



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ERNESTO ANTONIO LEMA LÓPEZ

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *COSMOPOLITES SORDIDUS*
(GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) COM
BEAUVERIA BASSIANA (BALS.) VUILL. E FLUTUAÇÃO
POPULACIONAL EM IBIPORÃ, PARANÁ, BRASIL**

Londrina
2010

ERNESTO ANTONIO LEMA LÓPEZ

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *COSMOPOLITES SORDIDUS*
(GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) COM
BEAUVERIA BASSIANA (BALS.) VUILL. E FLUTUAÇÃO
POPULACIONAL EM IBIPORÃ, PARANÁ, BRASIL**

Disertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves.

Londrina
2010

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

L544c Lema López, Ernesto Antonio.

Controle biológico de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae) com *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. e flutuação populacional em Ibitiporã, Paraná, Brasil / Ernesto Antonio Lema López. – Londrina, 2010.
58 f.: il.

Orientador: Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2010. Inclui bibliografia.

1. Fungos entomopatogênicos – Teses. 2. Pragas – Controle biológico – Teses. 3. Banana – Doenças e pragas – Teses. 4. Broca-da-bananeira – Teses. 5. Fatores climáticos – Teses. I. Neves, Pedro Manuel Oliveira Janeiro. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 632.937:634.773

ERNESTO ANTONIO LEMA LÓPEZ

**CONTROLE BIOLÓGICO DE *COSMOPOLITES SORDIDUS*
(GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) COM *BEAUVERIA*
BASSIANA (BALS.) VUILL. E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL EM
IBIPORÃ, PARANÁ, BRASIL**

Disertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mauricio Ursi Ventura
UEL

Prof. Dr. Daniel Sosa-Gómez
EMBRAPA SOJA (CNPQ)

Prof. Dr. Pedro M. Oliveira Janeiro Neves
Orientador
Universidade Estadual de Londrina

Londrina, 03 de fevereiro de 2010.

A minha familia

AGRADECIMENTOS

À meu orientador, Prof. Dr. Pedro Manuel Oliveira Janeiro Neves, pela colaboração neste trabalho e sobretudo pela sua confiança e amizade.

Aos professores do Laboratório de Entomología, pelo apoio nas distintas etapas do programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Ao Sr. Paulo Caus Neto, proprietário do campo “Barra da Jacutinga”, por facilitar seu bananal na realização dos ensaios de campo.

Ao Sr. Ari Gitz, Diretor da Biocontrole do Brasil, pela contribuição do feromônio utilizado na captura de *C. sordidus* em campo e sugestões para o estudo.

À professora Dra. Inês Fonseca pela orientação nas análises estatísticas e na determinação dos delineamentos a serem utilizados.

Ao Dr. Flávio Moscardi pela correção e revisão dos abstracts.

Aos colegas e amigos (as) do Laboratório de Entomología que fizeram mais amena, alegre e fácil minha estadia em terras distantes.

Ao futuro colega Giovani Tamiozzo, pela ajuda em diferentes momentos do trabalho, e sobretudo na coleta de insetos do campo.

Ao CNPq pelo apóio financeiro através da concessão da bolsa de estudos.

A minha família que sempre manifestou seu amor, apoio, confiança, liberdade, tolerância e paciência na minha vida.

LEMA LÓPEZ, E. A. **Controle biológico de *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae) com *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e flutuação populacional em Ibiporã, Paraná, Brasil.** 2010. 68f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a virulência de distintos isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. em bioensaios de laboratório sobre adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar), sua transmissão entre insetos em condições de campo e o monitoramento populacional da praga na localidade de Ibiporã, Paraná. Vinte e nove isolados de *B. bassiana* foram inoculados em adultos de *C. sordidus* mediante imersão dos insetos por 90 seg. numa suspensão de 1×10^9 conídios/ml, sendo estimada a mortalidade confirmada pelo fungo e o Tempo Médio de Morte (TM). Com o isolado mais virulento foi verificado o seu potencial de transmissão mediante marcação e liberação no campo de insetos inoculados em laboratório e insetos sadios. A avaliação dos insetos foi efetuada semanalmente durante vinte oito dias com armadilhas tipo telha instaladas na base de cada planta de banana. Quatro modelos de armadilhas de liberação de *B. bassiana* com pseudocaule e/ou feromônio foram avaliadas quanto à sua atratividade noturna e tempo de permanência dos insetos. No mesmo bananal efetuou-se o monitoramento populacional de adultos de *C. sordidus* com armadilhas de feromônio mais pseudocaule, registrando-se o número de insetos vivos, razão sexual e infecção natural pelo fungo *B. bassiana*, os quais foram correlacionados com fatores climáticos da área de estudo em Ibiporã, Paraná. O isolado CG1024 apresentou a maior virulência com 96,7% de mortalidade e TM de 5,7 dias. No ensaio de transmissão observou-se uma porcentagem de infecção por *B. bassiana* de 3,7 e 4,7% dos insetos sadios liberados e insetos não marcados que foram coletados, respectivamente. A maior quantidade de insetos foi coletada entre as 22:00 e 02:00 hrs., enquanto a maior permanência foi constatada para o modelo telha com valor médio de 23,7 hrs. No monitoramento populacional coletou-se uma média de 32,3 insetos/armadilha com diminuição de 81% entre o início e final da coleta. O valor médio de infecção natural de *C. sordidus* por *B. bassiana* foi 1,73%. Do total de insetos capturados 70,5% dos insetos foram fêmeas, valor que diminuiu no período. Correlação significativa e positiva foi observada entre a precipitação e infecção natural por *B. bassiana* ($r=0,82$) e entre o número de insetos/armadilha e a proporção de fêmeas ($r=0,65$). Correlação significativa e negativa foi observada entre a precipitação e o número de insetos/armadilha ($r=-0,61$), e entre este último e a infecção natural pelo fungo ($r=-0,61$).

Palavras-chave: Fungo entomopatogênico. Moleque da bananeira. Epizootia. Fatores climáticos.

LEMA-LÓPEZ, E. A. **Biological control of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae) with *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and population fluctuation in Ibiporã, Brazil.** 2010. 68p. Dissertation (Master's degree in Agronomy) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

ABSTRACT

Laboratory bioassays were conducted to evaluate the virulence of different *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill isolates to adults of *Cosmopolites sordidus* (Germar), the transmission of the fungus among insects in the field and the adult population fluctuation in Ibiporã, Paraná. Twenty-nine fungal isolates were inoculated on insects by immersion of adults for 90 sec. in a suspension containing 1×10^9 spores/ml. Confirmed mortality and the Mean Time to Death (MT) were estimated. The most virulent isolate was used to assess its potential transmission under field conditions. Small scratch marks were made to indicate inoculated or non inoculated released insects. The insects were collected weekly for 28 days with pseudostem traps placed at the base of each banana plant. Four models of *B. bassiana* delivery traps with pseudostem and/or pheromone were evaluated in their attractiveness over night and time of insect permanence in each trap. Monitoring of *C. sordidus* adult populations was carried out with pheromone traps and pseudostems, recording the number of live insects, sex ratio and natural infestation by the fungus *B. bassiana*, which were correlated with climatic factors of the study area in Ibiporã, Paraná state. Isolate CG1024 had the highest virulence causing 96.7% mortality and MT of 5.7 days. In the transmission study it was observed a percentage of infection by *B. bassiana* of 3.7 and 4.7 % of non inoculated and unmarked insects, respectively. Most of the insects were collected between 22:00 and 02:00 hrs, while longer permanence stay time was at pseudostem trap with a mean of 23.7 h. During the insect monitoring population study an average of 32.3 insects/trap was observed, with a decrease of 81% in the period. The mean natural infection of *C. sordidus* by *B. bassiana* was 1.73%. About 70.5% of the trapped insects consisted of females, and this value decreased in the sampling period. Significant and positive correlation was observed between rainfall and natural infection by *B. bassiana* ($r=0.82$) and between the number of insects/trap and the proportion of females ($r=0.65$). Significant and negative correlation was observed between rainfall and number of insects/trap ($r = - 0.61$), and between insects/trap and the natural infection by the fungus ($r = - 0.61$).

Keywords: Entomopathogenic fungi. Banana weevil. Epizootic. Climatic factors.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 A CULTURA DA BANANA	10
2.2 <i>Cosmopolites sordidus</i> (GERMAR)	11
2.2.1 Morfologia e Biologia	11
2.2.2 Ecologia	12
2.2.3 Danos	14
2.2.4 Manejo da Praga	15
2.2.4.1 Monitoramento populacional	15
2.2.4.2 Controle cultural	16
2.2.4.3 Controle químico	18
2.2.4.4 Controle biológico	19
2.3 <i>Beauveria bassiana</i> (BALS.) VUILL.	19
2.3.1 Seleção de Isolados de <i>B. bassiana</i>	20
2.3.2 Virulência	21
2.3.3 Sistemas de Liberação do Fungo no Campo	22
2.4 EPIZOOTIA E TRANSMISSÃO DO FUNGO ENTRE INSETOS ADULTOS	23
3 ARTIGO A – SELEÇÃO E TRANSMISSÃO DE ISOLADOS DE BEAUVERIA BASSIANA (BALS.) VUILL. NO CONTROLE DE COSMOPOLITES SORDIDUS (GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE)	26
3.1 RESUMO	26
3.2 ABSTRACT	27
3.3 INTRODUÇÃO	28
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	29
3.4.1 Localidade	29
3.4.2 Obtenção e Manutenção de <i>C. sordidus</i>	29
3.4.3 Obtenção e Manutenção dos Isolados de <i>B. bassiana</i>	30
3.4.4 Bioensaios e Seleção de Isolados de <i>B. bassiana</i>	31
3.4.5 Transmissão de <i>B. bassiana</i> entre adultos de <i>C. sordidus</i> no Campo	32

3.4.5.1	Marcação e inoculação dos insetos.....	32
3.4.5.2	Liberção dos insetos.....	33
3.4.5.3	Captura dos insetos e avaliação dos tratamentos.....	33
3.4.6	Monitoramento noturno de <i>C. sordidus</i> em distintos modelos de armadilhas	34
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
3.5.1	Seleção de isolados de <i>B. bassiana</i>	36
3.5.2	Transmissão de <i>B. bassiana</i> entre adultos de <i>C. sordidus</i> no campo	39
3.5.3	Monitoramento noturno de <i>C. sordidus</i> em distintos modelos de armadilhas	41
3.6	CONCLUSÕES	43
4	ARTIGO B – FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE ADULTOS DE COSMOPOLITES SORDIDUS (GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) EM IBIPORÃ, PARANÁ	44
4.1	RESUMO.....	44
4.2	ABSTRACT	45
4.3	INTRODUÇÃO	46
4.4	Material e Métodos.....	47
4.4.1	Localidade	47
4.4.2	Monitoramento de <i>C. sordidus</i>	47
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.6	CONCLUSÕES	55
5	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	56
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXOS	66
	ANEXO A – Origem dos isolados de <i>B. bassiana</i> utilizados nos ensaios de seleção para o controle de <i>C. sordidus</i>	67
	ANEXO B – Dados climáticos da localidade de Ibiporã correspondentes ao período experimental	68

1 INTRODUÇÃO

A banana (*Musa* spp.) é a fruta mais produzida no mundo, sendo o Brasil o quarto maior produtor responsável por 8% da produção mundial, numa superfície estimada de 515.000 ha (FAO, 2007). Além de sua importância econômica como produto de comercialização interna e exportação, tem uma relevância social. Por ser de fácil produção, a cultura da banana é adaptada as diferentes condições climáticas do Brasil, o que permite ser a base da alimentação para muitas famílias de escassos recursos.

A broca-do-rizoma, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae), é a principal praga desta cultura, sendo encontrada em todas as regiões produtoras de banana (ALVES et al., 2003; JEGGER et al., 1996;). No estágio larval o inseto faz os principais danos, abrindo galerias no rizoma das plantas, afetando tanto sua produção, como favorecendo o ataque de doenças.

Os principais métodos de controle utilizados contra esta praga incluem as aplicações de produtos químicos, o controle cultural e o controle biológico. Neste último caso, existem diversos trabalhos onde se demonstra a patogenicidade do fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. como agente de controle biológico, em condições de laboratório (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001), porém estudos de controle em condições de campo são ainda escassos. Tradicionalmente na cultura da banana, são utilizadas iscas atrativas feitas com pseudocaule, e inoculadas com o fungo. Contudo hoje são testadas armadilhas de liberação do fungo utilizando associações entre feromônios, pseudocaule e cairomônios (TINZAARA et al., 2005).

A utilização de *B. bassiana* como agente de controle biológico desta praga tem que considerar diversos aspectos desde a seleção do isolado a ser usado, até a forma de liberação no campo e a capacidade de se disseminar entre os insetos sadios da população natural.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a virulência, em laboratório, de distintos isolados do fungo entomopatogênico *B. bassiana* em insetos adultos de *C. sordidus*, assim como avaliar sistemas de liberação do fungo e sua capacidade de transmissão entre insetos adultos em condições de campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA BANANA

A bananeira é uma planta com centro de origem na Malásia, Indonésia, Filipinas, Bornéu e Papua Nova Guiné. Pertence à família *Musaceae*, gênero *Musa* e é uma planta perene, herbácea, monocotiledônea que varia em altura desde 0,8 a 15 m sendo propagada vegetativamente (NAKASONE; PAULL, 2004).

As bananas comestíveis são derivadas de *Musa acuminata*, cujo aporte genético se denomina com a letra A, ou *Musa balbisiana* com a letra B, ou da combinação de ambas, o que dá origem a muitos cultivares diplóides, triplóides ou tetraplóides, como AA, AAA, AAB, AB, ABB e ABBB (NAKASONE; PAULL, 2004). Os cultivares são classificados com base na contribuição relativa dessas duas espécies silvestres na constituição de cada um deles e em o número de cromossomas que apresenta cada cultivar (ROBINSON, 2003).

A planta consiste de um caule subterrâneo denominado rizoma, do qual saem às raízes primárias e emergem um ou mais rebrotes. O pseudocaule é formado pelas bainhas das folhas, terminando com uma copa de folhas compridas e largas. Depois da produção das folhas, o pecíolo cresce desde o meristema apical através do centro do pseudocaule e termina numa inflorescência que dá origem a um número variável de frutos dependendo da variedade. Novas plantas são produzidas por brotação dos gomos laterais no rizoma, assim, numa touceira é possível ter três ou mais gerações de plantas ao mesmo tempo (BORGES; SOUZA, 2004; GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

A bananeira tem origem em regiões de clima tropical, com temperatura ótima para seu desenvolvimento em torno dos 28°C, com uma faixa de 15 a 35°C (BORGES; SOUZA, 2004). O crescimento cessa com 10 °C causando problemas na emergência da inflorescência e no desenvolvimento dos frutos, sendo que com menos de 6 °C ocorrem danos severos e as geadas podem matar as plantas. Por outro lado, temperaturas maiores de 38 °C inibem o crescimento e queimam as folhas (NAKASONE; PAULL, 2004). As plantas têm elevados requerimentos de água, sendo ideal uma precipitação de 1900 mm bem distribuída no ano (BORGES; SOUZA, 2004) e uma média de 25 mm de água por semana, como valor mínimo para ter um crescimento satisfatório (ROBINSON, 2003).

Um bom conteúdo de matéria orgânica e fertilidade asseguram altos rendimentos, além de valores de pH do solo entre 5,8 e 6,5 (NAKASONE; PAULL, 2004).

2.2 *Cosmopolites Sordidus* (GERMAR)

Cosmopolites sordidus (Germar) é a principal praga de rizoma da bananeira sendo específica para todas as espécies e cultivares de *Musa* (ROBINSON, 2003). Este inseto nativo do sudoeste da Ásia tem o seu centro de origem, provavelmente, a região da Malásia, Java e Bornéu. Encontra-se distribuído nas regiões tropicais e subtropicais do mundo onde se cultiva bananeira (PRANDO; FERREIRA, 2004).

2.2.1 Morfologia e Biologia

A broca do rizoma é um inseto holometabólico que passa pelas fases de ovo, larva e pupa no interior dos tecidos do hospedeiro, antes de atingir a fase adulta.

O estado adulto é um besouro de coloração preta uniforme e mede aproximadamente onze milímetros de comprimento e cinco de largura e tem uma longevidade de cinco a oito meses (FANCELLI, 2004). A superfície do corpo é glabra, coberta por abundantes e pequenos poros em quase todo o protórax, cabeça, rostro e apêndices (VALLEJO; SÁNCHEZ; SALGADO, 2007).

A cabeça é compacta com olhos ovalados ocupando mais da metade da largura da cabeça, apresenta rostro largo e curvo com inserção das antenas na sua base, as quais são genículo-clavadas de nove segmentos com sedas curtas e escassas. Os élitros são estriados longitudinalmente, notando-se em cada estria uma série de pontuações. As asas posteriores são membranosas, hialinas e de venação simples (VALLEJO; SÁNCHEZ; SALGADO, 2007). No macho, o comprimento da área terminal do rostro sem pontuações é igual ou menor que a metade da distância entre a parte onde se articulam as antenas e o extremo do rostro. Já na fêmea, o comprimento da área sem pontuações é sempre maior que a metade dessa distancia (LONGORIA, 1968).

A fêmea faz um orifício com o rostro, em torno do rizoma, geralmente na região de inserção das bainhas foliares, situada próximo ao nível do solo e insere apenas um ovo por orifício, a uma profundidade de 1 a 2 mm (FANCELLI; MESQUITA, 1998). A frequência de oviposição é bastante influenciada pela alimentação e pelas condições ambientais, principalmente pela umidade (PRANDO; FERREIRA, 2004). Os ovos são elípticos, de coloração branca, com aproximadamente 2 mm de comprimento por 1 mm de largura. O período de incubação é bastante variável, sendo a duração mínima de três dias e a máxima de quinze dias (FANCELLI; MESQUITA, 1998).

Logo após a eclosão as larvas apresentam coloração branca, cabeça marrom, ligeiramente mais estreita do que o restante do corpo, são ápodas, enrugadas, curvadas no dorso e medem de onze a doze mm de comprimento, quando completamente desenvolvidas (FANCELLI; MESQUITA, 1998). A duração da fase larval depende de vários fatores, entre eles a variedade de banana e a temperatura (FANCELLI, 2004). Pantoja, Salazar e Macchiavelli (2006) encontraram que o número de instares larvais do *C. sordidus* corresponde a cinco, baseado em medições de tamanho da cabeça de larvas do campo.

