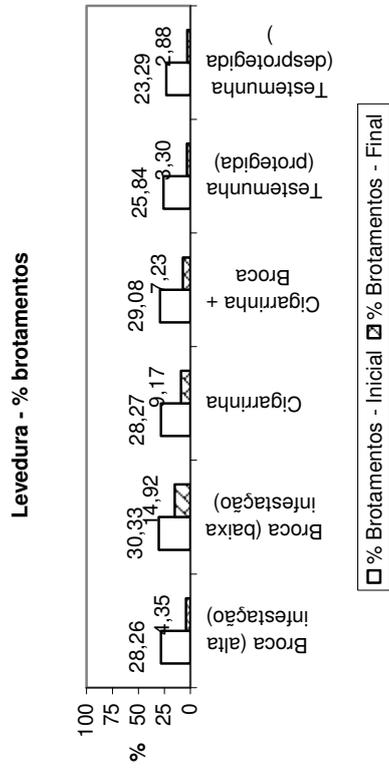
^{NS} = não significativo pelo teste F; ** = significativo a 1 % de probabilidade; * = significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.



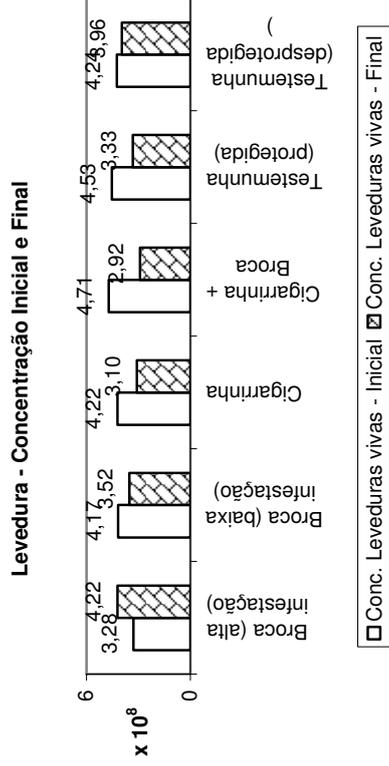
A



B



C



D

Figura 4. Comportamento microbiológico das leveduras quanto a viabilidade dos brotos (A), Viabilidade celular (B), % de brotamentos (C) e concentração (D), no processo fermentativo do caldo da cana oriundo das plantas sob infestações de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isoladas ou conjuntamente.

4.9 Vinho delevurado

4.9.1 Acidez total e pH

Para o pH do vinho delevurado, as plantas infestadas não diferiram significativamente com relação as plantas não infestadas (Tabela 8). Este resultado confirma os dados obtidos para o pH do caldo, em que também não foi verificado diferença significativa para os caldos extraídos de plantas infestadas e não infestadas por broca-da-cana e cigarrinha-das-raízes.

Plantas sob infestações conjuntas dos dois insetos causaram a maior acidez do vinho delevurado e com diferença significativa em relação as plantas não infestadas. Infestações individuais de cigarrinha-das-raízes e alta infestação de broca-da-cana não tiveram diferença significativa com relação às plantas sob infestação conjunta dos insetos, bem como com relação às plantas sem infestação (Tabela 8).

4.9.2 Glicerol

Não houve diferença significativa entre as infestações com relação à quantidade deste tri-álcool, resultado que concorda com GONÇALVES et al. (2003). A produção de glicerol realizada pela levedura durante o processo fermentativo é uma resposta às condições anaeróbicas e/ou de estresses osmóticos (OVERKAMP, 2002) e é um contaminante para o processo de destilação do vinho.

Tabela 8. Glicerol, acidez e pH do vinho delevurado de plantas de cana-de-açúcar sob infestações de *Diatraea saccharalis* e *Mahanarva fimbriolata*, isolada ou conjuntamente.

