
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)**

**BIOECOLOGIA, MONITORAMENTO E ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE
ESPÉCIES DE FORMIGAS ASSOCIADAS A PÉROLA-DA-TERRA *Eurhizococcus
brasiliensis* (HEMIPTERA: MARGARODIDAE) EM VINHEDOS DA REGIÃO SUL DO
BRASIL**

ALINE NONDILLO

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia).

Janeiro - 2013

ALINE NONDILLO

**BIOECOLOGIA, MONITORAMENTO E ALTERNATIVAS DE CONTROLE DE
ESPÉCIES DE FORMIGAS ASSOCIADAS A PÉROLA-DA-TERRA *Eurhizococcus
brasiliensis* (HEMIPTERA: MARGARODIDAE) EM VINHEDOS DA REGIÃO SUL
DO BRASIL**

**Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia do Campus de Rio Claro,
Universidade Estadual Paulista “Júlio
de Mesquita Filho”, como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Doutor em Ciências Biológicas
(Zoologia).**

Orientador: Prof. Dr. Odair Correa Bueno

Co-orientador: Dr. Marcos Botton

Rio Claro

2013

À minha família pelo apoio, carinho e incentivo em todos os momentos da minha vida. Por não medirem esforços para que meu sonho se tornasse realidade.

Ao meu namorado Marcus, por me dedicar todo amor, carinho, incentivo necessários para o cumprimento de mais esta etapa.

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por toda força concedida durante este trajeto.

À minha mãe Adoraci que me deu a coragem e a motivação necessária para realizar todos os meus sonhos nesta importante etapa da minha vida. Ao meu pai Rui por não ter medido esforços na construção de tantos apetrechos que precisei ao longo de meu trabalho. Aos meus irmãos Rafael e Tiago pela paciência e compreensão.

Ao meu amor Marcus por todo incentivo, pela enorme paciência, pelos conselhos e críticas, por estar sempre ao meu lado e principalmente por fazer parte da minha vida e por tornar meus dias muito mais felizes.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Odair Correia Bueno por permitir que eu fizesse parte do seu grupo de pesquisa, por sua amizade, paciência, pelos valiosos ensinamentos, pela confiança depositada em mim desde o início e principalmente por ter aceito enfrentar comigo o grande desafio de trabalhar com insetos tão complicados.

Ao meu co-orientador Dr. Marcos Botton, sempre presente em toda minha vida acadêmica, meu eterno agradecimento por me incentivar em todas as etapas percorridas até aqui. Agradeço sua amizade, confiança, seus valiosos ensinamentos e por estar sempre indicando os melhores caminhos, possibilidades e oportunidades.

Aos meus amigos Cindy Correa Chaves, Cleber Baronio, Chaine Zanchet, Daniel Bernardi, Giulia Trucullo, Leonardo Ferrari, Marcelo Zart e Sabrina Lerin gostaria de fazer um agradecimento muito especial, por me ajudaram em todos os trabalhos de laboratório e de campo sob sol, chuva, calor ou frio, sempre dispostos e com muito entusiasmo. Também agradeço aos meus companheiros de trabalho do laboratório de Entomologia da Embrapa Uva e Vinho: Adriana Tolotti, Alexandre da Silva, Aline Bertin, Caroline Galzer, Lígia Bortoli, Milena Zanela, Ruben Machota e Vânia Sganzerla pela convivência harmoniosa ao longo destes anos, carinho e amizade. Meu eterno agradecimento pelo apoio técnico, pelos momentos de compreensão, colaboração, pelo afeto e amizade. Eu não teria chegado onde cheguei sem a ajuda de vocês.

Ao funcionário da Embrapa Uva e Vinho Gilmar Soligo, meu fiel companheiro de todas as idas ao campo. Meus sinceros agradecimentos pela imensa boa vontade em sempre me ajudar com tanta animação.

À bibliotecária Kátia Midori Hiwatashi (Embrapa Uva e Vinho) pelo auxílio na revisão de literatura e citações bibliográficas.

Ao Dr. Flávio Bello Fialho (Embrapa Uva e Vinho) pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao Dr. Alex Wild pelas identificações das espécies de formigas.

Ao Dr. Cristiano Arioli pelo apoio nas coletas realizadas em Santa Catarina.

Agradeço a todos os integrantes do Centro de Estudos de Insetos Sociais por tornarem este ambiente tão agradável, pela amizade, pelo carinho e pelos inesquecíveis momentos que vivi por aqui: Amanda, Andriago, Carlos, Catarina, Cíntia, Daniel, Eduardo, Fabiana, Itamar, João, Manuela, Marcela Necis, Pamela, Rafael e Sandra.

Ao Dr. Vanderlei Martins e a MSc. Cíntia Martins pela dedicação nas análises moleculares realizadas.

À Ita pela elaboração de todas as iscas tóxicas, por sanar todas as minhas intermináveis dúvidas e por sua adorável companhia.

Ao Daniel Russ Solis pelo grande auxílio prestado nos meus primeiros trabalhos com formigas.

À minha companheira de casa e amiga Aline da Silva Cruz, exemplo de honestidade, obrigada pelo convívio agradável, apoio em todos os momentos, e por me ensinar tantas coisas da vida.

À toda adorável família Pinheiro de Campos, especialmente minhas queridas Dona Maria Célia, Marina e Bia por estarem ao meu lado sempre que precisei e por tornarem os dias em que morei em Rio Claro tão agradáveis.

À minha amada amiga Marcela Ceccatto por todos os momentos que passamos juntas, pela confiança, pelo cuidado, lealdade, e amizade dedicada. Meus sinceros agradecimentos também a sua adorável família, a qual sempre me acolheu tão bem que me fez sentir como se fosse a quinta filha.

A minha amiga Caroline Souza por compartilhar tantas angústias, decepções e alegrias ao longo deste período.

As minhas amigas de longa data, Ana Paula Trivilin, Rosana Morais, Michele Rodrigues dos Santos, Cristiane Ferrari, Gisele Cavali, Cassiana Parisoto, Patricia

Pelicioli e Graziela Zortea, muito obrigada por todos os momentos que pudemos compartilhar e por me fazerem ter certeza que estariam presentes em qualquer momento que eu precisasse.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado em Ciências Biológicas.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) – Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho (CNPUV), por ter permitido a execução do trabalho, pelo envolvimento e aporte financeiro.

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

RESUMO

A pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) – cochonilha de raiz- é a principal praga da videira no Brasil, pois ao sugar a seiva da planta pode causar redução na produção e sua morte. A dispersão da cochonilha é realizada por formigas que se associam aos cistos em busca dos excrementos açucarados. Este trabalho objetivou determinar a diversidade da fauna de formigas presente em parreirais com a presença de pérola-da-terra nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina; conhecer a interação de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) e *E. brasiliensis* em raízes de videira; conhecer aspectos da bioecologia de *L. micans* como a descrição de larvas, o ciclo de vida sazonal e a atividade de forrageamento; avaliar a atratividade de substâncias açucaradas e ricas em proteínas e lipídios e avaliar o efeito de inseticidas e formulações de iscas tóxicas visando o controle de *L. micans*. No levantamento realizado no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, *L. micans* foi classificada como muito abundante, dominante e muito frequente em todas as localidades amostradas. Em relação a interação entre estes dois organismos, os resultados revelaram que *L. micans* transporta e auxilia na fixação de *E. brasiliensis* nas raízes da videira. As larvas apresentam traços típicos do gênero *Linepithema* (Mayr, 1866), em relação ao formato geral do corpo e da mandíbula, a presença de uma protuberância abdominal dorsal, nove pares de espiráculos e pelos simples. O ciclo de vida sazonal de *L. micans* em parreirais tem início no final do inverno (julho - agosto) e começo da primavera (setembro) com o aumento da oviposição pelas rainhas. Durante os meses quentes do ano foi possível observar um número maior de ninhos dispersos nos parreirais, constituídos principalmente por ovos e pupas. Durante o inverno as colônias são constituídas por operárias, com predominância de larvas e pouca quantidade de ovos. O forrageamento de *L. micans* durante a maior parte do ano é intensificado ao anoitecer até o final da manhã, com maior atividade na primavera e verão. Ocorre mudança na preferência alimentar em função da fase em que as colônias se encontram, com predominância de alimentos proteicos durante o inverno. O açúcar cristal à 30% e a formulação gel 2 (8% óleo e 70% de açúcar invertido) foram as substâncias mais atrativas para serem utilizadas em iscas tóxicas. A hidrameltinona (0,5%) apresenta potencial no controle de *L. micans* em formulações de iscas tóxicas e o tiametoxam como barreira química em parreirais.

Palavras-chave: *Linepithema micans*. Pérola-da-terra. Dispersão. Manejo.

ABSTRACT

The ground-pearl *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) is a soil scale considered as the main pest of vineyards in Brazil, because while sucking the plant sap it causes production reduction and death. The dispersion of ground-pearl is made by ants that associate to cysts in search of sugary excretions. The main objectives of this work were: to determine the diversity of ant fauna present in vineyards with the presence of ground-pearl in the states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina; to know the interaction between *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) and *E. brasiliensis* in vine roots; to know aspects of *L. micans*' bioecology, such as description of the larvae, seasonal life cycle, and foraging activity; and to evaluate the attractiveness of sweet and high-fat and -protein substances and to evaluate the effect of insecticides and toxic bait formulations aimed to control *L. micans*. In a survey conducted in Rio Grande do Sul and Santa Catarina *L. micans* was classified as very abundant, dominant and very common in all cities sampled. As regards the interaction between these organisms, the results revealed that *L. micans* transports and aids the fixation of *E. brasiliensis* in vine plants. The larvae of *L. micans* displayed typical traits of the genus *Linepithema* Mayr as regards general body and mandible shape, the presence of a dorsal-abdominal protuberance, nine pairs of spiracles, and simple hairs. The seasonal life cycle of *L. micans* in vineyards began in late winter (July-August) and early spring (September) with the deposition of eggs by queens. During the warm months of the year it was possible to observe a larger number of nests spread throughout the vineyards, consisting primarily of eggs and pupae. During the winter the colonies were composed by workers, with predominance of larvae and reduction of eggs. Regarding the foraging activity of *L. micans*, it was found that during most of the year the workers intensified their foraging activities from nightfall until late morning, with more activity in the spring and summer. The food preference varied depending on the phase of the colonies, with predominance of protein foods during the winter. Granulated sugar (30%) and gel formulation 2 (8% oil and 70% sugar) were the most attractive substances for use in toxic baits. Of the active ingredients evaluated, hydramethylnon (0.5%) was selected as promising for the control of *L. micans* in vineyards in the form of toxic bait formulations and thiamethoxam as chemical barrier.

Keywords: *Linepithema micans*. Ground-pearl. Dispersion. Management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO GERAL.....	13
2.1 Objetivos Específicos.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 A Cultura da Videira (<i>Vitis</i> spp.).....	14
3.2 Pérolas-da-terra.....	15
3.2.1 Classificação taxonômica e distribuição geográfica.....	15
3.2.2 Biologia.....	15
3.2.3 Dispersão da pérola-da-terra.....	17
3.3 Relações Mutualísticas entre Hemiptera e Formicidae.....	17
3.4 O gênero <i>Linepithema</i>	20
3.4.1 <i>Linepithema micans</i>	21
3.4.2 Aspectos biológicos.....	22
3.4.3 Métodos de controle.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
4.1 Espécies de formigas em parreirais infestados por <i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	29
4.1.1 Área de estudo.....	29
4.1.2 Coleta de formigas.....	33
4.1.3 Análise faunística.....	36
4.2 Interação entre <i>Linepithema micans</i> e <i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	40
4.2.1 Experimento 1. Interação entre <i>Linepithema micans</i> x <i>Eurhizococcus brasiliensis</i> em “Gaiolas de Gallotti” simples (2009).....	41
4.2.2 Experimento 2. Interação entre <i>Linepithema micans</i> x <i>Eurhizococcus brasiliensis</i> em “Gaiolas de Gallotti” simples (2010).....	46
4.2.3 Experimento 3. Interação entre <i>Linepithema micans</i> x <i>Eurhizococcus brasiliensis</i> em “Gaiolas de Gallotti” duplas (2010).....	48
4.2.4 Análise estatística.....	50
4.3 Bioecologia de <i>Linepithema micans</i>	50
4.3.1 Descrição de imaturos.....	50
4.3.2 Ciclo de vida sazonal de <i>Linepithema micans</i> em parreirais.....	51
4.3.3 Atividade de forrageamento de <i>Linepithema micans</i>	53
4.4 Controle de <i>Linepithema micans</i>	55
4.4.1 Efeito de atrativos alimentares.....	55
4.4.2 Avaliação de inseticidas para o controle de <i>Linepithema micans</i>	59

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.1 Espécies de formigas em vinhedos infestados por <i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	67
5.2. Interação entre <i>Linepithema micans</i> e <i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	80
5.3 Bioecologia de <i>Linepithema micans</i>	84
5.3.1 Descrição de imaturos	84
5.3.2 Ciclo de vida sazonal de <i>Linepithema micans</i> em parreirais.....	95
5.3.3 Atividade de Forrageamento de <i>Linepithema micans</i>	103
5.4 Controle de <i>Linepithema micans</i>	112
5.4.1 Efeito de atrativos alimentares	112
5.4.2 Avaliação de inseticidas para o controle de <i>Linepithema micans</i>	116
6 CONCLUSÕES	130
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

1 INTRODUÇÃO

A viticultura é uma importante atividade econômica e social para o Brasil, seja pelo número de empregos gerados diretamente no cultivo ou indiretamente pela indústria de processamento e do turismo que se encontra associada à cultura (PROTAS et al., 2002). Ela ocupa uma área de 80.657 ha com produção anual de 1,3 milhão de toneladas (MELLO, 2010; IBGE, 2011), distribuída principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste (PROTAS et al., 2006).

O Estado do Rio Grande do Sul é o principal produtor de uvas do Brasil, detendo 61.47% do total nacional da produção colhida em 2011, seguido pelos Estados de São Paulo, Pernambuco, Paraná, Bahia, Santa Catarina e Minas Gerais. O Estado de Santa Catarina é responsável por apenas 6.26% da produção brasileira de uvas, entretanto ocupa a segunda posição como maior produtor nacional de vinhos (IBGE, 2011).

Em todas as áreas vitivinícolas do mundo, as pragas e doenças constituem-se num dos maiores obstáculos à expansão do cultivo da videira, afetando tanto a quantidade como a qualidade do produto final (KUHN; NICKEL, 1998). Dentre os insetos que limitam a produção da videira nas diferentes regiões produtoras do Brasil, destaca-se a cochonilha subterrânea *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) conhecida como pérola-da-terra (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2004; HICKEL et al., 2008; BOTTON et al., 2010).

A pérola-da-terra infesta as raízes das plantas, tanto cultivadas como silvestres. Entre elas, várias espécies frutíferas são atacadas, porém, a cochonilha é considerada importante principalmente no cultivo da videira (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2004).

A cochonilha ocorre principalmente na região Sul do Brasil, de onde se acredita ser nativa. No entanto, infestações elevadas também são observadas nos Estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e mais recentemente, na região do Vale do São Francisco, principal pólo de produção e exportação de uvas de mesa do Brasil (LOURENÇÃO et al., 1989; HICKEL, 1994; HAJI et al., 2002).

Os danos decorrentes do ataque da pérola-da-terra relacionam-se com o definhamento do parreiral de maneira progressiva devido à sucção da seiva, o que

leva a redução da produção podendo levar as plantas à morte (TEIXEIRA et al., 2002; BOTTON et al., 2004; HICKEL et al., 2010).

O controle da cochonilha, por meio do uso de inseticidas, tem sido uma das principais estratégias empregada pelos produtores. Porém, além de onerosa, é de difícil execução e muitas vezes apresenta resultados insatisfatórios (BOTTON et al., 2000; TEIXEIRA et al., 2002; BOTTON et al., 2004; DAL BÓ et al., 2007).

A dispersão da pérola-da-terra a longas distâncias ocorre através do transporte de mudas infestadas ou do solo aderido em implementos agrícolas (MARICONI; ZANITH, 1973). No caso de *E. brasiliensis*, depois de instalada numa área, sua dispersão pode ser auxiliada por formigas que se associam à cochonilha em busca do “honeydew” (GALLOTTI, 1976; HICKEL, 1994; SORIA; DAL CONTE, 2000; BOTTON et al., 2004).

Por muitos anos *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (Hymenoptera: Formicidae) foi relatada como predominante em áreas infestadas por *E. brasiliensis* na região Sul do Brasil, sendo a principal responsável pela dispersão da cochonilha para novos locais do mesmo hospedeiro ou para plantas próximas (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; HICKEL, 1994; SORIA; DAL CONTE, 2000; BOTTON et al., 2004). Entretanto, em trabalhos recentes realizados no Estado do Rio Grande do Sul, Martins e Bueno (2009) registraram através de técnicas moleculares a presença de *Linepithema micans* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae) em associação com a pérola-da-terra. Sacchett et al. (2009) registraram em dois parreirais localizados na Serra Gaúcha diversos gêneros de formigas em áreas infestadas pela cochonilha com destaque para *L. micans* e *Pheidole* sp.

As razões para essas informações errôneas são decorrentes da grande similaridade morfológica entre as espécies de *Linepithema* (Mayr, 1866) fato mencionado na revisão de Wild (2007), e principalmente devido a notoriedade da *L. humile* por invadir várias partes do mundo e formar supercolônias, além de seu “status” de praga. Devido a esses fatores, no Brasil houve uma tendência em se diagnosticar todas as demais formigas do gênero *Linepithema* como sendo *L. humile* (HICKEL, 1994; SORIA et al., 1997).

Devido a inexistência de informações referentes à bioecologia de *L. micans*, da sua predominância em áreas com a presença da pérola-da-terra e de seu potencial como agente dispersor da cochonilha, o presente trabalho visou a obtenção de informações que auxiliem no desenvolvimento de estratégias eficientes

de manejo de *L. micans* e consequente redução dos danos causados por *E. brasiliensis* na cultura da videira.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho foi estudar a mirmecofauna em parreirais do Rio Grande do Sul e Santa Catarina infestados com *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922), com ênfase nas espécies do gênero *Linepithema* (Mayr, 1866). Além disso, avaliar a interação existente entre a cochonilha e *Linepithema micans* (Forel, 1908) e conhecer aspectos de sua bioecologia e controle.

2.1 Objetivos Específicos

- 1) Avaliar a diversidade de formigas em parreirais infestados pela pérola-da-terra no Rio Grande do Sul e Santa Catarina;
- 2) Conhecer a interação comportamental entre *E. brasiliensis* e *L. micans*;
- 3) Conhecer o desenvolvimento pós-embrionário de *L. micans*;
- 4) Conhecer o ciclo de vida sazonal de *L. micans* em parreirais;
- 5) Conhecer a atividade de forrageamento de *L. micans* e sua preferência sazonal por alimentos;
- 6) Conhecer a preferência alimentar de *L. micans* frente às substâncias açucaradas, proteicas e lipídicas;
- 7) Selecionar inseticidas de ação de contato (via pulverização no solo) e de ingestão (iscas tóxicas) para o controle populacional de *L. micans*.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A Cultura da Videira (*Vitis* spp.)

A viticultura mundial é uma importante atividade econômica com área cultivada de 7.501.872 hectares e produção de 67,2 milhões de toneladas (MELLO, 2011). Cerca de 70% desta produção é utilizada na elaboração de vinhos e derivados, sendo o restante (27%) consumido *in natura* ou como uva passa (2%) (CONDE et al., 2007).

A produção de uvas no Brasil encontra-se principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste com destaque para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Pernambuco (PROTAS et al., 2006). A área cultivada na safra 2010/2011 foi de 81.915 ha, sendo o Rio Grande do Sul o principal Estado produtor com 50.646 ha (IBGE, 2011).

No Rio Grande do Sul, o cultivo da videira é uma das principais atividades de importância econômica, principalmente para os produtores localizados na Região da Serra Gaúcha (PROTAS et al., 2002), considerada a maior região vitícola do país com cerca de 40 mil hectares de vinhedos (IBRAVIN, 2012). Trata-se de uma viticultura realizada em pequenas propriedades, pouco mecanizada devido à topografia acidentada e com predomínio de mão-de-obra familiar. Mais de 80% da produção de uvas na região é realizada com espécies americanas (*Vitis labrusca*, *Vitis bourquina*) e híbridas interespecíficas cultivadas no sistema latada, utilizando de 1.600 a 3.300 plantas por ha. A maior parte da uva colhida nesta região é destinada à elaboração de vinhos, sucos e outros derivados (IBRAVIN, 2012).

Embora Santa Catarina ocupe atualmente a quinta posição entre os maiores produtores de uva do Brasil, apresentando uma área de 5.009 ha de área plantada, o Estado detém a segunda colocação na produção de vinho (IBGE, 2011).

Em todas as áreas vitivinícolas do mundo, as pragas e doenças constituem-se num dos maiores obstáculos à expansão do cultivo da videira, afetando tanto a quantidade como a qualidade do produto final, sendo consideradas limitantes ao desenvolvimento da atividade (KUHN; NICKEL, 1998). Dentre os insetos que limitam a produção da videira nas diferentes regiões produtoras do Brasil destaca-se a cochonilha subterrânea *Eurhizococcus brasiliensis* conhecida como pérola-da-terra

ou margarodes (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2004; HICKEL et al., 2008; BOTTON et al., 2010).

3.2 Pérolas-da-terra

3.2.1 Classificação taxonômica e distribuição geográfica

As pérolas-da-terra, pertencentes à família Margarodidae, são cochonilhas de hábito subterrâneo que atacam raízes de plantas (FOLDI, 2005). A família inclui dez gêneros e 105 espécies, formando um grupo monofilético com distribuição mundial (FOLDI, 2005).

Espécies de pérola-da-terra de importância econômica para a cultura da videira têm sido relatadas, no Brasil, no Chile *Margarodes vitis* (Philippi, 1884), na Califórnia *M. meridionalis* (Morrison, 1927) e África do Sul *M. trimeni* (Giard, 1897), *M. capensis* (Giard, 1897), *M. greeni* (Brian, 1915), e *M. prieskaensis* (Jakubski, 1965) (FOLDI, 2005).

No Brasil, destaca-se a espécie *E. brasiliensis* que foi constatada pela primeira vez em raízes de videira no município de Silveira Martins, Santa Maria - RS, em 1921 por Celeste Gobbato. No ano seguinte, Johannes Wille classificou a espécie como *Margarodes brasiliensis* e em 1936, Silvestri criou o gênero *Eurhizococcus* para incluir a nova espécie (FOLDI, 2005). Por muitos anos, Adolph Hempel foi citado como o autor da espécie (GALLOTTI, 1976; LOURENÇÃO, 1989; BOTTON et al., 2000; HICKEL et al., 2001; HAJI et al., 2002; TEIXEIRA, 2002; BOTTON et al., 2004), entretanto, ele apenas sugeriu o nome para Johannes Wille que descreveu e publicou a espécie em 1922 (BEN DOV, 2005; FOLDI, 2005).

Infestações elevadas da pérola-da-terra ocorrem no Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e, mais recentemente, no Vale do São Francisco (Pernambuco), principal pólo de produção e exportação de uvas de mesa do Brasil (LOURENÇÃO et al., 1989; HICKEL, 1996, HAJI et al., 2002).

3.2.2 Biologia

A pérola-da-terra se apresenta sob diferentes formas durante o seu ciclo de vida (SORIA; DAL CONTE, 2000). Sua reprodução ocorre através da partenogênese

telítoca facultativa, apresentando uma geração por ano. A postura dos ovos ocorre no interior dos cistos (fêmeas). Esta fase caracteriza-se pelo fato de os cistos apresentarem coloração branco-acinzentada, casca frágil e quebradiça, a qual se rompe para liberação de ovos e ninfas de primeiro instar. As ninfas recém-eclodidas têm pernas funcionais, mas pouca mobilidade, o que reduz sua capacidade de dispersão (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2000; SORIA; DAL CONTE, 2000, FOLDI, 2005; HICKEL et al., 2010).

No segundo instar, a ninfa já fixada às raízes perde as pernas secretando a carapaça quitinosa que envolve todo o corpo, assumindo o formato esférico. A partir desta fase, a cochonilha é denominada de cisto, apresenta formato globoso, de coloração amarela intensa, forma conhecida como pérola-da-terra (SORIA; DAL CONTE, 2000). A definição do número de instares desta cochonilha ainda não está esclarecida devido a dificuldade de estudos em condições controladas. Botton et al. (2000) sugerem três instares, entretanto, Hickel et al. (2008) mencionam cinco.

Após o desenvolvimento completo do estágio ninfal, surgem as fêmeas, que permanecem no interior dos cistos até a realização da postura e, depois, morrem (reprodução assexuada). A reprodução da pérola-da-terra também pode ocorrer de forma sexuada. Neste caso, o cisto se transforma numa fêmea móvel, que na época do acasalamento (verão), sobe à superfície para copular com o macho alado, retornando posteriormente ao solo para ovipositar (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI, 1986; BOTTON et al., 2000; SORIA; DAL CONTE, 2000). Há poucas informações no que se refere aos ovos fecundados. Sabe-se que são postos livres no solo num característico “cordão de contas”, entretanto, o desenvolvimento destes ovos não foi observado (HICKEL et al., 2010).

No caso dos machos, a partir do segundo instar, o cisto se transforma em pré-pupa e pupa até originar o adulto alado (SORIA; DAL CONTE, 2000). Esses machos, desprovidos de aparelho bucal, não vivem mais do que dois dias e supõe-se que durante sua breve vida apenas procuram fêmeas na superfície do solo para o acasalamento (HICKEL et al., 2010).

Mais de 80 espécies de plantas, entre cultivadas e silvestres, já foram relatadas como hospedeiras da pérola-da-terra (PANIZZI; NOAL, 1971, GALLOTTI, 1976, SORIA; GALLOTTI, 1986, BOTTON et al., 2000; BOTTON et al., 2004; EFROM et al., 2012), entretanto os danos econômicos são ocasionados apenas na videira.

Os altos níveis populacionais encontrados nas áreas infestadas e a sucção contínua da seiva nas raízes da videira provocam o definhamento progressivo das plantas, causando redução na produção e culminando com a sua morte (BOTTON et al., 2000). Em novos plantios, as plantas se desenvolvem normalmente no primeiro ano, mas, a partir do segundo, reduzem a brotação e morrem a partir do terceiro. Plantas adultas suportam mais a presença da cochonilha nas raízes (BOTTON et al., 2004).

3.2.3 Dispersão da pérola-da-terra

A disseminação a longas distâncias da pérola-da-terra ocorre por vários meios, sendo o homem o principal responsável. A dispersão pode ocorrer através do solo retido nos calçados, nas enxadas e em implementos agrícolas, quando há movimentação de um parreiral para o outro. Porém, o principal meio de dispersão é através da movimentação de mudas enraizadas e infestadas pela praga (MARICONI; ZANITH, 1973). O inseto pode ser transportado não apenas em mudas de videira, mas também de outras frutíferas de clima temperado, plantas ornamentais e temperos, tendo em vista a gama de plantas hospedeiras que podem abrigar o inseto nas raízes (HICKEL et al., 2010). Depois de instalada em uma área, a dispersão pode ser auxiliada por formigas que se associam à cochonilha em busca das excreções açucaradas expelidas (“honeydew”) numa associação mutualística em que ambos os insetos – formiga e hemíptero – são beneficiados (GALLOTTI, 1976; HICKEL, 1994; SORIA; DAL CONTE, 2000; BOTTON et al., 2004, SACCHETT et al., 2009).

3.3 Relações Mutualísticas entre Hemiptera e Formicidae

O mutualismo é definido como uma interação benéfica entre indivíduos de duas espécies (RICKLEFS, 2001). Geralmente, em relações mutualísticas, uma espécie oferece algum tipo de “atividade” (ex: polinização, proteção, dispersão) e em troca recebe uma “recompensa” como comida e/ ou abrigo (BOUCHER, 1985). Esta relação pode ser facultativa, ou seja, benéfica para um ou para ambos indivíduos envolvidos, sem haver necessariamente dependência entre eles, ou obrigatória, quando uma espécie depende da outra para sobreviver (WAY, 1963).

As formigas (Hymenoptera: Formicidae) estabelecem relações mutualistas com hemípteros produtores de “honeydew” que, em troca de alimento, podem conferir a esses insetos uma gama de benefícios. Este tipo de mutualismo é conhecido como trofobiose (WAY, 1963; HOLLDOBLER; WILSON, 1990; DELABIE, 2001). A maioria dos hemípteros envolvidos neste tipo de interação pertence aos grupos Sternorrhyncha (Afidae e Coccidae) e Auchenorrhyncha (Cicadidae, Cicadellidae, Cercopidae e Membracidae) (DELABIE, 2001).

Os hemípteros trofobiontes são parasitas obrigatórios de plantas vasculares e retiram o alimento diretamente dos vasos de seiva através de seu aparelho bucal especializado (DELABIE, 2001). O volume de líquido sugado é alto, entretanto, precisam eliminar grandes quantidades enquanto concentram os nutrientes necessários para seu desenvolvimento e sobrevivência (DELABIE, 2001). A seiva excedente, processada no aparelho digestivo, é eliminada pelo ânus e conhecida como “honeydew” constituído principalmente por açúcares além, de uma grande variedade de compostos químicos como lipídios, aminoácidos, vitaminas, minerais e água (WAY, 1963; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

A maioria das espécies de formigas é onívora, suprindo suas necessidades nutricionais através da predação (fonte de proteínas), de exsudatos de plantas e do “honeydew” excretado por hemípteros para obtenção de carboidratos (WAY, 1963). Os alimentos ricos em proteínas (tecido animal) são importantes para o desenvolvimento das larvas de formigas, enquanto que carboidratos (exsudatos de plantas e “honeydew”) são um importante combustível para as operárias desenvolverem suas atividades (ABBOTT, 1978; STRANDLING, 1978). Como as operárias alimentam-se apenas de líquidos e desempenham papéis fundamentais como forrageio, cuidado com a cria e defesa da colônia, a aquisição de carboidratos tem uma importante função para a manutenção da colônia (GLANCEY et al., 1981; TOBIN, 1994; HELMS; VINSON, 2008). Além disso, o “honeydew” é um recurso alimentar estável, uma vez que as formigas não dependem das variações sazonais para a produção de outros alimentos pela planta hospedeira (DELABIE, 2001).

As formigas são atraídas pelo “honeydew” e conseqüentemente atendem os hemípteros conferindo a eles benefícios como: proteção contra predadores e parasitóides (MORENO et al., 1987; MARTINEZ-FERRER et al., 2003; DAANE et al., 2007), transporte para novos locais de alimentação, espaços protegidos, além de

promover a limpeza e remoção de indivíduos mortos (BUCKLEY, 1987; VANEK; POTTER, 2010).

Essa associação, que de maneira geral é benéfica aos dois organismos, resulta no aumento da densidade de hemípteros e das formigas em determinada área (WAY, 1963; ABBOTT; GREEN, 2007; DAANE et al., 2007). Em consequência, o aumento na população de hemípteros pode prejudicar a planta hospedeira devido a remoção da seiva, dano no tecido ou facilitando a contaminação por patógenos (BUCKLEY, 1987). Embora, essa situação envolva um alto custo para planta, em alguns casos existem benefícios indiretos, através da predação de outros herbívoros oportunistas pela alta quantidade de formigas presentes (STRYSKY; EUBANKAS, 2007).

A maioria das espécies de formigas que se associam a hemípteros pertence às subfamílias Dolichoderinae, Formicinae e Myrmicinae e em alguns casos, podem ser observados representantes da subfamília Ponerinae (WAY, 1963; SCHULTZ; MCGLYN, 2000; DELABIE, 2001; DELABIE; FERNÁNDEZ, 2003). Porém, algumas espécies de formigas das subfamílias Dolichoderinae e Formicinae, estão mais adaptadas a este tipo de relação do que outras espécies, pois possuem estruturas especializadas para a coleta do líquido, que depois será transmitido pelas operárias ao restante da colônia através da trofalaxia (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Correlação positiva entre o número de formigas e a população de Hemípetos foi relatada entre *Formica altipetens* (Formicinae) e *Pubilia modesta* (Hemiptera: Membracidae) (CUSHMAN; WHITMAN, 1989) e *L. humile*, *Tapinoma sessile* (Dolichoderinae) e *Toxoptera aurantii* com *Aphis gossypii* e *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) (POWELL et al., 2009; POWELL; SILVERMAN, 2010).