Ao final do período larval, dirigem-se à extremidade das galerias, próximo à superfície externa do rizoma, e preparam uma câmara oval, onde se transformarão em pupas (PRANDO; FERREIRA, 2004), estágio no qual não se alimenta e dura aproximadamente dez dias, até transformar-se em adulto (FANCELLI, 2004). A pupa apresenta coloração branca e mede aproximadamente doze mm de comprimento e seis mm de largura (FANCELLI; MESQUITA, 1998), é de forma oval, superfície glabra, textura suave (VALLEJO; SÁNCHEZ; SALGADO, 2007) possuindo um par de apêndices quitinosos sobre a extremidade posterior do nono segmento abdominal (PRANDO; FERREIRA, 2004).

Nas regiões subtropicais, o ciclo de vida média de ovos a adulto varia de 30 dias no verão, até 180 dias no inverno (ROBINSON, 2003).

2.2.2 Ecologia

Os adultos têm atividade noturna e são raramente observados, enquanto que os estados imaturos desenvolvem-se nos rizomas, provocando os danos abaixo da superfície do solo (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

Por possuir hábitos noturnos, apresentar movimentos lentos, e ser hidrófilo, durante o dia abriga-se em locais úmidos e protegidos do sol, como nas touceiras, entre as bainhas das folhas e nos restos da cultura. O período de maior atividade é a partir das 18 horas até as 6 horas, sendo o limite de temperatura no qual o inseto é ativo entre 15 e 30°C, com um ótimo entre 23 e 26°C (PRANDO; FERREIRA, 2004).

Estas características crípticas fazem desta praga um inseto de difícil controle (ABERA et al., 2006; GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

Raramente voa e apresentam habito gregário, comportamento estimulado por substâncias químicas da superfície do rizoma, as quais atraem indivíduos de ambos os sexos para a planta hospedeira, induzindo também, a oviposição (FANCELLI; MESQUITA, 1998).

A maioria dos insetos adultos é encontrada em associação direta com as plantas de banana ou com resíduos no solo entre as plantas (GOLD et al., 2004), apresentando preferência por plantas de banana mais antigas em relação com as mais novas (MASANZA; GOLD; VAN HUIS, 2005c).

A informação sobre flutuações populacionais dos adultos é muito variável, dependendo de aspectos como variedade, localidade, clima, manejo do bananal, tipo de armadilha, etc., verificando-se o pico nos meses de março na variedade nanicão e maio na variedade nanica na localidade de Miracatu em São Paulo (BATISTA FILHO et al., 1991), junho e julho na variedade nanicão em São Miguel de Iguazu em Paraná (PRESTES et al., 2006), e setembro na variedade nanicão, grande naine, pacovan e prata anã no Município de Una em Bahia (LINS et al., 2008).

Segundo Batista Filho et al. (1991) e Prestes et al. (2006), as temperaturas máximas e mínimas, assim como a umidade relativa do ar não tem correlação com a flutuação populacional dos adultos de *C. sordidus*, ao contrário do observado por Tinzaara et al. (2005) que encontraram uma correlação significativa e positiva entre a população de insetos e a umidade relativa. Com relação à precipitação e à densidade de insetos, Batista Filho et al. (1991) e Tinzaara et al. (2005) não encontraram correlação significativa, ao contrário do observado por Prestes et al. (2006) e Reddy et al. (2008).

2.2.3 Danos

Durante a fase adulta, o *C. sordidus* não causa prejuízo às plantas, sendo a sua função somente reprodutiva (PRANDO; FERREIRA, 2004). Os principais danos são causados pelas larvas que iniciam a destruição do rizoma na parte basal do pseudocaule, formando galerias no interior das quais se movimentam, deixando dejetos alimentares (FANCELLI, 2004).

Danos mais internos na planta, no cilindro central, têm maior efeito no sistema vascular e afetam o início do crescimento radicular, o transporte de nutrientes e o crescimento do pecíolo, enquanto que danos mais periféricos no córtex podem separar as raízes ou afetar o desenvolvimento destas, causando o tombamento das plantas (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

As galerias no rizoma enfraquecem as plantas, tornando-as mais sensíveis ao tombamento (BATISTA FILHO; TAKADA; CARVALHO, 2002). Plantas infestadas normalmente apresentam desenvolvimento limitado, amarelecimento e posterior secamento das folhas, redução no peso do cacho e morte da gema apical. As perdas dependem da susceptibilidade da variedade e podem chegar até 80 % (FANCELLI, 2004). Segundo Gallo et al. (2002), uma bananeira com doze larvas sofre perda quase total e é comum quebra de 20 a 50% da produção em locais infestados.

Além dos danos diretos provocados pela destruição de tecidos, as galerias abertas pelas larvas favorecem a ação de microrganismos fitopatogênicos como *Fusarium oxysporum*, agente causador do mal do Panamá (FANCELLI; MESQUITA, 1998; GALLO et al., 2002).

O nível de dano está muito relacionado com o estado nutricional da planta. Um bananal tecnicamente conduzido suporta uma população maior da praga do que um mal conduzido (PRANDO; FERREIRA, 2004). O dano também está correlacionado com o ciclo produtivo, sendo que durante o primeiro ano de estabelecimento do bananal não se observam efeitos negativos significativos da praga na produção e crescimentos das plantas, sendo necessários vários ciclos produtivos para detectar um incremento na população dos insetos e observar seus efeitos nas plantas (OCAN et al., 2008; RUKAZAMBUGA; GOLD; GOWEN, 1998).

2.2.4 Manejo da Praga

2.2.4.1 Monitoramento populacional

O monitoramento é uma importante estratégia que registra dados da presença e densidade de insetos antes que se constitua num problema econômico, fornecendo informações que servirão como base de decisões num programa de manejo de pragas (JEGER et al., 1996).

A dificuldade de monitorar as larvas da praga que correspondem ao estado que ocasiona os principais danos, no interior dos rizomas, faz necessário avaliar os estados adultos que apresentam grande parte de seu ciclo de vida livre (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

Estudos de estimativa populacional e de controle de *C. sordidus* são realizados geralmente por meio de iscas, confeccionadas com o pseudocaule da bananeira (BATISTA FILHO et al., 1991; PRESTES et al., 2006), recomendando-se de 20 a 50 iscas/ha (BATISTA FILHO, TAKADA, CARVALHO, 2002). Na confecção das iscas utiliza-se material mais atrativo, que corresponde a pseudocaule de plantas que já produziram frutos, podendo ser feitas iscas tipo “queijo”, “queijo modificado”, “telha”, “sanduíche” e “pedaço de rizoma” (PRANDO; FERREIRA, 2004). Entretanto, se propõe também folhas mortas como o material mais atrativo (BRAIMAH; VAN EMDEN, 1999).

As iscas tipo telha e sanduíche apresentam a mesma atratividade para insetos adultos, assim, deve-se utilizar a primeira pela economia e simplicidade em sua confecção (BATISTA FILHO et al., 1990). Iscas de pseudocaule de uma semana de idade são mais atrativas que aquelas de duas a três semanas (KOOPENHOFER; REDDY; SIKORA, 1994), e seu período de atratividade é de até quatorze dias (GALLO et al., 2002).

Na colocação das iscas deve-se levar em conta que a distribuição dos insetos adultos é fortemente influenciada pelas práticas de manejo da cultura como a disponibilidade de resíduos e a presença de serapilheira (GOLD et al., 2004). Neste sentido verificou-se um número significativamente superior de adultos de *C. sordidus* no ambiente sombreado, em relação ao ambiente aberto (PRESTES et al., 2006; REDDY et al., 2008; REEDY; CRUZ; GUERRERO, 2009), assim como um maior número de insetos adultos em sistemas de

produção que consideram o uso de serapilheira de resíduos da cultura (RUKAZAMBUGA et al., 2002).

Em relação com o nível de controle, existe a recomendação de se efetuar algum tipo de controle só quando sejam encontrados cinco (GALLO et al., 2002), ou dois ou mais insetos/armadilhas (ROBINSON, 2003).

Com a síntese e início da utilização do feromônio de agregação de *C. sordidus*, vários trabalhos têm recomendado o uso desta substância para incrementar a captura de insetos adultos em programas de monitoramento e controle químico ou biológico. Jayaraman et al. (1997) e De Graaf et al. (2005) concluíram que o sistema que apresentou melhor número de insetos coletados é a armadilha com feromônio e água, mas sem uso de pseudocaule de bananeira.

Em ensaios de laboratório e campo demonstrou-se que o tecido fresco e fermentado de pseudocaule pode melhorar a captura de insetos, mas o efeito não é o suficientemente diferente que leve à sua incorporação num sistema de captura no manejo de *C. sordidus* (TINZAARA et al., 2007b). Ultimamente tem se realizado estudos visando determinar qual é o melhor sistema utilizando as armadilhas, considerando não só a inclusão de feromônio, bem como o tipo, tamanho, cor e posição no campo (REDDY et al., 2008; REEDY; CRUZ; GUERRERO, 2009).

Com relação à proporção de insetos fêmeas ou machos atraídos pelas armadilhas com feromônio, existem resultados conflitantes que observaram atrações iguais para ambos os sexos (JAYARAMAN et al., 1997), ou maiores valores de atração de fêmeas (DE GRAAF et al., 2005; TINZAARA, 2005). Esta discrepância pode estar relacionada com diferenças comportamentais do gênero, fisiologia reprodutiva, variedade de planta, clima e/ou biótipo do inseto (DE GRAAF et al., 2005).

2.2.4.2 Controle cultural

Baseia-se na manipulação do hábitat da broca com a intenção de afetar a praga, diminuindo a sua população preservar a cultura. Entre as distintas e complementares estratégias pode-se mencionar: uso de mudas sadias, manejo de resíduos o saneamento e captura massal.

As mudas sadias podem-se obter mediante a verificação da inexistência de insetos adultos, ovos, larvas e galerias nos rizomas (PRANDO; FERREIRA, 2004). O uso de material vegetativo limpo pode reduzir as infestações iniciais da broca e retardar seu incremento por vários ciclos da cultura (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001). No Brasil, vem se utilizando a micro-propagação de maneira crescente nos últimos anos, com o desenvolvimento *in vitro* de brotos a partir de gemas, sendo o material obtido livre de pragas e doenças como a broca do rizoma (ALVES et al., 2004).

Os resíduos da cultura do bananal são um ambiente propício à sobrevivência de *C. sordidus*, portanto a destruição das folhas e demais resíduos da cultura elimina os refúgios dos adultos, sua fonte de alimento, sítios de reprodução (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; PRANDO; FERREIRA, 2004), reduzindo a oviposição, as populações de adultos, o dano nos rizomas o que incrementa as taxas de maturação das plantas e aumenta os rendimentos (MASANZA et al., 2005a; MASANZA; GOLD; VAN HUIS, 2005c). Uma inadequada eliminação de material vegetal pode levar a infecção de novas plantas por adultos sobreviventes em resíduos antigos de remanescentes de plantas (DE GRAAF et al., 2008).

O uso de serapilheira é muito utilizado pelos agricultores com o objetivo de fornecer nutrientes às plantas e manter a umidade no solo, porém com isto também favorece as condições para o estabelecimento de *C. sordidus*, não apresentando esta prática vantagens no manejo da praga (GOLD et al., 2006), promovendo aumentos na densidade populacional que afetam o rendimento final da cultura (RUKAZAMBUGA et al., 2002).

Outro método de controle cultural é a cobertura do corte de pseudocaule com solo, depois da colheita, diminuindo a oviposição durante o período de estação úmida (MASANZA et al., 2005b) e reduzindo o dano nos tecidos vasculares da planta (DE GRAAF et al., 2008)

O uso de armadilhas de pseudocaule, como uma forma de controle, é muito utilizado pelos agricultores por ser uma alternativa relativamente econômica e fácil de aplicar sendo seu efeito dependente da densidade e frequência assim como do material com que foram feitas (BATISTA FILHO et al., 1990). Quanto ao número de armadilhas para controle Gallo et al. (2002) recomendam utilizar 150 iscas tipo “telha” por hectare e a catação manual a cada dois ou três dias, sendo possível esta alternativa somente para pequenas plantações.

Atualmente estudos vêm sendo realizados com a utilização conjunta de armadilhas atrativas e feromônio sexual associados com pseudocaule, cairomônio ou água com detergente (DE GRAAF et al., 2005; REEDY; CRUZ; GUERRERO, 2009; TINZAARA et al., 2007a; TINZAARA et al., 2007b).

Na busca de métodos de controle de caráter preventivo, tem se realizado estudos com o objetivo de verificar a possível resistência de distintos cultivares ao ataque da praga. Como resultado tem se verificado que as plantas do grupo AAB correspondem ao grupo mais susceptível aos danos de *C. sordidus*, enquanto que as plantas AAA são muito menos susceptíveis (ROBINSON, 2003), contudo não existem clones que sejam totalmente resistentes a esta praga (NAKASONE; PAULL, 2004; ROBINSON, 2003).

2.2.4.3 Controle químico

Os agrotóxicos para o controle da broca podem ser aplicados no momento do plantio de forma preventiva protegendo a muda e periodicamente na base da planta uma vez já estabelecida a cultura, e ainda aplicando em armadilhas de pseudocaule (BATISTA FILHO et al., 1996; GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

No Brasil, atualmente existem três ingredientes ativos registrados para serem usados no controle da broca, fostiazato, terbufós e carbofuran apresentados em nove distintas formulações, sendo todas elas sistêmicas e principalmente granuladas para aplicação nas plantas já estabelecidas e em iscas atrativas. Também existe uma formulação líquida para o tratamento das mudas antes de sua plantação (BRASIL, Ministério de Agricultura, Pesca e Abastecimento, 2009).

Já para o controle utilizando inseticidas químicos e *B. bassiana* observou-se que em curto espaço de tempo, uma a quatro semanas, os inseticidas químicos controlaram o moleque mais efetivamente, porém no longo prazo (mais de dois meses), o fungo foi mais efetivo (OGENGA-LATIGO; MASANZA, 1996).

Na utilização de produtos alternativos foram realizados trabalhos com banho de pseudocaule e rizomas de banana em soluções aquosas de nim (*Azadirachta indica*) afetando fortemente a oviposição e o comportamento de adultos de *C. sordidus*, assim como a alimentação, crescimento e desenvolvimento das larvas (MUSABYIMANA et al., 2001).

Trabalhos recentes tentando controlar os adultos de *C. sordidus* em condições de campo e laboratório com novos produtos químicos (CHABRIER et al., 2005) e também com outros de origem botânica como *Melia azedarach*, *Tagetes* spp., *Eichornia crassipes* e *Ricinus communis* (TINZAARA et al., 2006), não tem conseguido resultados satisfatórios, quanto à mortalidade do inseto.

A escassa informação técnica repassada aos produtores e os poucos cuidados dispensados quando do manuseio desses produtos tem elevado os riscos de intoxicação dos aplicadores e dos consumidores, como também tem contribuído para agravar os problemas de poluição ambiental (PRANDO; FERREIRA, 2004).

2.2.4.4 Controle biológico

Diferentemente dos vírus e bactérias, os fungos são patógenos de longo espectro, capazes de colonizar diversas espécies de insetos e ácaros e de causar com frequência, epizootias em condições naturais (ALVES et al., 2008). A observação comum destas epizootias em populações de inseto, e a fácil identificação do agente causal servem como incentivo para o desenvolvimento de programas de controle usando fungos como agentes de controle biológico (ALVES et al., 2003; CHARNLEY, 1997), num conjunto de técnicas disponíveis no manejo integrado de pragas (CHARNLEY, 1997).

Entre os fungos utilizados no controle de pragas, *B. bassiana* tem ganhado considerável atenção como agente de controle biológico de distintas pragas (FERRON, 1981), sendo de especial importância no controle de insetos crípticos como *C. sordidus*, o qual não é acessível aos artrópodes inimigos naturais (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001). O crescimento e desenvolvimento dos fungos entomopatógenos estão limitados principalmente pelas condições ambientais externas, em particular, alta umidade e adequadas temperaturas para esporulação e germinação dos esporos (TANADA; KAYA, 1993). Esta condição microclimática ocorre nos bananais, permitindo o desenvolvimento de pesquisas no controle biológico da broca com *B. bassiana* (PRANDO; FERREIRA, 2004).

2.3 *Beauveria Bassiana* (BALS.) VUILL.

B. bassiana é de ocorrência generalizada em todos os países, sendo mais freqüente sobre os insetos e em amostras de solo, onde pode subsistir por longo tempo em saprogênese (ALVES, 1998).

Embora o espectro de hospedeiros varie amplamente entre os fungos, as espécies *B. bassiana* e *M. anisopliae* são as que abrangem mais ordens dentro dos artrópodes (GOETTEL; INGLIS; WRAIGHT, 2000; GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; TANADA; KAYA, 1993), mas também uma considerável especificidade acontece entre os distintos isolados (CHARNLEY, 1997).

Os patógenos lentos como a maioria dos fungos, são mais adaptados para o controle de insetos de seleção k (pragas de florestas e culturas perenes que tem vida longa e baixa fecundidade), como *C. sordidus* (ALVES; LECUONA, 1998; GOLD; PINESE; PEÑA, 2002), onde *M. anisopliae* não tem resultado tão eficiente como *B. bassiana* (ALVES et al., 2003; BATISTA FILHO et al., 1987; GOLD; PINESE; PEÑA, 2002).

As estratégias de controle de pragas considerando o uso deste fungo vão desde sua liberação no campo até a obtenção de uma relação endofítica com plantas de banana sem causar efeitos daninhos a estas (AKELLO et al., 2007, 2008a, 2008b).

Além do eficiente controle deste fungo, apresenta a vantagem de ser inócuo a micoparasitos do solo utilizados em programas de controle biológico, como *Trichoderma harzianum*, *Lecanicillium lecanii* e *Clonostachys* spp. (KRAUSS et al., 2004).

2.3.1 Seleção de Isolados de *B. bassiana*

A grande variabilidade genética dos fungos entomopatógenos pode ser considerada uma de suas principais vantagens no controle microbiano de insetos. Com técnicas apropriadas de bioensaios é possível selecionar isolados de fungos que causam alta mortalidade, específicos ou não, com características adequadas para serem utilizados como inseticidas microbianos (ALVES et al., 2003).