Tratamento	Glicerol (g.100mL ⁻¹)	pH do vinho	Acidez (g.H ₂ SO ₄ ..L ⁻¹)
Broca-da-cana (Alta infestação)	28,76 a	3,35 a	2,95 ab
Broca-da-cana (Baixa infestação)	30,80 a	3,44 a	2,80 cd
Cigarrinha-das-raízes	30,09 a	3,51 a	2,94 abc
Cigarrinha-das-raízes + Broca-da-cana	31,28 a	3,48 a	2,96 a
Testemunha (protegida)	30,42 a	3,53 a	2,81 bcd
Testemunha (desprotegida)	30,01a	3,52 a	2,74 d
P	0,463	0,239	0,0179
F _{Trat}	0,98 ^{NS}	1,53 ^{NS}	3,92*
CV	5,74	3,13	3,32

^{NS} = não significativo pelo teste F. * = significativo a 5 % de probabilidade. Letras iguais não diferem entre si pelo Teste LSD a 5%.

4.10 Análise geral

Através da análise de agrupamentos, foi possível maximizar a homogeneidade das infestações dentro de grupos e maximizar a heterogeneidade existente entre os grupos (Figura 5). Verificou-se que as infestações de cigarrinha, individual e associada à broca-da-cana, pertencem a um mesmo grupo e denotam alta similaridade com relação as dezoito variáveis analisadas. Isto retrata que quando ocorre infestação das duas pragas conjuntamente, as respostas das plantas são similares àquelas verificadas quando ocorre o ataque individual do inseto sugador.

No outro grupo, verificou-se similaridade nas respostas das plantas em relação às infestações de broca-da-cana, a despeito dos níveis de Intensidade de Infestação. Este grupo também apresentou similaridade com relação à testemunha (protegida).

Tendo em vista os resultados obtidos, sugere-se que ainda há necessidade de estudos adicionais para elucidar os mecanismos de resposta da planta ao ataque destes dois estressores bióticos. Além disso, a utilização de níveis de infestações superiores dos estressores bióticos contribuirá para conclusões adicionais com relação a este modelo de interação inseto-planta.

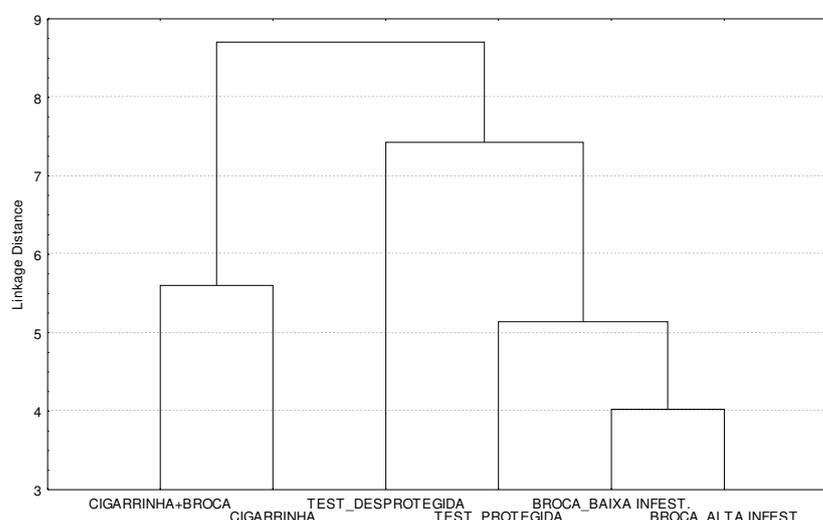


Figura 5. Dendrograma relativo às análises de agrupamento das infestações dos insetos, com base em valores médios de dezoito variáveis das plantas de cana-de-açúcar e da qualidade da matéria-prima.

V. CONCLUSÕES

- O ataque da broca-da-cana e da cigarrinha-das-raízes afeta negativamente a fotossíntese das plantas.
- Infestações de cigarrinha-das-raízes, individualmente ou associada à broca-da-cana, promovem reduções no comprimento e diâmetro do colmo que resultam em menor produtividade de colmos.
- Não há interferência das infestações dos insetos no brix, umidade, fibra, acidez do caldo, açúcares redutores, acúmulo de compostos fenólicos e amido sob infestações de cigarrinha-das-raízes e broca-da-cana.
- A produtividade em TPH é reduzida pelo ataque da cigarrinha-das-raízes (individualmente ou associado à broca-da-cana).
- Não há acúmulo de prolina livre nas plantas atacadas por cigarrinha-das-raízes.