A formiga argentina *L. humile* tem sido a principal espécie presente nos vinhedos da Califórnia e da África do Sul (ADDISON; SAMWAYS, 2000; DAANE et al., 2006; DAANE et al., 2007). Nestes países, a formiga está associada principalmente com cochonilhas da família Pseudococcidae as quais são vetores de vírus no cultivo, sendo conhecido que, a infestação dessas cochonilhas diminuiu quando as formigas foram excluídas das plantas através de barreiras físicas (DAANE et al., 2007).

No Brasil, a associação da pérola-da-terra com formigas em vinhedos, foi relatada pela primeira vez por Gallotti (1976), que observou operárias de *L. humile* e *Nylanderia fulva*, transportando ninfas de primeiro instar. Soria e Gallotti (1986),

Hickel (1994) e Soria et al. (1997) também mencionaram *L. humile* como predominante em áreas infestadas por *E. brasiliensis* na região Sul do Brasil. Mais recentemente, *L. micans* foi constatada em associação com a pérola-da-terra em vinhedos localizados no Estado do Rio Grande do Sul (MARTINS; BUENO, 2009; SACCHETT et al., 2009).

3.4 O gênero *Linepithema*

As formigas pertencem à ordem Hymenoptera e a uma única família, Formicidae, que compreende 12.650 espécies identificadas (ANTWEB, 2012), das quais cerca de 3.100 estão descritas para a Região Neotropical (FERNÁNDEZ; SENDOYA, 2004) e mais de 2.000 para o Brasil (OLIVEIRA; CAMPOS-FARINHA, 2005).

De acordo com Fernández e Sendoya (2004), existem vinte subfamílias conhecidas de formigas, dentre elas, Dolichoderinae. Esta subfamília é composta por 28 gêneros, e 692 espécies, sendo a quarta em importância por sua diversidade genérica e específica e por sua dominância em várias partes do mundo (BOLTON, 1995, ANTWEB, 2012). Do total de gêneros descritos, somente dez estão citados para a Região Neotropical: *Anillidris*, *Azteca*, *Bothriomyrmex*, *Dolichoderus*, *Dorymyrmex*, *Forelius*, *Linepithema*, *Liometopum*, *Tapinoma* e *Technomyrmex* (CUEZZO, 2003).

Segundo Bolton (1995), o gênero *Linepithema* era composto por 14 espécies, sendo que várias delas estavam divididas em subespécies. Bolton (2003) considerou o gênero *Linepithema* composto de 28 espécies e subespécies, sendo destas, 14 consideradas espécies. Em uma nova revisão proposta por Bolton (2006), o gênero passou a ter 29 espécies e subespécies, sendo consideradas 15 espécies.

A classificação atual do gênero *Linepithema* é a proposta por Wild (2007) que considerou um total de 19 espécies.

O gênero *Linepithema* é nativo de uma variedade de florestas, savanas e habitats montanhosos da América do Sul (Argentina, Brasil e ilhas do Caribe), sendo relativamente raro na Bacia Amazônica e abundante entre as latitudes sul de 20° e 30° (WILD, 2007). O gênero é reconhecido pelos problemas causados pela formiga argentina, *L. humile*, por estar mundialmente distribuída, causar sérios danos à

fauna e à flora e por apresentar comportamento invasor (NEWEL; BARBER, 1913; SMITH, 1965, CUEZZO, 2003; DIEHL-FLEIG; DIEHL, 2007).

A notoriedade do “status” de praga de *L. humile* a tornou alvo de diversos trabalhos com o objetivo de conhecer sua fisiologia, ecologia, genética e biologia social, sendo uma das espécies de formigas mais estudadas (WILD, 2007). Devido à alta visibilidade da espécie e a grande similaridade entre as operárias, há uma tendência em se diagnosticar todas as demais formigas do gênero como sendo *L. humile* (SORIA et al., 1997; SILVA; LOECK, 1999, WILD, 2004, WILD, 2007). Segundo Suarez et al. (2001), algumas populações do gênero *Linepithema* que ocorrem no Brasil, não são da espécie *L. humile*, embora tenham sido comumente mencionadas como tal. Diante disso, muitos trabalhos existentes na literatura provavelmente necessitam ser revisados atualizando a nomenclatura.

Segundo a revisão proposta por Wild (2007), as espécies que ocorrem no Sul do Brasil, são *L. humile*, *L. micans* e *L. gallardoi*. Informações sobre a história de vida das demais espécies do gênero a exceção de *L. humile*, são escassas.

3.4.1 *Linepithema micans*

A formiga *L. micans* ocorre desde a Argentina Central ao leste do Brasil, com presença em altitudes desde o nível do mar até 2.300 metros (WILD, 2007). Ela foi registrada em uma variedade de ambientes, tais como pastagens, florestas e matas ciliares nidificando sob pedras, madeira podre, e solo arenoso (WILD, 2007).

No Sul do Brasil, diferentemente de outros países onde ocorre o cultivo da videira, *L. micans* tem sido encontrada em áreas infestadas com a pérola-da-terra (MARTINS; BUENO 2009; SACCHETT et al., 2009). A informação de que *L. micans* está presente nos vinhedos infestados pela pérola-da-terra na região sul do Brasil é recente visto que até então, *L. humile* era considerada a única espécie deste gênero presente em vinhedos, além de ser considerada a principal dispersora da cochonilha no Brasil (GALLOTTI, 1976; GALLOTTI; SORIA, 1986; HICKEL, 1994; SORIA; DAL CONTE, 2000; BOTTON et al., 2004).

Através da caracterização molecular das populações de *L. micans*, Martins et al. (2012), identificaram três diferentes haplótipos para a região sul do Brasil. Os haplótipos das populações de *L. micans* encontrados em vinhedos associados à pérola-da-terra apresentaram maior similaridade entre eles do que o haplótipo

encontrado em áreas urbanas. O fato de *L. micans* se adaptar a diferentes condições e papéis ecológicos pode ser devido à estreita relação filogenética com *L. humile* (WILD, 2009). Este fato evidencia a possibilidade desta espécie também apresentar comportamento invasivo no ambiente (MARTINS et al., 2012). No entanto, as interações ecológicas de *L. micans* e seu papel como praga ainda não são totalmente conhecidos.

3.4.2 Aspectos biológicos

A maioria das espécies do gênero *Linepithema* é poligínica, apresentando várias rainhas em uma única colônia, o que resulta em uma alta taxa reprodutiva. O comportamento de acasalamento é desconhecido para a maioria das espécies, mas há indícios de grande variação dentro do gênero (WILD, 2009). Como não existem informações sobre a bioecologia de *L. micans*, nesta revisão serão abordados aspectos biológicos de *L. humile* que foi objeto de diversos trabalhos de pesquisa.

As rainhas de *L. humile* ovipositam durante todo ano, porém no final do outono essa produção tende a diminuir, acarretando uma queda no número de indivíduos da colônia durante o inverno seguinte (VEGA; RUST, 2001). As colônias de *L. humile* contêm aproximadamente 16 rainhas a cada 1.000 operárias (KELLER, 1989), que podem colocar até 60 ovos por dia resultando em altas densidades de operárias na colônia (NEWELL; BARBER, 1913). Com a queda das temperaturas também se inicia um agrupamento das colônias para a passagem do inverno. Neste período, as formigas são praticamente inativas e habitam densas colônias sob pedras, troncos caídos em decomposição ou em locais de acumulação de restos vegetais. Durante esta época, as colônias são formadas principalmente por milhares de operárias, várias rainhas e larvas (SKAIFE, 1955). Ainda, no final do inverno os ovos irão se desenvolver em formas reprodutivas, que estarão maduras na primavera (SKAIFE, 1955).

O acasalamento em *L. humile* ocorre dentro do ninho, com ausência de voo nupcial (KRIEGER; KELLER, 2000). O acasalamento intranidal, geralmente está associado com a elevação da temperatura, que ocorre na primavera. Após a cópula, as colônias que passaram o inverno agrupadas, começam a se dispersar em locais com disponibilidade de alimento e com proteção adequada, fundando assim novos ninhos, processo denominado sociotomia (GÓMEZ; ESPADALER, 2005). A contínua

fragmentação e fusão entre colônias contribuem para a mistura de colônias e conseqüentemente a diminuição de diferenças genéticas entre elas (REUTER et al., 2001).

As formigas do gênero *Linepithema* constroem seus ninhos superficialmente sobre o solo, em montes de folha, madeira podre ou embaixo de pedras, onde vivem em colônias com mais de mil indivíduos podendo habitar um único ninho (monodômico) ou utilizar vários locais para nidificação (polidômicas) (WILD, 2007).

Em populações introduzidas, a formiga argentina é unicolonial (NEWEL; BARBER, 1913; TSUTSUI et al., 2000), isto é, são caracterizadas pela ausência de comportamento agressivo entre indivíduos de diferentes ninhos que ocorrem em uma área (CAMPOS-FARINHA; BUENO, 2004). A estrutura desse tipo de população é característica por formar supercolônias que possuem numerosos ninhos interconectados e cooperativos (NEWEL; BARBER, 1913). Tanto rainhas como operárias movem-se livremente entre diferentes ninhos (NEWEL; BARBER, 1913). A perda de agressividade intraespecífica entre supercolônias pode ser o fato responsável pelas altas densidades alcançadas pela formiga argentina (HOLWAY et al., 1998), permitindo que elas tenham uma superioridade numérica diante das formigas nativas (SUAREZ et al., 1998; HOLWAY, 1999). Em contraste, populações nativas da formiga argentina são tipicamente multicoloniais (TSUTSUI et al., 2000; TSUTSUI et al., 2001), onde limites territoriais entre ninhos vizinhos são bem definidos, e há agressão entre indivíduos de diferentes ninhos (TSUTSUI et al., 2000).

Os hábitos alimentares das espécies do gênero *Linepithema* são comuns às demais dolícoderíneas, são generalistas e predadoras além de apresentarem uma forte afinidade por “honeydew” e outras fontes de carboidrato (WILD, 2009). Elas podem forragear por mais de 60 metros em busca de alimentos, e ao encontrarem uma fonte alimentar, formam trilhas de feromônio para recrutamento de operárias da colônia, sendo ativas durante os períodos do dia e da noite (WILD, 2007).

As operárias de *L. humile* se alimentam basicamente de carboidratos, o que proporciona a elas a energia necessária para execução de suas tarefas, enquanto rainhas e larvas necessitam principalmente de proteínas para oviposição e desenvolvimento, respectivamente (HÖLLEDOBLER; WILSON, 1990). A dieta líquida é adquirida geralmente através do “honeydew” excretado por hemípteros, ou de nectários extraflorais, enquanto as proteínas são obtidas de outros insetos ou de

larvas de outras espécies de formigas (GÓMEZ; ESPADALER, 2005). A proporção de proteína utilizada na dieta é influenciada pela composição da colônia (MARKIN, 1970a; ABBOTT, 1978; STRADLING, 1978; RUST et al., 2000).

3.4.3 Métodos de controle

Devido ao reduzido volume de informações sobre as demais espécies do gênero *Linepithema* e a importância de *L. humile* como invasora, os trabalhos de controle têm sido direcionados para esta espécie, principalmente através da utilização de inseticidas de contato ou iscas tóxicas (KLOTZ et al., 2002; KLOTZ et al., 2003; SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008).

A maioria dos trabalhos desenvolvidos para o controle de *L. humile* tem sido direcionada para a área urbana (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008), entretanto alguns estudos foram realizados em agroecossistemas agrícolas principalmente em citros e uva (PHILLIPS; SHEREK, 1991; ADDISON, 2002; KLOTZ et al., 2003; TOLLERUP et al., 2004; DAANE et al., 2006; NELSON; DAANE, 2007; DAANE et al., 2008, NYAMUKONDIWA, 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011).

3.4.3.1 Uso de barreira química

Pesquisas realizadas na Califórnia e África do Sul em pomares de citros e vinhedos têm demonstrado que a aplicação de inseticidas sobre o solo ou tronco podem reduzir a infestação de *L. humile* (MORENO et al., 1987; PHILLIPS; SHEREK, 1991; ADDISON, 2002; KLOTZ et al., 2003; TOLLERUP et al., 2004, DAANE et al., 2006).

A aplicação de inseticidas, principalmente o clorpirifos como barreira química sobre o tronco da planta tem sido considerada uma alternativa para o controle da espécie em vinhedos da África do Sul (ADDISON, 2002). Esta estratégia apresenta menor impacto ao meio ambiente, pois a aplicação é direcionada apenas para o tronco das plantas com o intuito de atingir as forrageadoras que estão sobre ele ou então para repeli-las. Neste caso, o restante da colônia continuará forrageando no solo, onde cumprem importantes funções ecológicas, como por exemplo, se alimentar de outros insetos pragas (MORENO et al., 1987; STEVENS et al., 1995; JAMES et al., 1998; ADDISON, 2002).

A aplicação de inseticidas via solo também tem demonstrado resultados satisfatórios no controle de *L. humile* em vinhedos e pomares de citros, entretanto, representam assim como a pulverização aérea, riscos para os organismos benéficos devido a contaminação do ambiente (NYAMUKONDIWA, 2008). Para evitar este problema Phillips e Sherek (1991) e Klotz et al.(2003) realizaram um experimento direcionando a aplicação de clorpirifos sobre os ninhos de *L. humile* na base das plantas de videira, porém, foi observado que o tratamento não eliminou a colônia como um todo, uma vez que após oito semanas as formigas voltaram a forragear.

Métodos convencionais para o controle de formigas com a aplicação de inseticidas têm sido comumente empregados, porém os resultados apresentados, muitas vezes, são pouco satisfatórios (BUENO; BUENO, 2007). Na maioria das vezes atingem apenas as operárias que estão forrageando (aproximadamente 5 a 10% dos indivíduos da colônia) e apresentam pouco ou nenhum efeito sobre as rainhas ou crias que permanecem no ninho (KNIGHT; RUST, 1990; RUST et al., 1996; BUENO; BUENO, 2007). Além disso, geralmente são empregados inseticidas de amplo espectro de ação, sendo necessárias reaplicações a cada 30 dias (RUST et al., 1996).

Apesar dessas desvantagens, em alguns casos, a aplicação de inseticidas pode resultar na eliminação da colônia, porém, para que isto ocorra é necessário além de tratamentos frequentes, o emprego de grandes quantidades do produto (BUENO; BUENO, 2007).

3.4.3.2. Uso de barreiras físicas

Em algumas situações o uso de barreiras físicas sobre o tronco de árvores é adotado. Para isso, são utilizadas bandas impregnadas com substâncias repelentes ou pegajosas colocadas sobre o tronco das plantas podendo assim, evitar que as formigas atendam as cochonilhas na copa das plantas (NELSON; DAANE, 2007; STYRSKY; EUBANKS, 2007). Embora essas estratégias de controle apresentem bons resultados, não são utilizadas com frequência pelos produtores em virtude da alta demanda de mão-de-obra e do conseqüente custo para aplicação, além, da reduzida atividade da cola, que geralmente é de 30 dias (KLOTZ et al., 2003).

3.4.3.3 Uso de iscas tóxicas

Uma alternativa para o controle de formigas do gênero *Linepithema* tem sido o emprego de iscas tóxicas, que podem ser levadas para o ninho via trofalaxia e distribuídas para larvas e rainhas, tornando assim o controle mais eficiente (BUENO; CAMPOS-FARINHA, 1999). Além disso, são mais seguras ao aplicador e menos danosas ao ambiente e animais, pois utilizam pequenas quantidades de inseticidas e tem menor impacto sobre organismos não-alvo (KLOTZ et al., 2003; RUST et al., 2003; DAANE et al., 2006; COOPER et al., 2008).

A isca tóxica ideal para o controle de formigas deve apresentar as seguintes características: 1) ser atrativa às formigas, se possível a certa distância do ninho; 2) ser carregada sempre que encontrada; 3) ter ação lenta o suficiente para ser conduzida para longas distâncias; 4) ser distribuída amplamente pela colônia antes que apareçam os primeiros sintomas de intoxicação; 5) apresentar especificidade às espécies alvos; 6) apresentar baixa toxicidade aos mamíferos; 7) permanecer efetiva em condições adversas e; 8) conter um ingrediente ativo de rápida degradação no ambiente (BUENO; BUENO, 2007).

Muitos estudos têm sido realizados utilizando diferentes ingredientes ativos para o controle de *L. humile*, principalmente ácido bórico, fipronil, hidrametilnona, imidacloprido, sulfuramida e tiametoxam (KLOTZ et al., 1998; HOOPER-BUI; RUST, 2001; HOOPER-BUI et al., 2002; RUST et al., 2004; NELSON; DAANE, 2007; DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA, 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011; BLIGHT et al., 2011).

Os ingredientes ativos devem ser incorporados em matrizes líquidas, sólidas, granulares ou em forma de gel (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008). Como o “honeydew” excretado por hemípteros e o exudato extrafloral são um importante e abundante recurso alimentar para *L. humile*, as iscas tóxicas deveriam mimetizar esta composição para atrair formigas (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008). As formulações líquidas com sacarose, por se assemelharem as fontes naturais de açúcar, geralmente são mais utilizadas do que as formulações sólidas e de gel. Por este motivo estas são as iscas que têm demonstrado melhores resultados tanto na atratividade quanto na eficiência de controle de *L. humile* (BAKER et al., 1985; KLOTZ et al., 1998; HOOPER-BUI; RUST, 2000; RUST et al., 2004; NELSON;

DAANE, 2007; DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA, 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011).

Os neonicotinoides tiametoxam (0,0001%) e imidacloprido (0,005%) incorporados em iscas líquidas à base de sacarose têm apresentado resultados satisfatórios no controle de *L. humile* em laboratório e vinhedos (KLOTZ et al., 2003; RUST et al., 2004; DAANE et al., 2008). Imidacloprido incorporado em gel também apresentou redução na população da formiga argentina 21 dias após sua aplicação (BLIGHT et al., 2011).

Iscas líquidas açucaradas contendo fipronil foram eficazes no controle desta espécie em laboratório (HOOPER-BUI; RUST, 2000) e em pomares de citros e uva (KLOTZ et al., 2003).

Forschler e Evans (1994) avaliaram os ingredientes ativos hidrametilnona e sulfluramida, nas concentrações de 0,9% e 0,5% respectivamente. Em condições de campo observaram que houve uma diminuição da atividade de forrageamento seis semanas após a aplicação. Knight e Rust (1991) e Hooper-Bui e Rust (2000) conduzindo experimentos em laboratório com hidrametilnona (0,5% a 1,0%) misturadas a iscas líquidas açucaradas verificaram que colônias de *L. humile* foram suprimidas em 24 horas, entretanto sem efeito sobre as rainhas.

O ácido bórico tem sido utilizado para o controle de formigas desde 1900 (RUST et al., 1996). Muitos estudos tem demonstrado que a sua incorporação em iscas açucaradas nas concentrações de até 1% apresentam uma ação lenta e de não repelência. Nesta condição, aumenta o tempo de ingestão pelas operárias e a eficiência de controle (KLOTZ; MOSS, 1996; KLOTZ, 1997). Klotz e Moss (1996) e Klotz et al. (1998) verificaram que iscas contendo 0,5% de ácido bórico proporcionaram significativa e continua redução de mais de 80% da colônia de *L. humile*. Na Califórnia e África do Sul, o controle de formigas em vinhedos tem mostrado resultados satisfatórios com a utilização de iscas tóxicas líquidas açucaradas à base de ácido bórico 0,5% (DAANE et al., 2006; DAANE et al., 2008; NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011).

No Brasil, o controle de formigas em parreirais tem sido realizado principalmente com a utilização de inseticidas de amplo espectro e elevada toxicidade com destaque para o acefato, clorpirifos e fipronil. Estes produtos têm sido pulverizados sobre o solo, formando uma barreira química com o objetivo de

atingir diretamente as formigas, entretanto não são autorizados para a cultura da videira (BOTTON, informação pessoal).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Espécies de formigas em parreirais infestados por *Eurhizococcus brasiliensis*

4.1.1 Área de estudo

As coletas foram realizadas em parreirais infestados com a pérola-da-terra em municípios produtores de uva nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

No Rio Grande do Sul foram amostrados 55 parreirais localizados nos municípios de Antônio Prado, Caxias do Sul, Dois Lajeado, Farroupilha, Flores da Cunha, Garibaldi, Monte Belo do Sul, Nova Pádua, Pinto Bandeira, Sarandi e Veranópolis. Em Santa Catarina foram realizadas coletas em nove parreirais localizados nos municípios de Videira, Iômere, Pinheiro Preto e Tangará (Figura 1, Tabela 1).

Os locais amostrados foram selecionados com o apoio da Emater (RS), Epagri (SC) e das Secretarias Municipais de Agricultura. Os parreirais indicados pelos técnicos apresentavam histórico da presença da cochonilha.

Figura 1 - Mapa do Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina com destaque para os municípios onde foram realizadas as coletas de formigas em parreirais. Rio Grande do Sul: (AP) Antônio Prado, (CS) Caxias do Sul, (DL) Dois Lajeado, (F) Farroupilha, (FC) Flores da Cunha, (G) Garibaldi, (MB) Monte Belo do Sul, (NP) Nova Pádua, (PB) Pinto Bandeira, (S) Sarandi, (V) Veranópolis. Santa Catarina: (V) Videira, (I) Iômere, (PP) Pinheiro Preto, (T) Tangará.



Fonte: Imagem satélite - Google Earth, 2012.

Tabela 1 - Localidades, coordenadas geográficas, variedades e idades dos parreirais onde foram realizadas as coletas de formigas no Estado do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina.

Localidade	Produtor	Coordenada Geográfica	Variedade	Idade
Rio Grande do Sul				
Antônio Prado	A	S 28° 50' 729" W 51° 17' 713"	Cabernet Sauvignon	5 anos
	B	S 28° 50' 277" W 51° 22' 928"	Merlot	6 anos
	C	S 28° 56' 107" W 51° 20' 568"	Bordô	7 anos
	D	S 28° 52' 673" W 51° 13' 971"	Isabel	60 anos
	E	S 28° 53' 362" W 51° 12' 076"	Niágara Branca	6 anos
Caxias do Sul	A	S 29° 14' 477" W 51° 14' 363"	Niágara Branca	10 anos
	B	S 29° 14' 923" W 51° 14' 376"	Bordô	3 anos
	C	S 29° 17' 308" W 51° 14' 255"	Bordô	7 anos
	D	S 29° 17' 838" W 51° 13' 827"	Niágara, Isabel, Herbermont	60 anos
	E	S 29° 13' 123" W 51° 15' 237"	Niágara e Bordô	10 anos
Dois Lajeados	A	S 29° 01' 354" W 51° 50' 522"	Concord	16 anos
	B	S 28° 58' 398" W 51° 48' 358"	Concord	6 anos
	C	S 28° 57' 472" W 51° 47' 913"	Concord	20 anos
	D	S 28° 56' 491" W 51° 51' 711"	Bordô	5 anos
	E	S 28° 56' 838" W 51° 50' 630"	Isabel	25 anos
Farroupilha	A	S 29° 11' 414" W 51° 17' 514"	Seibel	5 anos
	B	S 29° 14' 064" W 51° 19' 115"	Bordô	20 anos
	C	S 29° 12' 597" W 51° 26' 884"	Merlot	6 anos
	D	S 29° 07' 682" W 51° 24' 394"	Couderc	6 anos
	E	S 29° 09' 136" W 51° 24' 228"	Merlot	10 anos
Flores da Cunha	A	S 28° 57' 910" W 51° 13' 516"	Isabel	6 anos
	B	S 28° 59' 552" W 51° 13' 308"	Bordô/Isabel	10 anos
	C	S 29° 01' 683" W 51° 12' 983"	Isabel	100 anos
	D	S 29° 04' 505" W 51° 14' 246"	Isabel e Bordô	20 anos
	E	S 29° 04' 766" W 51° 15' 051"	Seibel	7 anos

Continuação da Tabela 1

Localidade	Produtor	Coordenada Geográfica	Variedade	Idade
Garibaldi	A	S 29° 12' 102" W 51° 33' 016"	Itália e Rubi	7 anos
	B	S 29° 12' 094" W 51° 33' 064"	Itália e Rubi	1 ano
	C	S 29° 12' 275" W 51° 38' 410"	Isabel	15 anos
	D	S 29° 14' 827" W 51° 38' 092"	Isabel	2 anos
	E	S 29° 14' 811" W 51° 38' 334"	Bordô	20 anos
Monte Belo do Sul	A	S 29° 08' 737" W 51° 41' 533"	Niágara	1 ano
	B	S 29° 08' 760" W 51° 41' 074"	Moscato Gialo	8 anos
	C	S 29° 09' 201" W 51° 40' 318"	Pinot Noir	8 anos
	D	S 29° 09' 743" W 51° 38' 862"	Tempranilho	7 anos
	E	S 29° 09' 260" W 51° 37' 584"	Riesling, Couderc, Tannat	8 anos
Nova Pádua	A	S 29° 01' 863" W 51° 19' 881"	Isabel	30 anos
	B	S 29° 02' 199" W 51° 19' 781"	Coudec	7 anos
	C	S 29° 02' 870" W 51° 21' 188"	Isabel	15 anos
	D	S 29° 02' 885" W 56° 21' 191"	Isabel	15 anos
	E	S 29° 01' 723" W 51° 16' 160"	Coudec	30 anos
Pinto Bandeira	A	S 29° 03' 241" W 51° 28' 387"	Isabel	11 anos
	B	S 29° 03' 232" W 51° 27' 871"	Moscato	20 anos
	C	S 29° 04' 893" W 51° 27' 831"	Moscato	6 anos
	D	S 29° 07' 883" W 51° 27' 265"	Cabernet Sauvignon	8 anos
	E	S 29° 08' 818" W 51° 26' 276"	Tannat	8 anos
Sarandi	A	S 27° 48' 706" W 53° 02' 575"	Niágara Branca e Rosada	10 anos
	B	S 27° 51' 289" W 53° 01' 390"	Niágara Branca	60 anos
	C	S 27° 53' 589" W 52° 59' 387"	Niágara Branca	17 anos
	D	S 27° 53' 706" W 52° 58' 838"	Bordô	5 anos
	E	S 27° 51' 943" W 53° 01' 199"	Niágara Branca	35 anos

Continuação da Tabela 1

Localidade	Produtor	Coordenada Geográfica	Variedade	Idade
Veranópolis	A	S 28° 57' 122" W 51° 31' 559"	Bordô	60 anos
	B	S 28° 57' 343" W 51° 31' 374"	Isabel e Concord	27 anos
	C	S 28° 57' 224" W 51° 31' 292"	Isabel	35 anos
	D	S 28° 58' 192" W 51° 29' 425"	Niágara Branca	10 anos
	E	S 28° 58' 616" W 51° 30' 044"	Pinotage	16 anos
Santa Catarina				
Iomerê	A	S 26° 59' 544" W 51° 13' 199"	Isabel	70 anos
Pinheiro Preto	A	S 27° 01' 557" W 51° 13' 172"	Coudec	18 anos
	B	S 27° 04' 285" W 51° 11' 394"	Coudec	12 anos
Tangará	A	S 27° 06' 399" W 51° 17' 545"	Isabel	15 anos
	B	S 27° 07' 338" W 51° 12' 305"	Niagara e Isabel	10 anos
Videira	A	S 26° 58' 489" W 51° 11' 406"	Isabel Precoce e Niágara Branca e Rosada	9 anos
	B	S 27° 02' 541" W 51° 08' 676"	Cabernet Sauvignon	10 anos
	C	S 27° 03' 382" W 51° 06' 366"	Coudec	30 anos
	D	S 27° 03' 670" W 51° 06' 103"	Bordô	11 anos

4.1.2 Coleta de formigas

Em cada parreiral foram realizadas duas coletas: uma na primavera/verão e outra no outono/inverno. No Estado do Rio Grande do Sul, a primeira coleta foi realizada entre os meses de março a junho de 2008 e a segunda entre setembro a dezembro de 2010. Em Santa Catarina as amostragens ocorreram nos meses de abril a julho e de outubro a dezembro de 2011.

As formigas foram coletadas utilizando-se armadilhas subterrâneas do tipo "pitfall" (Figura 2), as quais consistiram de um conjunto de dois tubos plásticos (3,3 cm de diâmetro x 5,0 cm de altura) ligados por um cordão de aproximadamente 50 cm, com tampa e perfurados lateralmente (3 mm) (MORINI et al., 2004).

Figura 2 - Armadilha do tipo “pitfall” utilizada para a coleta de formigas em parreirais. Setas indicam furos para passagem das formigas.



Foram utilizados dois atrativos alimentares nas armadilhas para a captura de um maior número de espécies de formigas. Em um dos tubos foi colocada solução aquosa de mel (70%) embebido em algodão hidrófilo e no outro, sardinha conservada em óleo comestível. Os atrativos foram colocados na parte interna da tampa do tubo (Figura 3).

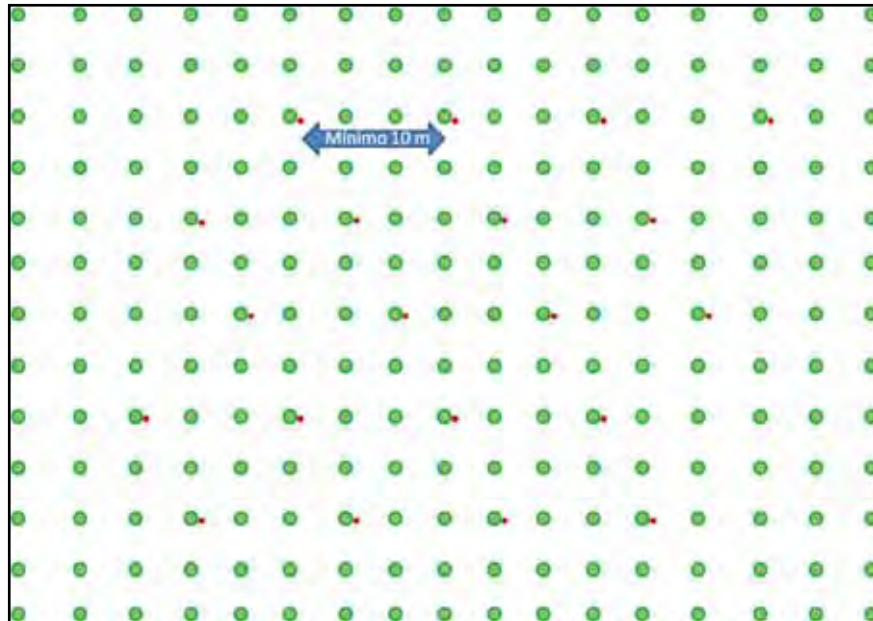
Figura 3 - Tampa da armadilha do tipo “pitfall”, com solução aquosa de mel (70%) embebido em algodão hidrófilo (esquerda) e sardinha (direita), para a coleta de formigas em parreirais.



Em cada um dos pontos de amostragem do parreiral foi colocada uma armadilha “pitfall”. A densidade foi de 20 e 12 armadilhas/área nas coletas realizadas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, respectivamente. As armadilhas “pitfalls” foram colocadas nas linhas de plantio distribuídas aleatoriamente no centro do

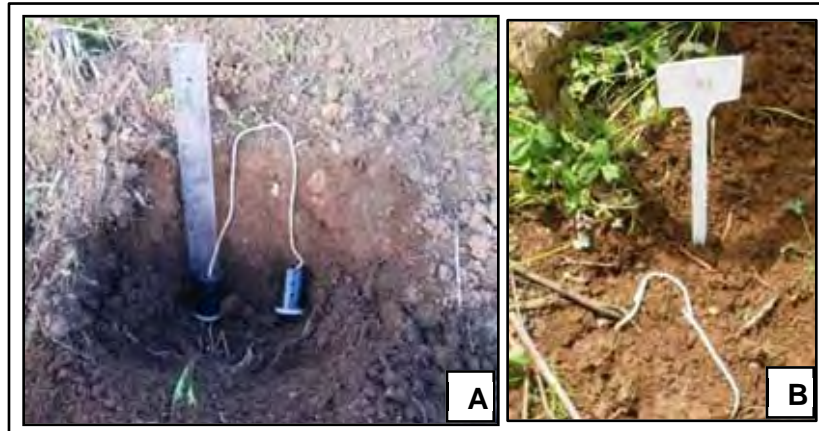
parreiral, visando evitar o efeito de borda. A distância entre as armadilhas foi de no mínimo 10 metros (Figura 4).

Figura 4 - Croqui representando as armadilhas subterrâneas (●) colocadas em linhas de plantio (●) com espaçamento de no mínimo 10 metros entre elas.