São diversos os estudos, principalmente em condições de laboratório, visando à seleção dos melhores isolados de *B. bassiana* mediante a avaliação de virulência em bioensaios sobre insetos adultos ou larvas de *C. sordidus*. Um completo resumo dos diversos trabalhos efetuados desde 1977 a 1995 é apresentado por Gold, Peña e Karamura (2001). Posteriormente, e para completar os estudos de seleção, os isolados que apresentam alta virulência em laboratório, necessitam ser caracterizados para determinar as taxas de esporulação, seu potencial de produção em distintos substratos e a viabilidade dos esporos

depois da estocagem, assim como seu comportamento em diferentes condições ecológicas (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

2.3.2 Virulência

Ensaio de avaliação de virulência do fungo *B. bassiana*, aplicado por pulverização sobre insetos adultos de *C. sordidus* apresentam valores entre 40 e 63% de mortalidade confirmada (BATISTA FILHO et al., 1991; JORDÃO et al., 1999). Quando os insetos são imersos estes valores podem alcançar entre 66 a 100% de mortalidade (ALMEIDA et al., 2009; BRENES; CARBALLO, 1994). Por outro lado em ensaios de aplicação do fungo dirigida diretamente à planta a campo, obteve-se mortalidade confirmada de 40% de insetos saudáveis, marcados e liberados, enquanto que a mortalidade de insetos naturalmente presentes no campo apresentou valores de 33 e 4,3% de mortalidade com formulações de fungo com óleo ou em pó, respectivamente. Este resultado mostra uma maior capacidade de sobrevivência do fungo nas condições de campo com o primeiro tipo de formulação (GODONOU et al., 2000).

Resultados similares, em ensaios de campo, foram obtidos quando utilizadas formulações com nutrientes como milho, com valores de 63 a 72% de redução da população de adultos (NANKINGA; MOORE, 2000).

Os resultados de virulência relatados na literatura muitas vezes não são possíveis de serem comparados, devido às distintas metodologias utilizadas nos bioensaios (material de multiplicação dos fungos, tipos de formulações, doses, métodos de aplicação, tempos de avaliação, estágio do inseto). Por ser uma característica de *B. bassiana* infectar os insetos preferencialmente pelo tegumento (BOUCIAS; PENDLAND, 1998), um dos aspectos que tem maior relevância na determinação da virulência é o local em que o fungo é aplicado no corpo dos insetos e o tempo de contato com o patógeno (SANTORO et al., 2007).

2.3.3 Sistemas de Liberação do Fungo no Campo

Embora um grande número de isolados de *B. bassiana* tenha se mostrado promissor no controle de *C. sordidus* em laboratório e em estudos preliminares no campo, ainda é necessário desenvolver um sistema de liberação do fungo que seja eficiente e econômico (GOLD; PINESE, PEÑA, 2002).

O método de iscas tipo telha ou queijo, fabricadas com pseudocaule, tem sido utilizado para aplicação do fungo *B. bassiana* a campo, fazendo-se uma suspensão do inoculo e distribuindo-o, através de pulverização ou pincelamento, sobre a superfície cortada das iscas (FANCELLI; MESQUITA, 1998), com reduções populacionais de até 61,1 % para adultos de *C. sordidus* (BATISTA FILHO et al, 1991; JORDÃO et al, 1999). O mesmo fungo em forma de pasta, misturado com óleo mineral em iscas tipo telha, reduz a população da praga abaixo do nível de dano econômico (BATISTA FILHO et al, 1995).

Um efetivo mecanismo de transmissão é fator chave na habilidade do entomopatógeno para desenvolver uma epizootia (ROY; PELL, 2000), a qual pode-se alcançar com um método de liberação efetivo do fungo a campo como o uso de armadilhas que utilizam um feromônio de agregação de *C. sordidus*.

No caso de utilização de iscas de pseudocaule com *B. bassiana*, embora haja aumento no número de insetos inoculados, este sistema requer que os insetos dispersem-se depois de visitar o sitio de inoculação com o agente microbiano (ROY; PELL, 2000). Trabalhos recentes têm mostrado a eficácia não só quanto ao número de insetos atraídos, como também na capacidade de inoculação e infecção de insetos do campo através da transmissão do fungo aos insetos sadios (TINZAARA et al., 2007a; TINZAARA et al., 2007b).

Um dos principais fatores desativadores dos conídios, e que deve ser minimizado procurando aumentar a eficiência de transmissão, e a persistência dos mesmos a campo, é a radiação solar bem como a temperatura que geralmente é ótima para infecção, crescimento e esporulação ao redor de 20 a 30°C (GOETTEL; INGLIS; WRAIGHT, 2000). Assim, estes aspectos têm que ser considerados no momento de propor um sistema de armadilha que possa preservar o fungo bem como disseminá-lo pela lavoura.

2.4 EPIZOOTIA E TRANSMISSÃO DO FUNGO ENTRE INSETOS ADULTOS

É importante considerar que as doenças enzooticas são aquelas baixas em prevalência e constantemente presentes na população e as doenças epizootias são esporádicas e limitadas em duração, caracterizando-se por um súbito incremento na prevalência e incidência devido ao desequilíbrio num curto período de tempo (FUXA; TANADA, 1987).

As epizootias de fungos entomopatogênicos são relativamente comuns e podem ser importantes na regulação natural de populações de insetos (GOETTEL; INGLIS; WRAIGHT, 2000). Entretanto, as taxas de infecção natural da broca da bananeira tendem a ser muito baixas (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; PRESTES et al., 2006; TINZAARA et al., 2007a).

Os fatores que contribuem para causar e desenvolver uma epizootia de uma doença infecciosa são a população do hospedeiro, a população do patógeno e uma efetiva forma de transmissão deste último (TANADA; KAYA, 1983).

Em relação ao hospedeiro, o desenvolvimento da epizootia é afetado pela susceptibilidade, densidade, movimento e distribuição espacial da sua população (CHARNLEY, 1997). As epizootias desenvolvem-se em altas densidades, aumentando a probabilidade do contato entre o inseto e as fontes de inóculo e também entre os indivíduos doentes e sadios da população (ALVES; LECUONA, 1998; SAMSON; EVANS; LATGÉ, 1988), contudo, epizootias também ocorrem a baixas densidades populacionais, especialmente quando as densidades do patógeno são altas e bem distribuídas (TANADA; KAYA, 1993).

Diferenças em susceptibilidade de populações de insetos a diversos patógenos podem ser devidas ao grau de exposição ao patógeno por várias gerações (FUXA; TANADA, 1987). Também, depois de uma epizootia natural, a população residual dos hospedeiros pode ser menos susceptível ao patógeno, o que sugere que a epizootia elimina a maioria dos indivíduos susceptíveis do campo (TANADA; KAYA, 1983).

Devido aos fungos atuarem geralmente numa relação denso-dependente com o seu hospedeiro e provocarem uma mortalidade relativamente lenta, eles não são bons candidatos para o controle de pragas com baixos limiares de dano (CHARNLEY, 1997), mas quando se utiliza a estratégia da introdução inundativa, aplicando-se os patógenos adequados em dosagens elevadas, eles funcionam independentemente da densidade populacional da praga (ALVES; LECUONA, 1998). Neste sentido, a indução prematura ou avançada de uma epizootia parece ser a abordagem mais significativa pelo aumento dos níveis de inóculo

natural e pela modificação do ambiente macro e microclimático (SAMSON; EVANS; LATGÉ, 1988).

As características da população do patógeno importantes no desenvolvimento da epizootia são sua virulência, dispersão, sobrevivência no ambiente do hospedeiro, densidade de inóculo e distribuição espacial (CHARNLEY, 1997).

Nem sempre a alta virulência, que pode resultar em um bom controle da população de insetos em curto período de tempo, é um fator indispensável. Muitas vezes a virulência moderada é mais importante quando se pretende utilizar estratégias de introdução inoculativa ou incremento (ALVES; LECUONA, 1998). Efeitos subletais do fungo podem incluir diminuição de vigor, fecundidade e consumo de alimento, alteração do comportamento e outros fatores que podem diminuir o nível de dano, taxa reprodutiva ou sobrevivência de uma população de praga (GOETTEL; INGLIS; WRAIGHT, 2000).

Movimentos de hospedeiros infectados dispersam os patógenos, os quais são depositados no meio ambiente em regurgitações, depósitos fecais e em corpos desintegrados depois da morte. Insetos infectados com vírus e fungos às vezes exibem movimentos anormais logo antes da morte. A infecção pode também afetar o comportamento de espécies de insetos gregários (FUXA; TANADA, 1987).

O controle eficiente de insetos do solo tem de considerar uso de isolados de fungo que estejam bem adaptados ao nicho ambiental do hospedeiro, embora fatores como a distribuição e abundância do hospedeiro, a liberação do fungo no ecossistema e a virulência do isolado do fungo sejam os fatores mais críticos (RATH, 2002).

As propriedades físico-químicas e biota do solo afetam a sobrevivência e persistência dos patógenos, como a baixa umidade, altas temperaturas e a luz ultravioleta, por tanto os conídios teriam que encontrar um hospedeiro susceptível num relativamente curto período de tempo (TANADA; KAYA, 1983).

Em condições naturais, a dispersão dos conídios sobre uma grande distância requer fatores físicos tais como a chuva e vento, ou a dispersão por hospedeiros ou não hospedeiros (FUXA; TANADA, 1987), mas com o uso de feromônios que atraem uma maior proporção da população de insetos ao local de liberação do patógeno, as chances de transmissão podem se incrementar, além de ter a vantagem de reduzir a quantidade de patógeno aplicado por unidade de superfície (TINZAARA et al., 2007b). Este aspecto tem relevância no caso de *C. sordidus*, o qual apresenta marcado sedentarismo e pouca movimentação (GOLD; PINESE; PEÑA, 2002).

Trabalhos têm sido efetuados visando à transmissão horizontal de *B. bassiana* entre insetos adultos de *C. sordidus*, inoculados pelo fungo e insetos sadios (GODONOU et al., 2000). Em ensaios de campo, tem se obtido valores aproximados entre 4-7% de insetos sadios mortos pelo fungo liberado no campo (TINZAARA et al., 2007b).

Os fatores populacionais do hospedeiro, patógeno e a transmissão deste, estão fortemente associados com ambiente biótico e abiótico, podendo afetar a prevalência da doença (TANADA; KAYA, 1983). Também podem ser afetados pelo impacto das atividades humanas, como são os agroecossistemas (CHARNLEY, 1987).

Enquanto os fatores ambientais influem na persistência e eficácia dos fungos entomógenos no ecossistema do solo, os hospedeiros têm uma grande importância em relação à sobrevivência do patógeno numa condição local (RATH, 2002).

O solo pode funcionar como reservatório de fungos sendo que as condições de importância são temperatura, água, pH e matéria orgânica, entre outros (CHARNLEY, 1997), mas o efeito do meio ambiente do solo no inseto hospedeiro pode ser tão importante como os efeitos no fungo. Uma eficácia reduzida do fungo no solo pode ter a ver mais com a estratégia de vida do hospedeiro, do que com a do fungo (RATH, 2002).

A esporulação do fungo e germinação dos conídios requer alta umidade ou água livre, não obstante condições de seca durante aplicações inundativas de formulados não são tão prejudiciais, o qual se pode atribuir à presença de umidade nos microhabitats onde ele se encontra ativo (RATH, 2002), como seria o caso de *C. sordidus*, que por ser um inseto com higrotropismo positivo, os locais onde se movimenta estão caracterizados por alta umidade e pouca luminosidade como são os resíduos de plantas, folhas e serapilheira.

3 ARTIGO A: SELEÇÃO E TRANSMISSÃO DE ISOLADOS DE *BEAUVERIA BASSIANA* (BALS.) VUILL. NO CONTROLE DE *COSMOPOLITES SORDIDUS* (GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE).

3.1 RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a virulência de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sobre adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar) e a sua transmissão entre insetos em condições de campo. Vinte e nove isolados de *B. bassiana* foram inoculados em adultos de *C. sordidus*. Nos bioensaios utilizaram-se dez insetos por repetição, em seis repetições por tratamento (isolado), inoculados por imersão (90 seg.) numa suspensão de 1×10^9 conídios/ml. Os insetos tratados foram acondicionados em copos plásticos (150 ml) com vermiculita, papel filtro e pseudocaule. A avaliação da mortalidade foi diária por 35 dias. Os cadáveres foram transferidos para câmara úmida para confirmação da morte pelo fungo e estimar o Tempo Médio de Morte (TM). No ensaio de transmissão, seis insetos adultos e sadios de *C. sordidus* foram marcados e liberados na base de nove plantas de banana sendo, dois dias após, liberados na planta central os tratamentos correspondentes a 10, 20 ou 40 insetos marcados e inoculados com o isolado CG1024 de *B. bassiana* na concentração de 1×10^9 conídios/ml e 20 insetos sadios como testemunha. Aos sete dias foram instaladas armadilhas telha na base de cada planta que foram avaliadas aos 7, 14, 21 e 28 dias, constatando-se o número de insetos vivos e mortos pelo fungo. Quatro modelos de armadilhas de liberação de *B. bassiana* com pseudocaule e/ou feromônio foram avaliadas quanto à sua atratividade noturna e tempo de permanência dos insetos nas mesmas. O isolado CG1024 apresentou a maior virulência com 96,7% de mortalidade. O TM variou entre 5,7 e 15,3 dias, enquanto que os isolados CG1013 e CG1030 apresentam similar TM de 8,4 e 8,5 dias, mas com virulência significativamente diferente de 91,7 e 28,3%, respectivamente. No ensaio de transmissão observou-se uma porcentagem de infecção por *B. bassiana* de 3,7 e 4,7% dos insetos sadios liberados e insetos não marcados que foram coletados, respectivamente, valores maiores a 0,3% foram constatados na infecção natural prévio ao ensaio. A maior quantidade de insetos adultos foi coletada entre as 22:00 e 02:00 hrs., enquanto o maior tempo de permanência dos insetos foi observado nas armadilhas tipo telha com valor médio de 23,7 hrs.

Palavras-chave: Fungo entomopatogênico. Moleque da bananeira. Epizootia.

3.2 ABSTRACT

The aim of this study was assess the virulence of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill isolates to *Cosmopolites sordidus* (Germar) adults and the transmission among insects in the field conditions. Twenty-nine isolates were used in the bioassays, which consisted of ten insects per replicate with six replicates per treatment (isolate). Insects were inoculated by immersion for 90 seconds in a fungal suspension containing 1×10^9 spores/ml. The treated insects were placed in plastic cups (150 ml) with vermiculite covered with filter paper and pieces of pseudostem. Mortality was assessed daily for 35 days. Dead insects were transferred to a moist chamber for confirmation of death by the fungus and to estimate the Mean Time to Death (MT). In an experiment of fungal transmission under field conditions, six non inoculated *C. sordidus* adults were marked and released on the basis of nine banana plants. Two days later, 10, 20 or 40 insects were released after they were marked and inoculated with *B. bassiana* strain CG1024 at a concentration of 1×10^9 spores/ml. Twenty healthy insects were used as controls. Seven days after the release of inoculated insects a pseudostem traps were placed at the base of each plant, and evaluations were made at 7, 14, 21 and 28 days. The insects were taken to the laboratory and recorded as live or dead by the fungus. Four models of pheromone-pseudostem traps with a delivery system for *B. bassiana* were evaluated for their attractiveness over night, as well as time of insect permanence in the trap. Isolate CG1024 showed higher virulence with 96.7 % mortality. MT ranged from 5.7 to 15.3 days, however isolates CG1013 and CG1030 had a similar MT (8.4 and 8.5) days, but with significant difference in virulence (91.7 and 28.3 % respectively). In the transmission study, 3.7 and 4.7 % of the marked-non inoculated and unmarked insects died due to pathogen infection, respectively. These values were higher than the 0.3% of existing natural infection found after the test. The largest amount of the adults were collected between 22:00 and 02:00 h. The longest time (mean of 23.7 h) spent by insects was observed at the pseudostem trap.

Keywords: Entomopathogenic fungi. Banana weevil, Epizootic.

3.3 INTRODUÇÃO

A banana é o quarto alimento mais consumido no mundo e a segunda fruta mais produzida, sendo Brasil o quarto maior produtor com uma superfície estimada de 515.000 ha (FAO, 2007). A principal praga desta cultura é *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae) (ROBINSON, 2003), conhecida vulgarmente como broca-do-rizoma ou moleque-da-bananeira, e encontra-se distribuída nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (PRANDO; FERREIRA, 2004).

Distintos trabalhos têm se realizados visando o controle de *C. sordidus* com os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, sendo que o último não tem mostrado resultados tão eficientes (ALVES et al., 2003; BATISTA FILHO et al., 1987; GOLD; PINESE; PEÑA, 2002).

A grande variabilidade genética dos fungos, assim como a considerável especificidade entre os distintos isolados (CHARNLEY, 1997) e as diferenças em susceptibilidade de populações de insetos a diversos patógenos (FUXA; TANADA, 1987), faz necessário selecionar isolados específicos para populações locais da praga com o objetivo de alcançar níveis de controle satisfatórios.

Neste sentido, são vários os estudos da virulência de *B. bassiana* sobre *C. sordidus* em condições de laboratório (ALMEIDA et al., 2009; BATISTA FILHO et al., 1991; JORDÃO et al., 1999) e campo (GODONOU et al., 2000; NANKINGA; MOORE, 2000; OGENGA-LATIGO; MASANZA, 1996), mas devido a que as taxas de infecções naturais da broca da bananeira pelo fungo *B. bassiana* tendem a ser muito baixas (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; PRESTES et al., 2006; TINZAARA et al., 2007a), é preciso uma estratégia da introdução inundativa para conseguir uma epizootia (ALVES; LECUONA, 1998).

Entre os fatores que contribuem para causar e desenvolver uma epizootia encontra-se uma efetiva forma de transmissão do fungo (ROY; PELL, 2000; TANADA; KAYA, 1983), a qual pode ser conseguida com um efetivo método de liberação do fungo nas condições do campo como, por exemplo, o uso de armadilhas de feromônio de agregação de *C. sordidus*. Embora ocorra um aumento no número de insetos inoculados nas armadilhas, este sistema requer que os insetos possam dispersar-se depois de inoculados com o agente microbiano (ROY; PELL, 2000).