VI. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A.; SANTOS, A. S.; LEITE, L. G. & ALVES, S. B. 2002. Controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Hem.: Cercopidae), em cana cultivada no sistema orgânico. In: Congresso Nacional da STAB, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife, STAB, p.79-83.

ALMEIDA, J. E. M.; BATISTA FILHO, A.; SANTOS, A. S. 2004. Controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata*, com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.22, n.4, p.42-45, 2004.

AMBROSANO, G. M. B.; STIMAC, J. L.; SILVEIRA NETO, S.; IGUE, T.; NAGAI, V. Modelo matemático para simulação do controle biológico da broca-da-cana com o parasitóide *Trichogramma galloi*: modelos conceituais. **Bragantia**, Campinas, 55(2), 371-382, 1996.

APPELL, H. M. Phenolics in ecological interactions: the importance of oxidation. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.1521-1552, 1993.

BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. **Experimentação Agrícola**. 4a. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006, 237 p.

BARBOSA, M.H.P. et al. Variedades melhoradas de cana-de-açúcar para Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v.28, n.239, p.20-24, 2007.

BATES, L.S.; WALDREN, R.P.; TEARE, I.D. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Plant and Soil**, v.39, p.205-207, 1973.

BLUMER, E. Efeito do complexo broca-podridões na fermentação etanólica. 1994. 50p. **Dissertação** (Mestrado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BRAY, E. A. Plant responses to water deficit. **Trends in Plant Science**, v.2, p.48-54, 1997.

BUNTIN, G. D. Techniques for evaluating yield loss from insects. In: PETERSON, R. K. D., HIGLEY L. G. [eds], **Biotic stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, p.23-41, 2001.

CASTRO, U.; MORALES, A., PECK, D. C. Dinámica poblacional y fenología del salivazo de los pastos *Zulia carbonaria* (Lallemand) (Homoptera:Cercopidae) en el vale geográfico del río Cauca, Colombia. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34 (3):459-470, 2005.

CHAVAN, S. M.; KUMAR, A.; JADHAV, S. J. Rapid quantitative analysis of starch in sugarcane juice. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v.93, n.107, p.56-59, 1991.

CLARKE, M. A.; LEGENDRE, B. R. Qualidade de cana-de-açúcar: impactos no rendimento do açúcar e fatores de qualidade. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.17, n.6, p.36-40, 1999.

CONSECANA. **Manual do consecana**. Disponível em: <<http://www.unica.com>>. Acesso em: 21 Abril de 2009.

COPERSUCAR. **Fermentação**. Piracicaba, Centro de Tecnologia Copersucar, 390p, 1988.

COPERSUCAR. **Manual de Controle Químico da Fabricação de Açúcar**. Piracicaba, 2001, disponível em CD-Rom (não paginado).

CULY, M. D. Yield loss of field corn from insects, p.43-71. In: PETERSON, R. K. D., HIGLEY, L. G. [eds], **Biotic stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, 2001.

DILLEWIJN, C. Van. **Botany of sugar cane**. Waltham: Chronica Botanica, 1952, 371p.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FIGUEIREDO, P.; LANDELL, M. G. A.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Danos causados pela cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) a diversos genótipos de cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 17, n. 5, p. 48-52, 1999.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G.; CARVALHO, P. A. M. Influência da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata*, sobre a Qualidade Tecnológica da Cana-de-Açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.2, p.34-35, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V.; COELHO, A. L. Eficiência de inseticidas no controle da cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata*, em cana-de-açúcar. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 20, n. 1, p.30-33, 2001.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2003. 70p.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; PIVETTA, J. P.; FRACASSO, J. V. Eficiência de Inseticidas no Controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e seus Efeitos

sobre a Qualidade e Produtividade da Cana-de-Açúcar. **Bioassay**, Piracicaba, 1:5, 2006.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELLOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. **A Cana-de-açúcar**. 1^a. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, v.1. 882 p., 2008.

ECALE ZHOU, C. L. & BACKUS, E. A. Phloem injury and repair following potato leafhopper feeding on alfalfa stems. **Canadian Journal Botany, Canadá, v.77, p/537-547**, 1999.