As armadilhas foram colocadas no solo a uma profundidade de aproximadamente 20 cm, próximos às raízes das plantas (Figura 5). O local de colocação das armadilhas teve como base o trabalho de Hickel et al. (2008) que verificaram a presença de pérola-da-terra até 30 cm de profundidade. Elas permaneceram no campo por um período de 24 horas quando foram recolhidas e levadas ao laboratório para triagem. Após a triagem as formigas coletadas foram transferidas para frascos contendo álcool 70% para posterior identificação.

Figura 5 - Armadilhas do tipo “pitfall” colocadas em parreirais com presença de pérola-da-terra. (A) antes de ser enterradas e (B) enterradas próximas às raízes das plantas.



As morfoespécies de formigas foram separadas, e um exemplar de cada uma foi montado seguindo-se o padrão descrito por Longino (2000). O espécime foi colado na ponta de um pequeno triângulo de papel, entre o primeiro e o segundo pares de pernas, sendo depois transpassado para alfinetes entomológicos. As formigas montadas foram devidamente etiquetadas e armazenadas. Após este procedimento as formigas foram identificadas em subfamílias (BOLTON, 2003) e gêneros (BOLTON, 1994). A identificação morfológica foi realizada em duas etapas: ao nível de morfoespécie comparando com os exemplares depositados na coleção do Laboratório de Mirmecologia do Alto Tietê, na Universidade de Mogi das Cruzes (SP) e ao nível específico pelo Dr. Alex Wild. Foi realizada também a contagem dos indivíduos de cada espécie.

Devido à similaridade entre as espécies dentro dos gêneros *Linepithema* e *Solenopsis*, estas foram identificadas através de análise molecular realizada no Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) utilizando a análise do gene mitocondrial do citocromo oxidase I (COI) (CAMPOS, 2012; MARTINS et al., 2012).

4.1.3 Análise faunística

Foi realizada análise faunística para definir as classes de abundância, constância, dominância e frequência das espécies.

A abundância refere-se ao número de indivíduos de uma determinada espécie por unidade de superfície e volume, variando no espaço e no tempo (SILVEIRA NETO et al., 1976). A abundância é determinada pela soma total dos indivíduos de

cada espécie, com emprego de uma dada medida de dispersão. Calculou-se o IC da media aritmética, para 1% e 5% de probabilidade, por meio da fórmula:

$$IC = m \pm t \times S(m)$$

Na qual:

$$m = \frac{\sum x}{n} \quad S(m) = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

IC = Intervalo de confiança;

t = Valor de t ao nível de 5% e 1%;

m = Média de indivíduos capturados na área;

S = Variância,

X = Total de indivíduos de cada espécie no local;

n = Número de espécies no local;

Foram estabelecidas as seguintes classes de abundância:

- Rara (r) - número de indivíduos capturados menor que o limite inferior do IC a 1% de probabilidade;
- Disperso (di) - número de indivíduos capturados situado entre os limites do IC 1% e a 5% de probabilidade;
- Comum (c) - número de indivíduos capturados situado dentro do IC a 5% de probabilidade;
- Abundante (a) - número de indivíduos capturados situado superiores do IC a 5% e a 1% de probabilidade;
- Muito abundante (ma) - número de indivíduos capturados maior que o limite superior do IC a 1% de probabilidade.

A constância é um parâmetro que se refere à distribuição de cada espécie ao longo das coletas realizadas, ou seja, a porcentagem de vezes que cada espécie esta presente em relação ao total de coletas realizadas, e foi calculada pela fórmula:

$$C = \frac{P \times 100}{N}$$

Onde:

C = Constância;

P = Número de coletas contendo cada espécie;

N = Número total de coletas realizadas.

Segundo Bodenheimer (1955), conforme cada valor com relação aos demais a espécie pode ser classificada como:

- Constante (w) - quando a espécie está presente em mais de 50% das coletas;
- Acessória (y) - quando a espécie está presente no intervalo de 25 a 50% das coletas;
- Acidental (z) - quando a espécie está presente em menos de 25% das coletas.

A dominância é a ação exercida pelos organismos dominantes de uma comunidade. Dominante é o organismo que recebe o impacto do meio ambiente e muda-o de forma, podendo causar desta forma, o aparecimento ou desaparecimento de outras espécies (SILVEIRA NETO et al., 1976).

Para determinar a dominância, foi utilizado o método de Sakagami e Laroca, descrito por Fazolin (1991). Este método considera como espécies dominantes aquelas em que a frequência exceder o limite de dominância, que pode ser calculado pela fórmula:

$$LD = \frac{1}{S} \times 100$$

Onde:

LD = Limite de dominância;

S = Número total de espécie.

A frequência representa o número de indivíduos de uma espécie com relação ao total de indivíduos capturados do grupo analisado. Este parâmetro foi calculado pela seguinte fórmula:

$$F = \frac{I}{T} \times 100$$

Na qual:

F = Frequência (%)

I = Número de espécimes da espécie no local amostrado

T = Número total de espécimes do grupo coletados na área

De acordo com os dados obtidos, foi estabelecida uma classe de frequência para cada espécie, baseando no intervalo de confiança (IC) a 5% de probabilidade (FAZOLIN, 1991). Sendo as seguintes classes:

- Pouco frequentes (pf) - quando a porcentagem de indivíduos capturados foi menor que o limite inferior do IC a 5% de probabilidade;
- Frequente (f) - quando a porcentagem de indivíduos capturados situou-se dentro do IC a 5% de probabilidade;
- Muito frequente (mf)- quando a porcentagem de indivíduos capturados foi maior que o limite superior do IC a 5% de probabilidade.

A frequência relativa de ocorrência também foi calculada. A frequência relativa é o percentual de ocorrência de uma espécie em relação à soma das frequências absolutas, sendo dada por:

$$FR = \frac{FA}{\sum FA} \times 100$$

Onde:

FR=Frequência relativa (%)

FA = Frequência absoluta (número de parcelas com ocorrência da espécie/total de parcelas).

Todos os cálculos da análise faunística foram realizados a partir do número de registros feitos para cada espécie, para cada área. Estes registros foram tabulados de acordo com a presença ou ausência proposto por Longino (2000), uma vez que as características sociais das formigas podem afetar estas análises quando realizadas sobre os números absolutos de espécimes coletados.

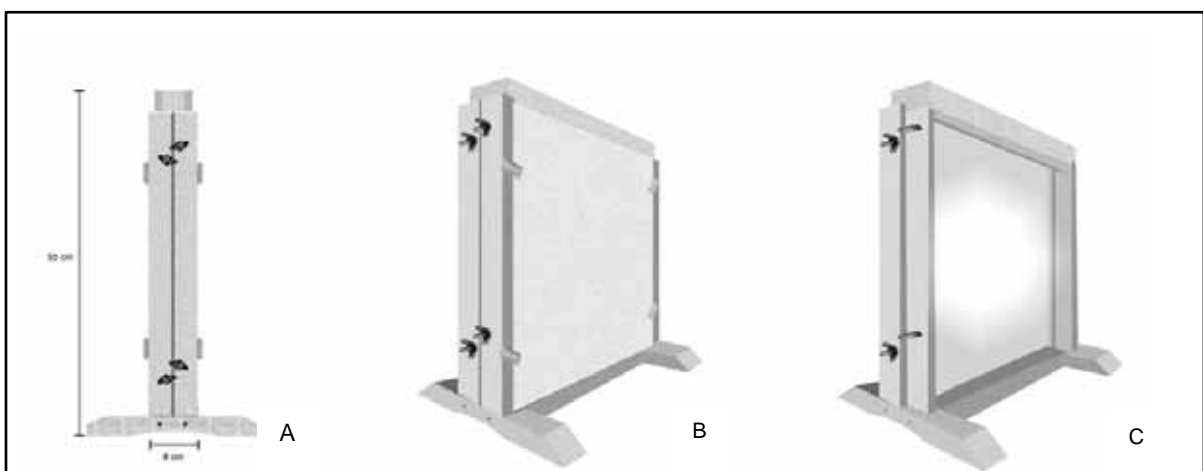
4.2 Interação entre *Linepithema micans* e *Eurhizococcus brasiliensis*

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação localizada na Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul no período de janeiro a outubro de 2009 e de janeiro a outubro de 2010. Foram utilizadas mudas enraizadas do porta-enxerto de videira Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) plantadas individualmente em “Gaiolas de Gallotti” (GALLOTTI, 1976).

A “Gaiola de Gallotti” consiste de uma estrutura de madeira (40 cm de largura x 50 cm de altura x 8 cm de espessura) com a extremidade inferior fechada e a superior aberta, por onde deve ser colocado o solo e realizado o plantio das mudas (Figura 6A). As paredes externas são de vidro transparente (2 mm de espessura), fixado com suportes de madeira parafusados, que permitem a sua retirada para a infestação do inseto e observação das fases de desenvolvimento (Figura 6C). Sobre o vidro há um revestimento móvel de madeira, com 1 cm de espessura para impedir a entrada de luz (Figura 6B).

O solo utilizado para o plantio foi composto por uma mistura de 60 Kg de solo autoclavado, 40 kg de condicionador de solo (produzido a partir de casca de Pinus) e 50 litros de vermiculita fina.

Figura 6 - “Gaiola de Gallotti”. (A) vista lateral. (B) vista externa com revestimento de madeira; (C) revestimento de vidro transparente sem a proteção da madeira.



Fonte: Daniel Clos Cesar.

4.2.1 Experimento 1. Interação entre *Linepithema micans* x *Eurhizococcus brasiliensis* em “Gaiolas de Gallotti” simples (2009).

Para conhecer a interação entre a pérola-da-terra e *L. micans*, três tratamentos foram avaliados: (1) Infestação do solo com *E. brasiliensis* e *L. micans*, (2) Infestação somente com *E. brasiliensis* e (3) Infestação somente com ninhos de *L. micans*.

Nos tratamentos em que foi realizada a infestação com *E. brasiliensis*, 300 ninfas da cochonilha foram inoculadas em cada “Gaiola de Gallotti”. Para tal, cistos com ovos (esbranquiçados) foram coletados em vinhedos infestados cavando-se em torno das raízes das plantas. As cochonilhas foram transportadas ao laboratório logo após a coleta. Para a obtenção dos ovos, em laboratório, os cistos com posturas foram rompidos manualmente no interior de placas de Petri contendo solo, mantidos em condições controladas ($26,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$ U.R.), sem fotofase e umedecidos diariamente até a eclosão das ninfas de primeiro instar (HICKEL, 1997). O rompimento manual é necessário devido ao enrijecimento da carapaça dos cistos quando manipulados em laboratório, o que impede a saída das ninfas (HICKEL, informação pessoal). Diariamente, as ninfas recém-eclodidas foram transferidas com auxílio de um pincel sobre as raízes das plantas, retirando-se o revestimento de vidro das gaiolas e expondo as raízes para infestação (Figura 7) (TEIXEIRA et al., 2002).

Figura 7 - Ninfas recém-eclodidas no interior de placas de Petri sendo transferidas com auxílio de um pincel sobre as raízes de plantas de videira. Setas indicam ninfas e raízes.



Logo após, nos tratamentos em que foi realizada a infestação com *L. micans*, ninhos com aproximadamente 10 rainhas foram transferidos para cada “Gaiola de Gallotti”. A infestação foi realizada com formigas coletadas em parreirais infestados por *L. micans* e pérola-da-terra.

Os ninhos foram retirados juntamente com o solo (Figura 8A) com o auxílio de uma pá (Figura 8B) e acondicionados em sacos plásticos (Figuras 8C e 8D). Os sacos foram fechados para evitar a fuga das formigas e transportados imediatamente ao laboratório.

Figura 8 - Coleta de ninhos de *Linepithema micans*: (A) Ninho de *Linepithema micans*. (B) Retirada do ninho de *Linepithema micans* e do solo com o auxílio de uma pá. (C) Deposição do ninho em saco plástico para o transporte. (D) Ninhos acondicionados em sacos plásticos fechados. As setas indicam as crias (ovos, larvas e pupas).



Os ninhos, junto com o solo, foram transferidos para bandejas plásticas (Figura 9) com medidas de 55 cm de comprimento, 34 cm de largura e 9,5 cm de altura. Para evitar a fuga das formigas, as bandejas tiveram suas bordas recobertas por Teflon-30 (Dupont[®]), o qual foi embebido num pedaço de algodão e aplicado nas bordas da bandeja em única camada. Após a secagem dessa camada foi aplicado talco, utilizando um pedaço de algodão e batendo-o suavemente sobre o Teflon-30 (Dupont[®]).

Figura 9 - Bandejas plásticas contendo solo com ninhos de *Linepithema micans* e conjunto de azulejo.



Para capturar as formigas, em cada bandeja foram colocados dois azulejos justapostos pela face abrasiva (10 cm x 10 cm) (Figura 10 A), possuindo entre si palitos de madeira (2 mm de espessura). Os palitos foram colocados de maneira que houvesse uma distância entre suas pontas, garantindo, assim, o espaçamento necessário para a entrada das formigas. Entre os azulejos, também foi colocado algodão umedecido com uma solução aquosa de açúcar invertido (25%) com o objetivo de estimular a colonização do interior do conjunto pelas formigas (Figura 10B).

Figura 10 - Captura de formigas: (A) Bandeja plástica com solo coletado contendo ninhos de *Linepithema micans* e conjunto de azulejo. (B) Azulejo contendo palitos e algodão umedecido com a colônia de *Linepithema micans*. As setas pretas indicam o local para passagem das formigas e as setas vermelhas indicam o algodão.



Fonte: Daniel Clos Cesar.

Após o estabelecimento das colônias nos azulejos, estes foram colocados diretamente sobre a terra, na parte superior da “Gaiola de Gallotti”, possibilitando, assim, a transferência da colônia pelas próprias formigas (Figura 11). Em cada gaiola foi colocado em torno de quatro azuleijos com aproximadamente 10 rainhas, crias, e operárias.

Figura 11 - Disposição dos azulejos (setas) contendo as colônias de formigas na parte superior das “Gaiolas de Gallotti”. Abaixo da “Gaiola de Gallotti” bandeja plástica para evitar fuga das formigas.



Fonte: Daniel Clos Cesar.

Para evitar a fuga das formigas, cada “Gaiola de Gallotti” foi colocada dentro de uma bandeja plástica (55 cm de comprimento, 34 cm de largura e 9,5 cm de altura) (Figura 11) com as bordas recobertas por Teflon-30 (Dupont®), acrescidas de talco.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 16 repetições. As formigas foram alimentadas três vezes por semana com larvas de *Tenebrio molitor*, adultos de *Gryllus* sp., solução aquosa de açúcar invertido (25%) (mistura de quantidades iguais de glicose e frutose).

O fornecimento de água foi *ad libitum* por meio de um tubo de ensaio com um tufo de algodão em sua extremidade livre.

A avaliação foi realizada através da contagem do número de cistos de pérola-da-terra e de formigas (ovo, larva, pupa, operária, macho e rainha) em cada “Gaiola de Gallotti” nove meses após a infestação. Para tal, as gaiolas foram abertas e os cistos foram retirados. Logo após, os ninhos juntamente com o solo, foram transferidos para bandejas plásticas com dois azulejos justapostos para estimular a colonização do interior do conjunto pelas formigas, conforme descrito no item 4.2.1. Após o estabelecimento das formigas no interior do conjunto de azulejos, estas foram mortas em álcool 70% acondicionadas em frascos individuais e realizada a

contagem dos indivíduos.

4.2.2 Experimento 2. Interação entre *Linepithema micans* x *Eurhizococcus brasiliensis* em “Gaiolas de Gallotti” simples (2010)

No segundo experimento, realizado em 2010 (Figura 12), foram utilizados os mesmos tratamentos do experimento realizado em 2009. No entanto, a metodologia foi alterada colocando-se as formigas antes da infestação com a cochonilha. A infestação com as formigas foram realizadas conforme descrito no item 4.2.1 utilizando ninhos com aproximadamente 10 rainhas/gaiola.

Figura 12 - “Gaiolas de Gallotti” contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103 utilizados nos experimentos de interação *Linepithema micans* x pérola-da-terra.

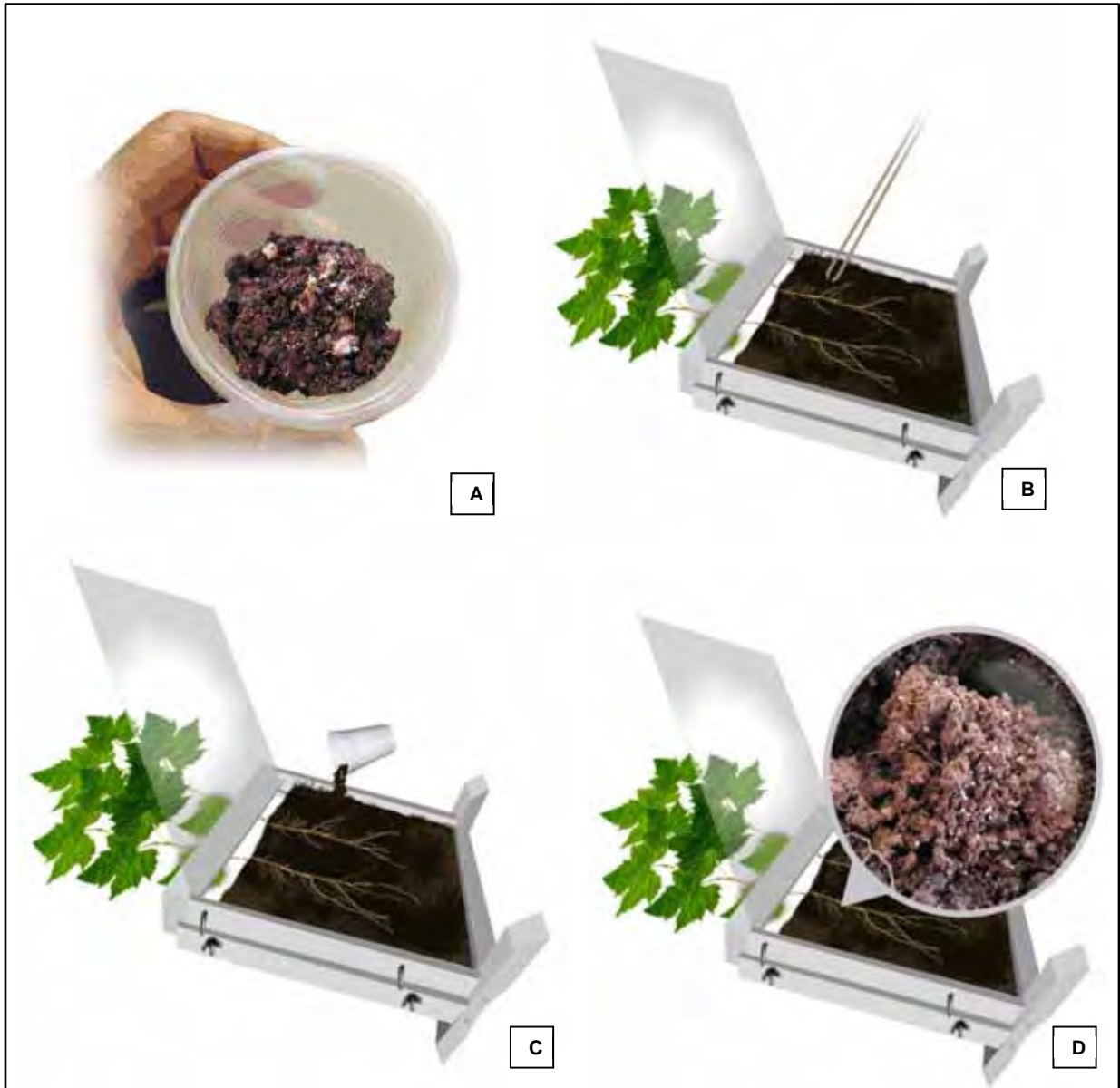


Após 15 dias da infestação das colônias de *L. micans*, foram inoculados cinco cistos com ovos e 300 ninfas da pérola-da-terra por gaiola. Os cistos com ovos foram coletados em parreirais infestados e mantidos em laboratório ($26,5 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$ U.R.), no interior de placas de Petri com solo, até a eclosão das ninfas. Diariamente, as ninfas recém-eclodidas foram separadas com auxílio de um pincel em copos plásticos (50 mL) contendo uma camada de solo (1cm) (Figura 13A) e imediatamente transferidas para próximo das raízes das plantas. Para tal, foi retirado

o revestimento de madeira e de vidro das gaiolas e realizadas as infestações em três a quatro cavidades feitas próximas às raízes (Figura 13B), depositando o conteúdo do copo plástico nestas cavidades (Figuras 13C e D). Este procedimento foi alterado quando comparado com o experimento realizado 2009 em que as ninfas eram colocadas sobre as raízes com o auxílio de um pincel.

As formigas foram alimentadas conforme descrito previamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 20 repetições.

Figura 13 - Infestação de ovos e ninfas de pérola-da-terra. (A) Ovos e ninfas recém-eclodidas separadas em copos plásticos (50 mL) contendo solo. (B) “Gaiola de Gallotti” sem a cobertura de madeira e a parede de vidro para realizar pequenas cavidades próximas da raiz. (C) Deposição de ovos e ninfas recém-eclodidas (D) Ovos e ninfas colocadas próximo as raízes.



Fonte: Daniel Clos Cesar

4.2.3 Experimento 3. Interação entre *Linepithema micans* x *Eurhizococcus brasiliensis* em “Gaiolas de Gallotti” duplas (2010)

Neste experimento foram utilizadas “Gaiolas de Gallotti” duplas que consistiu na conexão de duas gaiolas unidas por uma mangueira transparente recoberta com

papel celofane vermelho, para filtrar os comprimentos de onda visíveis pelas formigas na conexão entre as gaiolas (Figura 14).

Figura 14 - “Gaiola de Gallotti” dupla. Seta indica a mangueira recoberta com celofane vermelho utilizada na conexão das duas gaiolas.



Os tratamentos avaliados foram: (1) Infestação do solo com *E. brasiliensis* e *L. micans*, (2) Infestação somente com *E. brasiliensis*.

As colônias de *L. micans* foram estabelecidas nas gaiolas antes da infestação com a pérola-da-terra conforme descrito no item 4.2.2 em apenas uma das gaiolas do conjunto. Foram inoculados 5 cistos com ovos e 300 ninfas da pérola-da-terra por gaiola e no tratamento com a presença de *L. micans*, ninhos com aproximadamente 15 rainhas foram colocados em cada gaiola dupla.

As formigas foram alimentadas três vezes por semana com larvas de *Tenebrio molitor*, adultos de *Gryllus* sp., solução aquosa de açúcar invertido (25%) e o suprimento de água foi fornecido *ad libitum* por meio de um tubo de ensaio com um tufo de algodão em sua extremidade livre.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 repetições.

4.2.4 Análise estatística

O número total de cistos de pérola-da-terra e de formigas (ovo, larva, pupa, operária, macho e rainha) em cada “Gaiola de Gallotti” foi determinado nove meses após a infestação e suas médias comparadas pelo Teste t de Student utilizando-se o programa Statistica 10.

4.3 Bioecologia de *Linepithema micans*

4.3.1 Descrição de imaturos

Sete colônias (ovos, larvas, pré-pupas e pupas) de *L. micans* foram coletadas em parreirais do município de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. As amostras foram fixadas em solução Dietrich (900 mL água destilada, 450 mL etanol 95%, 150 mL formaldeído a 40, 30 mL de ácido acético) por 24 horas sendo posteriormente acondicionadas em álcool 70%. Vouchers specimens de ovos, larvas e pupas foram depositados na Coleção “Adolph Hempel” no Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Sanidade Vegetal do Instituto Biológico, São Paulo.

4.3.1.1 Determinação do número de instares larvais

O número de instares larvais foi determinado utilizando-se o método descrito por Parra e Haddad (1989). Em laboratório, foram realizadas medições da largura máxima da cápsula cefálica de 965 larvas apresentando os dados em um gráfico de distribuição de frequência onde cada pico correspondeu a um estágio larval. O número de instares larvais obtidos foram submetidos à regra de Brooks-Dyar (PARRA; HADDAD, 1989).

Para confirmar a presença de larvas de primeiro e último instares foram selecionadas e mensuradas as larvas farato, ou seja, aquelas que completaram o desenvolvimento embrionário, mas que ainda permaneceram no interior do cório e larvas na fase de pré-pupa, ou pupas farato (SOLIS, 2006).

4.3.1.2 Descrição das formas imaturas

As descrições morfológicas foram realizadas utilizando 20 larvas de cada instar 10 utilizadas para a microscopia de varredura (LEO 435 VP executado em 20,0 kV) e 10 em microscopia óptica (Zeiss MC80 DX com uma ampliação máxima de 1000x).

As medidas do comprimento e largura média dos ovos (N = 195), larvas (N = 470), a largura da cabeça e o comprimento do corpo de pupas (N = 100) foram realizados através de um microscópio estereoscópico (Zeiss SV11 Stemi, ampliação máxima de 66X), equipado com uma ocular micrométrica.

As larvas foram descritas conforme Wheeler e Wheeler (1976). As medidas foram apresentadas como média \pm desvio padrão seguido pelo número de observações (N).

4.3.2 Ciclo de vida sazonal de *Linepithema micans* em parreirais

4.3.2.1 Área de estudo

Ninhos de *L. micans* foram coletados em três parreirais infestados com a pérola-da-terra, localizados nos municípios de Bento Gonçalves, Flores da Cunha e Pinto Bandeira, Rio Grande do Sul (Tabela 2).

Tabela 2 - Localidade, coordenada geográfica, variedade e idade dos parreirais onde foram realizadas as coletas de formigas para o estudo do ciclo de vida anual de *Linepithema micans*.

Localidade	Coordenada Geográfica	Variedade	Idade
Bento Gonçalves	S 29° 09' 49.11" W 51° 32' 05.16"	Violeta	5 anos
Flores da Cunha	S 28° 53' 54" W 51° 12.5' 27"	Bordô	35 anos
Pinto Bandeira	S 29° 03' 241" W 51° 28' 387"	Isabel	11 anos

4.3.2.2 Coleta de formigas

Nos parreirais localizados em Pinto Bandeira e Bento Gonçalves foram realizadas coletas mensais durante dois anos (outubro de 2010 a setembro de 2012) e em Flores da Cunha as coletas foram realizadas de outubro de 2010 a março de 2012. As coletas em Flores da Cunha foram realizadas por um período menor de amostragem, devido as aplicações de inseticidas realizadas pelo produtor que suprimiram as colônias de *L. micans*.

Para estas coletas foram demarcados aleatoriamente quatro ninhos e, em torno de cada um deles foi delimitado um quadrante de 50 cm x 50 cm x 10 cm de profundidade (Figura 15).

Figura 15 - Demarcação de área (50 x 50 cm) para a coleta de ninhos de *Linepithema micans* para o estudo do ciclo de vida anual.



Os ninhos presentes no interior deste espaço foram retirados juntamente com o solo, acondicionados em sacos plásticos e transportados imediatamente ao laboratório. Os ninhos, junto com o solo, foram transferidos para bandejas plásticas com dois azulejos justapostos para estimular a colonização do interior do conjunto pelas formigas, conforme descrito no item 4.2.1. Após o estabelecimento das formigas no interior do conjunto de azulejos, estas foram mortas em álcool 70% e acondicionadas em frascos individuais.

As formigas coletadas foram categorizadas nos seguintes estágios de desenvolvimento: ovo, larva, pupa, operária, macho e rainha. Dentro de cada categoria foi realizada a contagem dos indivíduos.

4.3.3 Atividade de forrageamento de *Linepithema micans*

O trabalho foi conduzido em casa-de-vegetação na Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, utilizando mudas enraizadas do porta-enxerto Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) plantadas individualmente em vasos (5 L) (Figura 16 A). O solo utilizado para o plantio foi composto por uma mistura de 60 Kg de solo autoclavado, 40 kg de condicionador de solo (produzido a partir de casca de Pinus) e 50 litros de vermiculita fina. Após o plantio, as mudas de videira permaneceram por aproximadamente dois meses nos vasos, quando então foram infestados com colônias de *L. micans* contendo 10 rainhas, crias e operárias.

Para a infestação dos vasos foram coletados ninhos de *L. micans* próximos ao sistema radicular de plantas de videira em áreas infestadas com a pérola-da-terra conforme descrito no item 4.2.1. Após o estabelecimento da colônia no interior do conjunto de azulejos, estes foram transferidos para a superfície do vaso até o ninho ser completamente removido para o solo pelas próprias operárias.

As formigas foram alimentadas três vezes por semana com larvas de *Tenebrio molitor*, adultos de *Gryllus* sp., solução aquosa de açúcar invertido (25%) e o suprimento de água foi fornecido *ad libitum* por meio de um tubo de ensaio com um tufo de algodão em sua extremidade livre (Figura 16 B). Para evitar a fuga das formigas, os vasos foram colocados dentro de uma bandeja com as bordas recobertas por Teflon-30 (Dupont®), acrescidas de talco (Figura 16 C).

Para se determinar a atividade de forrageamento diária, sazonal e a preferência alimentar ao longo do ano das operárias de *L. micans*, foram dispostas duas fontes alimentares sobre uma placa de fórmica permitindo a escolha das forrageadoras. As fontes alimentares avaliadas foram *Gryllus* sp. e solução aquosa de açúcar invertido a 70% (Figuras 16 D e 17).

Figura 16 - Vasos contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103 (A) e ninhos de *Linepithema micans* utilizados nos testes de atividade de forrageamento, (B) tubo de ensaio contendo água; (C) bandeja plástica pra evitar a fuga das formigas; (D) Placa de dupla escolha utilizada para o fornecimento do alimento.

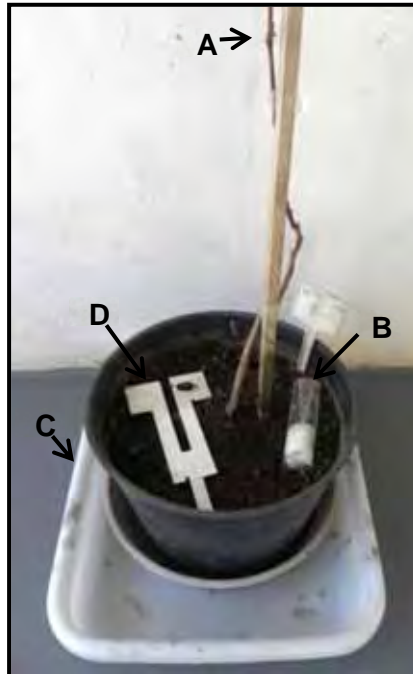


Figura 17 - Placa de dupla escolha feita de fórmica com duas fontes alimentares: (A) *Gryllus sp.* e (B) solução aquosa de açúcar invertido (70%).



Após a oferta, o número total de formigas presente em cada fonte alimentar foi quantificada, de hora em hora, durante 24 horas. Nestes intervalos também foram registradas a temperatura e a umidade relativa do ar.

O mesmo procedimento foi realizado mensalmente no período de junho de 2011 a maio de 2012. Cada tratamento foi repetido 10 vezes no delineamento experimental inteiramente casualizado.

4.3.3.1 Análise estatística

Inicialmente os dados obtidos foram submetidos à avaliação da normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk, e a homogeneidade de variância, pelo Teste de Levene. Os dados que não apresentaram normalidade foram transformados em raiz quadrada de x.

O número de formigas forrageando nos diferentes períodos do dia (manhã, tarde, noite e madrugada) foram submetidos à análise de variância, procedendo-se à comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% de significância.

O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para avaliar a relação entre as variáveis ambientais (temperatura e umidade) e a atividade de forrageamento diária e sazonal.

Para análise da preferência alimentar ao longo do ano, os dados foram transformados em arcoseno e posteriormente utilizado o Teste t de Student. Em todas as análises foi utilizado o software Statistica 10.

4.4 Controle de *Linepithema micans*

4.4.1 Efeito de atrativos alimentares

Os experimentos de preferência alimentar foram conduzidos em casa-de-vegetação localizada na Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul de março a maio de 2009. Cada vaso contendo um porta-enxerto de videira Paulsen 1103 (Figura 18) foi infestado com colônias de *L. micans* contendo aproximadamente 10 rainhas, operárias e crias.

Figura 18 - Vasos contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103 utilizados nos experimentos de preferência alimentar.