Trabalhos recentes com uso de sistemas de liberação de *B. bassiana* utilizando feromônio têm mostrado eficiência na atração dos insetos, assim como capacidade de inoculação e transmissão do fungo aos insetos sadios (TINZAARA et al., 2007a; 2007b).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a virulência de distintos isolados de *B. bassiana* em bioensaios de laboratório sobre insetos adultos de *C. sordidus* e sua transmissão entre os insetos adultos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 Localidade

A coleta dos insetos e os ensaios de campo foram realizados numa plantação comercial de banana no Município de Ibiporã, Paraná, Brasil (23° 16' S, 51° 02' O, 497 msnm). Apresenta uma média de precipitação de 1530 mm distribuída durante todo o ano, com uma estação mais chuvosa no mês de novembro a janeiro, e uma menos chuvosa de junho a agosto. A umidade relativa média anual é de 70,3% e a temperatura média anual é de 21,2 °C, com uma média mínima e máxima de 16,8 e 26,8 °C, respectivamente.

A superfície total é de sete hectares com plantas de banana cv. Grande Naine (*Musa* AAA, Subgrupo Cavendish). O sistema de produção não adota o uso de agrotóxicos e tampouco se faz manejo de resíduos, os quais estão acumulados e em decomposição nas entre linhas.

3.4.2 Obtenção e Manutenção de *C. sordidus*

Insetos adultos de *C. sordidus* foram coletados mediante armadilhas de pseudocaule de bananeira mais feromônio Cosmolure© fabricado pela empresa Chemtica Internacional S.A. da Costa Rica.

O feromônio utilizado foi Cosmolure©, específico para *C. sordidus*, com um tipo de formulação gerador de gás que contem mistura de quatro compostos da substância “sordidim”, numa concentração total de 2,26 g/kg. O produto apresenta-se em saches de polietileno com 90 mg de ingrediente ativo e com taxa de liberação de 3 mg/dia (OEHLISCHLAGER, apud TINZAARA et al., 2007b).

As armadilhas foram fabricadas com garrafas plásticas de dois litros tipo “PET” perfuradas no fundo para permitir a drenagem de líquidos, e com duas aberturas de 10 x 10 cm no terço superior. O feromônio foi pendurado dentro da garrafa com um arame na parte superior. As armadilhas foram enterradas no solo deixando a borda da abertura na altura do solo para permitir a entrada dos insetos e a difusão do feromônio. Finalmente foram protegidas com folhas de banana para impedir danos pela chuva e favorecer um ambiente com mais sombreamento ao inseto (Figura 3.1).

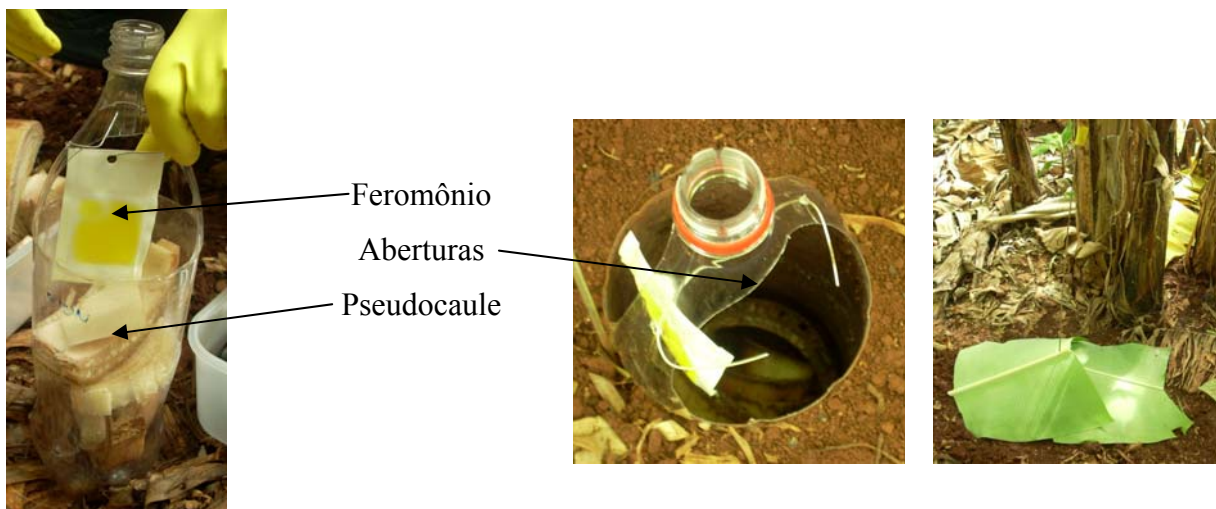


Figura 3.1 – Armadilhas utilizadas na captura de insetos adultos de *C. sordidus*.

A coleta foi efetuada a cada quinze dias, e os insetos transferidos para o laboratório, onde permaneceram até o momento do ensaio em quarentena em caixas plásticas de 5,5 L com tampa de rede de polietileno. Os insetos foram alimentados com pedaços de pseudocaule, trocados semanalmente e mantidos em câmara B.O.D. (23 ± 1 °C e 24 horas escotofase). Só foram utilizados insetos sadios que passaram pela quarentena sem sinais de doença por *B. bassiana*. Para o ensaio de transmissão os insetos foram separados por sexo (LONGORIA, 1968).

3.4.3 Obtenção e Manutenção dos Isolados de *B. bassiana*

Foram utilizados vinte e nove isolados de *B. bassiana* de distintas procedências e hospedeiros pertencentes à Coleção de Fungos de Invertebrados da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (Anexo 3A).

Para recuperar a capacidade infectiva de cada isolado, insetos adultos foram imersos por 90 seg. em uma suspensão de conídios (1×10^9 /ml) produzidas em meio completo. Os insetos inoculados foram colocados em caixas gerbox com pedaços de pseudocaule. Após a morte, foram lavados com uma solução de hipoclorito de sódio (1%) e água destilada por 30 seg. e colocados individualmente em câmara úmida para a esporulação do fungo.

Após a conidiogênese sobre os insetos, e para eliminar potenciais contaminantes, os conídios de cada isolado foram repicados duas vezes consecutivas em placas de Petri de 9 cm com meio de cultura completo e mantidas durante dez dias em câmara B.O.D. ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 12 horas fotofase). Os conídios produzidos foram coletados e armazenados em ependorfes esterilizados e mantidos a $-4 \pm 2^\circ\text{C}$ até a utilização nos bioensaios, por um tempo não superior a quinze dias. Foram utilizados nos experimentos apenas conídios de segunda repicagem e que apresentaram germinação acima de 95% em testes de viabilidade.

3.4.4 Bioensaios e Seleção de Isolados de *B. bassiana*

Para realização dos bioensaios os conídios foram suspensos em água estéril com espalhante adesivo (Tween 0.01%), quantificados em câmara de Neubauer e padronizados na concentração de 1×10^9 conídios/ml.

Para cada isolado, foram tratados sessenta insetos adultos, em grupos de dez de cada vez (seis repetições). Os insetos foram lavados em água estéril e imersos por 90 seg. na suspensão de conídios, na testemunha os insetos foram imersos só em água destilada mais o espalhante. Após a inoculação, permaneceram por 24 horas em placas de Petri esterilizada, seca, sem alimento. Posteriormente, foram acondicionados em copos plásticos (150 ml) com tampa perfurada e vermiculita esterilizada coberta por uma lâmina de papel filtro esterilizada. Sobre o papel foram colocados pedaços de pseudocaule frescos, para a alimentação dos insetos. A cada três dias foram trocados a vermiculita, o papel e o pseudocaule.

Os copos permaneceram em câmara B.O.D. ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 24 horas escotofase), e a avaliação da mortalidade foi feita diariamente por um período total de trinta e cinco dias. Os cadáveres foram transferidos para câmara úmida esterilizada com objetivo de confirmar a morte pelo fungo.

Pela não existência de independência entre as amostras de insetos para cada período de observação, não foi determinado o Tempo Letal 50 (TL₅₀) por Probit (GOETTEL;

INGLIS, 1997), mas foi estimado o Tempo Médio de Morte (TM), correspondente a média do tempo necessário para que os insetos testados em um bioensaio morram. O TM foi calculado segundo a seguinte fórmula adaptada de Morales et al. (2001):

$$TM = \frac{\sum (D1 \times N1 + D2 \times N2 + D3 \times N3 + \dots Dn \times Nn)}{\text{Total de insetos mortos pelo fungo}}$$

, onde D corresponde ao dia de avaliação e N ao número de insetos mortos pelo fungo nesse dia.

Para a análise estatística os dados de mortalidade confirmada (MC) e TM foram transformados em arcoseno $\sqrt{(x + 1/2)}$ e submetidos à análise de variância, sendo as medias comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) no programa estatístico Sisvar 5.1.

3.4.5 Transmissão de *B. bassiana* entre Adultos de *C. sordidus* no Campo

Utilizou-se o isolado CG1024 que apresentou a maior virulência entre os isolados avaliados em laboratório.

O estudo foi efetuado em um talhão de 3000 m² com plantas de nove anos de idade no espaçamento de 2 x 2,5 m. Cada unidade experimental foi formada por nove touceiras.

Informação prévia da população de adultos de *C. sordidus* e infecção natural com *B. bassiana*, foi obtida através do monitoramento instalado no setor de estudo. Com base nos dados, constatou-se no talhão escolhido, uma média de 20 insetos/armadilha e uma infecção natural média de 0,3% nos últimos dois (julho-agosto) e seis meses (março-agosto), respectivamente.

3.4.5.1 Marcação e inoculação dos insetos

Todos os insetos foram marcados com pequenos riscos feitos com agulha entomológica no pronoto (número de tratamento) e élitro (número de repetição) do lado esquerdo nas fêmeas ou direito nos machos. Segundo Rukazambuga (apud NANKINGA; MOORE, 2000), este tipo de marcação não afeta à mobilidade nem a mortalidade dos insetos. Em todos os tratamentos, 70% dos insetos foram fêmeas e o 30% machos, seguindo à proporção das capturas dos últimos dois meses prévios ao ensaio. Logo após a marcação, os

insetos foram inoculados mediante imersão por 90 segundos numa suspensão de 1×10^9 conídios/ml.

Para assegurar a infecção antes de serem liberados no campo, os insetos foram colocados para secagem durante 48 horas em placa de Petri de 9 cm esterilizada, em câmara B.O.D. (25 ± 1 °C e 24 horas de escotofase). Uma amostra de 10 insetos tratados foi deixada em copo plástico (150 ml) com tampa perfurada e pedaços de pseudocaule fresco para confirmação da porcentagem de mortalidade pelo patógeno.

3.4.5.2 Liberação dos insetos

Em cada uma das nove touceiras da parcela experimental, foram liberados seis insetos sadios (três machos e três fêmeas), previamente marcados no élitro esquerdo (fêmea) ou direito (macho), com um, dois, três ou quatro riscos dependendo o tratamento onde foram liberados. Dois dias após, foram liberados só na touceira central de cada parcela os tratamentos correspondentes a 10, 20 ou 40 insetos marcados e inoculados com o isolado CG1024 de *B. bassiana* na concentração de 1×10^9 conídios/ml e 20 insetos sadios como testemunha. Tanto os insetos sadios como os inoculados foram liberados durante o horário da tarde depois das 17:00 hrs.

No total do ensaio foram marcados e liberados 210 insetos inoculados com o fungo e 708 insetos sadios.

3.4.5.3 Captura dos insetos e avaliação dos tratamentos

Após sete dias da liberação dos insetos inoculados foi instalada uma armadilha de pseudocaule tipo telha em cada touceira. Posteriormente, aos 7, 14, 21 e 28 dias avaliou-se em cada armadilha o número de insetos capturados. A cada avaliação foram renovadas todas as armadilhas.

Os insetos coletados foram transferidos ao laboratório e identificados, segundo sexo, tratamento, repetição, quando marcados ou da população do campo sem marcação, e deixados em quarentena por vinte e cinco dias em copos plásticos de 0,5 L mais pedaços de pseudocaule em câmara B.O.D. (25 ± 1 °C e 24 horas de escotofase).

As avaliações de mortalidade foram diárias, sendo que os insetos mortos foram lavados com uma solução de hipoclorito de sódio (1%) e água destilada por 30 seg. e colocados individualmente em câmara úmida para a confirmação de mortalidade pelo fungo.

O desenho experimental teve delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos (número de insetos inoculados liberados) e três repetições. Os dados de mortalidade total e confirmada dos insetos sadios marcados, assim como dos insetos naturais do campo, foram submetidos a teste de homogeneidade de variância e normalidade de resíduos. Devido à não adequação dos dados ao modelo, os dados foram submetidos ao teste não paramétrico com K amostras relacionadas, Teste de Friedman, mediante o programa estatístico BioEstat 5.0.

3.4.6 Monitoramento Noturno de *C. sordidus* com Distintos Modelos de Armadilhas

Com o objetivo de avaliar a capacidade de atração noturna e a permanência dos insetos capturados em diferentes armadilhas de liberação de *B. bassiana*, foram instalados quatro tratamentos com três repetições num talhão de 3000 m² de características similares conforme já citado. Os tratamentos consistiram em distintos modelos de armadilhas, em todas foram colocadas 20 g de *B. bassiana* (Boveril WP PL 63©) e foram protegidas da chuva e sol por um prato plástico de 33 cm de diâmetro e 5 cm de altura:

a) Modelo de armadilha tipo rampa modificado de Tinzaara (2005), consistiu de um recipiente plástico de cinco litros com duas aberturas opostas de 10 x 8 cm na base de suas paredes, e com o plástico das mesmas estendidos para fora formando uma rampa para o ingresso e saída dos insetos. Na base do recipiente, foi colocado um pote plástico de 0,5 L com pedaços de pseudocaule fresco, tampado e perfurado completamente para favorecer a difusão dos voláteis e impedir o ingresso dos insetos ao pote. Do extremo superior do recipiente foi pendurado um sachê de feromônio Cosmolure © que ficou na altura das aberturas e do fluxo do ar (Figura 3.2).

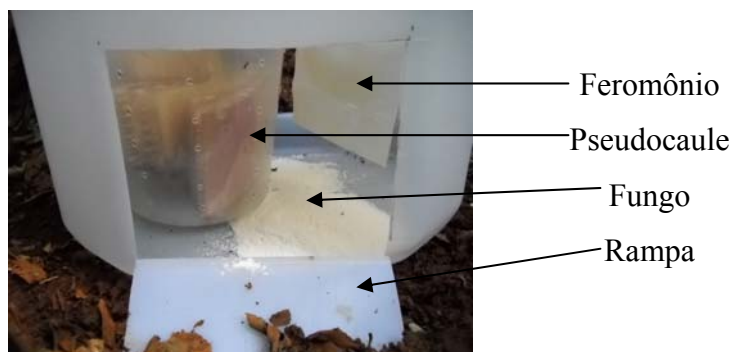


Figura 3.2 – Armadilha tipo rampa modificado de Tinzaara (2005).

b) Armadilha (Modelo 2) confeccionada com pote plástico de 0,5 L com quatro aberturas de 3 x 2 cm em sua base para permitir o ingresso e saída dos insetos e com quatro aberturas similares mais acima para permitir a difusão do feromônio pendurado de um arame. Acima deste pote foi colocado outro pote de 0,5 L com pedaços de pseudocaule fresco, tampado e totalmente perfurado para favorecer a saída dos voláteis (Figura 3.3).

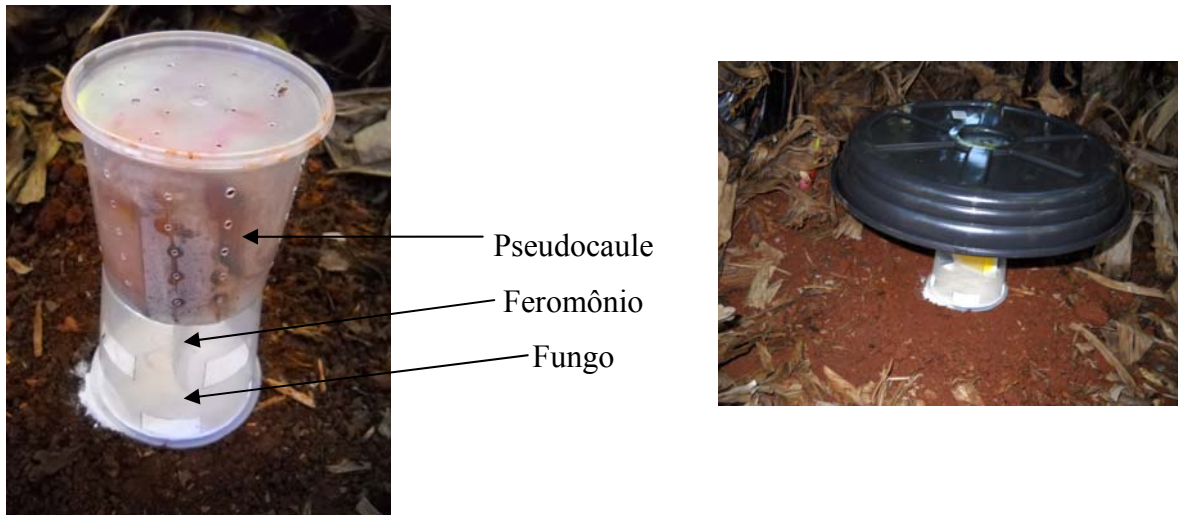


Figura 3.3 – Armadilha Modelo 2 utilizada na captura de insetos adultos de *C. sordidus*.

c) Armadilha (Modelo 3) com pote plástico de 0,5 L com pedaços de pseudocaule fresco e enterrado no solo com sua tampa perfurada para a difusão dos voláteis. Sobre a tampa foi colocado um disco de papel filtro onde foi colocado o fungo. Acima deste foi colocado outro pote com oito aberturas de 3 x 2 cm para permitir a difusão do feromônio pendurado da parte superior (Figura 3.4).



Figura 3.4 – Armadilha Modelo 3 utilizada na captura de insetos adultos de *C. sordidus*.

d) Armadilha tipo telha confeccionada com pedaço de bananeira recém coletada de 30 cm partida longitudinalmente. Uma destas partes foi inoculada com 20 g de pasta de Boveril WP PL 63[®]. A armadilha foi colocada com a região tratada em contacto com o solo (Figura 3.5).