EDWARDS, C. R.; OBERMEYER, J. L.; JORDAN, T. N.; CHILDS, D. J.; SCOTT, D. H.; FERRIS, J. M.; CORRIGAN, R. M. & BERGMAN, M. K. **Seed Corn Pest Management Manual for the Midwest**, Purdue University CES and Department of Entomology, West Lafayette, IN, 1992, p.36-124, p.183-186.

EGAN, B. T. Post harvest deleration losses in sugarcane. **Sugar Journal**, 33: 9-13, 1971.

FEWKES, D. W. The biology of sugar cane froghoppers. In: WILLIAMS, J. R., METCALF, J. R., MUNGOMERY, R. W., MATHES, R. ed. **Pest of sugarcane**. Amsterdam: Elsevier, p. 283- 307, 1969.

FOLIN, O.; CIOCALTEU, V. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. **The Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 73, n. 2, p. 627-50, 1927.

GAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar**.: Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro, 1973. (Coleção Canavieira, 10).

GALLI, F.; CARVALHO, P. C. T. Ciclo das relações patógeno-hospedeiro. In: GALLI, F., coord. **Manual de Fitopatologia**. São Paulo, Agronômica Ceres, cap.9, p.177-98, 1978.

GALLO, D. **Estudo da broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabr. 1974)**. Piracicaba: Cátedra – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP), 1963, 68p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S. S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; FILHO, E. B.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S. & OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920p.

GARCIA, J. F. Técnica de criação e tabela de vida de *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera:Cercopidae). 2002, 59f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GARCIA, J. F. ; BOTELHO, P. S. M. ; PARRA, J. R. P. . Biology and fertility life table of *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. **Scientia Agricola**, v. 63, p. 317-320, 2006.

GODOY, A. Soluções para redução do amido no açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA FERMENTEC, 25, 2004, São Pedro. **Resumos...**Piracicaba: Fermentec, p.8-9, 2004.

GONÇALVES, T. D.; MUTTON, M. A.; PERECIN, D.; CAMPANHÃO, J. M.; MUTTON, M. J. R. Qualidade da matéria prima em função de diferentes níveis de danos promovidos pela cigarrinha-das-raízes. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 22, n. 2, p. 29-33, 2003.

GUIMARÃES, E. R.; MUTTON, M. A.; MUTTON, M. J. R.; FERRO, M. I. T.; RAVANELI, G. C.; SILVA, J. A. da. Free proline accumulation in sugarcane under water restriction and spittlebug infestation. **Scientia Agricola**, v. 65, n. 6, 2008.

HAHLBROCK, K.; SCHEEL, D. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.40, p.347-369, 1989.

HAILE, F. J. The influence of cultivar and plant architecture on yield loss In: PETERSON, R. K. D., HIGLEY L. G. [eds], **Biotic stress and yield loss**. CRC Press, Boca Raton, 2001, p. 99-116.

HIBBS, E. T.; DAHLMAN, D. L. & RICE, R. L. Potato foliage sugar concentration in relation to infestation by the potato leafhopper, *Empoasca fabae* (Homoptera: Cicadellidae). **Annual Entomology Society Am.** 57:517–521, 1964.

HIGLEY, L. G.; BROWDE, J. A. & HIGLEY, P. M. Moving towards new understandings of biotic stress and stress interactions, 1993. In: BUXTON, D. R. [ed.], **International Crop Science I**. Crop Science Society of America, Madison, WI.

HIGLEY, L. G. & PETERSON, R. K. D. **The biological basis of the EIL**, in Economic Thresholds for Integrated Pest Management, HIGLEY, L. G. & PEDIGO, L. P., Eds., University of Nebraska Press, Lincoln, 22, 1996.

INGRAM, J. W. Losses resulting from sugarcane borer injury to sugarcane in 1945, New Orleans, v. 25. **Sugar Bulletin**, p. 10, 1946.

JIANG, M. & ZHANG, J. Water stress-induced abscisic acid accumulation triggers the increased generation of reactive oxygen species and up-regulates the activities of antioxidant enzymes in maize leaves. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 379, p. 2401-2410, 2002.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling solution with methylene blue indicator. London: Norman Rodger, 8 p., 1934.

LEE, S. S.; ROBINSON, F. M.; WONG, H. Y. Rapid determination of yeast viability. In: BIOTECHNOLOGY BIOENGINEERING SYMPOSIUM, n.11, 1981.