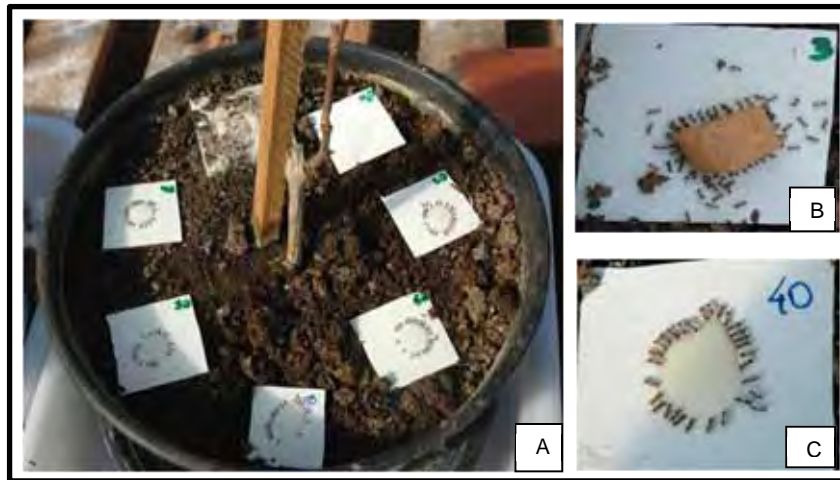
O plantio das mudas, as infestações e a alimentação das colônias foram realizadas conforme descrito nos itens 4.2.1 e 4.3.3.

Durante o desenvolvimento dos experimentos foram oferecidas, em cada vaso, diferentes fontes alimentares no centro de uma placa de fórmica branca (3x3 cm) dispostos equidistantemente (Figura 19). As fontes alimentares tiveram sua ordem e posições sorteadas. Antes dos testes, as colônias foram mantidas sob jejum de 24 horas disponibilizando a elas apenas água. Após a oferta do alimento, a cada 10 minutos foi registrado o número de operárias presentes em cada fonte, durante 1 hora. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com trinta repetições (um vaso por repetição) por experimento.

Estes experimentos foram realizados com intervalo de uma semana, devido ao desgaste do ninho em decorrência do jejum.

As fontes alimentares avaliadas foram divididas em dois grupos: substâncias açucaradas (diluídas em água em diferentes concentrações e formulação gel) e substâncias compostas de proteínas e lipídeos.

Figura 19 - Atrativos alimentares (A) dispostos nos vasos de forma equidistante com operárias de *Linepithema micans* forrageando. (B) Detalhe de uma fonte alimentar proteica e (C) açucarada com operárias de *Linepithema micans*.



As substâncias açucaradas (SA) testadas foram: 1) formulação gel açucarada (70% de açúcar invertido) e 2) formulação líquida açucarada (70% de açúcar invertido, pectina e conservantes) (elaborados no Centro de Estudos de Insetos Sociais – UNESP- Rio Claro/SP); 3) mel, 4) açúcar invertido (mistura de quantidades iguais de glicose e frutose) e 5) açúcar cristal (sacarose), diluídas em água em diferentes concentrações.

As substâncias compostas de proteínas e lipídeos (SPL) testadas foram: 1) formulação gel gordurosa 1 (15% de óleo de soja, 15% de açúcar invertido, e 25% de melaço de cana) e 2) formulação gel gordurosa 2 (8% óleo de soja e 70% de açúcar invertido); (elaborados no Centro de Estudos de Insetos Sociais – UNESP- Rio Claro/SP); 3) sardinha em óleo (com a presença de água e incorporada em óleo), 4) pasta de sardinha (sem a presença de água e incorporada em óleo), 5) gordura vegetal, 6) ração seca para gato (sabor peixe); 7) ração úmida para gato (sabor peixe); 8) ácido oleico e 9) um macerado elaborado com óleo de soja e cistos de pérola-da-terra.

Os experimentos foram realizados em duas etapas (Tabelas 3 e 4). Na primeira etapa foi comparada a atratividade de diferentes concentrações de substâncias açucaradas (açúcar invertido, açúcar cristal e mel) e de diferentes substâncias compostas de proteínas e lipídeos (Tabela 3).

Na segunda etapa foram selecionadas as substâncias que apresentaram os melhores resultados em cada um dos testes da primeira etapa e comparados com novas substâncias (Tabela 4)

Tabela 3 - Tratamentos utilizados nos experimentos da primeira etapa avaliando diferentes fontes alimentares.

Experimento 1		Experimento 2		Experimento 3		Experimento 4	
Tratamento	SA	Tratamento	SA	Tratamento	SA	Tratamento	SPL
T1	Açúcar Invertido 30%	T1	Açúcar Cristal 30%	T1	Mel 30%	T1	Sardinha
T2	Açúcar Invertido 40%	T2	Açúcar Cristal 40%	T2	Mel 40%	T2	Pasta de sardinha
T3	Açúcar Invertido 50%	T3	Açúcar Cristal 50%	T3	Mel 50%	T3	Gordura vegetal
T4	Açúcar Invertido 60%	T4	Açúcar Cristal 60%	T4	Mel 60%	T4	Ração de gato seca
T5	Açúcar Invertido 70%	T5	Açúcar Cristal 70%	T5	Mel 70%	T5	Ração de gato úmida
T6	Água	T6	Água	T6	Água	T6	Água

Tabela 4 - Tratamentos utilizados nos experimentos da segunda etapa com diferentes fontes alimentares.

Experimento 1		Experimento 2	
Tratamento	SA	Tratamento	SPL
T1	Açúcar Cristal 30%	T1	Sardinha
T2	Mel 40%	T2	Óleo oleico
T3	Açúcar Invertido 70%	T3	Macerado pérola-da-terra e óleo
T4	Formulação gel açucarada	T4	Formulação gel gordurosa 1
T5	Formulação líquida açucarada	T5	Formulação gel gordurosa 2
T6	Água	T6	Água

4.4.1.1 Análise estatística

Todos os dados foram submetidos à normalidade pelo Teste de Shapiro-Wilk, e a homogeneidade de variância, pelo Teste de Levene. Quando os dados não apresentaram normalidade foram transformados em raiz quadrada de x . Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância, procedendo-se à comparação entre médias pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para as análises foi utilizado o software Statistica 10.

4.4.2 Avaliação de inseticidas para o controle de *Linepithema micans*

O experimento foi conduzido entre janeiro de 2011 e abril de 2012 em casa-de-vegetação localizada na Embrapa Uva e Vinho em Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul. Foram utilizadas mudas enraizadas do porta-enxerto de videira Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) plantadas individualmente em vasos de 5L. O plantio das mudas de videira, as infestações e a alimentação das colônias foram realizadas conforme descrito nos itens 4.2.1 e 4.3.3 e levaram em torno de 30 dias.

Após o término das infestações, os vasos foram submetidos a uma avaliação para quantificar a população inicial de formigas forrageando em cada vaso. Para esta quantificação as colônias foram mantidas em jejum por 24 horas com apenas água. Após este período foi oferecido uma solução aquosa de açúcar invertido (70%) no centro de uma placa de fórmica branca (3x3 cm) e a cada 10 minutos, foi registrado o número de operárias presentes sobre a fonte alimentar, durante 1 hora (Figura 20). Estas avaliações foram efetuadas duas vezes.

Figura 20 – (A) Fonte alimentar (solução aquosa de açúcar invertido 70%) dispostos sobre placa de acrílico com operárias de *Linepithema micans* forrageando, (B) Detalhe



Após a primeira avaliação, os vasos em que as colônias não se estabeleceram ou que continham menos que 20 formigas forrageando durante o período de avaliação foram submetidos a novas infestações. Para a garantia de que todas as colônias haviam se estabelecido um segundo monitoramento foi realizado.

Com base no número de formigas que forragearam após a segunda avaliação, os vasos foram uniformizados conforme a quantidade de operárias forrageando nas seguintes categorias:

- 1 – vasos com 20 a 50 formigas forrageando;
- 2 – vasos com 50 a 100 formigas forrageando;
- 3 – vasos com 150 a 200 formigas forrageando;
- 4 – vasos com mais que 200 formigas forrageando.

Depois da classificação nessas categorias, os vasos foram uniformizados entre os tratamentos conforme o nível de infestação de cada um.

4.4.2.1 Aplicação de inseticidas

A aplicação de inseticidas foi realizada através de quatro formulações: pulverização do solo e iscas tóxicas nas formas de pasta, gel e líquida.

Os inseticidas utilizados na pulverização foram (1) tiametoxan (Actara 250 WG, Syngenta Produção de Cultivos Ltda.), (2) fipronil (Klapp, Basf S/A) e (3) imidacloprido (Provado 200 SC, Bayer S/A).

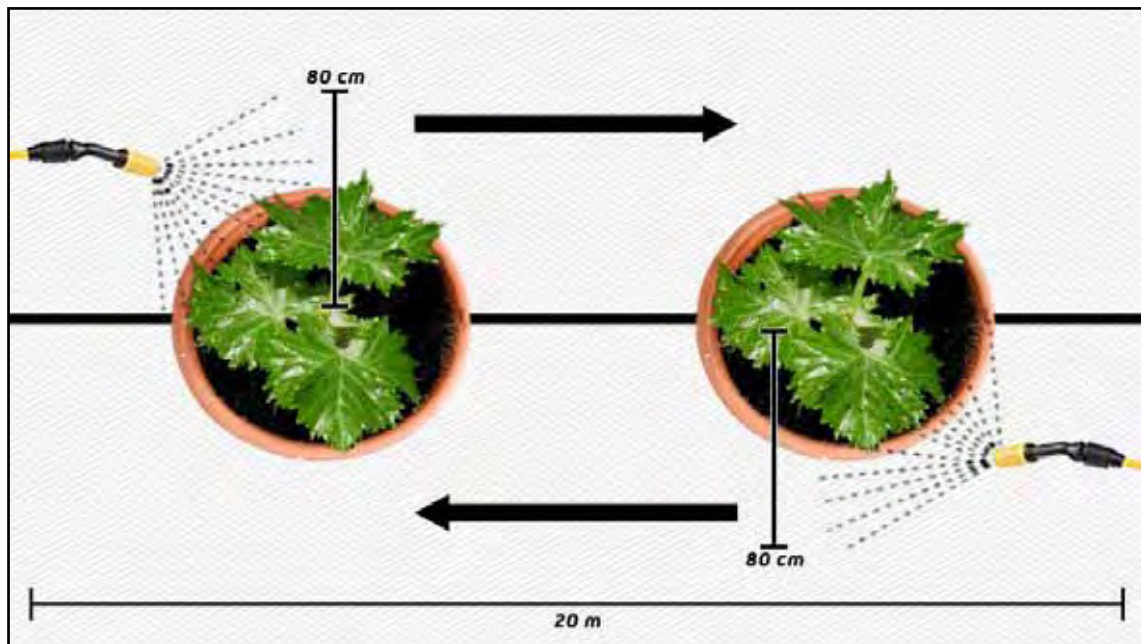
Estes inseticidas foram selecionados por serem empregados no controle de formigas cortadeiras (fipronil) ou no caso do imidacloprido e do tiametoxam por serem autorizados para o manejo da pérola-da-terra (AGROFIT 2012).

Os inseticidas foram aplicados sobre os vasos utilizando pulverizador costal manual Jacto PJH com capacidade volumétrica de 20 L, com volume de calda de 500L/ha e bico tipo leque 8004. A aplicação dos inseticidas foi realizada direcionada a superfície do solo mantido no interior dos vasos, sendo os mesmos dispostos, individualmente em uma linha de 20 m de forma a atingir os dois lados (Figuras 21 e 22).

Figura 21 - Vaso contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103, infestado com ninhos de *Linepithema micans* disposto individualmente em uma linha de 20 m sendo pulverizado com os inseticidas.



Figura 22 - Desenho do processo de pulverização do vaso contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103, infestados com *Linepithema micans*.



Fonte: Rodrigo Nocolini

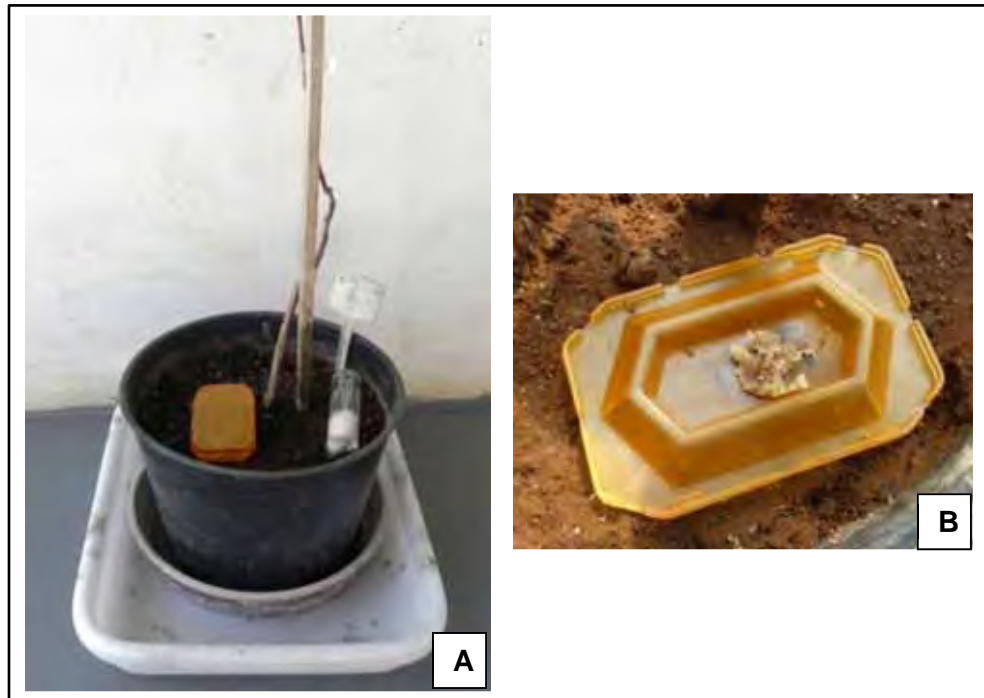
Em relação às iscas tóxicas, devido a ausência de informações sobre o emprego de ingredientes ativos para o controle de *L. micans*, foram avaliados os empregados para o controle de *L. humile*: ácido bórico, piriproxifen e hidrametilnona.

As iscas tóxicas foram avaliadas na forma líquida, composta de solução aquosa de açúcar invertido (50 e 70%) e na forma sólida, veiculada em sardinha (pasta) ou em gel. As iscas líquidas continham ácido bórico (0,5%, 1,0% e 1,2%) enquanto que as sólidas foram formuladas com piriproxifen (0,3% e 0,5%) e hidrametilnona (0,5%).

Os atrativos alimentares foram selecionados devido a solubilidade, tendo como base os experimentos de preferência alimentar (item 4.4.1). A preparação das iscas tóxicas foi realizada no Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) – UNESP- Rio Claro/SP.

Tanto as iscas tóxicas líquidas quanto as sólidas foram dispostas *ad libitum* em porta-iscas (Figura 23), com substituição semanal.

Figura 23 - Aplicação de isca tóxica para controle de *Linepithema micans*. (A) Vaso contendo porta-enxerto de videira Paulsen 1103 infestado com ninhos de *Linepithema micans* e porta isca, (B) Detalhe do porta-isca.



O efeito dos inseticidas e iscas tóxicas para o controle de *L. micans* foram observados em três experimentos (Tabela 4 e 5). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com dez repetições (um vaso por repetição) por tratamento.

Tabela 4 - Inseticidas utilizados nos três experimentos visando o controle de *Linepithema micans* na cultura da videira em forma de pulverização.

Ingrediente Ativo	Marca Comercial	Concentração do i.a. (g/Kg ou L)		Primeiro Experimento			Segundo Experimento			Terceiro Experimento			
		Dose g ou mL/ha**		Datas de aplicação*		Dose**		Data de aplicação		Dose**		Data de aplicação*	
		p.c.	i.a.	p.c.	i.a.	p.c.	i.a.	p.c.	i.a.	p.c.	i.a.	p.c.	i.a.
Tiametoxam	Actara 250 WG	250	1000	250	250	25/01/11 e 25/03/11	750	187,5	19/08/11	500	125	02/02/12 e 21/03/12	
Fipronil	Klapp	200	20	4	4	25/01/11 e 25/03/11	25	5	19/08/11	250	50	02/02/12 e 21/03/12	
Imidacloprido	Provado 200SC	200	-	-	-	-	-	-	-	625	125	02/02/12 e 21/03/12	

* Nestas etapas foram realizadas duas aplicações, uma no início e outra 9 semanas após a primeira

** Referente a dose utilizada nos testes para o volume de calda de 500 L/ha.

i.a. - ingrediente ativo; p.c. - produto comercial

Tabela 5 - Iscas tóxicas utilizadas nas três etapas para o testes de eficiência de controle de *Linepithema micans* na cultura da videira em forma de iscas tóxicas.

Ingrediente Ativo	Primeiro Experimento			Segundo Experimento			Terceiro Experimento		
	Concentração (%) /kg de isca do i.a	Atrativo alimentar	Data de aplicação	Concentração (%) /kg de isca do i.a	Atrativo alimentar	Data de aplicação	Concentração (%) /kg de isca do i.a	Atrativo alimentar	Data de aplicação
Ácido Bórico	1,0	Açúcar invertido (70%)	25/01/11	1,2	Açúcar invertido (70%)	19/08/11	0,5 e 1,0	Açúcar invertido (50%)	02/02/12
Hidrametilnona	0,5	Sardinha	25/01/11	0,5	Formulação gel	19/08/11	0,5	Sardinha	02/02/12
Piriproxifen	0,3	Sardinha	25/01/11	0,5	Formulação gel	19/08/11	0,5	Sardinha	02/02/12

4.4.2.2 Avaliação do efeito de iscas e pulverização dos produtos

Após a aplicação dos produtos e iscas, as avaliações foram realizadas semanalmente contando-se o número de formigas forrageando a cada 10 minutos por 1 hora, conforme realizado na pré-amostragem, descrito no item 4.4.2.

As avaliações foram realizadas por um período de quinze semanas no primeiro experimento, sete semanas no segundo e treze semanas no terceiro experimento.

4.4.2.3 Análise estatística

Para análise dos dados foi utilizado o número máximo de formigas forrageando dentro de cada hora. Este valor foi transformado em porcentagem em relação ao número máximo de formigas observado em cada vaso ao longo de todo experimento.

Os dados foram avaliados separadamente por experimento. Para cada tratamento foi plotada uma curva da porcentagem de formigas forrageando em função do tempo.

Para cada curva foi ajustado um modelo na forma:

$$Y = A \cdot e^{-B \cdot x (x > 0)} + C$$

Este modelo representa uma função que é constante antes da aplicação dos tratamentos (quando $x \leq 0$) e segue em uma curva exponencial decrescente após a aplicação. A, B e C são parâmetros do modelo em que C representa o percentual final de formigas após o término do efeito do tratamento. A representa a diminuição no percentual de formigas devido o tratamento e B está relacionado com a velocidade de queda no número de formigas.

O modelo geral foi efetivamente utilizado ou uma forma simplificada em que os dados se ajustaram. As curvas dos tratamentos foram comparadas entre si utilizando o teste F de forma hierárquica agrupando os tratamentos por grau decrescente de semelhança. As análises foram feitas utilizando o software R (2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Espécies de formigas em vinhedos infestados por *Eurhizococcus brasiliensis*

Nos 55 vinhedos amostrados no Estado do Rio Grande do Sul (RS) foram coletadas 135.920 formigas, distribuídas em 28 espécies, 15 gêneros e seis subfamílias (Tabela 6). No Estado de Santa Catarina (SC), foram coletadas 41.542 formigas distribuídas em 15 espécies, nove gêneros e cinco subfamílias (Tabela 6).

Tabela 6 - Subfamílias, gêneros, espécies e indivíduos de formigas amostradas em parreirais com presença da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* localizados no Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Subfamília	Gêneros		Espécies		Indivíduos	
	RS	SC	RS	SC	RS	SC
Myrmicinae	6	3	16	8	52645	10756
Formicinae	3	3	6	3	3243	5141
Ecitoninae	1	1	1	2	3	1354
Ectatomminae	2	-	2	-	48	-
Ponerinae	2	1	2	1	81	1
Dolichoderinae	1	1	1	1	79900	24290
Total	15	9	28	15	135.920	41.542

Nas coletas realizadas no RS, Myrmecinae foi a subfamília mais rica, seguida de Formicinae, Ecitoninae, Ectatomminae, Ponerinae e Dolichoderinae (Tabelas 6 e 7). Em SC, o mesmo padrão de riqueza foi encontrado, exceto que neste Estado não foi detectada a presença de espécies da subfamília Ectatomminae (Tabela 6 e 8).

Tabela 7 - Morfo-espécies/espécies identificadas em parreirais com presença de pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* localizados no Estado do Rio Grande do Sul.

Subfamília/Espécie	Antônio Prado	Caxias do Sul	Dois Lajeados	Farrroupilha	Flores da Cunha	Garibaldi	Monte Belo do Sul	Nova Pádua	Pinto Bandeira	Sarandi	Veranópolis	
Myrmicinae												
<i>Acromyrmex cf. nigrosetosus</i>	X		X				X				X	
<i>Crematogaster quadriformis</i>	X											
<i>Oxyopocus sp. 4</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole aberrans</i>	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole cf. dione</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole nr. triconstricta</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole subarmata</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole sp. 15</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole sp. 17</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
<i>Pheidole sp. 30</i>	X											
<i>Pheidole sp. 33</i>	X											
<i>Solenopsis invicta</i>		X	X	X		X	X				X	
<i>Solenopsis megergates</i>									X		X	
<i>Solenopsis saevissima</i>		X	X	X	X		X	X			X	
<i>Solenopsis sp. 4</i>		X	X	X		X	X	X			X	
<i>Wasmannia sp.</i>	X	X	X			X	X	X			X	
Formicinae												
<i>Brachymyrmex aphidicola</i>	X		X	X	X	X	X	X	X			
<i>Brachymyrmex obscurior</i>				X			X	X	X	X		
<i>Brachymyrmex sp. 4</i>				X			X	X	X			
<i>Camponotus sp. 6</i>				X			X	X	X			
<i>Camponotus melanoticus</i>		X				X	X	X	X			
<i>Nylanderia fulva</i>	X	X	X			X	X	X	X			
Ecitoninae												
<i>Labidus predator</i>		X										
Ectatomminae												
<i>Ectatomma edentatum</i>								X	X		X	
<i>Gnamptogenys striatula</i>					X							
Ponerinae												
<i>Hypoponera opaciceps</i>	X							X				
<i>Pachycondyla striata</i>	X	X	X	X							X	
Dolichoderinae												
<i>Linepithema micans</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Total	13	12	13	12	10	14	16	14	14	8	13	

Tabela 8 - Morfo-espécies/espécies identificadas em parreirais com presença de pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* localizados no Estado de Santa Catarina.

Subfamília/Espécie	Iomerê	Pinheiro Preto	Tangará	Videira
Myrmicinae				
<i>Pheidole aberrans</i>		X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 17		X		
<i>Pheidole subarmata</i>	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.30	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp. 33		X		
<i>Solenopsis invicta</i>			X	
<i>Solenopsis saevissima</i>			X	X
<i>Wasmannia</i> sp.		X		
Formicinae				
<i>Brachymyrmex aphidicola</i>			X	X
<i>Camponotus melanoticus</i>				X
<i>Nylanderia fulva</i>	X		X	X
Ecitoninae				
<i>Labidus coecus</i>				X
<i>Labidus predator</i>				X
Ponerinae				
<i>Pachycondyla striata</i>				X
Dolichoderinae				
<i>Linepithema micans</i>	X	X	X	X
Total	4	7	8	11

Em relação à análise faunística, *L. micans* foi classificada como muito abundante, dominante e muito frequente em todas as localidades do RS e de SC amostradas. Sua ocorrência foi constante em 18% e 25% das localidades do RS e SC respectivamente (Tabelas 9 e 10). Além disso, foi a espécie com maior frequência sendo encontrado em todas as localidades avaliadas (Figuras 24 e 25, Tabelas 7 e 8).

Tabela 9 - Análise faunística das espécies de formigas amostradas em parreirais com presença de pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* localizados no Estado do Rio Grande do Sul.

ESPÉCIE/MUNICÍPIO	RIO GRANDE DO SUL																							
	Antônio Prado		Caxias do Sul		Dois Lajeados		Farrroupilha		Flores da Cunha		Garibaldi													
	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F
<i>Acromyrmex cf. nigrosetosus</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachymyrmex aphidicola</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	c	z	nd	f	di	z	nd	pf	c	z	nd	f	c	z	nd	pf	-
<i>Brachymyrmex obscurior</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachymyrmex</i> sp. 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus melanoticus</i>	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-
<i>Camponotus</i> sp. 6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-
<i>Crematogaster quadricornis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ectatomma edentatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gnamptogeny striatula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	c	z	nd	f	-	-	-	-	-
<i>Hypoponera opaciceps</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Labidus predator</i>	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Linepithema micans</i>	ma	z	d	mf	ma	w	d	mf	ma	y	d	mf	ma	y	d	mf	ma	y	d	mf	ma	z	d	mf
<i>Nylanderia fulva</i>	ma	z	d	mf	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ma	z	d
<i>Oxyopocus</i> sp. 4	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pachycondyla striata</i>	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-
<i>Pheidole aberrans</i>	r	z	nd	pf	c	z	d	f	ma	z	d	mf	c	z	d	f	r	z	nd	pf	ma	z	d	
<i>Pheidole cf. dione</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole nr. triconstricta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 15	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 17	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	c	z	nd	f	ma	z	d	mf	c	z	nd	
<i>Pheidole</i> sp. 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 33	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	c	z	d	f	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	r	z	nd	
<i>Pheidole subarmata</i>	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	-	z	d	f	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	y	d	
<i>Solenopsis invicta</i>	-	-	-	-	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	ma	z	d	
<i>Solenopsis magergates</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solenopsis saevissima</i>	-	-	-	-	ma	z	d	mf	-	-	-	r	z	nd	pf	c	z	nd	f	-	-	-	-	
<i>Solenopsis</i> sp.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Wasmannia</i> sp.	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	ma	z	d	mf	-	-	-	-	ma	z	d	mf	-	-	mf	

Continuação da tabela 9

	RIO GRANDE DO SUL																							
	Monte Belo do Sul				Nova Pádua				Pinto Bandeira				Sarandi				Veranópolis							
	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F				
<i>Acromyrmex cf. nigrosetosus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf
<i>Brachymyrmex aphidicola</i>	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachymyrmex obscurior</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ma	z	d	mf	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachymyrmex sp. 4</i>	r	z	nd	pf	c	z	d	f	ma	z	d	mf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus melanoticus</i>	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus sp. 6</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Crematogaster quadriformis</i>	r	z	-	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ectatomma edentatum</i>	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gnampotogeny striatula</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf
<i>Hypoponera opaciceps</i>	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Labidus predator</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Linepithema micans</i>	ma	z	d	mf	ma	y	d	mf	ma	w	d	mf	ma	z	d	mf	ma	y	d	mf	ma	z	d	mf
<i>Nylanderia fulva</i>	c	z	-	f	c	z	d	f	di	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxyopocus sp. 4</i>	-	-	nd	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pachycondyla striata</i>	c	z	nd	f	-	-	-	-	c	z	nd	f	-	-	-	-	r	z	b	pf	-	-	-	-
<i>Pheidole aberrans</i>	-	-	nd	-	c	z	nd	f	r	z	nd	pf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf
<i>Pheidole cf. dione</i>	r	z	nd	pf	r	z	-	pf	r	z	nd	pf	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole nr. triconstricta</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole sp. 15</i>	r	z	d	pf	-	-	d	-	di	z	nd	pf	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-
<i>Pheidole sp. 17</i>	ma	z	d	mf	r	z	nd	pf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	c	z	nd	pf	-	-	-	-
<i>Pheidole sp. 30</i>	r	-	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole sp. 33</i>	c	z	nd	f	r	z	nd	pf	c	z	nd	f	r	z	nd	pf	c	z	d	f	-	-	-	-
<i>Pheidole subarmata</i>	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	c	z	d	f	ma	y	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf
<i>Solenopsis invicta</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ma	z	d	mf	-	-	-	-
<i>Solenopsis magergates</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ma	z	d	mf	-	-	-	-
<i>Solenopsis saevissima</i>	-	-	-	-	ma	z	d	mf	c	z	nd	f	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solenopsis sp.4</i>	r	z	nd	pf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	di	z	d	f	-	-	-	-
<i>Wasmannia sp.</i>	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	-	-	-	-	-	-	-	-	a	z	nd	f	-	-	-	-

A= Abundância; ma = muito abundante; a = abundante; c = comum; di = dispersa; r = rara; C = Constância; w= constante; y = acessória; z = acidental; D = Dominância; d= dominante; nd = não dominante; F = Frequência; mf = muito frequente; f = frequente; pf = pouco frequente; --ausente.

Tabela 10 - Análise faunística das espécies de formigas amostradas em parreirais com presença de pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* localizados no Estado de Santa Catarina.

ESPÉCIE/MUNICÍPIO	SANTA CATARINA																	
	Iomerê			Pinheiro Preto			Tangará			Videira								
	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C	D	F	A	C
<i>Brachymyrmex aphidicola</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Camponotus melanoticus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Labidus cuecos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Labidus predator</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Linepithema micans</i>	ma	z	d	mf	ma	w	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z
<i>Nylanderia fulva</i>	ma	w	d	mf	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pachycondyla striata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole aberrans</i>	c	z	nd	f	c	z	d	f	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z
<i>Pheidole</i> sp. 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole</i> sp. 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pheidole subarmata</i>	ma	z	d	mf	c	z	nd	f	ma	z	d	mf	ma	z	d	mf	ma	z
<i>Solenopsis invicta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Solenopsis saevissima</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

A= Abundância; ma = muito abundante; a = abundante; c = comum; di = dispersa; r = rara; C = Constância; w= constante; y = acessória; z = acidental; D = Dominância; d= dominante; nd = não dominante; F = Frequência; mf = muito frequente; f = frequente; pf = pouco frequente; -=ausente.

O gênero *Pheidole* (Myrmicinae) foi o mais representativo em número de espécies em todas as localidades amostradas do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina sendo representado por oito e cinco espécies respectivamente (Tabelas 7 e 8). Além disso, foi um dos gêneros que mais se destacou na análise faunística (Tabelas 9 e 10). *Pheidole subarmata* se destacou entre as espécies deste gênero (Figuras 24 e 25), sendo classificada como muito abundante, acessória, dominante e muito frequente em 81%, 18%, 100% e 81% das localidades do RS (Tabela 9). Em SC foi considerada como muito abundante, dominante e muito frequente em 75% das localidades amostradas, e acidental em todos os municípios (Tabela 10). Ainda, em relação a este gênero, *Pheidole aberrans* foi classificada como muito abundante, acidental, dominante e muito frequente em 36%, 81%, 54% e 36% das localidades do RS, enquanto que em SC foi denominada como muito abundante, acidental, dominante e muito frequente em 50%, 100%, 75% e 50% dos municípios.

Na sequência, o gênero que apresentou maior riqueza específica foi *Solenopsis* (Myrmicinae) com quatro espécies para o Rio Grande do Sul (Tabela 9) e duas para Santa Catarina (Tabela 10). Dentre as espécies encontradas, destacou-se *S. invicta* classificada como muito abundante, acidental, dominante e muito frequente em 36%, 54%, 36% e 36% dos locais de coleta do RS e como rara, acidental, não dominante e pouco frequente 50%, 75%, 50% e 50% das localidades de Santa Catarina.

Figura 24 - Espécies de formigas com maior frequência relativa de ocorrência em parreirais com presença de pérola-da-terra localizados no Estado do Rio Grande do Sul.