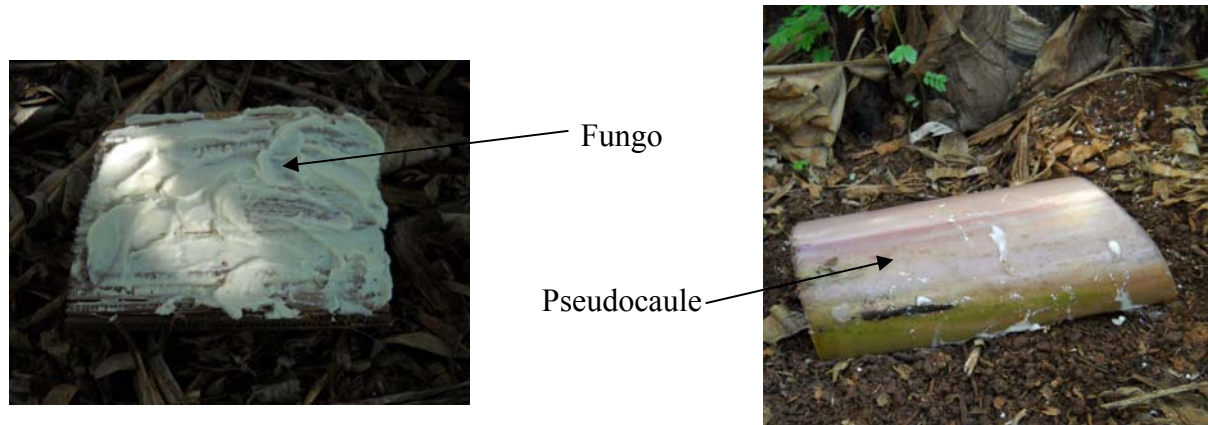


Figura 3.5 – Armadilha tipo telha utilizada na captura de insetos adultos de *C. sordidus*.

As avaliações foram feitas no mês de dezembro por três dias consecutivos a cada quatro horas no horário das 18:00 as 06:00 hrs. Em cada avaliação foi registrado o número de insetos capturados, os quais foram marcados no dorso com tinta de cor branca mediante caneta corretiva líquida indelével, segundo a hora e dia na qual foram observados, e posteriormente devolvidos na armadilha.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Seleção de Isolados de *B. bassiana*

Do total de isolados testados, quinze provocaram mortalidade confirmada acima de 70% e são estatisticamente iguais, sendo os isolados CG1024 e CG1013 os que apresentaram maiores níveis de mortalidade com valores de 96,7 e 91,7%, respectivamente. A testemunha não apresentou mortalidade causada pelo fungo (Tabela 3.1).

Tabela 3.1 – Mortalidade confirmada (MC) (média \pm EP) e Tempo Médio de Morte (TM) (média \pm EP) de *Cosmopolites sordidus* aos 35 dias após a inoculação dos isolados de *Beauveria bassiana*, mediante imersão durante 90 segundos em suspensão aquosa na concentração de 1×10^9 conídios/ml.

Isolado	Mortalidade Confirmada MC (%) ¹	Tempo Médio de Morte TM (dias) ^{1,2}
CG1024	96,7 \pm 2,1 a	5,7 \pm 0,3 a
CG1013	91,7 \pm 3,1 a	8,4 \pm 1,0 a
CG865	88,3 \pm 3,1 a	10,6 \pm 0,3 b
CG877	86,7 \pm 6,1 a	9,3 \pm 0,6 a
CG1036	86,7 \pm 2,1 a	8,9 \pm 1,2 a
CG557	85,0 \pm 4,9 a	11,3 \pm 1,1 b
CG545	83,3 \pm 2,6 a	8,3 \pm 1,1 a
CG138	80,0 \pm 7,0 a	7,6 \pm 0,5 a
CG1037	80,0 \pm 5,8 a	10,9 \pm 0,9 b
CG547	78,3 \pm 4,8 a	8,2 \pm 0,4 a
CG1027	75,0 \pm 9,6 a	10,3 \pm 0,5 b
CG475	75,0 \pm 5,2 a	13,5 \pm 0,9 b
CG1034	73,3 \pm 4,2 a	10,9 \pm 0,8 b
CG1033	73,3 \pm 6,7 a	10,4 \pm 1,0 b
CG556	71,7 \pm 6,8 a	9,9 \pm 1,1 b
CG876	63,3 \pm 6,8 b	10,6 \pm 0,8 b
CG1026	61,7 \pm 6,0 b	9,8 \pm 0,4 b
CG017	61,7 \pm 6,0 b	11,9 \pm 1,1b
CG1022	60,0 \pm 5,2 b	10,9 \pm 0,7 b
CG1028	60,0 \pm 6,8 b	10,2 \pm 0,9 b
CG458	60,0 \pm 6,8 b	11,5 \pm 1,8 b
CG1032	60,0 \pm 7,3 b	12,0 \pm 1,2 b
CG451	53,3 \pm 8,4 b	15,3 \pm 1,0 b
CG919	53,3 \pm 6,2 b	10,5 \pm 0,6 b
CG890	51,7 \pm 6,8 b	8,8 \pm 0,6 a
CG1031	48,3 \pm 3,1 b	10,1 \pm 1,0 b
CG011	33,3 \pm 6,8 c	9,8 \pm 1,3 b
CG864	31,7 \pm 6,8 c	12,4 \pm 2,0 b
CG1030	28,3 \pm 8,7 c	8,5 \pm 2,2 a
Testemunha	---	---
CV (%)	12,18	12,77

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Scott-Knott (5%). Dados transformados em $\sqrt{(x+1/2)}$ para as análises estatísticas.

²Valores calculados segundo fórmula adaptada de Morales et al. (2001).

Em ensaios de seleção de isolados de *B. bassiana* utilizando a mesma concentração e método de inoculação de fungo em adultos de *C. sordidus*, Brenes e Carballo (1994) obtiveram valores de mortalidade entre 73 e 100%, enquanto que Almeida et al. (2009) obtiveram um valor máximo de 66%. A grande variação nos distintos resultados pode-se dever à ampla variabilidade genética entre os distintos isolados (ALVES et al., 2003).

Os isolados apresentaram diferença estatística quanto à mortalidade sobre *C. sordidus*, o que permite agrupar-los em três categorias distintas de virulência, porém essas categorias não apresentam correlação com origem devido à alta variabilidade genética dos isolados (LOPES et al., EMBRAPA CENARGEM, não publicado).

O isolado CG1024 tem como hospedeiro de origem *Metamasius hemipterus*, assim, o isolado mais virulento nem sempre é aquele proveniente da mesma espécie do inseto avaliado. Esse comportamento também foi observado por Batista Filho et al. (1991), que obtiveram maior mortalidade sobre *C. sordidus*, com o isolado CB66 proveniente de *Hypothenemus hampei*. Jordão et al. (1999) também observaram altas virulências em isolados provenientes de distintas espécies, enquanto que Almeida et al. (2009) observaram a maior mortalidade com o isolado IBCB146 originário do solo. De uma forma geral, as espécies do gênero *Beauveria* são menos específicas dentro do grupo de fungos entomopatogênicos, e sua patogenicidade pode ser constatada em hospedeiros pertencentes a grupos muito diferentes (Alves et al., 1998).

A mortalidade confirmada acumulada no período total do ensaio segue uma curva ajustada ao tipo logarítmico para todos os isolados de acordo com a seguinte equação: $y=24,36\ln(x) - 14,252$; $R^2= 0,9321$ (Figura 3.6).

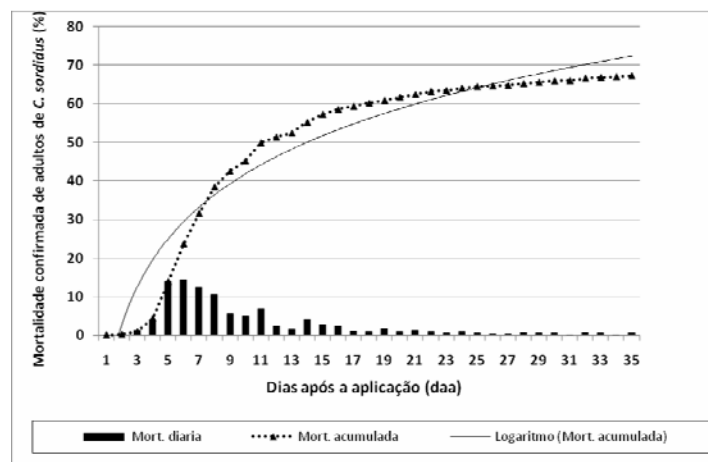


Figura 3.6 – Mortalidade confirmada acumulada e mortalidade confirmada diária de insetos adultos de *C. sordidus* inoculados com diferentes isolados de *B. bassiana* na concentração de 1×10^9 conídios/ml. Ambas as curvas representam o valor médio da mortalidade de todos os isolados testados.

Na figura 3.6 observa-se que a mortalidade média diária de todos os isolados apresentou um rápido incremento até o sexto dia, no qual se obteve o pico máximo da curva correspondente a 14% da mortalidade confirmada total. Posterior ao pico ocorreu diminuição paulatina com registro de mortalidade confirmada até o último dia de avaliação. Este comportamento explica por que a curva de mortalidade acumulada segue uma tendência logarítmica.

A mortalidade confirmada total de 74% dos insetos aconteceu nos primeiros onze dias de avaliação, sendo similar aos resultados de Batista Filho et al. (1987) que indicam uma maior mortalidade no período que vai dos seis aos dez dias.

Observou-se diferença entre os isolados com relação ao TM, que variou entre 5,7 e 15,3 dias, com média geral de 10,2 dias (Tabela 3.1). Ao relacionar os dados de virulência e TM não se teve correlação significativa, o que se verificou também para a TM dos isolados CG1013 (8,4 dias) e CG1030 (8,5 dias), entretanto, com mortalidade confirmada significativamente diferente e que foi 91,7 e 28,3%, respectivamente. Esta diferença entre os isolados, considerando a virulência, pode dever-se a fatores prévios a colonização do hospedeiro, como diferentes capacidades de adesão e germinação sobre os insetos, ou maior ou menor potencial de penetração do tegumento. Devido à utilização nos bioensaios de insetos capturados no campo, existe uma ampla variabilidade das idades e sexo, o qual também poderia ter causado esta diferença em relação ao TM.

Nas mesmas condições deste trabalho, Brenes e Carballo (1994) obtiveram valores de TL_{50} entre 7 a 10 dias. O maior tempo no presente ensaio pode ter ocorrido, pois o tempo avaliado (TM) correspondeu ao necessário para ocasionar a morte de todos os insetos pelo fungo, e não só a 50% como é o caso do TL_{50} . Lopes et al. (EMBRAPA CENARGEM, não publicado) indicam um valor de TL_{50} de 11,3 dias para o isolado CG1027, enquanto que o TM no presente trabalho foi de 10,3 dias para o mesmo isolado. Neste caso, o maior valor de TL_{50} pode-se dever principalmente a menor concentração de fungo utilizado nesse estudo (2×10^8 conídios/ml).

3.5.2 Transmissão de *B. bassiana* entre Adultos de *C. sordidus* no Campo

Do total de insetos inoculados (210) e sadios (708) liberados nos distintos tratamentos, quatro (1,9%) e oitenta e cinco (12,0%) foram capturados, respectivamente. Mil e dezoito insetos capturados eram não marcados (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Total de insetos liberados inoculados e sadios, e insetos não marcados capturados com armadilhas tipo telha (pseudocaula) na localidade de Ibioporã, Paraná, e mantidos em quarentena no laboratório da Universidade Estadual de Londrina.

Capturados	Insetos observados após a quarentena ¹			
	Vivos	Mortos sem fungo	Mortos com <i>B. bassiana</i>	Infecção (%)
Liberados inoculados	1	1	2	50
Liberados sadios	78	3	4	4,7
Não marcados	878	102	38	3,7

¹ valores correspondem à soma de todos os tratamentos e repetições das quatro avaliações efetuadas.

Durante o período de avaliação foi registrada uma temperatura média de 22°C, umidade relativa de 74,1% e 441,6 mm de precipitação. Estes fatores não foram, provavelmente, deletérios ao fungo, os quais estiveram na faixa ideal para o melhor comportamento de *B. bassiana*, que considera temperaturas entre 22 a 26 °C e 70-100% UR (ALVES; LECUONA, 1998).

Por outro lado, o isolado CG1024 utilizado neste ensaio foi coletado na Bahia, possivelmente adaptado a condições climáticas distintas das do Paraná o que pode ter afetado a efetividade do fungo em condições de campo. Alguns autores citam que é importante que, toda vez que se deseja um controle efetivo de insetos do solo deve-se considerar uso de isolados de fungo que estejam bem adaptados ao local onde se desenvolve o hospedeiro (RATH, 2002). Com base nos resultados de CL₅₀ e TL₅₀ de isolados de *B. bassiana* de distintas procedências sobre *C. sordidus*, Lopes et al. (EMBRAPA CENARGEM, não publicado) sugerem uma adaptação dos isolados à temperatura nas regiões de origem.

No presente trabalho observou-se que a porcentagem de infecção dos insetos liberados sadios (4,7%) e dos não marcados (3,7%) foi maior que a porcentagem existente antes do início do ensaio (0,3%) (Tabela 3.2). Valores similares foram obtidos por Tinzaara et al. (2007a) em um ensaio de transmissão horizontal de *B. bassiana* sobre *C. sordidus* em condições de campo. Estes autores indicam que 4 a 7% dos insetos sadios capturados morreram devido à infecção com o fungo depois da incubação em laboratório.

Estes valores de incidência da doença causaram um aumento da prevalência, o que poderia evidenciar uma potencial transmissão no campo entre os insetos mortos pelo fungo e os sadios. Não obstante, estes valores ainda são baixos e não representam uma eficiente taxa de transmissão para alcançarem uma epizootia, as quais estão caracterizadas por

um súbito aumento da prevalência e incidência devido ao desequilíbrio num curto período de tempo (FUXA; TANADA, 1987).

Só foi observada mortalidade por *B. bassiana* nos tratamentos T2 (liberação de 20 insetos inoculados) e T4 (liberação 20 insetos sadios), mas devido à alta variação dos resultados a comparação de medias entre todos os tratamentos não foi estatisticamente diferente (Tabela 3.3).

Tabela 3.3 – Porcentagem de infecção media do fungo *B. bassiana* sobre adultos de *C. sordidus* capturados com armadilhas telha na localidade de Ibiporã.

Tratamentos ⁽¹⁾	Infecção com <i>B. bassiana</i> (%) ^(ns)
T1 (10 insetos inoculados)	0
T2 (20 insetos inoculados)	5,6
T3 (40 insetos inoculados)	0
T4 (20 insetos sadios)	12,5

¹ Adultos de *C. sordidus* inoculados em laboratório mediante imersão em suspensão de 1×10^9 conídios/ml de isolado de *B. bassiana* CG1024, e liberados posteriormente no campo.

^{ns} Não significativa pelo teste de comparação de médias Friedman ao 5%.

A maior porcentagem de mortalidade pelo fungo foi observada no T4 (12,5%), correspondente a liberação de adultos sadios, os quais sempre foram recapturados na mesma área de liberação, o que permite supor que a infecção foi causada pela transmissão do fungo a partir dos insetos inoculados e não pela movimentação dos insetos entre tratamentos/parcelas. Esta transmissão também pode ter acontecido pela inoculação dos conídios levados pela chuva, uma vez que os insetos inoculados apresentam mobilidade diminuída (TINZAARA et al., 2007a).

3.5.3 Monitoramento Noturno de *C. sordidus* com Distintos Modelos de Armadilhas

No ensaio de monitoramento noturno de *C. sordidus* utilizando distintos modelos de armadilhas com *B. bassiana*, observou-se captura só nas armadilhas tipo rampa e telha, não se registrando atração nos outros desenhos (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Número de insetos capturados e seu tempo de permanência em distintos tipos de armadilhas com *B. bassiana*. Observações efetuadas durante três dias entre as 18:00 e 06:00 hrs. em bananal comercial de cv. Grande Naine na localidade de Ibiporã, Paraná.

Tipo de armadilha	Tempo de permanência nas armadilhas dos insetos capturados (horas)								Total insetos
	< 4 ⁽¹⁾	4	12	16	20	24	32	48	
	Rampa	10	7	2	0	0	0	0	
Modelo 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Modelo 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Telha	1	1	0	0	2	1	3	1	9

¹ Foi atribuído valor 1 para o calculo da permanência média dos insetos.

Apesar dos modelos rampa, 2 e 3 conterem feromônio e pseudocaule, a baixa eficiência de atração dos modelos 2 e 3 pode se devida a problemas no desenho que impediu uma eficiente difusão do feromônio e dos voláteis do pseudocaule. A armadilha tipo rampa foi mais atrativa que a tipo telha com valores de captura total de dezenove e nove insetos, respectivamente.

A permanência média dos insetos na armadilha rampa e telha foram diferentes, com valor de 3,3 e 23,7 horas, respectivamente. O máximo valor observado foi 48 horas no tipo telha. Estes valores refletem numa menor dispersão dos insetos atraídos e inoculados pela armadilha telha, aspecto indesejável no processo de transmissão horizontal do fungo e aumento da prevalência da doença.

O horário pico de captura nas armadilhas rampa e telha foi as 02:00 e 22:00 hrs., respectivamente (Figura 3.7).

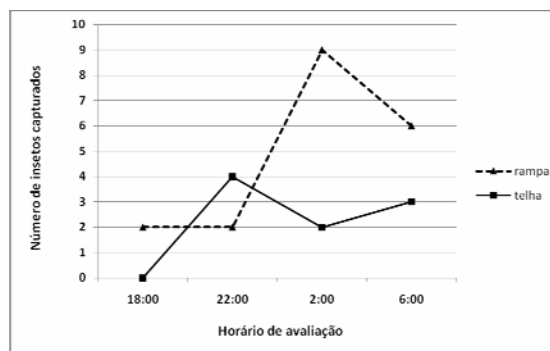


Figura 3.7 – Capturas médias de adultos de *C. sordidus* em armadilhas tipo rampa e telha, durante o horário das 18:00 às 6:00 hrs. Cada valor corresponde à média de três repetições em três dias de avaliações.

Em ambas as armadilhas os menores valores de captura foram obtidos às 18:00 hrs., horário que durante a época de avaliação (primavera) ainda apresenta alta luminosidade e temperatura. Entretanto, às 06:00 hrs. a captura foi maior que às 18:00, a maior porcentagem dos indivíduos capturados nas armadilhas rampa (58%) e telha (67%) foi entre as 22:00 e 02:00 hrs. Estas observações são similares aos resultados obtidos por Uzakah (apud GOLD; PINESE; PEÑA, 2002) que indica atividade dos insetos entre as 18:00 e 06:00, sendo entre as 21:00 e 04:00 hrs. quando apresentam maior atividade, e confirmam o comportamento sedentário de *C. sordidus* durante as horas de luz quando abrigam-se em locais úmidos e protegidos do sol (GOLD; PINESE; PEÑA, 2002).