MACEDO, N.; CAMPOS, M. B. S.; ARAÚJO, J. R. Insetos nas raízes e colo da planta, perfilhamento, e produtividade em canaviais colhidos com e sem a queima. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.15, n.3, p.18-21, 1997.

MACEDO, T. B.; BASTOS, C. S.; HIGLEY, L. G.; OSTLIE, K. R. & MADHAVAN, S. Photosynthetic responses of soybean to soybean aphid (Homoptera: Aphididae) injury. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, p. 188-193, 2003.

MACEDO, D. Seleção e caracterização de *Metarhizium anisopliae* visando o controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera:Cercopidae) em cana-de-açúcar. 2005. 87f. **Tese** (Doutor em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MADALENO, L. L. **Infestação de *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) e controle químico na qualidade da matéria-prima e clarificação do caldo de cana.** 2006. 50p. Tese de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MADALENO, L. L.; RAVANELI, G. C.; PRESOTTI, L. E.; MUTTON, M. A.; FERNANDES, O. A.; MUTTON, M. J. R. Influence of *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) injury on the quality of cane juice. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 1, 2008.

MATHES, R.; CHARPENTIER, L. J.; MCCORMICK, W. J. Losses caused by the sugarcane borer in Louisiana. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 10., Hawaii, 1959. **Proceedings...** Amsterdam: Elsevier, 1960, p. 919-21.

MENDONÇA, A. F., G. V. S. BARBOSA & E. J. MARQUES As cigarrinhas da cana-de-açúcar no Brasil, p.171-192. In: MENDONÇA, A. F. (ed.), **Pragas da cana-de-açúcar**. Maceió: Edição do autor, 1996, 239p.

MUTTON, M. J. R. & MUTTON, M. A. Maturadores Químicos em Cana-de-açúcar: III Efeitos na fermentação etanólica e microbiota do mosto. In: 8º. CONGRESSO NACIONAL DA STAB. **Anais...** Recife, v.1, p.452-7, 2002.

MUTTON, M. J. R. Efeitos da queima, manejo e armazenamento sobre as características tecnológicas dos colmos de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). 1984, 95p. **Dissertação de Mestrado**, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. n. 4, p. 42-45, 1984.

NARENDRANATH, N. V.; THOMAS, K. C. INGLEDEW, W. M. Effects of acetic acid and lactic acid on the growth of *Saccharomyces cerevisiae* in a minimal medium. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v. 26, p. 71-177, 2001.

OVERKAMP, K. M.; BAKKER, B. M.; KOTTER, P.; LUTTIK, M. A.; VAN DIJKEN, J. P.; PRONK, J. T. Metabolic engineering of glycerol production in *Saccharomyces cerevisiae*. **Applied Environmental Microbiology**. V. 68, n. 6, p.2814-21, 2002.

PARRA, J. R. P. Controle das principais pragas da cana-de-açúcar. **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Fealq, p.184-197, 1993.

PECK, D. C.; MORALES, A.; CASTRO, U. Alternative methods for rearing grasshopper spittlebugs (Hemiptera: Cercopidae). *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 33, n. 3, 2004.

PEDIGO, L. P.; HUTCHINS, S. H.; HIGLEY, L. G. Economic injury levels in theory and practice. **Annual Review of Entomology**, v. 31, p. 341-368, 1986.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. Temporal changes in soybean gas exchange following simulated insect defoliation, **Agronomy Journal**, 88, 550, 1996.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY L. G.; HAILE, F. J.; & BARRIGOSI, J. A. F. Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) injury affects photosynthesis of *Glycine max* and *Phaseolus vulgaris*, **Environmental Entomology**, 27, 373, 1998.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. Illuminating the black box: the relationship between injury and yield. In: **Biotic Stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, 2001, p. 1-12.

PETERSON, R. K. D. Photosynthesis, yield loss, and injury guilds. In: PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G. [eds], **Biotic stress and yield loss**. Boca Raton: CRC Press, p.83-97, 2001.

PIRONE, C. L.; ALEXANDER, L. C. & LAMP, W. O. Patterns os starch accumulation in alfafa subsequent to potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) injury. **Environmental Entomology** 34(1):199-204, 2005.