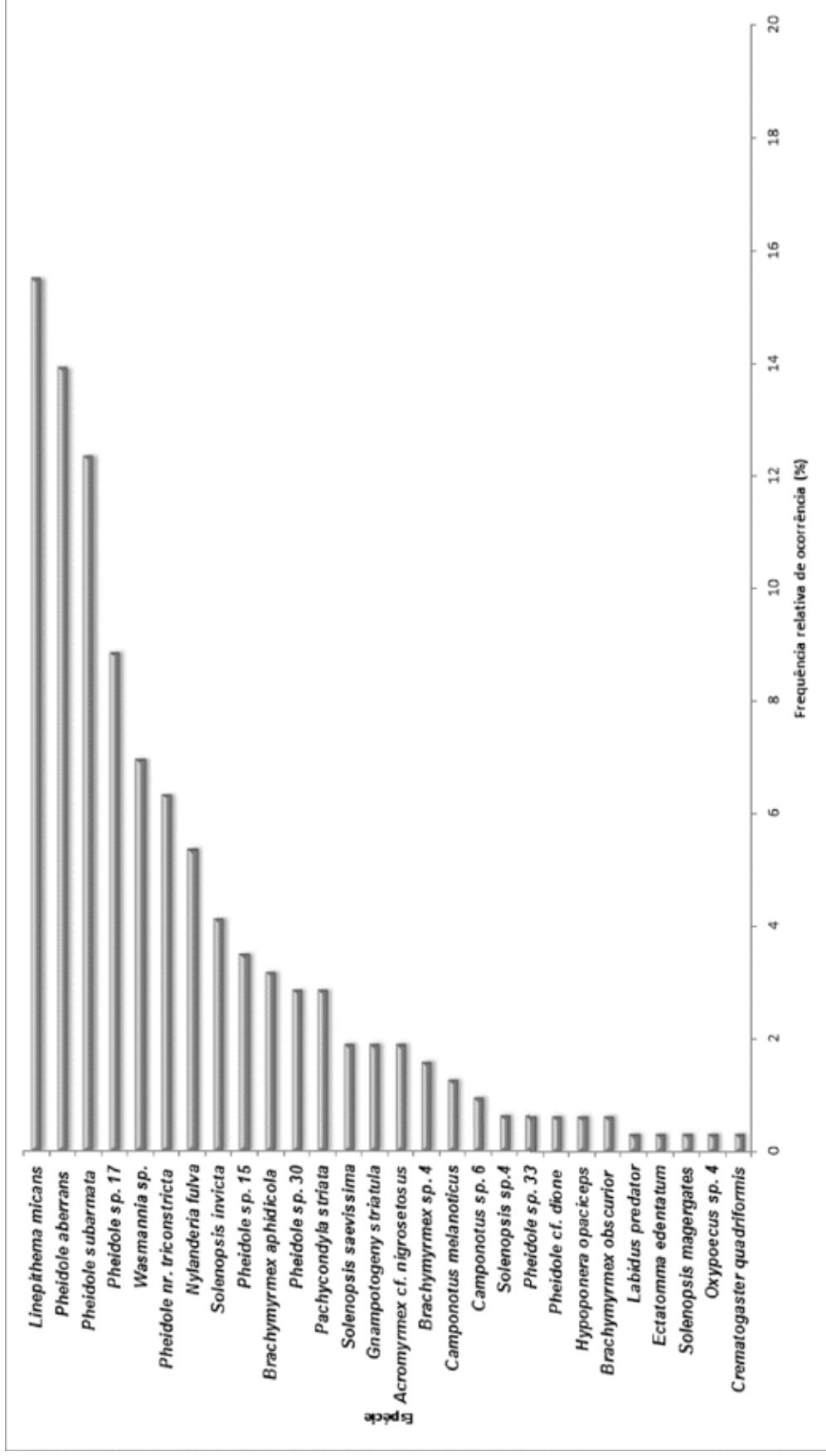
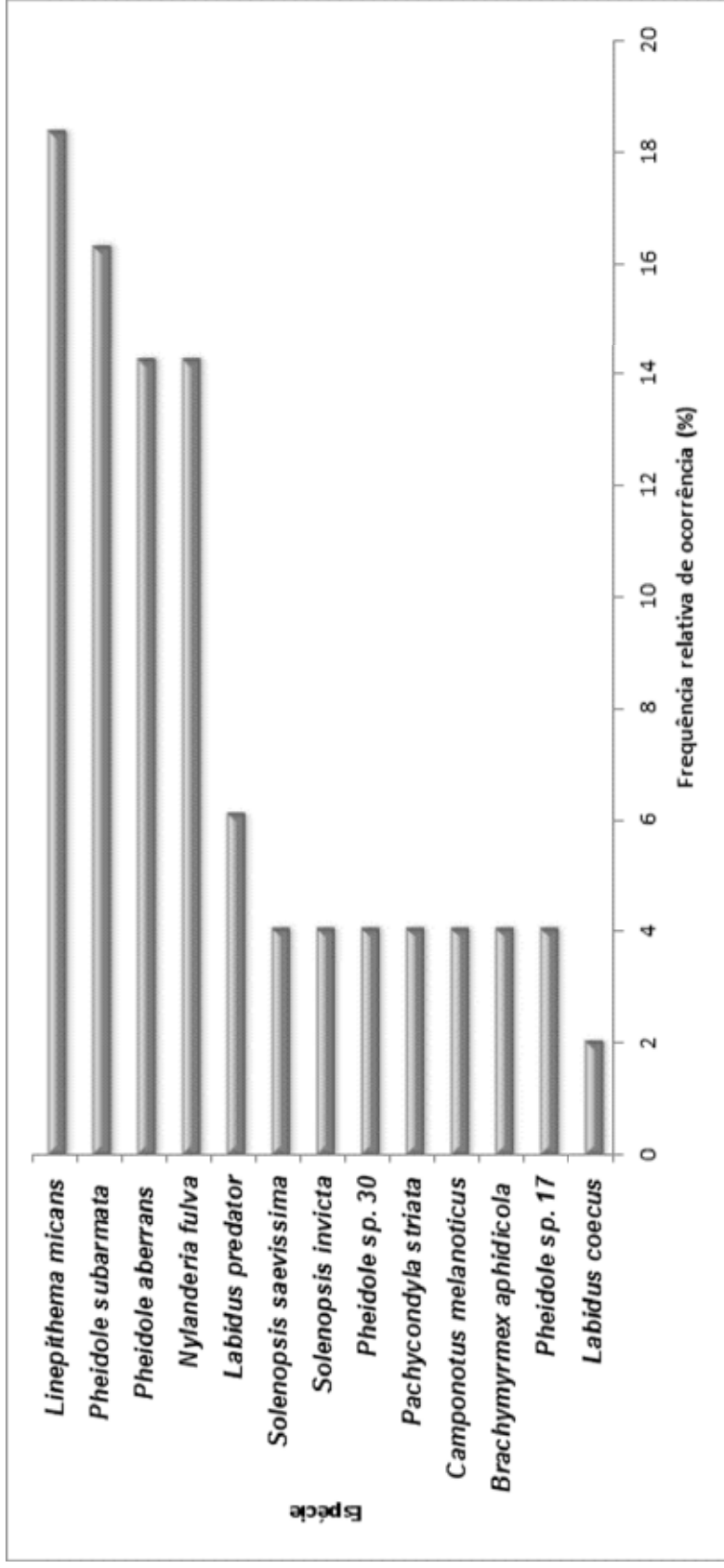


Figura 25 - Espécies de formigas com maior frequência relativa de ocorrência em parreirais com presença de pérola-da-terra localizados no Estado de Santa Catarina.



A subfamília Myrmicinae apresentou a maior riqueza, sendo responsável por 57% das espécies encontradas no Rio Grande do Sul (Tabela 6) e 53% em Santa Catarina (Tabela 6). A predominância de Myrmicinae pode ser explicada pelo fato desta ser a mais expressiva subfamília de formigas, tanto em número de gêneros quanto de espécies (FERNÁNDEZ; SENDOYA, 2004; ANTWEB, 2012). Além disso, de acordo com Fernández (2003), as mirmicíneas constituem um dos grupos mais diversificados em relação aos hábitos de alimentação e nidificação. Há espécies arborícolas, habitantes do solo e da serrapilheira, algumas apresentam associações com plantas, com fungos e ainda, com outras formigas (FERNÁNDEZ, 2003).

A predominância de formigas pertencentes à família Myrmicinae também foi verificada em levantamentos realizados em parreirais da África do Sul (ADDISON; SAMWAYS, 2000), Austrália (CHONG et al., 2011) e Brasil (SACCHET, 2006; PICELLI, 2011, ROSADO et al., 2012).

O segundo táxon mais diverso foi Formicinae representando 21% das espécies coletadas no Rio Grande do Sul e 20% em Santa Catarina (Tabela 6 e 7). Essa subfamília compreende 51 gêneros em todo o mundo, com aproximadamente 2.915 espécies descritas (ANTWEB, 2012). Segundo Fernández e Sendoya (2004), para a região Neotropical são conhecidos aproximadamente 15 gêneros. As formigas da subfamília Formicinae são em sua maioria generalistas, mas apresentam uma forte atração por fontes de carboidratos, tais como os encontrados em nectários extraflorais e nas secreções açucaradas produzidas por hemípteros (FOWLER et al., 1991; LONGINO, 1994). Podem ser arborícolas, habitantes do solo, da serapilheira ou subterrâneas (FOWLER et al., 1991).

Na sequência, as subfamílias mais representativas no Rio Grande do Sul foram Ectatomminae, Ponerinae e Dolichoderinae representando 7%, 7% e 3% das espécies coletadas (Tabela 6). Em Santa Catarina tanto Ponerinae como Dolichoderinae foram representadas por 6% das espécies coletadas (Tabela 7).

Formigas da subfamília Ectatomminae nidificam, de modo geral, no solo ou em madeira decomposta, sendo que algumas espécies possuem hábitos de alimentação e nidificação flexíveis. A maioria das espécies é predadora, mas a biologia do grupo é parcialmente estudada (ARIAS-PENNA, 2007). As formigas da subfamília Ponerinae são predadoras terrícolas por excelência (FOWLER et al., 1991), caçam individualmente, mas também se aproveitam de fontes ricas em carboidratos, como nectários ou secreções de hemípteros (LATTKE, 2003).

Apesar de ter sido representada apenas por uma espécie, a subfamília Dolichoderinae se destaca devido a maior abundância numérica em ambos locais estudados (Tabela 6). Segundo Andersen (2000) essa subfamília é considerada dominante, tanto numericamente como funcionalmente. A maioria das espécies de Dolichoderinae é onívora e forrageia sobre a superfície do solo. Seu alimento consiste normalmente em artrópodes mortos e secreções vegetais. Essas formigas habitam lugares muito variados, desde o solo com ou sem cobertura vegetal, em madeira viva ou morta e até no dossel arbóreo (CUEZZO, 2003).

A riqueza de espécies encontrada no presente estudo foi baixa quando comparada com outros levantamentos realizados em parreirais. Addison e Samways (2000) amostraram formigas em 22 parreirais na África do Sul utilizando armadilhas do tipo “pitfall” e isca de sardinha, e encontraram 42 espécies, enquanto que Chong et al. (2011) em levantamento realizado em 50 parreirais na Austrália, utilizando apenas armadilhas do tipo “pitfall”, verificaram 148 espécies de formigas. Sacchett (2006) em estudo conduzido em parreirais da região da Serra Gaúcha registraram 41 espécies de formigas, utilizando armadilhas do tipo “pitfall” e subterrânea e Rosado et al (2012), 72 espécies na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

A diversidade de espécies encontrada nos parreirais também foi baixa quando comparada com outros trabalhos de levantamento realizados em monoculturas com plantas perenes no Brasil, como por exemplo, 124 espécies registradas em cultivos de cacau na Bahia (DELABIE; FOWLER, 1995) e 143 espécies em eucaliptais em Minas Gerais, (MARINHO et al., 2002). Entretanto, o baixo número de espécies registradas é similar a outros levantamentos realizados na região Sul do Brasil, como por exemplo, em São Leopoldo, que apresentou 20 espécies (HAUBERT et al., 1998); Torres, 33, (HAMEISTER et al., 2003) e Caçapava do Sul, 51 espécies (DIEHL et al., 2004). A baixa riqueza de espécies é esperada para a região Subtropical, onde a mirmecofauna é menos diversa do que a de zonas tropicais, devido aos fatores climáticos e à redução da complexidade de habitats (KETTERL et al., 2003). Exceção foi trabalho realizado por Rosado et al. (2012) que encontraram 72 espécies na região da Campanha do Rio Grande do Sul.

A riqueza de espécies de formigas também pode ser influenciada por características do habitat, como por exemplo, a estrutura da vegetação. Um habitat com maior complexidade vegetacional fornece maior disponibilidade de locais para nidificação e maior oferta de alimento (ALBUQUERQUE; DIEHL, 2009). Em locais

onde a variação nas formações vegetais não é tão pronunciada, o número de espécies é mais uniforme. Além disso, ambientes homogêneos parecem ter o predomínio de uma ou poucas espécies enquanto que em ambientes heterogêneos, a dominância relativa das espécies é baixa (FOWLER et al. 1991). Sendo assim, a forma como os parreirais são manejados na região Sul poderia ter alguma influência sobre a baixa riqueza de espécies encontradas, uma vez que grande parte dos parreirais é conduzida sem a utilização de plantas de cobertura deixando o solo permanentemente exposto (EMATER, 2001). Além disso, em hipótese a aplicação de inseticidas no solo visando o controle da pérola-da-terra pode ter efeito sobre a comunidade de formigas presentes no parreiral.

Estas práticas agrícolas, comumente utilizadas, podem resultar em um declínio da diversidade de formigas (QUEIROZ et al., 2006). Segundo Lobry De Bruyn (1993) o decréscimo de 50% na riqueza de espécies de formigas está associado à estas práticas.

Em agroecossistemas, a aplicação de inseticidas apresenta um grande impacto sobre a distribuição de invertebrados no ambiente. O efeito prejudicial de agrotóxicos sobre artrópodes está relacionado ao declínio da diversidade de espécies, ao surgimento de pragas secundárias e a redução de inimigos naturais (THEILING; CROFT, 1988). Peck et al. (1998) demonstraram efeitos significativos do manejo do solo e da aplicação de inseticidas sobre a estrutura da comunidade de formigas que habita a interface solo-serapilheira. Na cultura do café, Perfecto e Vandermeer (2002) encontraram uma maior riqueza de formigas em cultivo orgânico quando comparado com o cultivo tradicional. Picelli (2011) também atribuiu a baixa diversidade de formigas encontrada em parreirais do Estado de São Paulo a aplicações de inseticidas.

Porém, Chong et al. (2007) em um estudo realizado em parreirais na Austrália demonstraram que a estrutura da comunidade de formigas presentes nesses locais foi insensível a aplicação de agrotóxicos. Entretanto, os autores ressaltam que a presença de refúgios nestes parreirais provavelmente teve uma forte influência na estruturação das comunidades de formigas. A sensibilidade de um organismo a um agrotóxico depende de sua toxicidade e da exposição do organismo a ele (THOMSON; HOFFMANN, 2006), isso pode explicar a baixa diversidade dos parreirais da região Sul, uma vez que na maioria deles o solo fica permanentemente exposto, facilitando assim a ação de contato sobre as formigas.

Ainda em relação a baixa riqueza de espécies encontrada nos parreirais, cabe ressaltar que o uso de metodologias diferenciadas pode interferir na riqueza final de espécies o que torna necessário uma padronização dessas metodologias para que a comparação seja feita de maneira mais eficaz. Segundo Bestelmeyer et al (2000) a utilização de armadilhas do tipo “pitfall” apresenta uma maior eficácia devido ao tempo de permanência no campo, o que leva a coleta de um número maior de espécies.

Os gêneros mais representativos em número de espécies nos dois Estados foram *Pheidole* e *Solenopsis*. Em levantamento realizado em parreirais da Austrália (CHONG et al., 2011) e na Serra Gaúcha (SACCHETT, 2006), o gênero *Pheidole* também foi o que apresentou maior riqueza específica. Este gênero encontra-se entre os mais amplamente distribuídos além, de ser predominante dentre as formigas de solo e estar entre os mais diversos de todas as espécies de animais e plantas, sendo conhecidas em todo mundo cerca de 900 espécies (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Segundo Wilson (2003), apenas para as Américas são conhecidas cerca de 620 espécies de *Pheidole*. É considerado um gênero não especialista, altamente competitivo e com espécies ecologicamente diversificadas, incluindo coletoras de sementes, onívoras, predadoras e mutualistas em associação com plantas e hemípteros (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990).

Assim como o gênero *Pheidole*, *Solenopsis* está entre os mais abundantes e ricos em número de espécie no mundo (BOLTON, 1995). De acordo com Wilson (2003), formigas do gênero *Solenopsis* são predadoras, muitas vezes generalistas ocorrendo nos mais diversos ambientes.

Dentre as espécies de formigas coletadas nos dois Estados amostrados, *L. micans* merece destaque, uma vez que foi encontrada na maioria dos parreirais infestados pela pérola-da-terra, além de ser dominante em todas as localidades amostradas. Esta espécie também foi uma das mais representativas em parreirais da região da Campanha do Rio Grande do Sul, no entanto, nesta região, a cochonilha não foi detectada, o que demonstra sua facilidade em se adaptar a diferentes condições e papéis ecológicos. Segundo Wild (2009) este fato se deve à estreita relação filogenética com *L. humile* evidenciando a possibilidade desta espécie também apresentar comportamento invasivo no ambiente (MARTINS et al., 2012).

A informação de que *L. micans* é a espécie predominante em parreirais infestados pela pérola-da-terra é nova, visto que, até pouco tempo, *L. humile* era considerada a principal dispersora da cochonilha no Brasil (GALLOTTI, 1976; SORIA; GALLOTTI; 1986; HICKEL, 1994; BOTTON et al., 2000). As razões para esta informação provavelmente equivocada deve-se a grande similaridade entre as operárias das duas espécies, a notoriedade do “status” de praga de *L. humile* e a erros de identificação por características morfológicas, fato mencionado na revisão de Wild (2007).

Devido ao fato de ser a espécie mais frequentemente encontrada nos parreirais infestados pela pérola-da-terra, *L. micans* pode ser considerada uma importante espécie na disseminação desta cochonilha. Entretanto este fato também pode ocorrer com outras espécies de formigas que se alimentam de “honeydew” devendo ser investigado.

5.2. Interação entre *Linepithema micans* e *Eurhizococcus brasiliensis*

No primeiro experimento, realizado em 2009, nos tratamentos em que as plantas de videira foram infestadas com pérola-da-terra e *L. micans*, foi constatado uma média de $7,31 \pm 1,28$ cistos/gaiola, não diferindo dos $4,56 \pm 1,62$ cistos encontrados no tratamento em que havia a presença apenas de pérola-da-terra ($t= 1,328$; $gl= 30$; $p= 0,1941$). O tamanho populacional das colônias de *L. micans* que estavam atendendo ou não as cochonilhas também não apresentou diferença significativa ($t= 1,686$; $gl= 24$; $p=0,105$) (Tabela 11).

No segundo experimento, em 2010, o tratamento em que havia a presença de pérola-da-terra e *L. micans*, foi significativamente superior àquele infestado apenas com a pérola-da-terra, $33,45 \pm 6,25$ cistos/gaiola e $0,9 \pm 0,40$ cistos/gaiola, respectivamente ($t= 5,196$; $gl= 19,132$; $p=<0,001$). Neste experimento, foi registrado um acréscimo significativo no tamanho populacional das colônias quando estas estavam associadas com a cochonilha ($t= 2,541$; $gl= 22,182$; $p=<0,001$) (Tabela 11).

Tabela 11 - Número médio (\pm EP) de cistos de pérola-da-terra e formigas (ovo, larva, pupa, operária, rainha, macho) em “Gaiola de Gallotti” simples nove meses após a infestação.

Tratamento	Número de insetos			
	2009		2010	
	<i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	<i>Linepithema micans</i>	<i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	<i>Linepithema micans</i>
<i>Eurhizococcus brasiliensis</i> e <i>Linepithema micans</i>	7,31 \pm 1,28 a	627,9 \pm 164, 5 a	33,45 \pm 6,25 a	2520,5 \pm 473,3 a
<i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	4,56 \pm 1,62 a	-	0,9 \pm 0,40 b	-
<i>Linepithema micans</i>	-	1054,4 \pm 180,4 a	-	1436, 1 \pm 153, 6 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste t ($\alpha = 0,05$).

No experimento em que foram utilizadas “Gaiolas de Gallotti” duplas (experimento 3), nos lados onde foram realizadas as infestações, o tratamento com a presença de pérola-da-terra e *L. micans* apresentou uma média de $29,5 \pm 5,3$ cistos/gaiola, diferindo ($t= 5,225$; $gl= 9,573$; $p=<0,001$) dos $1,4 \pm 0,95$ cistos encontrados no tratamento em que havia apenas pérola-da-terra (Tabela 12).

Nos lados com ausência de infestações, não foi encontrado nenhum cisto no tratamento em que havia apenas a cochonilha, entretanto foi constatado uma média de $33,6 \pm 5,16$ cistos/gaiola quando as plantas foram infestadas com a pérola-da-terra e formiga ($t= 6,506$; $gl= 9,000$ $p=<0,001$) (Tabela 12).

Tabela 12 - Número médio (\pm EP) de cistos de pérola-da-terra e formigas (ovo, larva, pupa, operaria, rainha, macho) em “Gaiola de Gallotti” duplas nove meses após a infestação.

Tratamento	Número de cistos de <i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	
	Lado infestado	Lado não infestado
<i>Eurhizococcus brasiliensis</i> e <i>Linepithema micans</i>	29,5 \pm 5,3 a	33,6 \pm 5,16 a
<i>Eurhizococcus brasiliensis</i>	1,4 \pm 0,9 b	0 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste t ($\alpha = 0,05$).

O número médio de cistos/gaiola observados no primeiro experimento foi baixo quando comparado com o número de ninfas inicialmente inoculadas ($n= 300$) não apresentando diferença entre os tratamentos. A ausência de diferença significativa pode ser atribuída à forma como foi realizada a infestação com a cochonilha, devido à sensibilidade das ninfas na manipulação em laboratório e no

momento da infestação sobre as raízes. Este fato pode ser confirmado pelos resultados obtidos no segundo experimento, o qual sofreu modificações apenas na forma de infestação. Teixeira et al. (2002) também observaram uma baixa densidade populacional de pérola-da-terra quando infestadas desta forma.

Outros estudos têm demonstrado que o atendimento de formigas interfere no tamanho populacional de hemípteros. Cushman e Whitman (1989), encontraram correlação positiva entre o tamanho populacional de *Formica altipetens* (Hymenoptera:Formicidae) e a população de *Pubilia modesta* (Hemiptera: Membracidae). Schwartzberg et al. (2010) demonstraram um aumento na biomassa de afídeos da espécie *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) quando estes foram atendidos por formigas da espécie *Lasius neoniger* (Hymenoptera: Formicidae). Um aumento nas populações de *Toxoptera aurantii* (Hemiptera: Aphididae) (POWELL et al., 2009), de *Aphis gossypii* e de *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae) (POWELL ; SILVERMAN, 2010) foi observado quando estes pulgões foram atendidos por *L. humile* e *Tapinoma sessile* (Hymenoptera: Formicidae) em relação àquelas que não tiveram o atendimento.

Em sistemas agrícolas, aumentos populacionais de insetos que se alimentam de floema como cochonilhas e pulgões, tem sido associados principalmente a formiga *L. humile*, as quais aproveitam o “honeydew” e em contrapartida protegem contra o ataque de inimigos naturais (BUCKLEY; GULLAN 1991). Em vinhedos da Califórnia, esta espécie tem sido responsável pelo acréscimo na população de três espécies de Pseudococcidae: *Pseudococcus maritimus*, *P. viburni* e *Planococcus ficus* (DAANE et al., 2007).

Apesar dos hemípteros sugarem grandes quantidades de seiva das plantas, apenas a quantidade de nutrientes necessária à sua sobrevivência e desenvolvimento é retida, sendo o restante eliminado (DELABIE, 2001). Esta seiva eliminada, conhecida como “honeydew”, é rica em açúcar e aproveitada pelas formigas como fonte alimentícia. Esta associação, de maneira geral benéfica aos dois organismos, resulta no aumento da densidade de hemípteros e das formigas em determinada área (WAY, 1963; ABBOTT; GREEN, 2007; DAANE et al., 2007).

Na literatura, a situação mais comumente descrita em relação ao mutualismo formiga-hemíptero, tem sido o atendimento de formigas a produtores de “honeydew” em troca de proteção contra inimigos naturais, permitindo assim um acréscimo do tamanho populacional de ambas as espécies. O aumento no número de cistos de

pérola-da-terra observado neste trabalho, provavelmente não está correlacionado com a sua defesa, uma vez que não foram registrados inimigos naturais nas gaiolas avaliadas. Mesmo que a predação e o parasitismo não estejam envolvidos nesta situação, uma possibilidade de benefício proporcionado pelas formigas pode estar correlacionada a serviços de limpeza. A remoção do “honeydew” pode melhorar o habitat da cochonilha facilitando seu estabelecimento nas plantas (BUCKEY, 1987; DAANE et al., 2007; VENEK; POTTER, 2010). Daane et al. (2007) perceberam que mesmo em parreirais onde não havia a presença de inimigos naturais, a densidade populacional da cochonilha reduziu nos tratamentos em que houve a exclusão de formigas. Isso sugere a importância de outros benefícios que a formiga oferece além da proteção.

O crescimento da colônia de formigas invasoras é frequentemente favorecido pelo “honeydew” de hemípteros (NESS; BRONSTEIN, 2004). Segundo Helms e Vinson (2008), colônias de *Solenopsis invicta* que tiveram acesso ao “honeydew” de cochonilhas cresceram 50% a mais do que colônias que não estavam associadas. A importância de carboidratos para formigas onívoras é suportado também por outros estudos realizados em condição de laboratório que demonstraram um aumento significativo na população de *Solenopsis invicta* e *Tetramorium caespitum* quando alimentadas com sacarose (PORTER, 1989; KAY et al.; 2006). No primeiro experimento não verificou-se diferença significativa no número de formigas entre os tratamentos avaliados, fato explicado pela baixa densidade populacional de pérola-da-terra encontrada e, conseqüentemente, uma menor quantidade de “honeydew” oferecida. Entretanto, no segundo experimento, a população de *L. micans* aumentou significativamente na presença da pérola-da-terra demonstrando a importância dos carboidratos na colônia, uma vez que servem como combustível para as operárias exercerem suas atividades (GROVER, 2007).

Os carboidratos provindos de “honeydew” e de exsudatos de plantas têm uma importante função na colônia, uma vez que operárias podem apenas alimentar-se de líquidos e que desempenham papéis fundamentais como proteção da colônia e cuidado com a cria (GLANCEY et al., 1981; TOBIN, 1994; HELMS; VINSON, 2008). Embora formigas possam adquirir alguma quantidade de carboidrato na hemolinfa de outros artrópodes predados (WYATT; KALF 1957) elas teriam um grande gasto energético na busca e na competição por alimento (HELMS; VINSON 2008). Fontes de carboidratos também poderiam ser adquiridas diretamente das plantas através do

néctar, entretanto a disponibilidade varia de acordo com a estação e com as plantas disponíveis (RICO-GRAY; GARCIA-FRANCO, 1998). Sendo assim, formigas encontram em populações de hemípteros um recurso previsível e renovável de nutrientes (DELABIE, 2001; STYRSKY; EUBANKS 2007) proporcionando condições favoráveis ao crescimento da colônia.

Em relação à dispersão da pérola-da-terra, Sacchett et al. (2009) realizaram experimento em dois parreirais expondo cistos e “pellets” açucarados sobre placas de Petri e verificaram que operárias de *Pheidole* sp. e de *L. micans* foram capazes de transportar cistos de pérola-da-terra. No experimento realizado em “Gaiolas de Gallotti” duplas, no presente trabalho, verificou-se que além de carregar as ninfas de uma gaiola para outra, as formigas auxiliaram na fixação delas às raízes, uma vez que no tratamento sem a infestação de formigas nenhum cisto foi encontrado.

Os resultados demonstrados neste trabalho sugerem que *L. micans* pode ter uma função importante influenciando a dinâmica populacional de pérola-da-terra em parreirais. Sendo assim, a implementação de um programa de manejo da pérola-da-terra envolveria também o controle das formigas dispersoras associadas, o que dificultaria a sobrevivência e impediria a dispersão das ninfas para novos locais no interior do parreiral.

5.3 Bioecologia de *Linepithema micans*

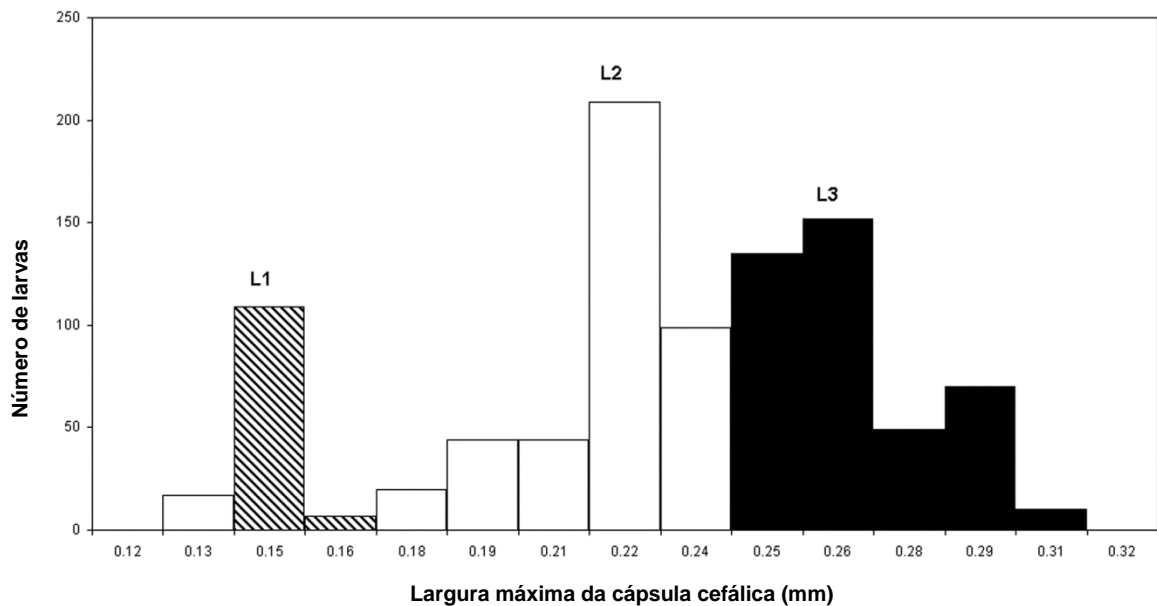
5.3.1 Descrição de imaturos

5.3.1.1 Determinação do número de instares larvais

A distribuição de frequência da largura da cápsula cefálica das larvas resultou em uma distribuição multimodal, com três picos distintos sugerindo fortemente a existência de três instares (Figura 26). O número de instares obtidos resultou em um ajuste na regra de Dyar ($R^2 = 0,85$).

Figura 26 - Distribuição de frequência da largura da cápsula cefálica de larvas de operárias de *Linepithema micans*: (L1) primeiro instar, (L2) segundo instar, (L3) terceiro instar. As colunas hachuradas representam intervalos nos quais embriões

maduros foram encontrados no ovo, e as colunas pretas representam o intervalo no qual pré-pupas foram encontradas.



De acordo com a regra de Dyar, a taxa média de crescimento entre os instares foi de 1,31, enquanto que entre o primeiro e o segundo instares foi de 1,38, e entre o segundo e terceiro foi de 1,23.

Segundo Solis et al. (2010) apenas 64 espécies de formigas já tem o número de instares determinado. Dentro da família Dolichoderinae, para *Bothriomyrmex syrius* Forel foram determinados quatro instares (THOMÉ; THOMÉ, 1981), para *Linepithema humile* três instares (SOLIS et al., 2010 b) e para *Tapinoma melanocephalum* Fabricius quatro instares (JESUS et al., 2010). Portanto, observa-se que o número de instares larvais de *L. micans* é, idêntico ao de *L. humile*.

Além da largura da cabeça, a mandíbula apresentou tamanhos variáveis entre os diferentes instares, assim eles podem ser usados alternativamente para determinar os instares larvais.

5.3.1.2 Descrição morfológica das formas imaturas

O ovo apresenta formato oval, mas ligeiramente alongado, com delicado córion translúcido (comprimento= 0,22-0,40 mm, largura = 0,13-0,29 mm, N = 195). Razão comprimento/largura do ovo = 1,32.

A descrição geral das larvas dos três instares está apresentada nas tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - Medidas corporais de larvas dos três diferentes instares de *Linepithema micans*. Valores são mostrados com as médias \pm (DP) ou intervalo máximo e mínimo, quando aplicável.