3.6 CONCLUSÕES

Observou-se uma provável transmissão de *B. bassiana* entre insetos inoculados e sadios, com aumento da prevalência de 0,3 a 3,7 e 4,7% após a liberação.

A armadilha telha não seria recomendável para confeccionar um sistema de inoculação de *B. bassiana*, toda vez que os insetos apresentam um tempo de permanência médio de 23,7 hrs. com um máximo de 48 horas.

4 ARTIGO B: MONITORAMENTO POPULACIONAL DE ADULTOS DE *COSMOPOLITES SORDIDUS* (GERMAR) (COLEOPTERA: DRYOPHTHORIDAE) EM IBIPORÃ, PARANÁ.

4.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi efetuar o monitoramento de adultos de *Cosmopolites sordidus* (Germar) na localidade de Ibiporã, Paraná, entre agosto de 2008 e novembro de 2009, mediante uso de armadilhas de feromônio mais pseudocaule. Vinte e cinco armadilhas foram distribuídas num bananal de cv. Grande Naine em uma superfície de 7 ha. A cada quinze dias os insetos foram transferidos para o laboratório onde se registrou o número de insetos vivos e mortos, sendo estes últimos colocados em câmara úmida para confirmação de mortalidade pelo fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Também foi determinado o sexo dos indivíduos capturados e sua razão sexual. Fatores climáticos como a temperatura, umidade e precipitação diária foram obtidos da estação agrometeorológica do IAPAR instalada na localidade de Ibiporã. Coletou-se uma média de 32,3 insetos/armadilha durante todo o período de avaliação, com pico máximo e mínimo de 80,7 e 4,8 insetos/armadilha em maio e outubro, respectivamente. As capturas evidenciam uma diminuição a partir de maio até o final do período de coleta com 81% de diminuição entre a primeira e a última avaliação. O valor médio de infecção natural de *C. sordidus* pelo fungo *B. bassiana* foi de 1,73%, com mínimo de 0 % em maio e máximo de 8,3% no mês de outubro. Um valor médio de 70,5% dos insetos capturados correspondeu a fêmeas, porcentagem que apresentou uma diminuição no período. Uma correlação significativa e positiva foi observada entre a precipitação e a infecção natural por *B. bassiana* ($r=0,82$) e entre o número médio de insetos/armadilha e a proporção de fêmeas ($r=0,65$). Por outro lado observou-se uma correlação significativa e negativa entre a precipitação e o número médio de insetos/armadilha ($r=-0,61$), e entre este último fator e a infecção natural pelo fungo ($r=-0,61$).

Palavras-chave: Flutuação populacional. Infecção natural. Fatores climáticos. Moleque da bananeira.

4.2 ABSTRACT

The aim of this study was assess *Cosmopolites sordidus* (Germar) adult population fluctuation with pheromone-pseudostem traps in Ibipora, Paraná state, between August 2008 and November 2009. Twenty-five traps were distributed in 4 ha of a commercial banana crop, cv. Grande Naine. In each evaluation, conducted every two weeks, the insects were transferred to the laboratory and recorded as live or dead. The dead insects were placed in a moist chamber for confirmation of mortality by the fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. It was also determined the sex ratio of captured insects. Temperature, humidity and daily precipitation were obtained from the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) weather station near the study area. An average of 32.3 insects/trap was collected during the period, with a maximum and minimum of 80.7 and 4.8 insects/trap in May and October, respectively. Captures decreased by 81 % from the first to the last assessment. The average value of natural infection of *C. sordidus* by the fungus *B. bassiana* was 1.73 %, varying from 0% in May to 8.3 % in October. An average of 70.5 % of the captured insects consisted of females, and this percentage decreased over time. A significant positive correlation was observed between rainfall and natural infestation by *B. bassiana* ($r = 0.82$) and between the average number of insects/trap and the proportion of females ($r = 0.65$). On the other hand, there was a significant and negative correlation between rainfall and the average number of insects/trap ($r=-0.61$), and between the latter and the natural infection by the fungus ($r=-0,61$).

Keywords: Population fluctuation. Natural infection. Climatic factors. Banana weevil.

4.3 INTRODUÇÃO

A principal praga do bananal é *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Dryophthoridae) (ROBINSON, 2003). Os insetos adultos têm atividade noturna e são raramente observados, enquanto que os estados imaturos desenvolvem-se nos rizomas, provocando danos abaixo da superfície do solo (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001). Estas características crípticas fazem desta praga um inseto de difícil controle (ABERA et al., 2006; GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

O monitoramento é uma importante estratégia que registra a presença e quantidade de insetos antes que se constitua num problema econômico, o que fornece informação como base de decisões num programa de manejo de pragas (JEGER et al., 1996).

A dificuldade de monitorar as larvas da praga que correspondem ao estágio que ocasiona os principais danos, no interior dos rizomas, faz necessário avaliar o estágio adulto que apresenta grande parte de seu ciclo de vida livre (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001).

Os estudos referentes às flutuações populacionais dos adultos são muito variáveis, dependendo de aspectos como cultivar, localidade, clima, manejo do bananal, tipo e material da armadilha utilizada, etc. (BRAIMAH; VAN EMDEN, 1999; GOLD; PINESE; PEÑA, 2002; TINZAARA et al., 2005).

O uso de armadilhas de pseudocaule é extensamente utilizado no monitoramento desta praga (BATISTA FILHO et al., 1991; LINS et al., 2008; PRESTES et al., 2006), apresentando o inconveniente de perda de atratividade no tempo (BATISTA FILHO et al., 1990; GALLO et al., 2002; KOOPENHOFER; REDDY; SIKORA, 1994), assim como requer mais trabalho na instalação, revisão e troca, além de um menor poder de atração quando comparadas a armadilhas de feromônio associadas a pseudocaule (TINZAARA et al., 2007b).

A densidade populacional da praga é um dos dados obtidos no monitoramento, mas também a razão sexual e a porcentagem de insetos infectados por fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. são importantes de avaliar para estabelecer a melhor forma de controle nas condições locais de um bananal. Assim, o objetivo deste trabalho foi efetuar o monitoramento de insetos adultos de *C. sordidus* na localidade de Ibiporã, Paraná, mediante uso de armadilhas de feromônio mais pseudocaule, bem como determinar a prevalência da doença causada pelo fungo entomatógeno *B. bassiana* e verificar a existência de correlações destes fatores com dados climáticos.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

4.4.1 Localidade

O estudo foi efetuado numa plantação comercial de banana no município de Ibiporã no Paraná (23° 16' S, 51° 02' O, 497msnm). Esta localidade apresenta uma estação mais chuvosa nos meses de novembro a janeiro, e menos chuvosa de junho a agosto. Os dados climáticos do período do ensaio encontram-se no Anexo 4A.

A superfície total do campo é de sete hectares com a banana cv. Grande Naine (*Musa* AAA, Subgrupo Cavendish). As plantas apresentam de três a seis anos e estão plantadas a 2 x 2,5 m. O sistema de produção não adota o uso de agrotóxicos e tampouco se faz manejo de resíduos, os quais estão acumulados e em decomposição nas entre linhas.

4.4.2 Monitoramento de *C. sordidus*

O monitoramento dos insetos adultos de *C. sordidus* foi efetuado com uso de armadilhas de pseudocaule mais feromônio.

O feromônio utilizado foi Cosmolure®, específico para *C. sordidus*, com um tipo de formulação gerador de gás que contém mistura de quatro compostos da substância “sordidim”, numa concentração total de 2,26 g/kg. O produto apresenta-se em sachês de polietileno com 90 mg de ingrediente ativo e com taxa de liberação de 3 mg/dia (OEHLSCHLAGER, apud TINZAARA et al., 2007b).

As armadilhas foram fabricadas com garrafas plásticas de dois litros, perfuradas no fundo para permitir a drenagem, e com duas aberturas de 10 x 10 cm no terço superior. O feromônio foi pendurado de um arame na parte superior da garrafa. As armadilhas foram enterradas no solo a 30 cm da base da planta, deixando a borda da abertura na altura do solo para permitir o ingresso dos insetos e a difusão do feromônio. Finalmente foram protegidas com folhas de banana para impedir danos pela chuva e favorecer um ambiente com mais sombreamento. Os feromônios foram trocados mensalmente, enquanto que o pseudocaule foi trocado após cada avaliação (Figura 4.1).



Figura 4.1 – Armadilhas utilizadas na captura de insetos adultos de *C. sordidus*.

Foram instaladas vinte e cinco armadilhas distribuídas na área experimental de sete hectares a uma distância mínima de 20 m na linha (aprox. 4 armadilhas/ha). A captura de insetos foi avaliada a cada quinze dias durante o período de agosto de 2008 a novembro de 2009. Em cada avaliação, foi registrado o número de insetos vivos, mortos e com presença de *B. bassiana*, além de verificar a proporção de insetos machos e fêmeas (LONGORIA, 1968).

Os insetos foram transferidos para o laboratório, onde permaneceram em quarentena em caixas plásticas de 5,5 L com tampa de rede de polietileno. Foram alimentados com pedaços de pseudocaule trocados semanalmente, e mantidos em câmara B.O.D. (23 ± 1 °C e 24 horas escotofase).

Com os dados obtidos foi estudada a flutuação populacional, a infecção natural pelo fungo e a razão sexual. Os dados das capturas de insetos foram correlacionados com fatores climáticos (temperatura média, mínima e máxima, precipitação e umidade relativa), obtidos da estação meteorológica (Código 02351011, 23° 16' S, 51° 01' O, 484msnm) do Instituto Agrônomo de Paraná (IAPAR) em Ibiporã, Paraná.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desde o início das coletas, em agosto de 2008 (média de 59,5 insetos/armadilha), observou-se diminuição dos insetos capturados até novembro de 2009 (média de 25,9 insetos/armadilha) (Figura 4.2). As coletas de dezembro de 2008 a fevereiro de 2009 não foram computadas, pois os dados foram perdidos. Já em março observa-se um incremento até alcançar o pico em maio (média de 80,7 insetos/armadilha). Posteriormente observa-se uma diminuição das capturas com um valor final médio de 11,5 insetos/armadilha.

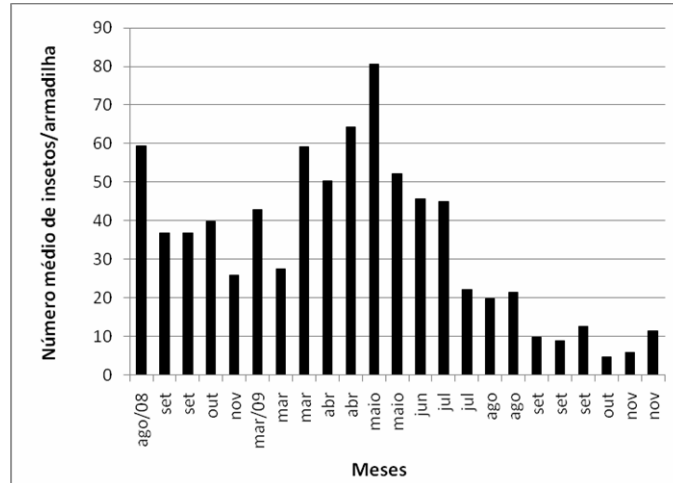


Figura 4.2 – Flutuação populacional de adultos de *C. sordidus* em bananal cv. Grande Naine na localidade de Iporã, Paraná, no período agosto de 2008 a novembro de 2009.

Picos máximos de captura têm sido citados também para períodos similares. Batista Filho et al. (1991) reportaram para a localidade de Miracatu (SP), valores máximos de captura em cv. Nanica no mês de maio, enquanto Prestes et al. (2006) obtiveram valores populacionais maiores nos meses de Junho e julho para o cv. Nanição na localidade de São Miguel de Iguazu (PR). Ao contrario destes resultados, Lins et al. (2008) obtiveram valores máximos de captura no mês de setembro no Município de Una em Bahia, coincidente com os menores níveis de precipitação.

O número médio de insetos/armadilha capturados durante todo o período de avaliação foi 32,3. Em trabalhos de monitoramento de *C. sordidus* utilizando iscas tipo telha feitas de pseudocaule, observaram-se valores médios mensais de 5,1 e 2,8 adultos/isca nos cultivares Nanição e Nanica, respectivamente (BATISTA FILHO et al., 1991), e entre 2,9 e 6,1 adultos/isca no cultivar Nanição (PRESTES et al., 2006). Já com a utilização de feromônio os valores de captura aumentam para 44,4 insetos/armadilha (REDDY et al., 2008) e entre 30 e 40 insetos/armadilha (TINZAARA et al., 2007b).

O maior valor médio de capturas no presente trabalho pode-se dever ao uso de armadilhas com feromônio associado a pseudocaule, o qual pode aumentar significativamente as capturas em relação ao uso exclusivo de pseudocaule (DE GRAAF et al., 2005; TINZAARA et al., 2007b) e a uma possível maior infecção da praga no bananal em comparação a outras localidades. A diferença entre o valor médio de insetos/armadilha no início (59,5) e no final (11,5) do período avaliado mostra uma redução de 81% nas capturas, o que poderia supor um efeito de controle massal dos insetos no período. Esta redução pode-se observar também ao comparar os meses de agosto, setembro, outubro e novembro do ano

2008 e 2009, onde observou-se diminuições de 67, 70, 88 e 77%, respectivamente, além de evidenciar uma tendência estacional entre esses meses (Figura 4.3).

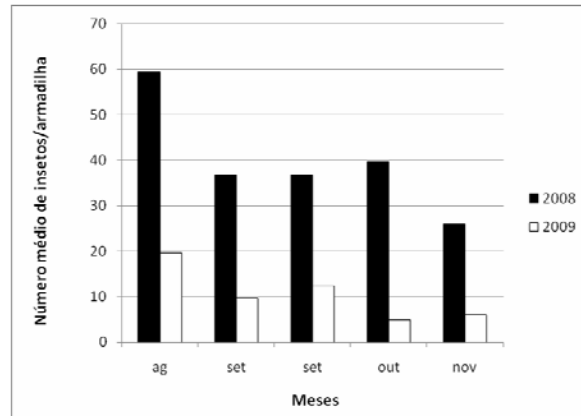


Figura 4.3 – Capturas de adultos de *C. sordidus* nos meses de agosto a novembro dos anos 2008 e 2009, na localidade de Ibiporã, Paraná.

O valor médio de infecção natural de *C. sordidus* pelo fungo *B. bassiana* foi de 1,73%, com mínimo de 0 % em maio e máximo de 8,3% no mês de outubro (Figura 4.4). Valores similares de infecção foram obtidos por De Souza et al. (apud GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001), com média de 1-2% e um pico de 8%. Prestes et al. (2006) obteve um valor médio de 0,44% de infecção natural durante um ano de avaliação enquanto que Silva (1985) observou 0,97%. Em geral, as taxas de infecção natural da broca da bananeira tendem a ser muito baixas (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; TINZAARA et al., 2007a).

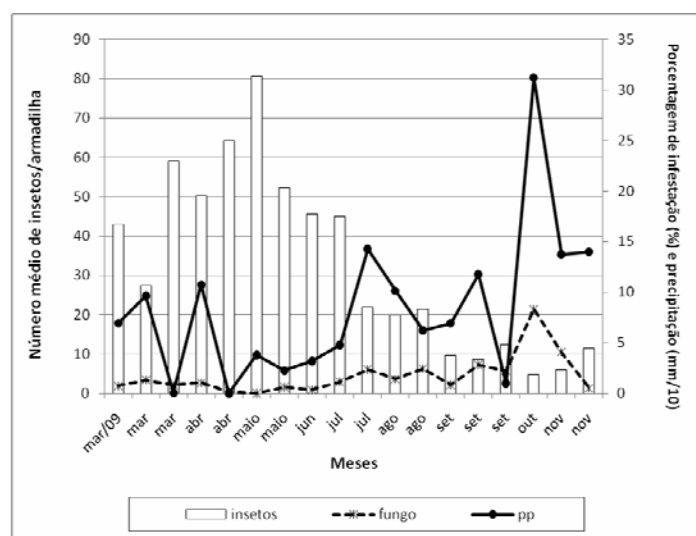


Figura 4.4 – Flutuação populacional de adultos de *C. sordidus*, infecção natural por *B. bassiana* e precipitação no período agosto de 2008 a novembro de 2009. Os dados de precipitação foram divididos por 10 para ajustar a curva na escala da figura.

Obteve-se correlação significativa negativa entre a precipitação e a quantidade de adultos capturados ($R^2=0,37$; $p=0,0071$) (Tabela 4.1, Figura 4.5). Estes resultados coincidem com os obtidos por Reddy et al. (2008) e Prestes et al. (2006), que atribuem o excesso de água a inviabilidade do pseudocaulo como refugio dos insetos. Batista Filho et al. (1991) e Lins et al. (2008) também observaram uma diminuição da captura dos insetos nos meses com menor registro de precipitação, enquanto que Fancelli e Mesquita (1998) indicam que em épocas de alta precipitação, há um decréscimo da atividade do inseto. Contrariamente, De Graff (2006) observou uma correlação significativa positiva entre estas duas variáveis.

Tabela 4.1 – Equações de regressão e coeficientes de correlação obtidos entre fatores climáticos e o número médio de adultos de *C. sordidus*/armadilha e a porcentagem de infecção natural pelo fungo *B. bassiana*, na localidade de Ibiporã, Paraná, no período março-novembro de 2009.