POLAKOVIC, M.; HANDRIKOVÁ, G.; KOSIK, M. Inhibitory effects of some phenolic compounds on enzymatic hydrolysis of sucrose. **Biomass and Bioenergy**, v. 3, n. 5, p. 369-371, 1992.

PRESOTTI, L. E. **Danos causados pela *Mahanarva fimbriolata* na cana-de-açúcar, na qualidade da matéria-prima e no xarope produzido. 2005.** 53 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

QIANG, L.; NANMING, Z.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; SHINOZAKI, K. Regulatory role of DREB transcription factors in plant drought, salt and cold tolerance. **Chinese Science Bulletin**, v. 45, n.11, p. 970-975, 2000.

RAVANELI, G. C. **Efeito da cigarrinha-das-raízes com tratamento químico sobre a qualidade da matéria-prima e fabricação de álcool. 2005.** 71 p. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

RUPPEL, R. F. Cumulative insect-days as an index of crop protection. **Journal Economic Entomology**. 76: 375-377, 1983.

SAS Institute. SAS/STAT User's Guide, release 9.1 ed. SAS Institute, Cary, NC. 2004.

SCHENEIDER, F. (Ed.) **Sugar Analysis ICUMSA methods**. Peterborough:ICUMSA, 265 p., 1979.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil. Rio de Janeiro, **Ministério da Agricultura**, v. 1, p. 2, 1968.

SILVA, G. M. A. & CAMPOS, R. B. Influência do ataque do complexo broca-podridões na composição da cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DA AGROINDÚSTRIA AÇUCAREIRA, 3º., 1975, Águas de Lindóia **Anais...** Águas de Lindóia-SP, Copersucar, 1975. p.233-40.

SIMMS, E. L. Examining selection on the multivariate phenotype: plant resistance to herbivores, **Evolution**, 44, 1177, 1990.

SNEATH, P. H. A., & SOKAL, R. R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W. H. Freeman & Co., 1973.

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J.; **Biometry**, 2nd edition, W.H. Freeman and Co., New York, 1981.

STATSOFT, Inc. **STATISTICA: data analysis software system**, versão no.7, 2004.

STINGEL, E. Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854), em cana-de-açúcar. 75f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

STUPIELLO, J. P. & MORAES, R. S. de. Prejuízos causados pelo complexo broca-podridão vermelha. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS BIOLÓGICAS DE BOTUCATU, 4., 1974, Botucatu. **Resumo...** Botucatu, FCMBB, p.42, 1974.

STUPIELLO, J. P. Conversando com a cana. **STAB Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 17, n. 5, p. 13, 1999.

STUPIELLO, J. P. Efeitos dos ácidos orgânicos. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.19, n.6, p.13, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3^aed. Porto Alegre: Artmed., 719 p., 2004.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. **Hawaiians Planter's Record**, Aiea, v. 57, p. 133-150, 1964.

ÚNICA, Indicadores – site: <<http://www.unica.com.br> (consultado em 23/05/2009).

VAADIA, Y. The impact of plant stresses on crop yields, In: **Cellular and Molecular Biology of Plant Stress**, KEY, J. L.; KOSUGE, T.; EDS., LISS, A. R., New York, 13, 1985.

VALSECHI, O.; OLIVEIRA, E. R. DE; BARBIN, D.; NOVAES, F. V. **Estudos sobre alguns efeitos da broca *Diatraea saccharalis* (Fabr.) na cana-de-açúcar açucareira.** Piracicaba, ESALQ/Depto. de Tecnologia Rural, 140p., 1976.

WARDLAW, I. F.; PASSIOURA, J. B. **Transport and transfer processes in plants.** Academic New York, 1976.

WELTER, S. C. Arthropod impact and plant gas exchange. In BERNAYS, E. A. [ed.], **Insect-Plant interaction.** Boca Raton: CRC Press, 1989, p.135-150.

WELTER, S. C., Responses of plants to insects: eco-physiological insights, in International Crop Science I, BUXTON, D. R.; SHIBLES, R.; FORSBERG, R. A.; BLAD, B. L.; ASAY, K. H.; PAULSON, G. M. and WILSON, R. F., Eds., **Crop Science Society of America**, Madison, WI, 773, 1993.