Parte medida	Instar larval			
	Primeiro	Segundo	Terceiro	
Corpo	Comprimento	0,46 \pm 0,08 mm 0,28-0,66 mm (N=109)	0,80 \pm 0,14 mm 0,44-1,15 mm (N=209)	0,66-1,75 mm (N=152)
	Largura	0,15-0,29 mm (N=109)	0,22-0,57 mm (N=209)	0,35-0,67 mm (N=152)
	Comprimento do espiráculo	0,60-1,09 mm (N=10)	1,20 \pm 0,09 mm 1,02-1,36 mm (N=10)	1,74 \pm 0,18 mm 1,37-1,96 mm (N=10)
Comprimento dos pelos do corpo		0,009 \pm 0,002 mm 0,005-0,011 mm (N=50)	0,008 \pm 0,001 mm 0,006-0,012 mm (N=50)	0,008 \pm 0,001 mm 0,007-0,012 mm (N=50)
	Diâmetro do espiráculo	1º abdominal	0,004-0,007 mm (N=10)	0,007-0,008 mm (N=10)
7º abdominal		0,001-0,004 mm (N=10)	0,004 mm (N=10)	0,004 mm (N=10)
Outros		0,002-0,006 mm (N=70)	0,005-0,006 mm (N=70)	0,005-0,006 mm (N=70)
Comprimento da protuberância dorsal		0,073 \pm 0,018 mm 0,055-0,110 mm (N=10)	0,107 \pm 0,008 mm 0,100-0,125 mm (N=10)	0,132 \pm 0,007 mm 0,125-0,145 mm (N=10)

Tabela 14 - Tamanhos da cápsula cefálica e peças bucais de larvas de diferentes instares de *Linepithema micans*.

Parte medida		Instar larval		
		Primeiro	Segundo	Terceiro
Cápsula cefálica	Largura	0,15 mm	0,22 mm	0,26 mm
	máxima	(N=109)	(N=209)	(N=152)
Comprimento do pelo		0,005-0,009 mm	0,007 ± 0,001 mm	0,006 ± 0,001 mm
		(N=50)	0,005-0,009 mm (N=50)	0,005-0,008 mm (N=50)
Comprimento do labro		0,042-0,045 mm	0,048-0,057 mm	0,048-0,052 mm
		(N=3)	(N=3)	(N=5)
Comprimento da mandíbula		0,046 ± 0,004 mm	0,058-0,060 mm	0,063-0,075 mm
		0,040-0,050 mm (N=10)	(N=10)	(N=10)
Comprimento da maxila		0,059 ± 0,006 mm	0,083 ± 0,009 mm	0,085 ± 0,010 mm
		0,049-0,069 mm (N=10)	0,071-0,095 mm (N=10)	0,072-0,095 mm (N=10)
Comprimento do lábio		0,051-0,065 mm	0,071-0,084 mm	0,074-0,092
		(N=3)	(N=4)	(N=4)
Altura da gálea			0,007-0,009 mm	0,008-0,012 mm
			(N=6)	(N=3)
Palpo maxilar	Comprimento	0,014-0,015 mm (N=2)	0,013-0,015 mm (N=5)	0,014-0,016 mm (N=5)
	Largura	0,009-0,011 (N=2)	0,009-0,010 mm (N=5)	0,008-0,011 mm (N=5)
Palpo labial	Comprimento	0,012-0,013 mm (N=4)	0,012-0,016 mm (N=7)	0,013-0,016 mm (N=8)
	Largura	0,007-0,009 mm (N=4)	0,009-0,010 mm (N=7)	0,009-0,011 mm (N=8)
Comprimento do pelo das peças bucais	Maxila	0,005 ± 0,001 mm	0,006 ± 0,001 mm	0,003-0,007 mm
		0,003-0,007 mm (N=15)	0,004-0,009 mm (N=20)	(N=20)
	Lábio	0,004-0,006 mm (N=4)	0,004-0,008 mm (N=6)	0,004-0,007 mm (N=8)

O corpo da larva é do tipo dolichoderóide, com características como curta, firme, reta ou levemente curva, com ambas extremidades arredondadas; cabeça ventral próxima da extremidade anterior; sem pescoço; somitos indistintos (WHEELER; WHEELER, 1976) (Figura 27 A).

O corpo é recoberto por espinhos dispostos em fileiras transversais (Figura 27B) e os pelos são não ramificados e na maioria denticulados (Figura 27C). Os pelos concentrados no tórax são de igual tamanho daqueles encontrados nas diferentes partes do corpo e nos diferentes instares.

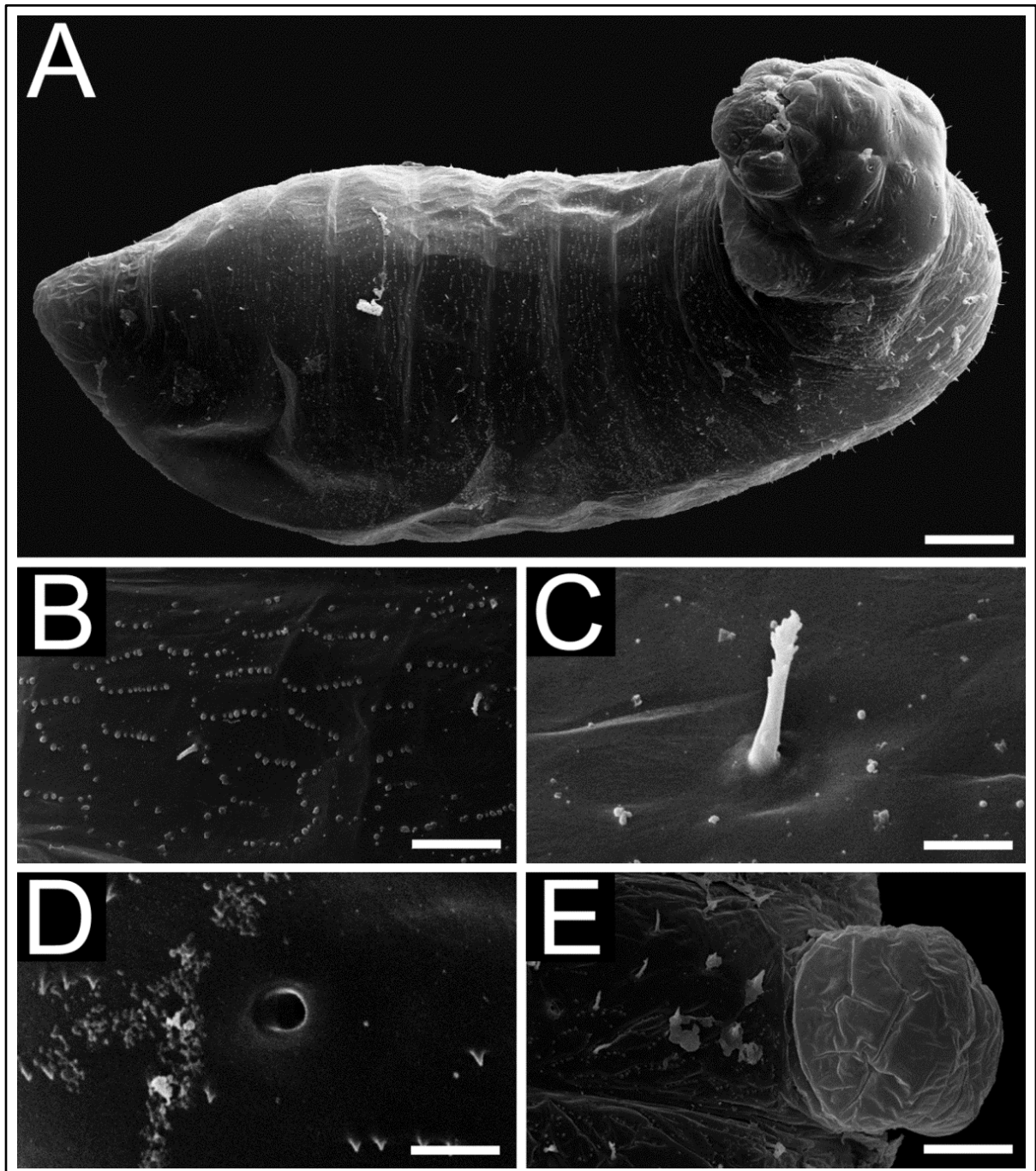
Apresentam nove pares de espiráculos, sendo dois torácicos e sete abdominais (Figura 27D). Os espiráculos apresentaram tamanhos semelhantes, exceto o primeiro e sétimo pares abdominais que apresentaram, respectivamente, tamanho maior e menor.

Todas as larvas analisadas apresentaram uma protuberância dorsal no primeiro somito abdominal (Figura 27E). As larvas apresentaram ânus subterminal.

A cápsula cefálica é subhexagonal, as antenas apresentam três sensilas basiconicas que podem ou não ser arranjadas em uma série (Figuras 28A, 28B, 28C e 28D). Na cabeça os pelos sempre são não ramificados, sendo denticulados ou lisos, ligeiramente menores aos encontrados no corpo e de igual tamanho nos diferentes instares (Tabela 13 e 14).

A distribuição dos pelos da cabeça é da seguinte forma: de 9 a 11 sobre cada gena e 4 sobre o clipeo. O clipeo é claramente delimitado.

Figura 27 - Corpo da larva de *Linepithema micans*: (A) Segundo instar em vista ventral, (B) Linhas de espinhos no corpo da larva, (C) Pelo simples denticulado, (D) Espiráculo de uma larva de 1º instar e (E) Protuberância de uma larva de 2º instar. Tamanho da barra de escala: (A) 0,083 mm; (B) 0,020 mm; (C) 0,005 mm; (D) 0,004 mm e (E) 0,030 mm.



Na Figura 28 E está apresentada uma vista geral das peças bucais. O labro é bilobado, com quatro sensilas setáceas sobre a superfície anterior e uma sensila basiconica em cada lado da borda ventral, e na face posterior há espinhos dispostos em fileiras transversais (Figura 29A). A mandíbula é do tipo dolichoderóide (Wheeler & Wheeler, 1976), e esclerotizada. Porém, apresenta dois pequenos dentes sobre a lâmina e duas sensilas inclusas na base das mandíbulas. Superfície posterior da mandíbula recoberta com longas fileiras de espinhos (Figura 29B), entretanto nas larvas de 3º instar esta fileira de espinhos está presente na superfície anterior. A maxila é na forma conoidal com espinhos arranjados em fileiras transversais no ápice, com 1 a 3 pelos simples liso e duas sensilas basiconicas. Os palpos maxilares apresentaram um agrupamento de cinco sensilas, sendo uma setácea, três basiconicas e uma inclusa. A gálea apresenta duas sensilas basiconicas (Figura 29C). O lábio é elíptico com fileiras de espinhos transversais acima da abertura das fiandeiras (Figura 28E), com dois pelos simples liso e uma sensila basiconica em cada extremidade das fiandeira e aproximadamente de 4 a 6 sensilas sobre a superfície anterior (Figura 29D).

O palpo labial apresenta um elevado agrupamento de cinco sensilas, sendo de 3 a 4 basiconicas e de uma a duas encapsuladas (Figura 29E).

Figura 28 - Cabeça da larva de *Linepithema micans* (sensílas indicadas com flechas): (A) Vista frontal completa de larva de 3º instar, (B) Antena de larva de 2º instar, (C) Antena de larva de 1º instar, (D) Antena de larva de 1º instar e (E) Peças bucais de larvas de 3º instar. Abreviaturas: (g) gálea, (la) lábio, (lr) labro, (M) mandíbula, (m) maxila, (pl) palpo labial, (pm) palpo maxilar. Tamanho da barra de escala: (A) 0,042 mm; (B) 0,005 mm; (C) 0,007 mm; (D) 0,007 mm e (E) 0,020 mm.

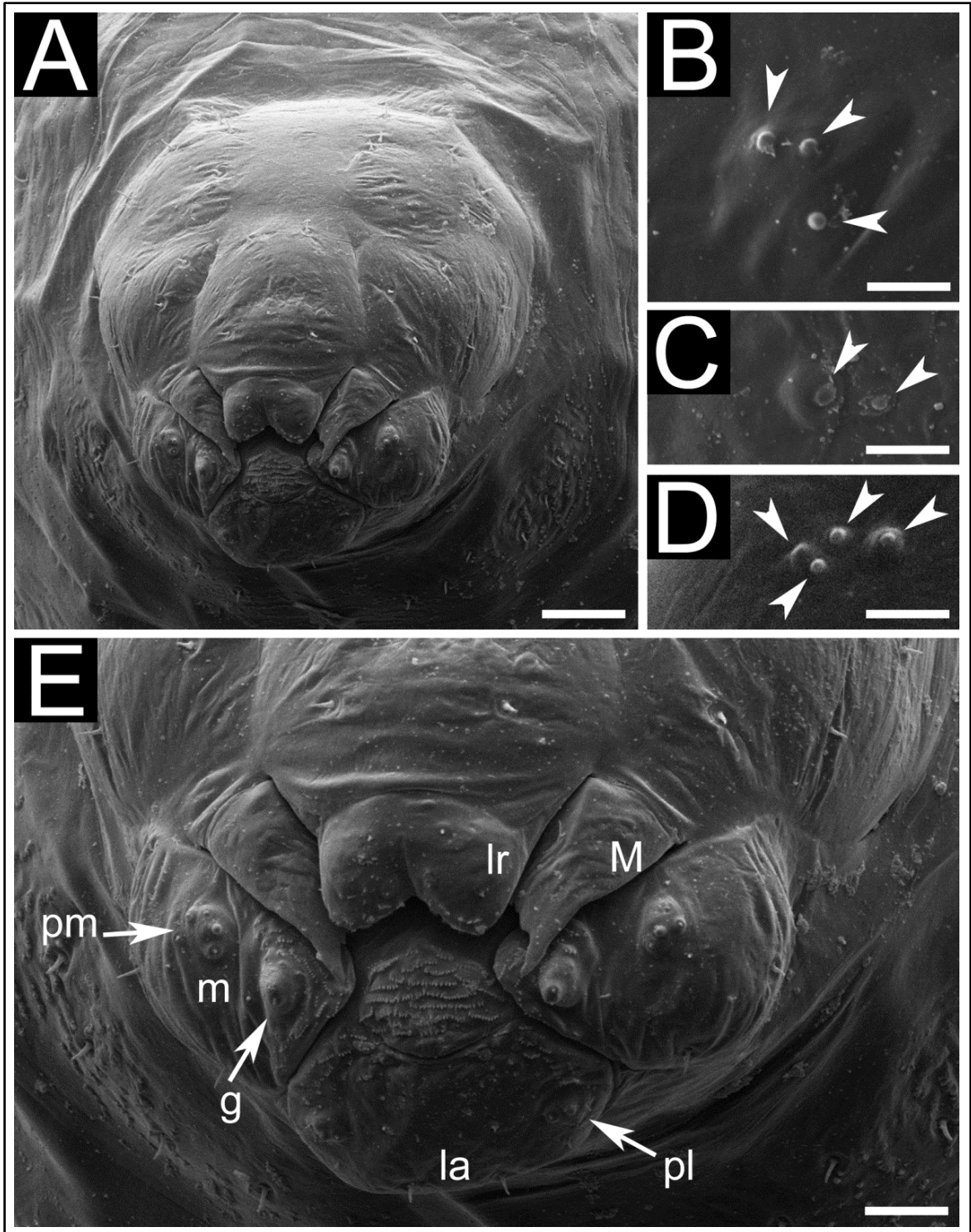
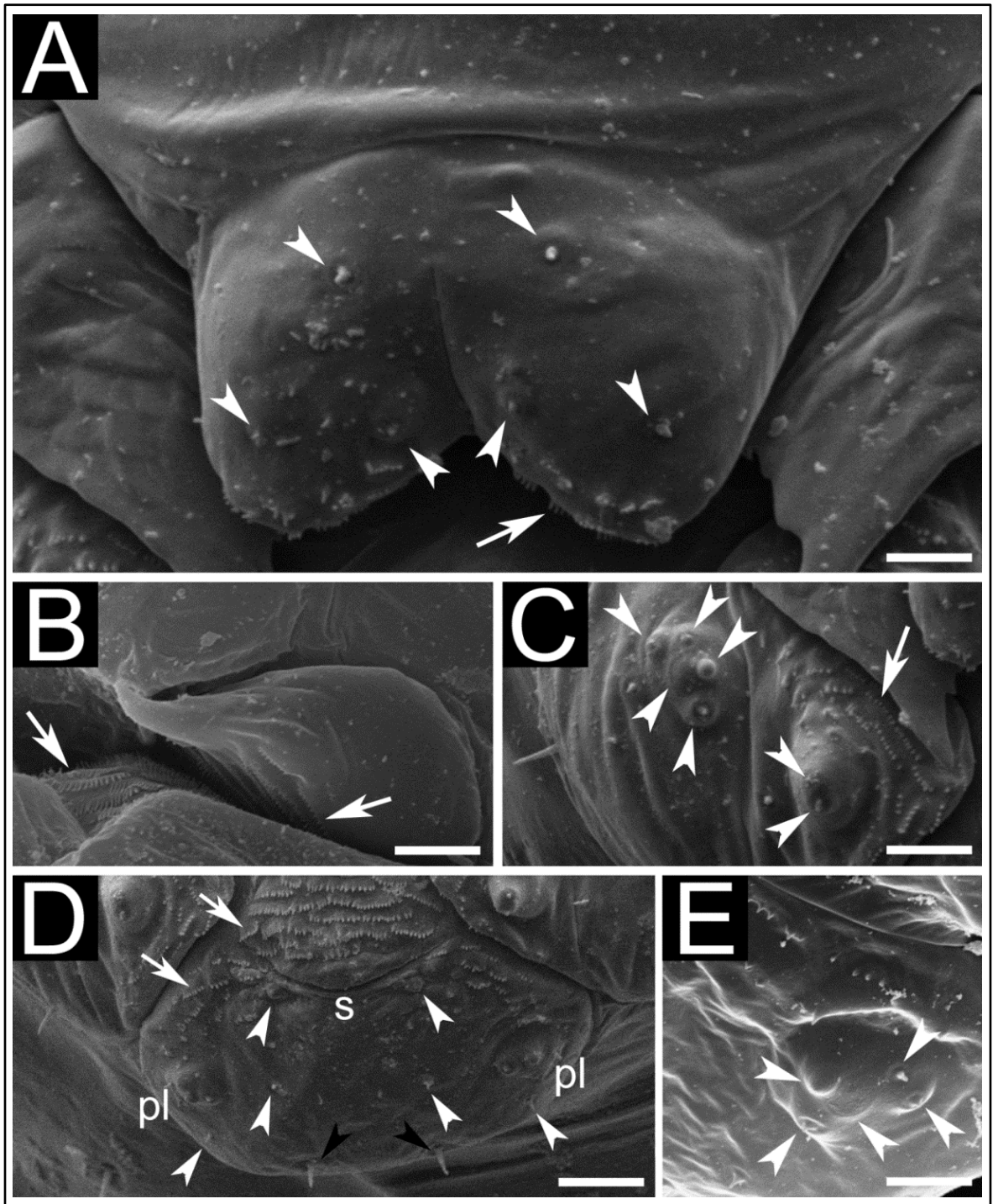


Figura 29 - Peças bucais de *Linepithema micans* pontas de setas brancas indicam sensilas, pontas de setas pretas indicam pelos e setas brancas indicam linhas de espinhos (A) labro de larva de terceiro instar; (B) face superior da mandíbula de larva de primeiro instar; (C) maxila de larva de terceiro instar mostrando gálea e palpo maxilar; (D) lábio da larva de terceiro instar, mostrando a abertura da fiandeira (s) palpos labiais (pl); (E) Palpo labial de larva de terceiro instar. Tamanho da barra de escala: (A) 0.007 mm; (B) 0.006 mm; (C) 0.010 mm; (D) 0.013 mm; (E) 0.008 mm.



Durante o desenvolvimento inicial as pupas são brancas, posteriormente durante a metamorfose os olhos e o corpo tornam-se escuros. A pupa exarata não apresenta casulo (corpo: comprimento = 1,63-1,92 mm; cabeça: largura = 0,47-0,59 mm; N = 100). A medição foi realizada apenas com pupas brancas.

Todas as larvas analisadas apresentavam a protuberância na região abdominal que é tipicamente encontrado em larvas do gênero (SHATTUCK, 1992). De acordo com Solis et al. (2010b), as larvas reprodutivas de *L. humile* perderam esta protuberância. Como *L. micans* é uma espécie semelhante ao grupo de *L. humile* (WILD, 2007), é provável que o mesmo ocorra com *L. micans*, indicando portanto que os ninhos avaliados não apresentavam larvas reprodutivas. Esta evidência pode indicar também que *L. micans* apresenta formas reprodutivas apenas em um período do ano, o que difere das observações feitas com *L. humile*, cujas colônias podem produzir aladas ao longo do ano todo (PASSERA et al. 1988). Esta informação pode ser valiosa para o controle desta espécie, e, portanto, merece uma investigação direta.

Alguns traços típicos de larvas do gênero *Linepithema* foram confirmadas em *L. micans*: a forma geral do corpo e da mandíbula, a existência de uma protuberância abdominal dorsal, nove pares de espiráculos e pelos simples (WHEELER; WHEELER, 1976; SHATTUCK, 1992). Características particulares de *L. micans* poderiam ser incluídas: pelos denticulatos curtos, variação intraespecífica no número de sensilas antenais e nos tipos de sensilas em palpos labiais observadas pela primeira vez no gênero *Linepithema*. É importante salientar que as variações intraespecíficas devem ser evitadas como caracteres confiáveis para determinação a nível de gênero e de espécie.

Apenas pelos não ramificados foram observados em larvas de *L. micans*. A presença destes pelos é típico em larvas *Linepithema*, porém pelos bífidos também podem ser encontrados neste gênero (SHATTUCK, 1992). Pelos da cabeça e do corpo de *L. micans* são consideravelmente menores que os de *L. humile* e *L. iniquum* (Tabela 15). Além disso, larvas de *L. iniquum* também podem apresentar pelos bífidos (Tabela 15). Assim, as características dos pelos podem ser promissoras para diferenciar espécies dentro do gênero *Linepithema*, porém a confiabilidade destas características merece uma investigação mais detalhada com outras espécies.

Tabela 15 - Diferentes características morfológicas de larvas de três espécies do gênero *Linepithema*.

Características	Instar larval		
	Grupo Humile		Grupo Iniquum
	<i>Linepithema micans</i>	<i>Linepithema humile</i> ¹	<i>Linepithema iniquum</i> ²
Tipos dos pelos do corpo	Simples (0,007-0,012 mm)	Simples (0,018-0,038 mm)	Simples (0,008-0,025 mm) Bífidos (0,025-0,036 mm)
Número de sensilas antenais	3 (raramente 2 ou 4)	3	3
Tipos de pelos da cabeça	Simples (0,005-0,008 mm)	Simples (0,023-0,045 mm)	Simples (0,013-0,025 mm)
Labro	Bilobados, 4 sensilas (raramente 3) sobre a superfície anterior, duas sensilas sobre a borda ventral, linha de espinhos sobre superfície posterior	Bilobados, 4 sensilas sobre a superfície anterior, duas sensilas sobre a borda ventral, linha de espinhos sobre superfície posterior	Bilobados, duas sensilas sobre a superfície anterior, duas sensilas sobre a borda ventral, linha de espinhos sobre superfície posterior
Mandíbula ³	2 dentes sobre a lâmina, espinhos sobre as superfícies anterior e posterior	2 dentes sobre a lâmina, espinhos sobre a superfície anterior	1 dente sobre a lâmina, espinhos sobre a superfície posterior
Número de sensilas no palpo maxilar	5	5	5
Número de sensilas na gálea	2	2	2
Número de sensilas no palpo labial	5	5	5

Notas: As informações das espécies foram obtidas de: ¹Solis et al. (2010);

²Wheeler e Wheeler (1973);

³Não foi possível visualizar a face posterior da mandíbula de *L. humile*.

Diferente do verificado nos resultados neste trabalho e por Shattuck (1992), Solis et al. (2010b) não observaram presença de pelos não ramificados e denticulados em *L. humile*.

As antenas de dois espécimes de primeiro ínstar apresentaram, respectivamente, duas e quatro sensilas, demonstrando uma variação intraespecífica do número de sensilas antenais em larvas de *L. micans*. Variação intraespecífica no número de sensilas antenais também foi observado por Wheeler e Wheeler (1976), sendo este fenômeno comum devido a observação também em outras espécies de formigas (JESUS et al., 2010; SOLIS et al., 2010c).

Quanto ao número de sensilas presentes no labro, foi encontrado em um espécime de *L. micans* três sobre a face anterior, diferentemente do que é encontrado em *L. humile* que geralmente apresenta quatro sensilas (Tabela 15). Ainda sobre o labro, o único padrão dentro do gênero *Linepithema* parece ser um labro bilobado, com duas sensilas na superfície ventral e espinhos na face posterior.

A forma geral da mandíbula de *L. micans* é do tipo dolichoderóide, mas com dois denticulos na lâmina, assim como o observado em *L. humile*, diferentemente do observado em *L. iniquum* (Tabela 15). Esta característica parece ser interessante para a diferenciação entre as larvas dos dois grupos de espécies. Estas informações podem ser úteis para a taxonomia e sistemática de formigas, esclarecendo os aspectos biológicos e de organização social destas formigas, para estudos futuros de comportamento.

Este artigo foi publicado na Microscopy Research and Technique e está disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jemt.20913/pdf>

5.3.2 Ciclo de vida sazonal de *Linepithema micans* em parreirais

Os dados obtidos neste estudo demonstraram mudanças sazonais na composição das colônias de *L. micans* (Figura 30). Durante as estações do outono e inverno as colônias de *L. micans* foram constituídas principalmente por larvas e operárias (Figura 30 e 31 A, B e C). Nesse período, a presença de ovos e pupas foi reduzida.

Figura 30: Ciclo sazonal de *Linepithema micans*, representado como percentual sobre a população total do ninho (barras), temperatura (linha contínua) e umidade relativa do ar (linha pontilhada). Coletas realizadas de Outubro de 2010 a Setembro de 2012 em Bento Gonçalves e Pinto Bandeira e de Outubro de 2010 a Março de 2012 em Flores da Cunha. P=Primavera; V=Verão; O=Outono; I=Inverno.

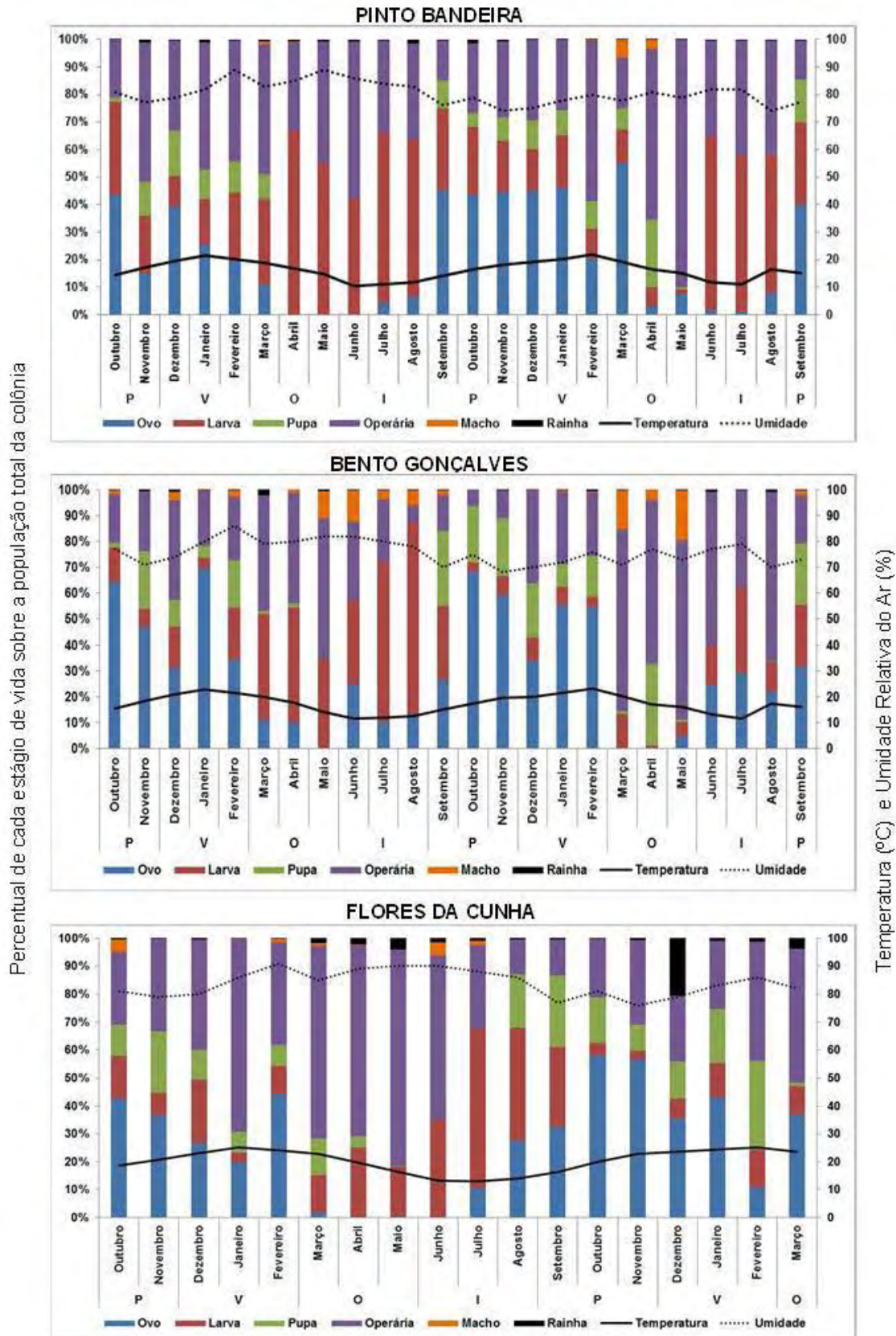
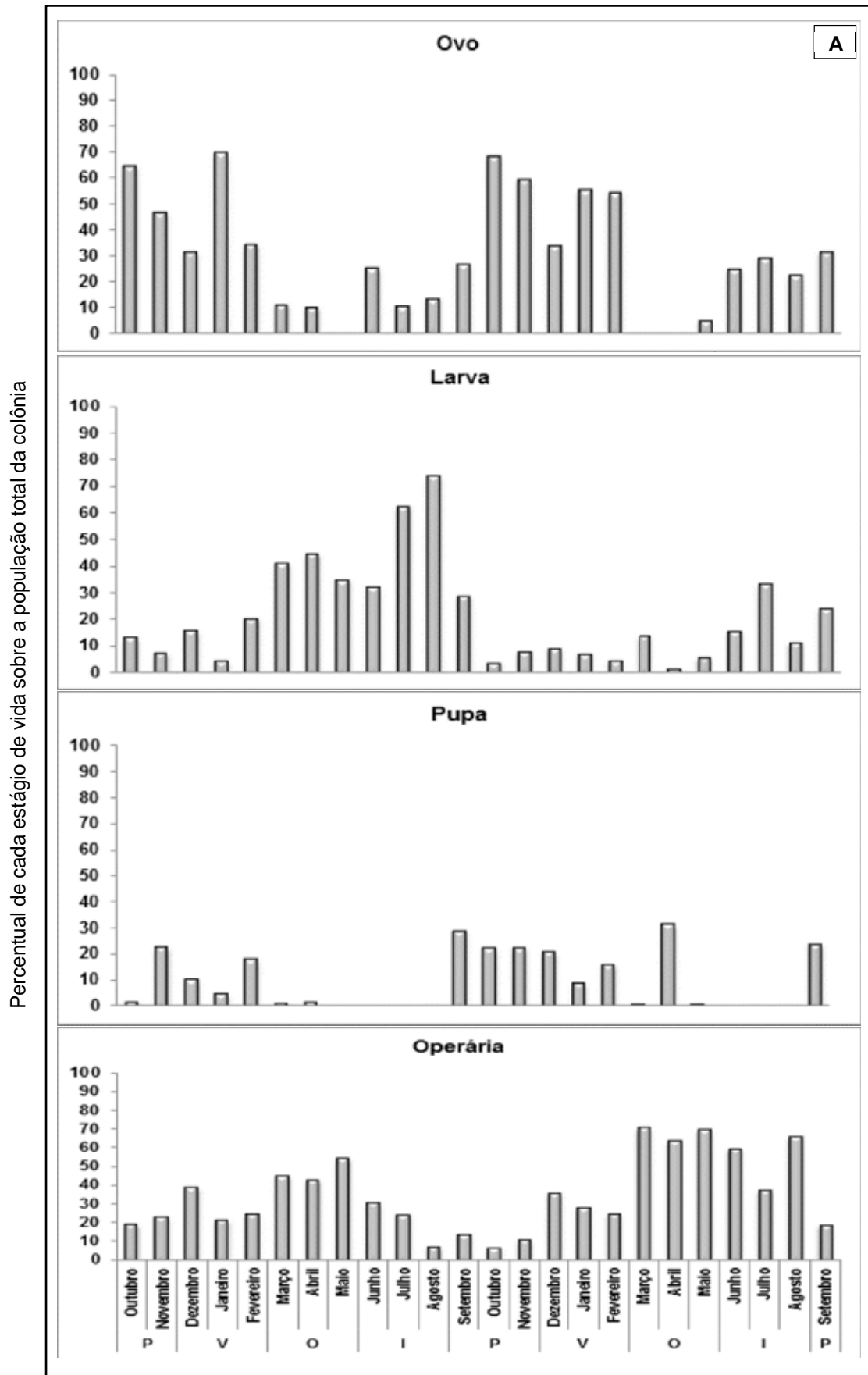
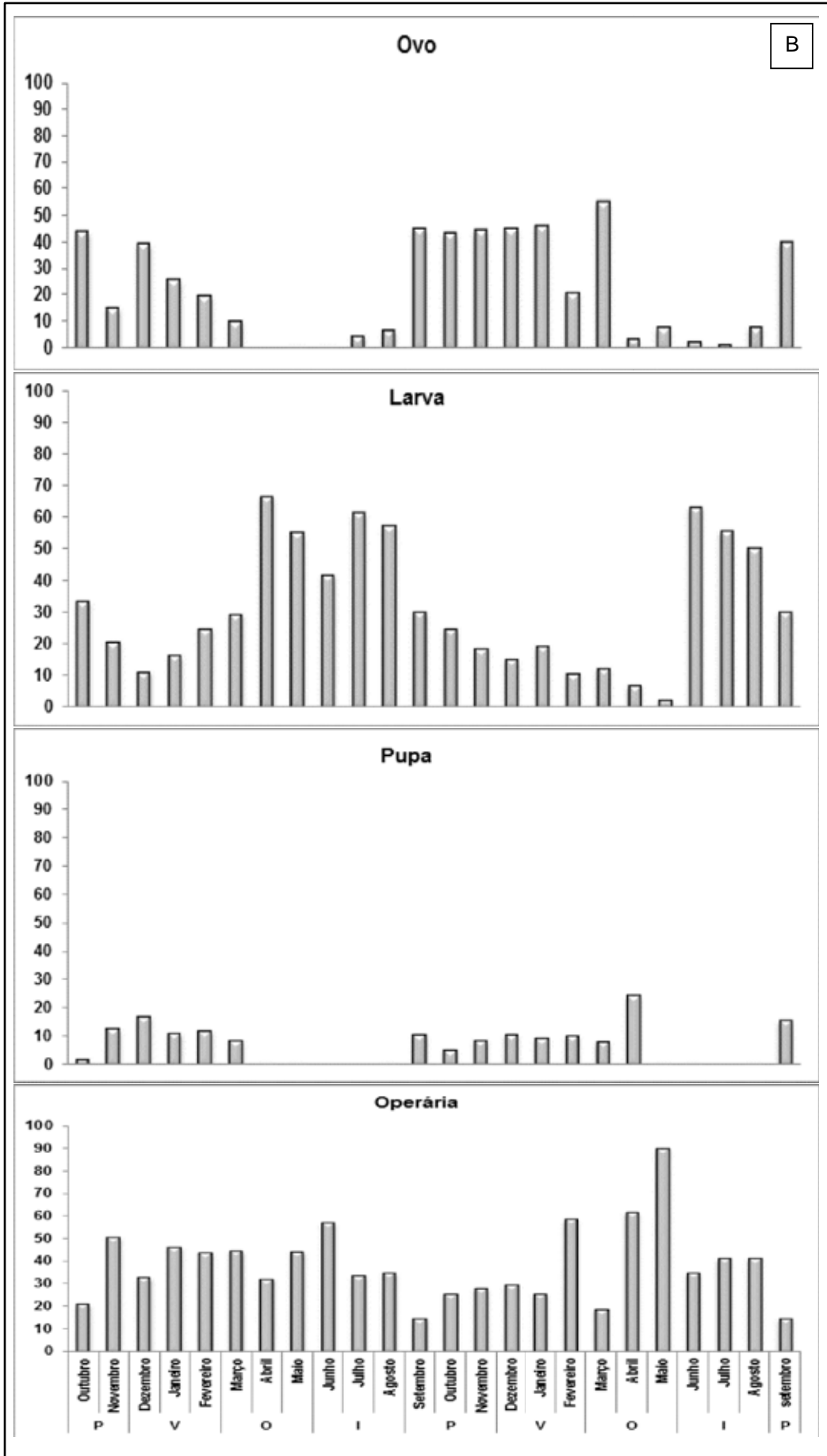


Figura 31 - Ciclo sazonal de *Linepithema micans* representado como percentual médio sobre a população total do ninho. (A) Bento Gonçalves (B) Pinto Bandeira e (C) Flores da Cunha. (P) primavera; (V) verão; (O) outono; (I) inverno.