Fator ambiental	Número médio adultos/armadilha		Infecção natural com <i>B. bassiana</i>	
	Equação de regressão	Coefficiente de correlação (r)	Equação de regressão	Coefficiente de correlação (r)
Temperatura Máxima (°C)	$y = 23,08 - 0,34x$	0,05	$y = 2,49 - 0,03x$	0,05
Temperatura Mínima (°C)	$y = 41,36 - 0,53x$	0,06	$y = 1,39 + 0,02x$	0,03
Temperatura Média (°C)	$y = 36,18 - 0,18x$	0,02	$y = 1,66 + 0,003x$	0,005
Precipitação (mm)	$y = 48,25 - 0,19x$	-0,61*	$y = -0,074 + 0,02x$	0,82*
Umidade Relativa do ar (%)	$y = 133,25 - 1,35x$	0,37	$y = -1,61 + 0,05x$	0,14

* Significativa a 1%

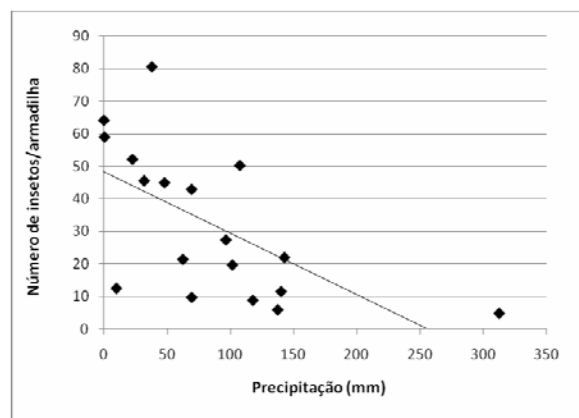


Figura 4.5 – Curva de dispersão entre a precipitação e captura de insetos adultos de *C. sordidus* no período março a novembro de 2009 ($R^2=0,37$; $p=0,0071$).

Correlação significativa e positiva foi observada entre a precipitação e a porcentagem de infecção natural de *C. sordidus* por *B. bassiana* ($R^2=0,68$; $p<0,0001$) (Tabela 4.1, Figuras 4.4 e 4.6). O ciclo das relações fungo-hospedeiro depende das condições ambientais com a umidade como uma das mais importantes (ALVES, 1998). Por outro lado, a umidade presente sobre os insetos ou sobre os locais onde eles vivem é mais importante para ocorrência da doença quando comparada com a umidade atmosférica (ALVES; LECUONA, 1998; TANADA; KAYA, 1993).

Neste sentido, uma maior precipitação traduz-se numa maior umidade no solo, fator primordial na conservação e ação dos fungos no solo (CHARNLEY, 1997), onde valores maiores de 90% de umidade são requeridos para a germinação e esporulação dos conídios (FERRON, 1981; TANADA; KAYA, 1993). Além da maior germinação e esporulação do fungo, devido a precipitações em quantidade não excessiva, esta pode ajudar na dispersão do inoculo a uma grande distância (FUXA; TANADA, 1987), favorecendo o processo e manifestação da doença.

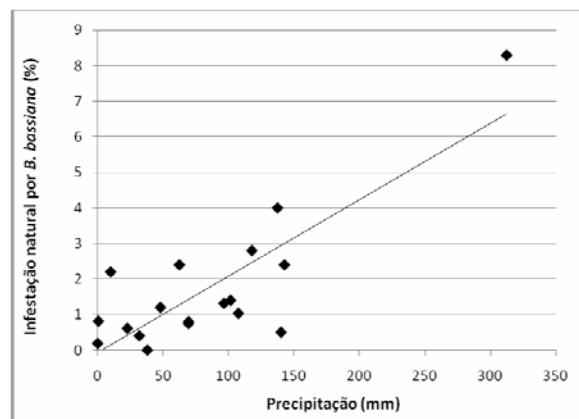


Figura 4.6 – Curva de dispersão entre a precipitação e a porcentagem de infecção natural de *C. sordidus* por *B. bassiana* no período março a novembro de 2009 ($R^2=0,68$; $p<0,0001$).

A análise de correlação entre os fatores climáticos temperatura máxima, mínima, média e umidade relativa não foi significativa em relação ao número médio de insetos capturados, assim como para o nível de infecção natural com *B. bassiana* (Tabela 4.1). Estes dados coincidem com os resultados observados por Batista Filho et al. (1991) e Prestes et al. (2006), mas discordam da correlação significativa positiva encontrada com a umidade relativa do ar (TINZAARA et al., 2005) e da correlação negativa com a temperatura (DE GRAAF, 2006).

Ao correlacionar o número de capturas de insetos adultos com a porcentagem de infecção natural por *B. bassiana*, obteve-se uma correlação significativa negativa ($R^2=0,37$; $p=0,0071$) (Tabela 4.2, Figuras 4.4 e 4.7). Estes dados coincidem com os resultados de De Souza et al. (apud GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001) e de Prestes et al. (2006) que observaram maiores níveis de infecção nos meses com menor presença de insetos.

Tabela 4.2 – Equações de regressão e coeficientes de correlação obtidos entre o número médio de adultos de *C. sordidus*/armadilha com a porcentagem de infecção natural pelo fungo *B. bassiana*, e a porcentagem de fêmeas, na localidade de Ibiporã, Paraná, no período março-novembro de 2009.

	Número médio adultos/armadilha	
	Equação de regressão	Coefficiente de correlação (r)
Infecção natural com <i>B. bassiana</i>	$y = 44,91 - 7,22x$	-0,61*
Frequência de fêmeas	$y = -87,47 + 1,70x$	0,65*

* Significativa a 1%

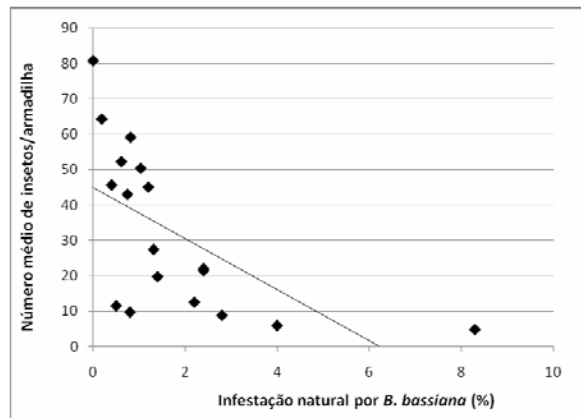


Figura 4.7 – Curva de dispersão entre a captura de insetos adultos de *C. sordidus* e a porcentagem de infecção natural por *B. bassiana* no período março a novembro de 2009 ($R^2=0,37$; $p=0,0071$).

Em relação à proporção de machos e fêmeas entre os insetos capturados no período, observou-se um valor médio de 70,5% fêmeas e 29,5% machos, o que se traduz numa proporção aproximada de 2,4:1. Ao comparar estes resultados com outros também utilizando armadilhas com feromônio, pode-se verificar que existem resultados dispares que mostram uma proporção de machos e fêmeas iguais para ambos os sexos (JAYARAMAN et al., 1997), e em alguns casos maiores valores de atração de fêmeas (DE GRAAF et al., 2005; TINZAARA, 2005). A maior captura de fêmeas pode estar relacionada com sua maior

atividade e movimento a maiores distancias em comparação aos machos, em busca de sítios de ovipostura e acasalamento (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001; TINZAARA, 2005).

A porcentagem de fêmeas apresentou tendência de diminuição até o final do período, com uma diminuição de 18,8% (Figura 4.8).

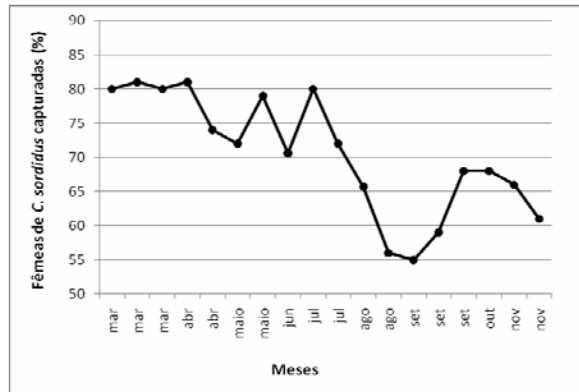


Figura 4.8 – Variação da porcentagem de fêmeas de *C. sordidus* capturadas, em relação ao total de insetos, no período março a novembro de 2009.

Esta tendência de diminuição da porcentagem de fêmeas bem como o número de insetos capturados, verifica-se na correlação significativa positiva observada entre ambos ($R^2=0,42$; $p=0,0038$) (Tabela 4.2 e Figura 4.9).

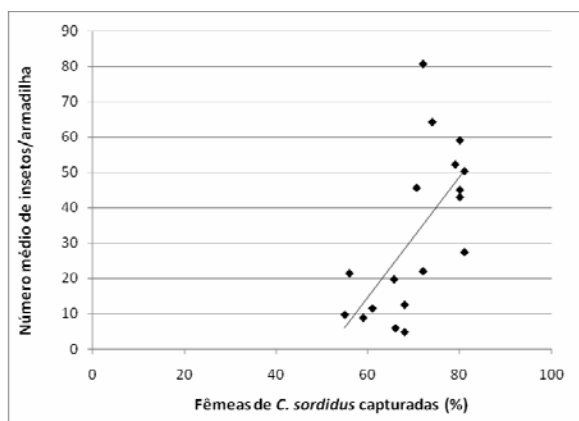


Figura 4.9 – Curva de dispersão entre a captura de fêmeas e número total de *C. sordidus* no período de março a novembro de 2009. ($R^2=0,42$; $p=0,0038$).

A diminuição na porcentagem de fêmeas pode-se dever a estas terem sido capturadas em maior quantidade durante todo o período de coleta em comparação aos machos, e ao possível menor aumento de sua população. Na época de maior captura de fêmeas observou-se uma maior densidade de insetos, o que segundo Gold et al. (apud GOLD;

PEÑA; KARAMURA, 2001) pode afetar a oviposição e sobrevivência de estádios imaturos. Na mesma época se teve menores precipitações, momento no qual também se teria uma menor oviposição (GOLD; PEÑA; KARAMURA, 2001). Assim, pode assumir-se que a taxa de aparição de novas fêmeas foi menor que a sua captura, dando como resultado uma diminuição de sua porcentagem de coleta ao final do período.

4.6 CONCLUSÕES

Existe uma correlação significativa positiva entre a precipitação e a infecção natural por *B. bassiana*, e entre o número médio de insetos/armadilha e a proporção de fêmeas.

Existe uma correlação significativa negativa entre a precipitação e o número médio de insetos/armadilha, e entre este último e a infecção natural pelo fungo.

5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os bioensaios de isolados de *B. bassiana* sobre *C. sordidus* permitiram agrupá-los segundo sua virulência em três categorias, sendo o grupo mais virulento formado por quinze isolados que provocaram mortalidade acima de 70%. O isolado CG1024 foi o mais virulento com 96,7% de mortalidade de *C. sordidus*. Observou-se que a virulência dos isolados testados não está relacionada ao tempo médio de morte. Isto é confirmada considerando que o Tempo Médio de Morte provocado pelos isolados CG1013 (8,4 dias) e CG1030 (8,5 dias) foi similar, entretanto, a virulência foi significativamente diferente e de 91,7 e 28,3%, respectivamente. Estas diferenças na mortalidade, provavelmente devam-se à distinta capacidade de adesão, germinação e penetração dos conídios dos diferentes isolados, como também à heterogeneidade na idade e longevidade dos insetos utilizados. Nos bioensaios, pode-se verificar que a curva de mortalidade confirmada acumulada dos insetos, segue um padrão logarítmico, com 74% da mortalidade nos primeiros onze dias de avaliação e um pico máximo no sexto dia. Para a seleção do melhor isolado não é suficiente conhecer somente a sua virulência, sendo necessário também caracterizar-los quanto ao seu comportamento nas condições de campo.

Enquanto a prevalência do fungo foi de 0,3% nos dois últimos meses prévios ao ensaio de marcação, inoculação e liberação, ao final do período de capturas e avaliações, os insetos sadios marcados e os não marcados do campo apresentaram 3,7 e 4,7% de infecção, respectivamente. O potencial de transmissão horizontal do fungo entre insetos adultos pode ter sido de tipo direto entre os indivíduos, assim como indireto com a chuva como agente de dispersão dos conídios, uma vez que a maior parte dos insetos sadios liberados e que morreram pelo fungo, foram capturados longe do ponto de liberação do inóculo. Para haver confirmação real do processo de transmissão do fungo entre insetos em campo, seria necessário efetuar uma marcação do isolado de *B. bassiana* utilizado no ensaio, assim como delimitar com barreiras a área de estudo para ter segurança de que ocorreu contacto entre os insetos inoculados e sadios. A alta mortalidade observada em laboratório com o isolado CG1024 (96,7%) não assegura valores similares quando o fungo se desenvolve no campo, onde foram observados valores de mortalidade sobre insetos sadios menores a 5%.

Ao avaliar as armadilhas de liberação de *B. bassiana* entre as 18:00 e 06:00 hrs, observou-se maior quantidade de insetos coletados entre as 22:00 e 02:00 hrs, sendo a armadilha tipo rampa com feromônio mais pseudocaule a mais atrativa. A armadilha tipo

telha feita de pseudocaule não seria recomendável num sistema de liberação do fungo, uma vez que os insetos permaneceram nela uma média 23,7 hrs. com um máximo de 48 horas. Isso diminui as chances de contacto entre insetos e impediria uma eficiente dispersão do fungo, aspecto vital da transmissão horizontal e ocorrência de epizootia.

A diminuição de 81% das capturas desde o início ao término das avaliações pode ser devida a um efeito de controle massal no curso do período, mais do que a uma flutuação natural da população. Porém, observou-se similaridade na redução das capturas entre os meses de agosto a novembro dos anos 2008 e 2009 avaliados separadamente, o que pode estar indicando uma tendência estacional independente da quantidade de insetos capturados. A flutuação populacional dos insetos adultos de *C. sordidus* tem uma correlação significativa e negativa com a precipitação e a infecção natural pelo fungo *B. bassiana*. Esta relação observa-se nos máximos valores de captura de insetos no outono (estação seca) com tendência a diminuição nos meses de primavera-verão (estação chuvosa).

REFERÊNCIAS

- ABERA, A. M. K.; HASYIM, A.; GOLD, C. S.; VAN DRIESCHE, R. G. Field surveys in Indonesia for natural enemies of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). **Biological Control**, Holanda, v.37, n.1, p.16-24, abr. 2006.
- AKELLO, J.; DUBOIS, T.; GOLD, C. S.; COYNE, D.; NAKAVUMA, J.; PAPARU, P. *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin as an endophyte in tissue culture banana (*Musa* spp.). **Journal of Invertebrate Pathology**, Holanda, v.96, n.1, p.34-42, set. 2007.
- AKELLO, J.; DUBOIS, T.; COYNE, D.; KYAMANYWA, S. Endophytic *Beauveria bassiana* in banana (*Musa* spp.) reduces banana weevil (*Cosmopolites sordidus*) fitness and damage. **Crop Protection**, Holanda, v.27, n.11, p.1437-1441, nov. 2008a.
- AKELLO, J.; DUBOIS, T.; COYNE, D.; KYAMANYWA, S. Effect of endophytic *Beauveria bassiana* on populations of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, and their damage in tissue-cultured banana plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Holanda, v.129, n.2, p.157-165, nov. 2008b.
- ALMEIDA, A. M. B.; BATISTA FILHO, A.; TAVARES, F. M.; LEITE, L. G. Seleção de isolados de *Beauveria bassiana* para o controle de *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.76, n.3, p.489-493, jul./set. 2009.
- ALVES, E. J.; LIMA, M. B.; SEREJO, J. A. S.; TRINDADE, A. V. Capítulo V: Propagação. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Org.). **O Cultivo da Bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.59-86.
- ALVES, S. B. Capítulo 11: Fungos Entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Org.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.289-381.
- ALVES, S. B.; ALMEIDA, J. E. M.; MOINO JR., A.; ALVES, L. F. A. Capítulo 20: Técnicas de laboratório. In: ALVES, S. B. (Org.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.637-711.
- ALVES, S. B.; LECUONA, R. E. Capítulo 5: Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. In: ALVES, S. B. (Org.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.97-170.

ALVES, S. B.; PEREIRA, R. M.; LOPES, R. B.; TAMAI, M. A. Use of Entomopathogenic Fungi in Latin America. In: UPADHYAY, R. K. (Org.). **Advances in Microbial Control of Insect Pest**. 1. ed. USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2003. p.193-211.

ALVES, S. B.; LOPES, R. B.; VIEIRA, S. A.; TAMAI, M. A. Capítulo 3: Fungos entomopatogênicos usados no controle de pragas na América Latina. In: ALVES, S. B.; LOPES, R. B. (Org.). **Controle Microbiano de Pragas na America Latina: Avanços e Desafios**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 2008. p.69-110.

BATISTA FILHO, A.; CAMARGO, L. M. P. C. A.; MYAZAKI, I.; CRUZ, B. P. B.; OLIVEIRA, D. A. Controle biológico do “moleque” da bananeira (*Cosmopolites sordidus*, Germar, 1824) pelo uso de fungos entomógenos, no laboratório. **Biológico**, São Paulo, v.53, n.1/6, p.1-6, jan./jun. 1987.

BATISTA FILHO, A.; LEITE, L. G.; RAGA, A.; SATO, M. E. Atração de *Cosmopolites sordidus* GERMAR (Coleoptera: Curculionidae) por iscas do tipo “sanduíche” e “telha”. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.57, n.1/2, p.9-13, jan./dez. 1990.

BATISTA FILHO, A.; SATO, M. E.; RAGA, A.; LEITE, L. G.; PRADA, A. Flutuação populacional da broca da bananeira (*Cosmopolites sordidus* GERMAR) em Miracatu, SP. **Ecossistema**, São Paulo, v.16, p.46-53, out. 1991.

BATISTA FILHO, A.; LEITE, L. G.; RAGA, A.; SATO, M. E.; OLIVEIRA J. A. Utilização de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no manejo de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824, em Miracatu, SP. **Biológico**, São Paulo, v.57, n.1/2, p.17-19, jan./dez. 1995.

BATISTA FILHO, A.; LEITE, L. G.; ALVES, E. B.; AGUIAR, J. C. Controle de *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) por Fipronil e seu efeito sobre *Beauveria bassiana*. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.63, n.2, p.47-51, jul./dez. 1996.

BATISTA FILHO, A.; TAKADA, H. M.; CARVALHO, A. G. Brocas da bananeira. In: **REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO: Banana**, 6, 2002, São Bento do Sapucaí-SP: Instituto Biológico, 2002. p.1-16.

BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. Capítulo I: Exigências Edafoclimáticas. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Org.). **O Cultivo da Bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.15-23.

BOUCIAS, D. G.; PENDLAND, J. C. **Principles of Insect Pathology**. 1 ed. EUA: Kluwer Academic Publisher, 1998.

BRAIMAH, H; VAN EMDEN H. F. Evidence for the presence of chemicals attractive to the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) in dead banana leaves. **Bulletin of Entomological Research**, Inglaterra, v.89, n.6, p.485-491, dez. 1999.

BRASIL, Ministério de Agricultura, Pesca e Absteimento. **Agrofit**. Disponível em:<http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 9 nov. 2009.