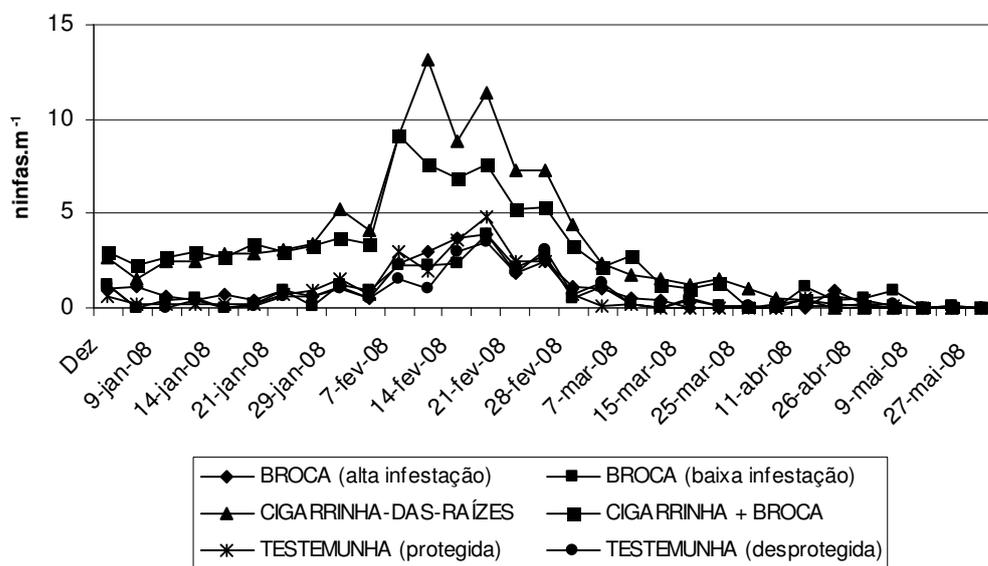
WHITE, W. H.; VIATOR, R. P.; DUFRENE, E. O.; DALLEY, C. D.; RICHARD JUNIOR, E. P.; TEW, T. L. Re-evaluation of sugarcane borer (Lepidoptera: Crambidae) bioeconomics in Louisiana. **Crop Protection.** v. 27. p. 1256-1261, 2008.

XIONG, L.; SCHUMAKER, K. S.; ZHU, J-K. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. **The Plant Cell, Supplement**, p. S165-S183, 2002.

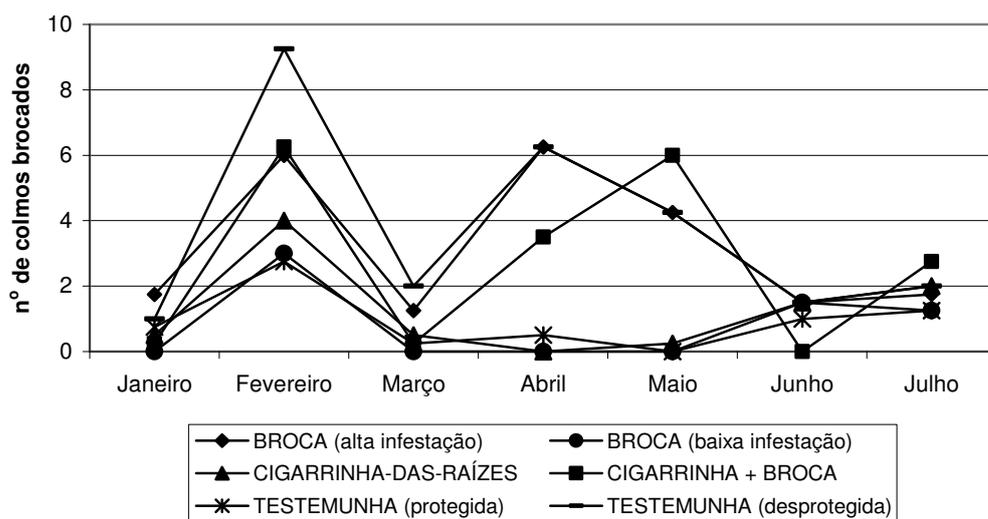
YOUNGMAN, R. R.; BARNES, M. M. Interactions of spider mites (Acari: Tetranychidae) and water stress on gas-exchange rates and water potential of almond leaves, **Environmental Entomology**, 15, 594, 1986.