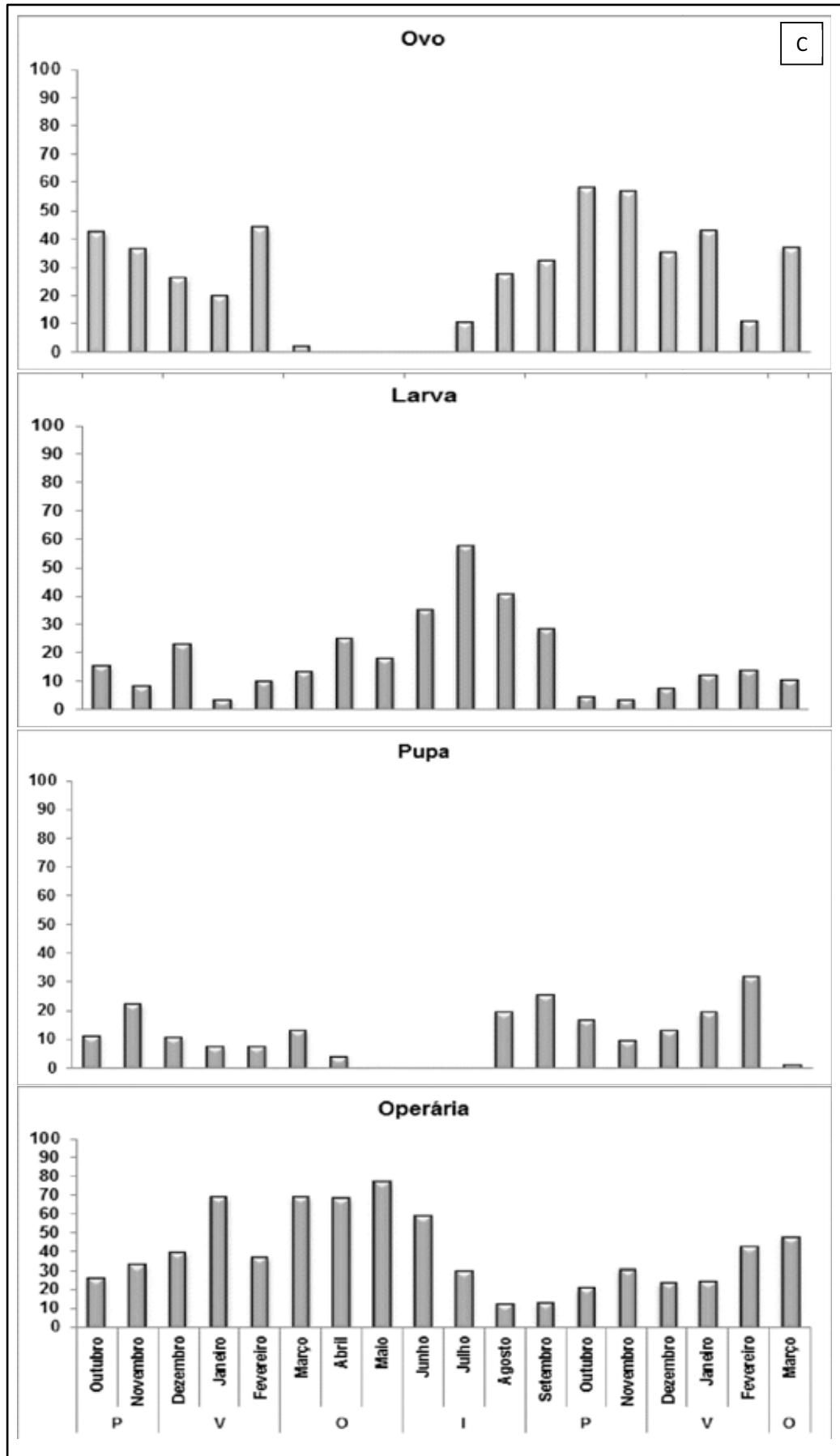
Continuação da Tabela 31

Percentual de cada estágio de vida sobre a população total da colônia



Continuação da Tabela 31

Percentual de cada estágio de vida sobre a população total da colônia



A temperatura influencia a taxa de oviposição e o tempo de desenvolvimento dos estágios imaturos das formigas (PORTER, 1988). Segundo Benois (1973) além da quantidade de alimento ingerido, a temperatura altera a taxa de oviposição de rainhas de *L. humile*. Abril et al. (2008) demonstraram que colônias poligínicas de *L. humile* cessam sua oviposição em temperaturas superiores a 32°C e 34°C e abaixo de 14°C e 18°C, dependendo do número de rainhas por colônia. Os resultados do presente trabalho corroboram esta afirmação, uma vez que na maioria das colônias estudadas a quantidade de ovos foi reduzida durante os meses mais frios do ano (abril a agosto). Segundo Benois (1973) a oviposição de rainhas durante o inverno pode ocorrer em decorrência de elevações atípicas na temperatura durante a estação.

As larvas foram encontradas durante todos os meses do ano, em todas as localidades, entretanto, a maioria foi observada após o período de maior oviposição das rainhas, durante os meses de outono e inverno (entre abril e agosto). A abundância de larvas nesse período foi proveniente dos ovos colocados na primavera e verão passando o inverno nessa condição, sendo que o aparecimento das pupas foi registrado na colônia apenas no início da primavera. A composição da colônia descrita para *L. micans* durante os meses de inverno é semelhante a de *L. humile* descrita na África do Sul (SKAIFE, 1955), onde as condições climáticas são parecidas as do Rio Grande do Sul. Além de *L. humile*, *Rhytidoponera impressa* (Formicidae) (WARD, 1981) e *Camponotus nipponicus* (Formicidae) (HASEGAWA, 1992) apresentam composição semelhante na colônia durante os meses de inverno.

A quantidade de operárias por ninho no inverno foi mais representativa do que nos meses com temperatura mais elevada. Além disso, foi possível observar que durante os meses mais frios, os ninhos de *L. micans* estavam agrupados e em menor número do que nas estações mais quentes, quando eram encontrados dispersos por todo o parreiral. Colônias de *L. humile* apresentam um comportamento semelhante durante o inverno, vivendo em agregações densamente populosas, chamadas “colônias de inverno”, o que pode elevar a temperatura do ninho (NEWELL; BARBER, 1913, SKAIFE, 1955, BENOIS, 1973). Embora as colônias de *L. micans* encontradas durante essa estação não tenham sido tão populosas como as relatadas para *L. humile*, pode-se sugerir que elas também apresentem este comportamento como estratégia para suportar os meses mais frios.

Os machos de *L. micans* foram encontrados nas três localidades principalmente durante o outono e inverno (Figura 30, Tabela 16). Estes resultados

diferem do padrão encontrado para *L. humile*, que embora produza ovos de machos ao longo de todo ano, eles emergem apenas durante o período da primavera e verão, período que antecede o acasalamento (MARKIN, 1970b; BENOIS, 1973; COOPER et al., 2008).

Tabela 16 - Porcentagem de machos e rainhas de *Linepithema micans* em colônias coletadas em Bento Gonçalves, Flores da Cunha e Pinto Bandeira.

Ano	Mês	Bento Gonçalves		Flores da Cunha		Pinto Bandeira	
		Macho	Rainha	Macho	Rainha	Macho	Rainha
2010	Outubro	1,3	0,4	4,5	0,5	0,0	0,3
	Novembro	0,1	0,4	0,0	0,3	0,0	1,3
	Dezembro	3,0	0,9	0,2	0,3	0,0	0,4
2011	Janeiro	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	1,1
	Fevereiro	2,7	0,2	1,2	0,3	0,2	0,3
	Março	0,2	2,1	1,3	1,6	1,2	0,7
	Abril	1,3	0,0	0,4	2,2	0,5	0,7
	Maio	10,5	0,6	0,1	4,0	0,0	0,6
	Junho	12,3	0,1	4,5	1,6	0,0	0,9
	Julho	3,4	0,2	1,5	1,0	0,0	0,4
	Agosto	5,8	0,1	0,0	0,4	0,0	1,5
	Setembro	1,9	0,3	0,0	0,5	0,0	0,4
	Outubro	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	1,5
	Novembro	0,2	0,1	0,0	0,6	0,0	0,7
	Dezembro	0,4	0,2	0,0	20,6	0,0	0,3
2012	Janeiro	0,7	0,1	0,0	1,0	0,0	0,2
	Fevereiro	0,6	0,4	0,0	1,3	0,2	0,2
	Março	14,9	0,4	0,0	3,8	6,4	0,3
	Abril	4,1	0,0	-	-	3,4	0,1
	Maio	19,2	0,3	-	-	0,0	0,1
	Junho	0,0	0,9	-	-	0,0	0,5
	Julho	0,0	0,3	-	-	0,0	0,4
	Agosto	0,0	0,9	-	-	0,0	0,5
	Setembro	0,0	0,0	-	-	0,0	0,0

Com o início da primavera e o aumento da temperatura, foi possível observar um número maior de colônias dispersas pelos parreirais, entretanto com menor número de operárias. Esse comportamento também é observado em *L. humile* que

tendem a se separar em pequenas colônias no início da primavera (NEWELL; BARBER, 1913; SKAIFE, 1955; BENOIS, 1973).

Durante os meses de primavera e verão as colônias de *L. micans* foram constituídas principalmente por ovos e pupas, além das operárias. Nenhuma pupa de alado foi encontrada, apenas pupas de operárias. Gines aladas também não foram registradas ao longo do período de estudo. Skaife (1955) relata a dificuldade de encontrar larvas e pupas de gines de *L. humile* em condições naturais. Segundo esse autor, as gines ficam escondidas no local mais profundo do ninho e são as primeiras a serem levadas para locais ainda mais protegidos quando as formigas são alarmadas. Este comportamento provavelmente também pode ocorrer com *L. micans*.

Como não foi encontrada nenhuma gine alada durante este estudo não é possível fazer afirmações em relação à época em que ocorre o acasalamento da espécie. Entretanto, a maior quantidade de ovos encontrada nas colônias no final do inverno e início da primavera poderia ser um indício do início de um ciclo reprodutivo. Além disso, os dados observados nas localidades de Bento Gonçalves e Flores da Cunha revelam que o período de maior produção de ovos ocorre após o surgimento dos machos na colônia. Como os machos têm por função primordial inseminar as gines, e após a cópula não são mais aceitos pelas colônias e morrem (BORROR; DELONG, 1988; HÖLLDOBLER; WILSON, 1990; GOMEZ; ESPADALER, 2005), provavelmente o surgimento deles nas colônias de *L. micans* esteja relacionado ao acasalamento.

Em Pinto Bandeira não foi possível observar este comportamento, pois os machos apareceram somente no início do outono e a produção dos ovos se intensificou apenas no início da primavera.

Com base nos resultados obtidos nas três localidades estudadas pode-se observar que durante o inverno as colônias são formadas principalmente por fêmeas adultas, e muitas larvas. As rainhas reduzem a postura durante esse período e as larvas têm lento desenvolvimento. No início da primavera, com o aumento das temperaturas, inicia-se a postura e o surgimento das primeiras pupas.

Ainda, em relação aos resultados obtidos no presente estudo, estes, podem estar relacionados com a distribuição espacial das colônias nas diferentes épocas do ano. Assim, como verificado para *L. humile*, que nos meses quentes do ano apresentam uma densidade de operárias e rainhas diferente quando comparada com os meses frios (NEWELL; BARBER, 1913; SKAIFE, 1955; BENOIS, 1973).

Essas alterações sugerem uma plasticidade das colônias, que durante o inverno apresentam ninhos mais concentrados, conseqüentemente maior população pontual do que nos meses quentes em que ocupam áreas maiores e populações pontuais menores. Como a área amostral realizada no presente estudo foi constante (50 cm X 50 cm) em todos os meses avaliados, ela pode não ter sido suficiente para amostrar a real composição da colônia.

5.3.3 Atividade de Forrageamento de *Linepithema micans*

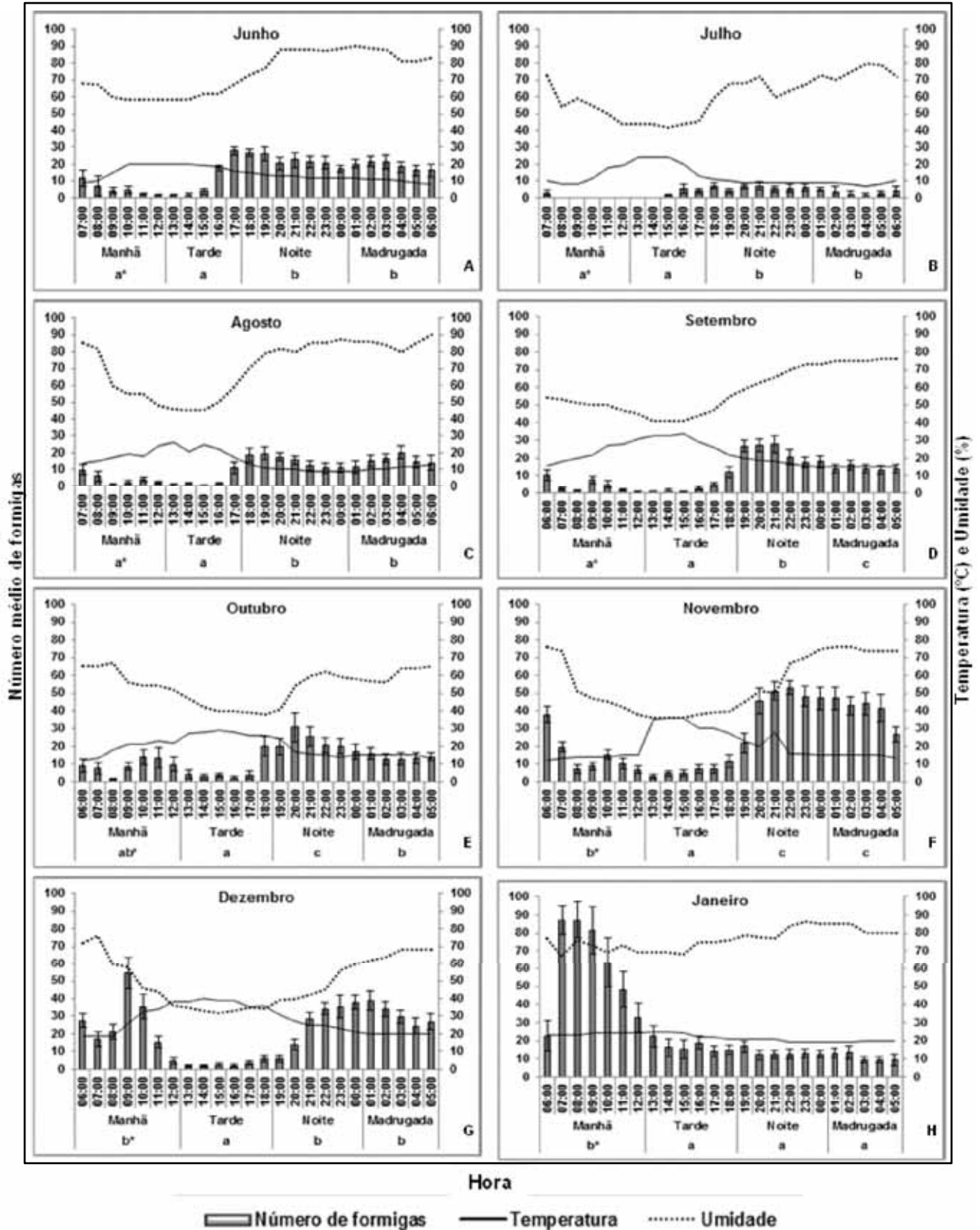
A maioria dos trabalhos relacionados ao padrão de forrageamento de formigas foi conduzida em condições naturais, através da observação de trilhas realizadas pelas operárias ou registrando sua entrada nos ninhos (MARKIN, 1970a; FELLERS, 1989; RUST et al., 2000; CHONG; LEE, 2006; ABRIL et al., 2007; KUATE et al., 2008; YAMOMOTO; DEL CLARO, 2008; RAIMUNDO et al., 2009). Entretanto, como os ninhos de *L. micans* são subterrâneos, pouco estruturados, mudam com frequência sua localização e raramente as trilhas são visualizadas (NONDILLO, observação pessoal), a metodologia de avaliação foi modificada.

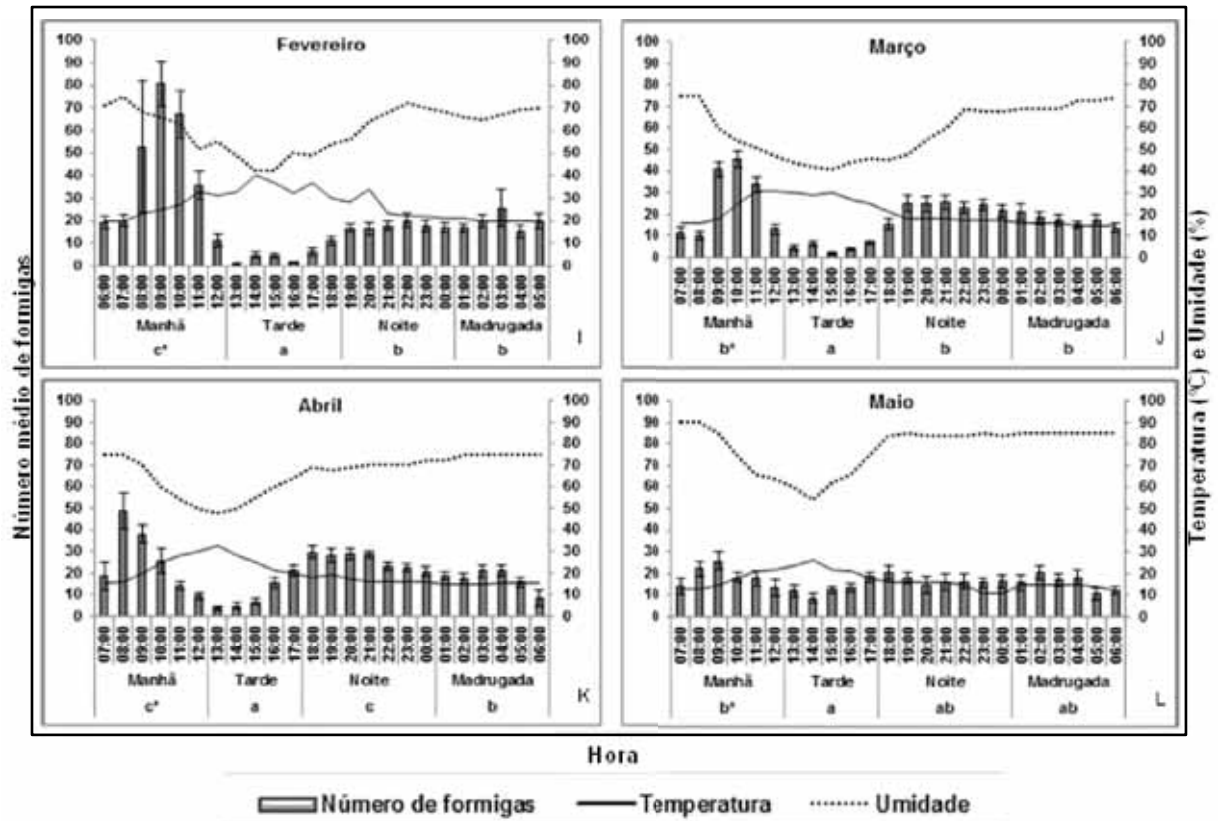
As colônias de *L. micans* apresentaram atividade de forrageamento ao longo de todo ano (Figura 32). O padrão diário de forrageamento revelou que as operárias foram mais ativas ao anoitecer e apresentaram picos de atividade pela manhã com redução nas horas mais quentes e de menor umidade durante o dia (Figura 32).

Nos meses de baixa temperatura (junho, julho e agosto) a atividade de forrageamento foi significativamente maior no período noturno (junho $F= 21,064$, $p<0,001$; julho $F= 10,911$, $p<0,001$; agosto $F= 35,359$, $p<0,001$). Esse padrão se manteve constante nos meses de setembro ($F= 67,152$, $p=0,001$) e outubro ($F= 7,580$, $p<0,001$), entretanto foi registrado pico significativamente maior durante as primeiras horas da noite (Figura 32, A, B, C, D e E).

Nos meses de novembro ($F= 76,907$, $p<0,001$), dezembro ($F= 55,242$, $p<0,001$), fevereiro ($F= 39,526$, $p<0,001$), março ($F= 49,079$, $P<0,001$), abril ($F= 17,251$, $P<0,001$) e maio ($F= 2,772$, $P=0,042$) foi constatado um aumento no ritmo de atividade nas primeiras horas do anoitecer se estendendo até o período da manhã e reduzindo significativamente durante a tarde (Figura 32, F, G, I, J, K, L). Exceção ocorreu durante o mês de janeiro, em que *L. micans* apresentou um pico significativamente maior em sua atividade apenas durante a manhã ($F= 17,777$, $p=<0,001$) (Figura 32, H).

Figura 32 - Número médio de operárias de *Linepithema micans* forrageando por hora (barras), temperatura (linha contínua) e umidade do ar (linha pontilhada) em casa-de-vegetação. Avaliações realizadas em 2011: (A) junho, (B) julho, (C) agosto, (D) setembro, (E) outubro, (F) novembro e (G) dezembro. Avaliações realizadas em 2012: (H) janeiro, (I) fevereiro, (J) março, (K) abril, (L) maio.





* Letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A atividade de forrageamento diária das colônias de *L. micans* foi negativamente correlacionada com a temperatura em onze dos doze meses avaliados e positivamente associada com a umidade do ar em dez dos doze meses avaliados (Figura 32, Tabela 17).

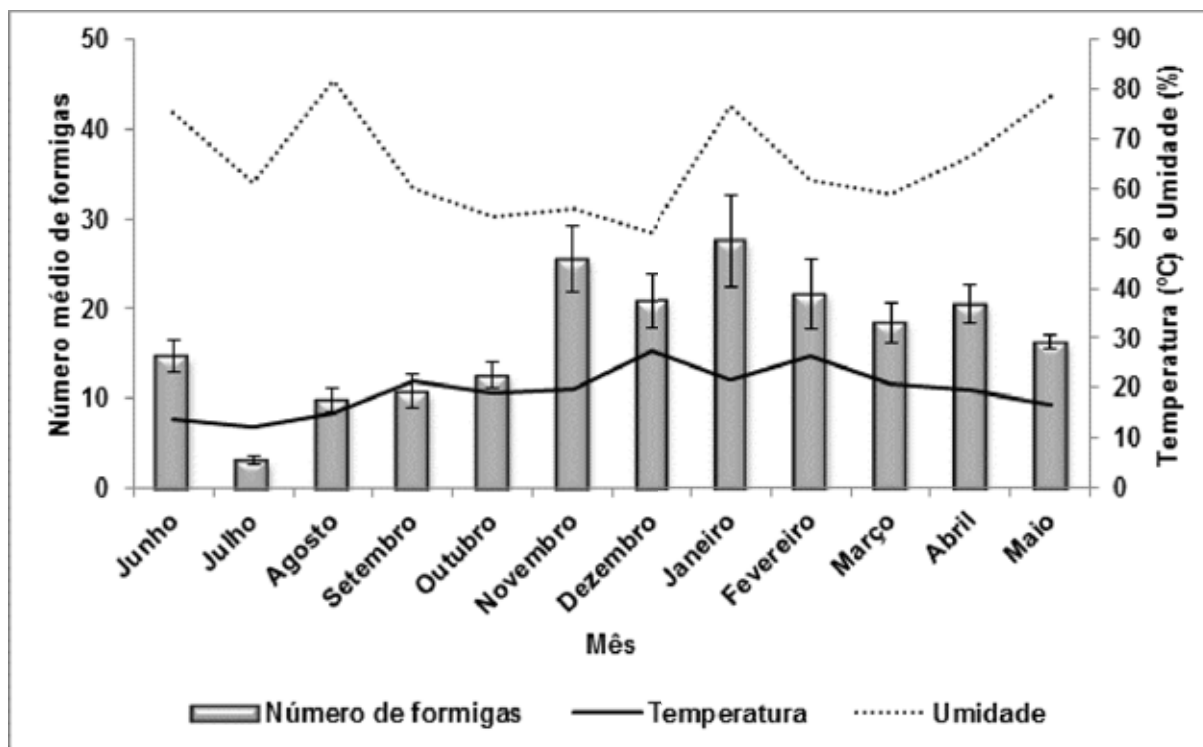
Tabela 17 - Coeficientes de correlação (r) entre a atividade de forrageamento de *Linepithema micans*, com temperatura, umidade do ar, e probabilidades associadas (p) nos meses avaliados.

Meses	Temperatura		Umidade	
	r	p	r	p
Junho	-0,488	0,013*	0,754	<0,001*
Julho	-0,412	0,046*	0,776	0,001*
Agosto	-0,811	<0,001*	0,807	<0,001*
Setembro	-0,656	0,001*	0,628	0,001*
Outubro	-0,447	0,029*	0,222	0,298
Novembro	-0,452	0,027*	0,778	<0,001*
Dezembro	-0,709	<0,001*	0,622	0,001*
Janeiro	0,528	0,008*	-0,498	0,013*
Fevereiro	-0,531	0,008*	0,588	0,033*
Março	-0,242	0,255	0,253	0,232
Abril	-0,490	0,015*	0,550	0,005*
Mai	-0,405	0,049*	0,514	0,010*

* Correlação significativa ao nível de 0,05%

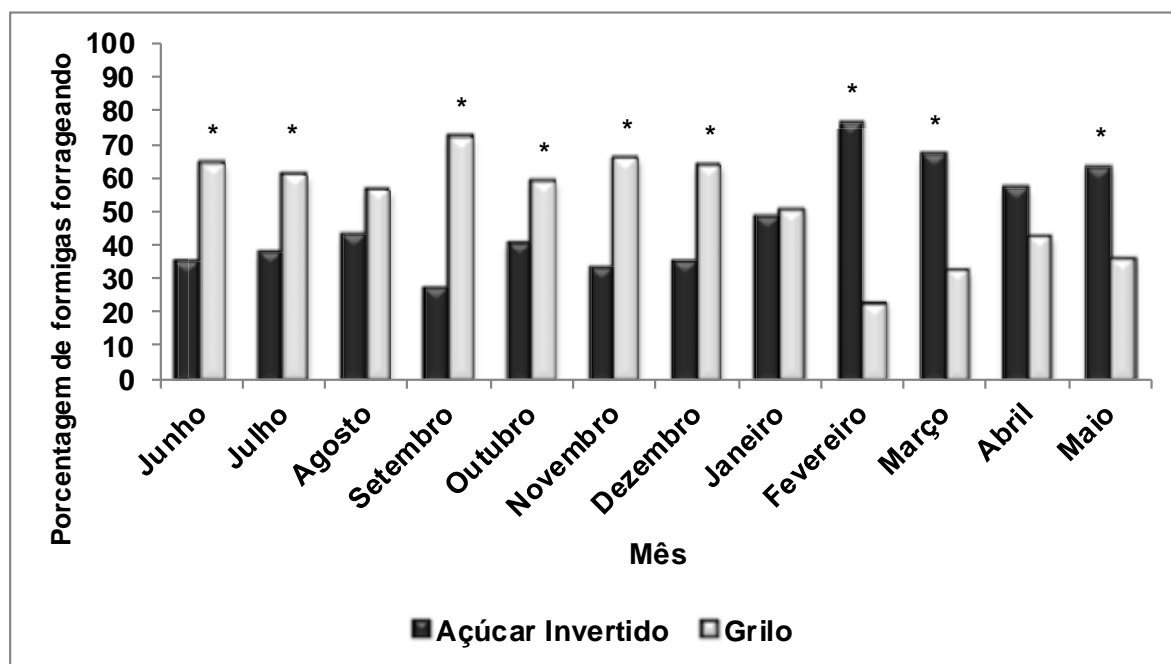
A atividade de forrageamento sazonal de *L. micans* variou ao longo do ano apresentando uma redução no ritmo de atividade entre os meses de julho e setembro e uma maior frequência de operárias em busca de alimento entre os meses de novembro e fevereiro (Figura 33). Uma correlação positiva foi encontrada entre a temperatura e os padrões mensais de forrageamento ($r = 0,646$, $p = 0,017$) com maior número de formigas forrageando em busca de alimento nos meses mais quentes. Na análise mensal, não foi encontrada correlação significativa com a umidade do ar ($r = -0,153$, $p = 0,617$).