BRENES, S; CARBALLO, V. M. Evaluación de *Beauveria bassiana* (Bals.) para el control del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* (Germar). **Manejo Integrado de Plagas**, Inglaterra, v.31, p.17-21, 1994.

CHABRIER, C.; HUBERVIC, J.; JULES-ROSETTE, R.; QUÉNÉHERVÉ, P. Evaluation de l'efficacité de deux formulations d' oxamyl contre les nématodes et le charançon des bananiers a la martinique. **Nematropica**, EUA, v.35, n.1, p.11-21, set. 2005.

CHARNLEY, A. K. Capítulo 12: Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: ESSER, K.; LEMKE, P. A. (Org.). **The Mycota, a comprehensive treatise on fungi as experimental systems of basic and applied research**. 1. ed. Alemanha: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997. p.185-201.

DE GRAAF, J. **Integrated Pest Management of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), in South Africa**. 2006. Thesis PhD-University of Pretoria, Pretoria.

DE GRAAF, J.; GOVENDER, P.; SCHOEMAN, A. S.; VILJOEN, A. Efficacy of pseudostem and pheromone seasonal trapping of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* in South Africa. **International Journal of Pest Management**, Inglaterra, v.51, n.3, p.209–218, jun./set. 2005.

DE GRAAF, J.; GOVENDER, P.; SCHOEMAN, A. S.; VILJOEN, A. Efficacy of cultural control measures against the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar), in South Africa. **Journal of Applied Entomology**, Alemanha, v.132, n.1, p.36–44, fev. 2008.

FANCELLI, M. Capítulo XI: Pragas e seu Controle. In: BORGES, A. L.; SOUZA, L. S. (Org.). **O Cultivo da Bananeira**. 1. ed. Cruz das Almas-BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.195-208.

FANCELLI, M.; MESQUITA, A. L. Capítulo 3: Pragas da Bananeira. In: SOBRINHO, R. B.; CARDOSO, J. E.; FREIRE, F. CH. (Org.). **Pragas de Fruteiras Tropicais de Importancia Agroindustrial**. 1. ed. Fortaleza: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Agroindustria Tropical (CNPAT), 1998. p.41-51.

FAO, **Faostat**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 9 nov. 2009.

FERRAZ, L. C. C. B. Capítulo 16: Nematóides entomopatogênicos. In: ALVES, S. B. (Org.). **Controle Microbiano de Insetos**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. p.541-569.

FERRON, P. Capítulo 24: Pest Control by the Fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In: BURGESS, H. D. (Org.). **Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980**. 1. ed. Londres: Academic Press, 1981. p.465-482.

FUXA, J. R.; TANADA, Y. **Epizootiology of Insect Diseases**. 1. ed. New York: Wiley Interscience Publ., 1987.

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

GODONOU, I.; GREEN, K. R.; ODURO, K. A.; LOMER, C. J.; AFREH-NUAMAH, K. Field Evaluation of Selected Formulations of *Beauveria bassiana* for the Management of the Banana Weevil (*Cosmopolites sordidus*) on Plantain (*Musa* spp., AAB Group). **Biocontrol Science and Technology**, Inglaterra, v.10, n.6, p.779-788, dez. 2000.

GOETTEL., M. S.; INGLIS, G. D. Chapter V-3: Fungi: Hyphomycetes. In: LACEY, L. (Org.). **Manual of Techniques in Insect Pathology**. 1. ed. Londres: Academic Press, 1997. p.153-185.

GOETTEL, M. S.; INGLIS, G. D.; WRAIGHT, S. P. Capítulo IV: Fungi. In: LACEY, L. A.; KAYA, H. K. (Org.). **Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests**. 1. ed. Holanda: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.255-282.

GOLD, C. S.; PEÑA, J. E.; KARAMURA, E. B. Biology and integrated pest management for the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). **Integrated Pest Management Reviews**, Holanda, v.6, n.2, p.79-155, jun. 2001.

GOLD, C. S.; PINESE, B.; PENA, J. E. Pest of banana. In: PENA, J. E., SHARP, J. L., WYSOKI, M. (Org.). **Tropical Fruit Pest and Pollinators: Biology, economic importance, natural enemies and control**. 1. ed. Inglaterra: CABI Publishing, 2002. p.13-56.

GOLD, C. S.; NIGHT, G.; RAGAMA, P. E.; KAGEZI, G. H.; TINZAARA, W.; ABERA, A. M. K. Field distribution of banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) adults in cooking

banana stands in Uganda. **International Journal of Tropical Insect Science**, Inglaterra, v.24, n.3, p.242–248, set. 2004.

GOLD, C. S.; OKECH, S. H.; McINTYRE, B. D.; KAGEZI, G. H.; RAGAMA, P. E.; NIGHT, G. Effects of mulch on banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) populations and damage in Uganda. **Crop Protection**, Holanda, v.25, n.11, p.1153–1160, nov. 2006.

JAYARAMAN, S.; NDIEGE, I. O.; OEHLSCHLAGER, A. C.; GONZALEZ, L. M.; ALPIZAR, D.; FALLES, M.; BUDENBERG, W. J.; AHUYA, P. Synthesis, analysis, and field activity of sordidin, a male-produced aggregation pheromone of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. **Journal of Chemical Ecology**, Holanda, v.23, n.4, p.1145–1161, abr. 1997.

JEGER, M. J.; WALLET, J. M.; JOHANSONS, A.; GOWEN, S. R. Monitoring in banana pest management. **Crop Protection**, Inglaterra, v.15, n.4, p.391–397, jun. 1996.

JORDÃO, A. L.; BATISTA FILHO, A.; LEITE, L. G.; BERIAM, L. O. S.; ALMEIDA, J. E. M. Caracterização e eficiência de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. no controle de *Cosmopolites sordidus*. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.66, n.2, p.107-111, jul./dez. 1999.

KRAUSS, U.; HIDALGO, E.; ARROYO, C.; PIPER, S. R. J. Interaction Between the Entomopathogens *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* and the Mycoparasites *Clonostachys* spp., *Trichoderma harzianum* and *Lecanicillium lecanii*. **Biocontrol Science and Technology**, Inglaterra, v.14, n.4, p.331–346, jun. 2004.

KOPPENHOFER, A. M.; SESHU REDDY, K. V.; SIKORA, R. A. Reduction of banana weevil populations with pseudostem traps. **International Journal of Pest Management**, Inglaterra, v.40, n.4, p.300–304, 1994.

LINS, R. D.; DANTAS, A. C. V. L.; FANCELLI, M.; CARVALHO, C. A. L.; LEITE, J. B. V. Infestação da broca-do-rizoma em variedades e híbridos de bananeira em uma, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas-Bahía, v.20, n.1, p.105-108, jan/mar. 2008

LONGORIA, A. G. G. Diferencias sexuales en la morfología externa de *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera, Curculionidae), **Ciencias Biológicas**, La Habana-Cuba, n.1, p.1–11, maio. 1968.

LOPES, R. B.; MICHEREFF FILHO, M.; TIGANO, M. S.; NEVES, P. M. O. J. N.; LEMA, E. A.; FANCELLI, M.; SILVA, J. P. Virulence and potential transmission of Brazilian

selected strains of *Beauveria bassiana* against the banana weevil *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions. Embrapa Cenargem (ainda não publicado).

MASANZA, M.; GOLD, C. S.; VAN HUIS, A.; RAGAMA, P. E.; OKECH, S. H. O. Effect of crop sanitation on banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) populations and crop damage in farmers' fields in Uganda. **Crop Protection**, Holanda, v.24, n.3, p.275–283, mar. 2005a.

MASANZA, M.; GOLD, C. S.; VAN HUIS, A.; RAGAMA, P. E. Effects of covering highland banana stumps with soil on banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) oviposition. **International Journal of Tropical Insect Science**, Inglaterra, v.25, n.1, p.19–24, mar. 2005b.

MASANZA, M.; GOLD, C. S.; VAN HUIS, A. Distribution, timing of attack, and oviposition of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, on banana crop residues in Uganda. **Entomologia Experimentalis ET Applicata**, Holanda, v.117, n.2, p.119–126, nov. 2005c.

MORALES, L.; MOSCARDI, F.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PARO, F. E.; SOLDORIO, I. L. Fluorescent Brighteners Improve *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) Nucleopolyhedrovirus (AgMNPV) Activity on AgMNPV Susceptible and Resistant Strains of the Insect. **Biological Control**, Holanda, v.20, n.3, p.247–253, mar. 2001.

MUSABYIMANA, T.; SAXENA, R. C.; KAIRU, E. W.; OGOL, C. P. K. O.; KHAN, Z. R. Effects of Neem Seed Derivatives on Behavioral and Physiological Responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, EUA, v.94, n.2, p.449–454, abr. 2001.

NANKINGA, C. M.; MOORE, D. Reduction of Banana Weevil Populations Using Different Formulations of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*. **Biocontrol Science and Technology**, Inglaterra, v.10, n.5, p.645–657, out. 2000.

NAKASONE, H. Y.; PAULL, R. E. **Tropical Fruits**. 3. ed. Inglaterra: Biddles Ltd., 2004.

OCAN, D.; MUKASA, H. H.; RUBAIHAYO, P. R.; TINZAARA, W.; BLOMME, G. Effects of banana weevil damage on plant growth and yield of East African Musa genotypes. **Journal of Applied Biosciences**, Kenya, v.9, n.2, p.407–415, 2008.

OGENGA-LATIGO, M. W.; MASANZA, M. Comparative control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*, by the fungal pathogen, *Beauveria bassiana*, and some insecticides when used in combination with pseudostem trapping. **African Crop Science Journal**, África do Sul, v.4, n.4, p.483–489, 1996.

PANTOJA, A.; SALAZAR, A.; MACCHIAVELLI, R. Recognition of Instars and Adult Trap Catches of *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) from Plantains in Puerto Rico. **Annals of the Entomological Society of America**, EUA, v.99, n.5, p.875–878, set. 2006.

PRANDO, F. H.; FERREIRA, R. A. Capítulo 11: Broca-do-rizoma da bananeira. In: SALVADORI, J. R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Org.). **Pragas do Solo no Brasil**. 1. ed. Passo Fundo-RS: Embrapa Trigo, 2004. p.319-344.

PRESTES, T. M. V.; ZANINI, A.; ALVES, L. F. A.; BATISTA FILHO, A.; RODHE, C. Aspectos ecológicos da população de *Cosmopolites sordidus*, (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) em São Miguel do Iguaçu, PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.27, n.3, p.333–350, jul./set. 2006.

RATH, A. C. Microecology of Entomopathogenic Fungi. In: **INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON INVERTEBRATE PATHOLOGY AND MICROBIAL CONTROL: Ecology of Entomopathogenic Fungi in Field Soils**, 8, 2002, Foz de Iguaçu-PR: Society For Invertebrate Pathology, 2002. p.65-71.

REDDY, G. V. P.; CRUZ, Z. T.; NAZ, F.; MUNIAPPAN, R. A pheromone-based trapping system for monitoring the population of *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Plant Protection Research**, Polônia, v.48, n.4, p.515–527, 2008.

REDDY, G. V. P.; CRUZ, Z. T.; GUERRERO, A. Development of an Efficient Pheromone-Based Trapping Method for the Banana Root Borer *Cosmopolites sordidus*. **Journal of Chemical Ecology**, Holanda, v.35, n.1, p.111–117, jan. 2009.

ROBINSON, J. C. **Bananas and Plantains**. 3. ed. Cambridge: University Press, 2003.

ROY, H. E.; PELL, J. K. Interactions Between Entomopathogenic Fungi and Other Natural Enemies: Implications for Biological Control. **Biocontrol Science and Technology**, Inglaterra, v.10, n.6, p.737–752, dez. 2000.

RUKAZAMBUGA, T. M.; GOLD, C. S.; GOWENT, S. R. Yield loss in East African highland banana (*Musa* spp., AAA-EA group) caused by the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* Germar. **Crop Protection**, Inglaterra, v.17, n.7, p.581–589, set. 1998.

RUKAZAMBUGA, T. M.; GOLD, C. S.; GOWENT, S. R.; RAGAMAL P. The influence of crop management on banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) populations and yield of highland cooking banana (cv. Atwalira) in Uganda. **Bulletin of Entomological Research**, Inglaterra, v.92, n.5, p.413–421, out. 2002.

SAMSON, R. A.; EVANS, H. C.; LATGÉ, J. P. Atlas of Entomopathogenic Fungi. 1. ed. Holanda: Springer-Verlag, 1988.

SANTORO, P. H.; NEVES, P. M. O. J.; ALEXANDRE, T. M.; ANGELI, L. F. Interferência da metodologia nos resultados de bioensaios de seleção de fungos entomopatogênicos para o controle de insetos. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v.42, n.4, p.483–489, 2007.

SILVA, C. G. **Estudo do comportamento da broca da bananeira *Cosmopolites sordidus* (GERMAR, 1824) (Col.: Curculionidae), visando ao seu controle.** 1985. Tese Doutorado-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Brasil.

TANADA, Y.; KAYA, H. **Insect Pathology.** 1. ed. New York: Academic Press, 1993.

TINZAARA, W. **Chemical ecology and integrated management of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* in Uganda.** 2005. Thesis PhD- Wageningen University, Holanda.

TINZAARA, W.; GOLD, C. S.; DICKE, M.; VAN HUIS, A.; RAGAMA, P. E. Factors influencing pheromone trap effectiveness in attracting the banana weevil, *Cosmopolites sordidus*. **International Journal of Pest Management**, Inglaterra, v.51, n.4, p.281–288, out./dez. 2005.,

TINZAARA, W.; TUSHEMEREIRWE, W.; NANKINGA, C. K.; GOLD, C. S.; KASHAIJA, I. The potential of using botanical insecticides for the control of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). **African Journal of Biotechnology**, África do Sul, v.5, n.20, p.1994–1998, out. 2006.

TINZAARA, W.; GOLD, C. S.; DICKE, M.; VAN HUIS, A.; NANKINGA, C. M.; KAGEZI, G. H.; RAGAMA, P. E. The use of aggregation pheromone to enhance dissemination of *Beauveria bassiana* for the control of the banana weevil in Uganda. **Biocontrol Science and Technology**, Inglaterra, v.17, n.2, p.111–124, mar. 2007a.

TINZAARA, W.; GOLD, C. S.; DICKE, M.; VAN HUIS, A.; RAGAMA, P. E. Host plant odours enhance the responses of adult banana weevil to the synthetic aggregation pheromone Cosmolure+. **International Journal of Pest Management**, Inglaterra, v.53, n.2, p.127–137, abr./Jun. 2007b.

VALLEJO, L. F.; SÁNCHEZ, R.; SALGADO, M. Redescrición del adulto y descripción de los estados inmaduros de *Cosmopolites sordidus* Germar, 1824 (Coleoptera: Curculionidae), el picudo negro barrenador del plátano en Colombia. **Boletín Científico-Centro de Museos**, Colombia, v.11, p.361–375, jan./dez. 2007.

ANEXOS

ANEXO A – Origem dos isolados de *B. bassiana* utilizados nos ensaios de seleção para o controle de *C. sordidus*.

Isolado	Hospedeiro	Procedência
CG0011	<i>Sternechus subsignatus</i>	Londrina-PR
CG0017	<i>Hypothenemus hampei</i>	Piracicaba-SP
CG0138	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Recife-PE
CG0451	<i>Solenopsis invicta</i>	Mato Grosso-MT
CG0458	<i>Anthonomus grandis</i>	Londrina-PR
CG0475	<i>Sternechus subsignatus</i>	Londrina-PR
CG0545	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Aracajú-SE
CG0547	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Estância-SE
CG0556	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	Santa Luzia do Itanhhy-SE
CG0557	<i>Homalinotus coriaceus</i>	Ilha das flores-SE
CG0864	<i>Homalinotus coriaceus</i>	Río do Janeiro-RJ
CG0865	<i>Rhynchophorus palmarum</i>	SE
CG0876	<i>Metamasius hemipterus</i>	BA
CG0877	<i>Cosmopolites sordidus</i>	CE
CG0890	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Itajaí-SC
CG0919	<i>Hypothenemus hampei</i>	São José do Rio Preto-SP
CG1013	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Brasília-DF
CG1022	Desconhecido	Cruz das Almas-BA
CG1024	<i>Metamasius hemipterus</i>	Cruz das Almas-BA
CG1026	Membracis	Cruz das Almas-BA
CG1027	<i>Atta</i> sp.	Piracicaba-SP
CG1028	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Cruz das Almas-BA
CG1030	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Cruz das Almas-BA
CG1031	<i>Castnia invaria volitans</i>	Cruz das Almas-BA
CG1032	Desconhecido	Cruz das Almas-BA
CG1033	Desconhecido	Cruz das Almas-BA
CG1034	<i>Cosmopolites sordidus</i>	Petrolina-PE
CG1036	<i>Lyzothopteus eryzosperulu</i>	Japão
CG1037	Solo	Cascavel-PR

ANEXO B – Dados climáticos da localidade de Ibiporã correspondentes ao período experimental.

Ano	Data captura	T Max.	T Min.	T Med.	UR	PP
		°C	°C	°C	(%)	(mm)
2009	4 mar.	31,4	21,5	25,7	74,0	69,3
	17 mar.	31,2	20,4	24,9	71,9	96,4
	31 mar.	30,7	20,1	24,5	70,3	0,5
	15 abr.	30,8	19,3	24,4	69,0	107,4
	27 abr.	29,0	16,9	22,2	64,9	0,0
	11 maio	27,3	16,0	20,5	73,9	37,9
	27 maio	26,5	15,5	20,1	72,4	22,6
	11 jun.	22,1	11,9	16,2	74,1	31,8
	30 jun.	22,5	13,1	16,8	79,6	47,9
	21 jul.	22,9	14,2	17,8	82,3	142,6
	5 ago.	22,0	14,8	17,7	84,3	101,5
	21 ago.	25,5	15,2	19,4	73,0	62,4
	9 set.	26,5	15,9	20,5	70,9	69,4
	24 set.	26,7	17,8	21,5	78,9	117,7
	29 set.	29,0	16,8	22,0	64,2	9,9
	21 out.	27,2	16,9	21,3	76,7	312,2
	11 nov.	29,8	19,1	24,0	75,5	137,3
	25 nov.	31,6	19,6	24,6	87,9	140,0

Obs.: Dados correspondem ao valor médio dos registros durante o período compreendido entre datas de capturas sucessivas.