APÊNDICE

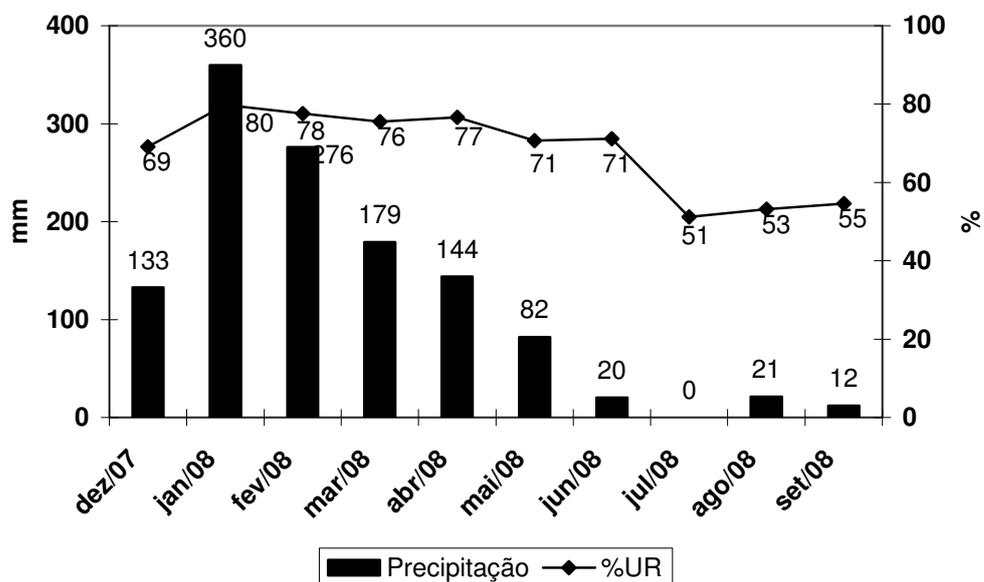
Apêndice I. Dinâmica populacional de ninfas de cigarrinha-das-raízes durante o experimento.



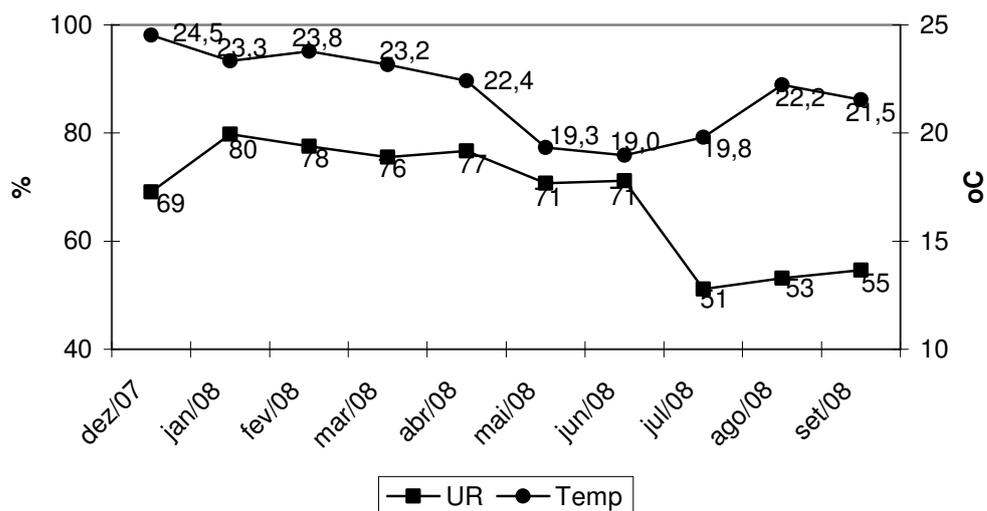
Apêndice II. Dinâmica populacional de colmos brocados no decorrer dos meses em 2008.



Apêndice III. Precipitação e Umidade Relativa mensal registrada durante o experimento.



Apêndice IV. Temperatura média e Umidade Relativa mensal registrada durante o experimento.



Apêndice V. Radiação Líquida e Temperatura média registrada durante o experimento.