Figura 33 - Média sazonal da atividade de forrageamento de *Linepithema micans* (barras), temperatura (linha contínua) e umidade do ar (linha pontilhada) em casa-de-vegetação.



Em relação à preferência alimentar ao longo do ano, as operárias de *L. micans* coletaram mais alimento rico em proteína animal nos meses de junho ($t = -6,114$; $gl = 46$; $p < 0,001$); julho ($t = 3,259$; $gl = 35,259$; $p < 0,001$); setembro ($t = -6,704$; $gl = 46$; $p < 0,001$); outubro ($t = 0,003$; $gl = 46$; $p < 0,001$); novembro ($t = -4,554$; $gl = 46$; $p < 0,001$) e dezembro ($t = -4,354$; $gl = 46$; $p < 0,001$) (Figura 34). Nos meses de fevereiro ($t = 12,647$; $gl = 37,302$; $p < 0,001$); março ($t = 7,278$; $gl = 46$; $p < 0,001$) e maio ($t = 4,174$; $gl = 46$; $p < 0,001$) a preferência foi por alimentos ricos em carboidratos (Figura 34).

Figura 34 - Proporção de operárias de *Linepithema micans* se alimentando de açúcar invertido e grilo.



* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

O padrão da atividade de forrageamento é uma das características mais distintas entre as espécies de formigas (HÖLLDOBLER; WILSON, 1990). Divergências interespecíficas nos padrões de atividade de forrageamento são resultado de características morfológicas, fisiológicas e comportamentais que definem a tolerância ecológica de uma espécie determinando o período de forrageamento específico (BERNSTEIN, 1979). Essa dimensão temporal no comportamento de forrageamento depende de fatores abióticos que variam sazonalmente, como temperatura, umidade, luminosidade, pluviosidade, e também de fatores bióticos como alimento, competição intraespecífica, entre outros (CARROL; JANZEN, 1973; BERNSTEIN, 1974; TRANIELLO, 1989, CERDÁ et al., 1998).

As operárias de *L. micans* demonstraram variação na atividade diária de forrageamento indicando que os fatores abióticos (temperatura e umidade) podem ter sido a causa do padrão observado, devido ao valor significativo do coeficiente de correlação observado entre as variáveis e o número de formigas forrageando ao longo do dia.

Operárias de *L. micans* forragearam preferencialmente à noite em todos os meses avaliados, exceto em janeiro. A estratégia para reduzir o tempo de exposição

a altas temperaturas foi evidente, uma vez que em todos os meses observados há uma significativa diminuição na intensidade de forrageamento nas primeiras horas da tarde quando as temperaturas são mais elevadas e a umidade relativa do ar mais baixa. Este padrão também foi observado para *L. humile* por Markin (1970a) e por Abril et al. (2007) nas estações mais quentes do ano e para outras espécies de formigas como *Anoplolepis tenella* (Formicinae) (KUATE et al., 2008), *Odontomachus chelifer* (Ponerinae) (RAIMUNDO et al., 2009), e *Tapinoma indicum* (Dolichoderinae) (CERDÀ et al., 1998).

Segundo Abrams (1991), a obtenção de alimentos geralmente envolve custos fisiológicos. Para as formigas forragearem em altas temperaturas o maior custo é a dessecação, a qual pode ser letal, representando um alto risco para toda a colônia (CERDÀ et al., 1998). Comparações com espécies nativas norte-americanas demonstraram que *L. humile* é sensível à dessecação, dado o seu pequeno tamanho (SCHILMAN et al., 2005). Como as operárias de *L. micans* também são pequenas e morfologicamente parecidas a *L. humile* acredita-se no mesmo padrão de comportamento ao evitar as altas temperaturas.

As operárias de *L. micans* apresentaram na maioria dos meses observados além de um pico de atividade noturno, outro durante as primeiras horas do dia, caracterizando um padrão de atividade bimodal (Figura 32). Este fato provavelmente está associado às temperaturas amenas verificadas neste horário do dia. Segundo Hölldobler e Wilson (1990) formigas forrageiam diariamente em ciclos determinados que podem estar relacionados a ritmos circadianos ou a fatores ambientais.

Em relação à variação sazonal na atividade de forrageamento, *L. micans* mostrou que no meses mais quentes intensifica suas atividades dentro da faixa de temperatura que podem tolerar ao longo de um dia. O aumento na atividade de forrageamento em estações mais quentes também foi relatado para *Tetramorium semilaeve* (Myrmicinae), *Camponotus foreli* (Formicinae) (CERDÀ et al., 1998), *Anoplolepis tenella* (Formicinae) (KUATE et al., 2008), *Odontomachus chelifer* (Ponerinae) (RAIMUNDO et al., 2009), entre outras. Comportamento semelhante a este também foi verificado para espécies de Dolichoderinae como *Tapinoma nigerrimum* (CERDÀ et al., 1998) e *L. humile* (MARKIN, 1968; ABRIL et al., 2007).

Oscilações sazonais na temperatura também afetam a atividade de forrageamento de formigas de forma indireta através de alterações na disponibilidade de alimento. Nos meses mais quentes, a disponibilidade de artrópodes que podem servir como fonte proteica para formigas é maior que nos

meses mais frios (BERNSTEIN, 1979; COGNI; OLIVEIRA, 2004). Além disso, formigas podem suplementar suas necessidades nutricionais através do “honeydew” excretado por hemípteros, que em condições naturais também tendem a aumentar com temperaturas mais elevadas (RICHARDSON et al., 2002).

Embora as operárias de *L. micans* tenham apresentado atividade de forrageamento mais intensa nos meses de verão, quando os recursos são naturalmente mais abundantes, esse fator provavelmente não teve influência no presente estudo, uma vez que a mesma quantidade de alimento foi oferecida durante todos os meses avaliados. Em hipótese, em condições naturais a abundância de recursos pode alterar o ritmo das operárias de *L. micans*. Cabe ressaltar, que em estudos realizados em condições naturais com *L. humile*, que é filogeneticamente próxima a *L. micans*, e apresenta limitações morfológicas semelhantes, o mesmo padrão de comportamento foi observado, ressaltando a importância da temperatura como importante fator que altera o comportamento de formigas de forma direta ou indireta.

Outra possível explicação para a mudança sazonal na atividade de forrageamento seria uma associação com os períodos reprodutivos da colônia. Com o aumento da temperatura, inicia-se o período reprodutivo, quando a rainha necessita ingerir maior quantidade de alimento em decorrência do aumento na oviposição. Ocorre também aumento na atividade das operárias no cuidado com a cria (CARROL; JANZEN, 1973; BENOIS, 1973; KELLER, 1988; ABRIL et al., 2007) e conseqüentemente maior busca por alimentos.

Na literatura não há relatos referentes ao ciclo de vida sazonal de *L. micans*, mas, neste estudo foi observado que os meses em que a atividade de forrageamento foi maior coincidiram com os meses em que há maior produção de ovos (novembro – fevereiro).

Durante o estudo foi observada uma variação sazonal na preferência alimentar das dietas pelas operárias com maior consumo de proteínas no período de junho e dezembro e carboidratos no período de fevereiro a maio. Segundo Fowler et al. (1991) e Parra (1991), o padrão alimentar de formigas é constituído basicamente por proteínas, carboidratos e lipídios. As proteínas são adquiridas por meio de predação de outros insetos e pequenos invertebrados, os carboidratos por ingestão de açúcares e polissacarídeos provindos do néctar de plantas e excreção de outros insetos e os lipídios pela ingestão de diferentes tipos óleos.

Os alimentos ricos em carboidratos constituem importante fonte de energia para as operárias (MARKIN, 1970a; ABBOTT, 1978; STRADLING, 1978; GROVER, 2007) e a aquisição desse tipo de alimento é indispensável para a manutenção da colônia como um todo (GLANCEY et al., 1981; TOBIN, 1994; HELMS; VINSON, 2008). Por outro lado, dieta rica em proteína é essencial para o desenvolvimento das larvas e para a maior produção de ovos pela rainha (MARKIN, 1970a; ABBOTT, 1978; STRADLING, 1978; RUST, 2000). Conseqüentemente, a coleta desse alimento ocorre em maior proporção no período em que a colônia necessita aumentar a colônia (DUSSUTOUR; SIMPSON, 2009).

Embora o trabalho de variação sazonal na preferência da dieta pelas operárias de *L. micans* tenha sido realizado em casa-de-vegetação, é possível fazer algumas inferências no comportamento das formigas com base no estudo sobre o ciclo de vida anual de *L. micans* realizado em condições de campo. Foi observado que em todos os meses do ano há presença de larvas na colônia, entretanto a maior densidade foi verificada entre os meses de abril a outubro. A coleta da dieta proteica também foi observada ao longo de todo ano, mas com maior intensidade nos meses de junho a dezembro, correspondendo ao período de máxima densidade de larvas. Estes resultados corroboram aqueles encontrados por Rust et al. (2000) e Abril et al. (2007) para colônias de *L. humile*.

Essas informações são fundamentais para estabelecer estratégias de manejo de *L. micans* em vinhedos utilizando iscas tóxicas, as quais podem ser oferecidas durante os períodos de maior atividade das operárias.

Assim, durante a maior parte do ano, as operárias *L. micans*, demonstraram maior atividade do anoitecer até o final da manhã, quando as temperaturas começam a se elevar, sendo que durante os meses de primavera e verão há um aumento no número de formigas em busca de alimentos. Além disso, operárias de *L. micans* mudam a sua preferência alimentar dependendo da fase em que a colônia se encontra, sendo assim, outra possível alternativa para um programa de manejo seria o emprego de iscas tóxicas utilizando como atrativo alimentar substâncias proteicas nos meses com maior densidade de larvas na colônia (abril a outubro) e substâncias açucaradas nos meses em que há um predomínio de operárias (novembro a março).

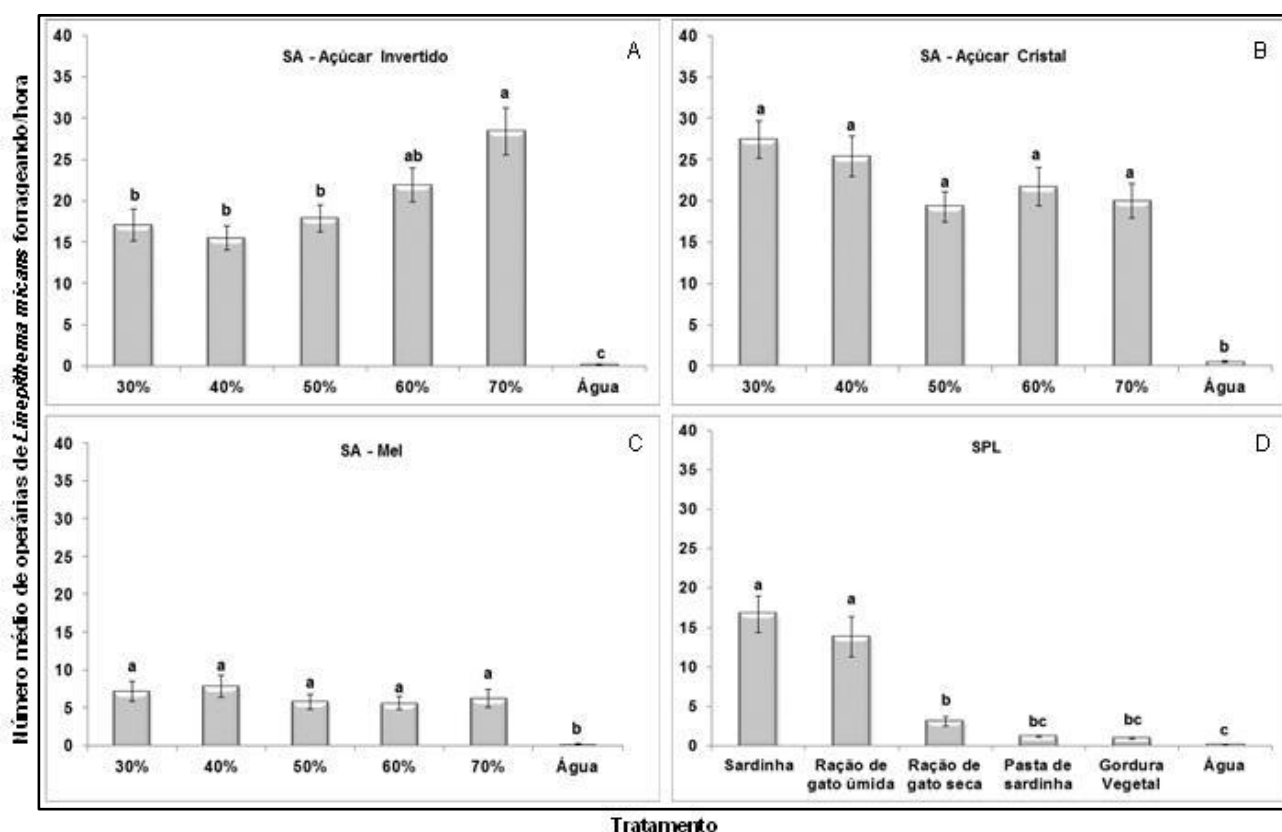
5.4 Controle de *Linepithema micans*

5.4.1 Efeito de atrativos alimentares

Na primeira etapa foram avaliadas três substâncias açucaradas (SA) diluídas em diferentes concentrações (açúcar invertido, açúcar cristal e mel) e cinco substâncias compostas de proteínas e lipídios (SPL) (Figura 35).

O açúcar invertido apresentou melhor atratividade nas concentrações de 60 e 70% ($F= 56,080$, $p< 0,001$) (Figura 35 A) enquanto que não foi observado diferenças entre as diluições de açúcar cristal ($F= 44,430$, $p<0,001$) e mel ($F= 12,845$, $p<0,001$). Dentre as cinco SPL's avaliadas, as que apresentaram maior atratividade foram a sardinha e a ração de gato úmida ($F=44,402$, $p<0,001$) (Figura 35D).

Figura 35 - Atratividade de substâncias açucaradas (SA) e ricas em proteínas e lipídios (SPL) para *Linepithema micans*.

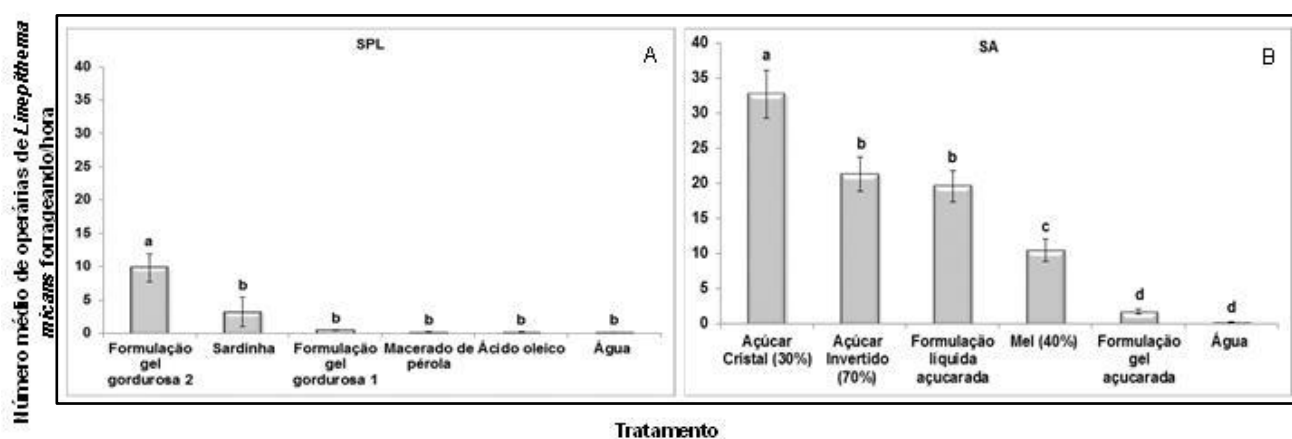


* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Na segunda etapa, em que foram selecionadas as substâncias que apresentaram os melhores resultados da primeira etapa e comparadas com novas substâncias foi verificado que o açúcar cristal na concentração de 30% foi o mais

atrativo dentre as SA's ($F= 64,231$, $p<0,001$) enquanto que o gel gorduroso 2 ($F= 23,842$, $p<0,001$) se diferenciou dentre as SPL's (Figura 36).

Figura 36 - Atratividade de substâncias açucaradas (SA) e ricas em proteínas e lipídios (SPL) para *Linepithema micans*.



* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Como salientado na análise de forrageamento, foi observado que operárias de *L. micans* preferem fontes de carboidratos e proteínas dependendo da época do ano, em função da demanda por nutrientes da colônia. Nesse sentido, o conhecimento da preferência alimentar da colônia e da atratividade das substâncias podem garantir o sucesso da formulação de uma isca tóxica (KNIGHT; RUST, 1991).

Outros fatores são importantes para que a isca tóxica seja eficiente no controle, ela deve ser palatável, concorrente com fontes alimentares disponíveis em condição natural, além de agir de forma lenta para que as operárias possam distribuí-la pela colônia (KNIGHT; RUST, 1991; CORNELIUS, 1996; KLOTZ et al., 1997; KLOTZ, et al., 1996; COLLINS; CALLCOTT, 1998; NELSON; DAANE, 2007).

Grande parte das pesquisas referentes à preferência alimentar de formigas invasoras foi realizada com a *L. humile* (BAKER et al., 1985; KRUSHELNYCKY; REIMER, 1998; HOOPER-BUI et al., 2002; KLOTZ et al., 2004; KLOTZ et al., 2007; COOPER et al., 2008). Nesses trabalhos, foram avaliados carboidratos, proteínas e lipídios. No entanto, no caso de *L. micans*, não há na literatura estudos referentes à sua preferência alimentar, porém, é conhecido que grande parte das espécies que compõem a subfamília Dolichoderinae é onívora e subsiste primariamente de uma dieta líquida (HÖLLDOBLER; WILSON 1990). Os resultados obtidos neste trabalho

corroboram esta afirmação, uma vez que as operárias de *L. micans* foram mais atraídas por substâncias líquidas açucaradas (açúcar invertido e açúcar cristal) do que por lipídicas e proteicas.

A preferência por substâncias açucaradas é altamente difundida. Markin (1970a) estimou que 99% da dieta de *L. humile* é constituída por “honeydew” e néctar. Outros estudos realizados com *L. humile* têm reforçado que essa espécie prefere substâncias açucaradas quando comparadas com outras fontes alimentares (BAKER et al., 1985; KRUSHELNYCKY; REIMER, 1998 a; RUST et al., 2000; NYAMUKONDIWA, 2008). Há também alguns trabalhos que demonstraram atratividade de *L. humile* por substâncias proteicas com destaque para o atum (BAKER et al., 1985), *Bombyx mori* (FORSCHLER; EVANS, 1994) e anchova (HOOPER- BUI et al., 2002).

Dentre as substâncias açucaradas (SA) foi possível verificar que apenas o açúcar invertido apresentou diferença na atratividade associado a um aumento na concentração. Este resultado corrobora com o encontrado por Klotz et al. (1998) avaliando a sacarose como atrativo para *L. humile*.

A diferença de recrutamento entre as substâncias também está relacionada às necessidades nutricionais da colônia que variam sazonalmente (RUST et al., 2000). Considerando que este experimento foi realizado apenas em uma época do ano (março a maio), os resultados foram coerentes com as observações da preferência sazonal de *L. micans*.

Em relação às SPL, testadas, no primeiro experimento a ração de gato úmida e a sardinha demonstraram maior atratividade. No entanto, na segunda etapa a formulação gel 2 foi a mais atrativo. A maior atração pode ter sido pelo fato desta formulação ser composta por grande quantidade de carboidratos (70% de açúcar invertido).

Segundo Cornelius (1996) a atratividade de iscas à base de óleos para outras Dolichoderinae depende não apenas do hábito alimentar de cada espécie de formiga, mas também de fatores como o tamanho da colônia, a fase em que se encontram as formas imaturas e a disponibilidade de outros recursos alimentares.

Apesar das gorduras serem a principal forma de armazenamento de energia, exceto em casos específicos e em pequenas quantidades, elas não são normalmente constituintes essenciais da dieta dos insetos (PARRA, 1991).

A alta atratividade por substâncias açucaradas pelas operárias de *L. micans* as tornam promissoras para incorporação de iscas tóxicas visando ao controle da

espécie na cultura da videira. A utilização destas substâncias como atrativo alimentar em iscas tóxicas é vantajosa por ser um ingrediente barato e de fácil aquisição (NYAMUKONDIWA, 2008). Entretanto, quando aplicada em condições de campo apresenta limitações principalmente devido ao crescimento de microrganismos alterando a palatabilidade da isca. Além disso, a precipitação pluvial e a evaporação podem mudar a concentração da isca e conseqüentemente sua eficiência (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008). Outra limitação apresentada pelas formulações em soluções líquidas açucaradas é o fato da maioria dos ingredientes ativos tóxicos não serem solúveis em água (RUST et al., 2004).

Mesmo que as substâncias açucaradas forneçam uma importante fonte de energia para as operárias e que tenham atraído um maior número de formigas, *L. micans* apresenta uma alta demanda de proteína especialmente durante a fase de crescimento da colônia que ocorre nos meses de inverno.

Dada as limitações das substâncias açucaradas para incorporação como atrativo alimentar em iscas tóxicas e a demanda por alimentos proteicos durante a fase de crescimento da colônia de *L. micans*, a utilização de matrizes à base de substâncias proteicas pode ser uma alternativa para o aprimoramento do manejo de *L. micans* em parreirais, uma vez que este tipo de alimento poderia atingir larvas e rainhas ao mesmo tempo, interrompendo o crescimento da colônia.

Isclas em formulações sólidas e granuladas contém alto teor proteico e tem demonstrado bons resultados no controle de *L. humile* quando aplicadas a campo (FORSCHLER; EVANS, 1994; KLOTZ et al., 2000). Durante a primavera e o verão, grânulos contendo proteína como estimulante alimentar são rapidamente consumidos devido às necessidades alimentares durante o período de maior produção das crias ou quando as operárias estão forrageando por recursos escassos na natureza (SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008).

Este tipo de isca também pode apresentar limitações. Haack e Vinson (1990) relataram que operárias de *Monomorium pharaonis* (Myrmicinae) precisaram de mais tempo para se alimentar de isclas sólidas à base de proteína do que de isclas líquidas. Além disso, verificaram que a trofalaxia entre operárias ocorre mais frequentemente quando a isca é líquida quando comparado com a sólida.

Em condições naturais a disponibilidade de alimento varia sazonalmente com uma menor oferta de alimento nos períodos de menor temperatura (BERNSTEIN, 1979; RICHARDSON et al., 2002; COGNI; OLIVEIRA, 2004). No campo há uma tendência de haver uma quantidade maior de fontes de carboidrato, enquanto os

alimentos proteicos são mais escassos, além do alto custo energético associado à sua predação (KAY, 2004). Da mesma forma, quando há um desequilíbrio na disponibilidade de macronutrientes (carboidrato ou proteína), as formigas geralmente alteram sua preferência alimentar e forrageiam por recursos menos disponíveis ou mais limitados no ambiente (KAY, 2004). Sendo assim, embora a preferência pelas substâncias proteicas não tenha apresentado uma alta atratividade pelas operárias de *L. micans* em casa-de-vegetação, provavelmente se for oferecido estas substâncias em condições de campo e na época correta (inverno) a mesma pode ser consumida pelas formigas em função do desequilíbrio na disponibilidade de macronutrientes para a colônia.

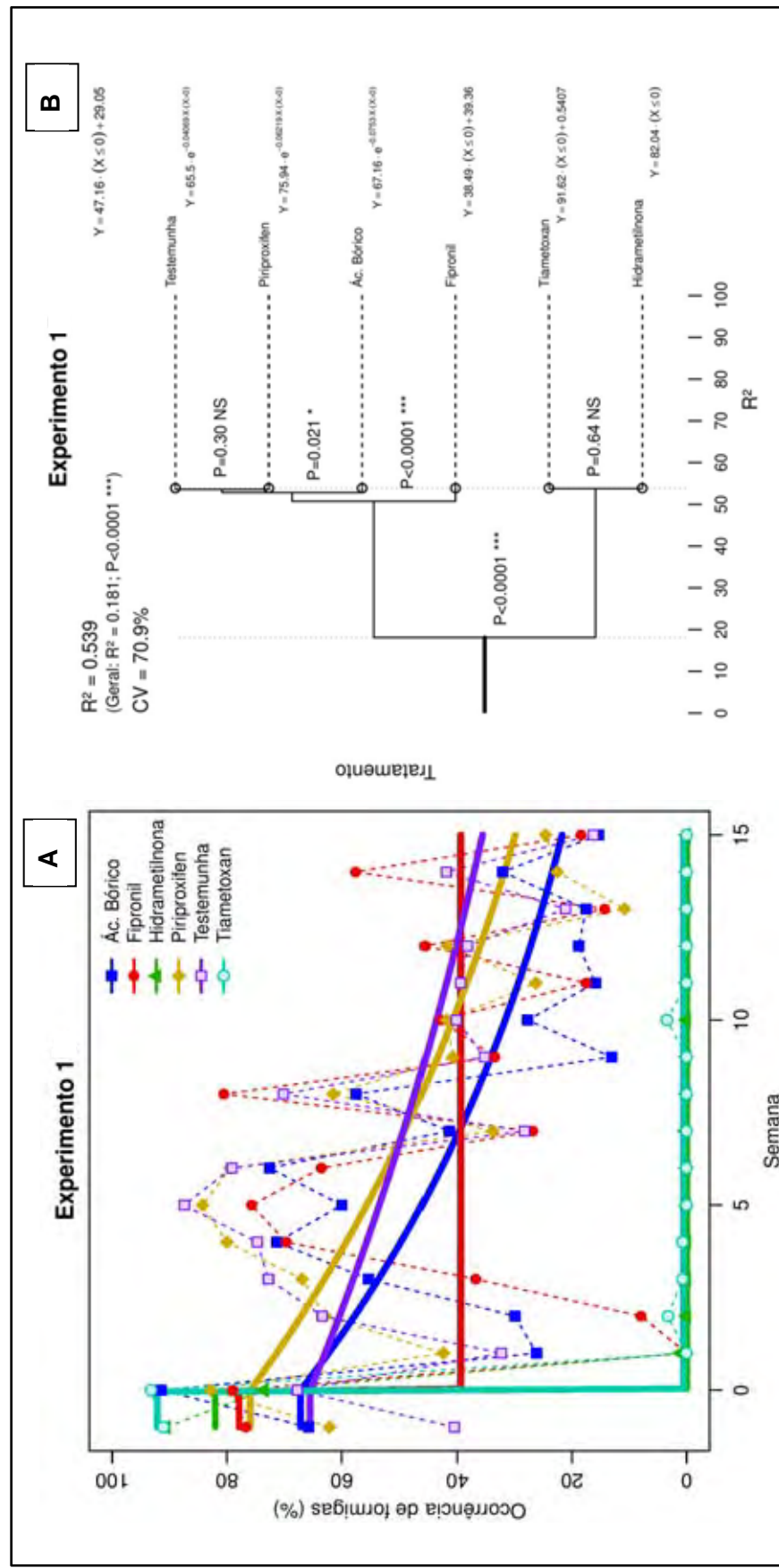
O desenvolvimento de iscas eficazes para o controle de formigas é uma tarefa desafiadora (HOOPER-BUI; RUST, 2000; SILVERMAN; BRIGHTWELL, 2008). Quando aplicadas em condições de campo, as substâncias consideradas atrativas podem apresentar diferentes resultados, pois nestas condições muitos outros fatores afetam a preferência alimentar das formigas (SOLIS et al., 2009). Dentre estes fatores, pode-se destacar o histórico alimentar da colônia, a quantidade e os tipos de imaturos presentes, a composição das castas na colônia, e as condições climáticas (GLUNN et al., 1981). Por esta razão, o emprego de iscas com matrizes contendo atrativos diferentes pode apresentar melhores resultados no manejo de *L. micans*.

5.4.2 Avaliação de inseticidas para o controle de *Linepithema micans*

No primeiro experimento, foi registrada significativa redução no número de formigas forrageando nos vasos pulverizados com tiametoxam e onde foi aplicada a hidrametilnona na forma de isca tóxica quando comparado com o controle ($P < 0,0001$) (Figuras 36 A e B). Nos dois tratamentos (pulverização e isca tóxica) não houve reestabelecimento da colônia ao longo das 15 semanas de avaliação. Os vasos tratados com iscas tóxicas à base de piriproxifen (0,5%) não diferiram significativamente do controle (Figuras 36 A e B). Os vasos tratados com aplicação de iscas a base de ácido bórico 1,0% ($p = 0,021$) e pulverização de fipronil ($p < 0,0001$) apresentaram diferença significativa quando comparados com a testemunha, entretanto não foram observados resultados promissores no controle da espécie (Figuras 36 A e B). Os resultados deste primeiro experimento indicam que *L. micans* pode ser controlada tanto via pulverização (barreira química) como através do

emprego de iscas tóxicas, no entanto, a eficácia do tratamento depende do ingrediente ativo empregado.

Figura 36 – (A) Percentual de operárias de *Linepithema micans* forrageando após o tratamento com inseticidas e iscas tóxicas em casa-de-vegetação. (B) Representação gráfica da análise estatística entre tratamentos. NS= não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F. (janeiro a maio/2011).



No segundo experimento, nos vasos tratados com tiametoxam ocorreu redução significativa na população de formigas na primeira semana de tratamento, diferindo significativamente ($p < 0,0001$) da testemunha (Figuras 37 A e B). Nos demais tratamentos, embora tenha sido observada uma redução na população de formigas forrageando, mesmo com o aumento na dose do fipronil em pulverização e do ácido bórico na isca tóxica, além da inclusão da hidrametilnona e do piriproxifen em uma formulação de isca na forma de gel, não foram observados resultados promissores no controle da espécie (Figura 37 A e B). Estes resultados confirmaram os obtidos no primeiro experimento, demonstrando a eficiência do tiametoxam no controle de *L. micans*.

No terceiro experimento, nos vasos em que a isca tóxica à base de ácido bórico (0,5%) foi utilizada não causou diferença significativa quando comparado com o controle (Figuras 38 A e B). As iscas tóxicas de piriproxifen e ácido bórico 1,0% e o inseticida fipronil (50 g/ha), reduziram a população de formigas quando comparado com a testemunha ($p = 0,0012$, $p < 0,0001$ e $p < 0,0001$ respectivamente), entretanto apresentaram um controle inferior aos tratamentos com hidrametilnona e tiametoxam que controlaram mais que 90% da população. Este mesmo padrão foi observado nos vasos pulverizados com imidacloprido (Figuras 38 A e B). No caso do tiametoxam, o inseticida teve sua concentração reduzida em 50% quando comparado ao primeiro experimento, mesmo assim o ingrediente ativo foi eficaz no controle de *L. micans* sem que fosse observado reinfestação das mesmas. O mesmo comportamento foi registrado para a hidrametilnona incorporada em sardinha (Figuras 38 A e B).

Durante a condução dos três experimentos, foi observada uma variação no número de formigas forrageando entre uma semana e outra (Figuras 36, 37 e 38). Esse comportamento ocorreu nos vasos tratados e no controle, provavelmente associado às variações climáticas (temperatura, luminosidade e umidade) registradas durante os experimentos (Figura 40 A, B e C). Resultados similares foram encontrados por Daane et al. (2006) em estudo realizado em parreirais da Califórnia. Como as formigas são consideradas pecilotermas, variações nas condições abióticas alteram o comportamento de forrageamento das formigas (TRANIELLO, 1989) explicando as oscilações registradas neste trabalho.

Figura 37 – (A) Percentual de operárias de *Linepithema micans* forrageando após o tratamento com inseticidas e iscas tóxicas em casa-de-vegetação. (B) Representação gráfica da análise estatística entre tratamentos. NS= não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F. (agosto à setembro de 2011).

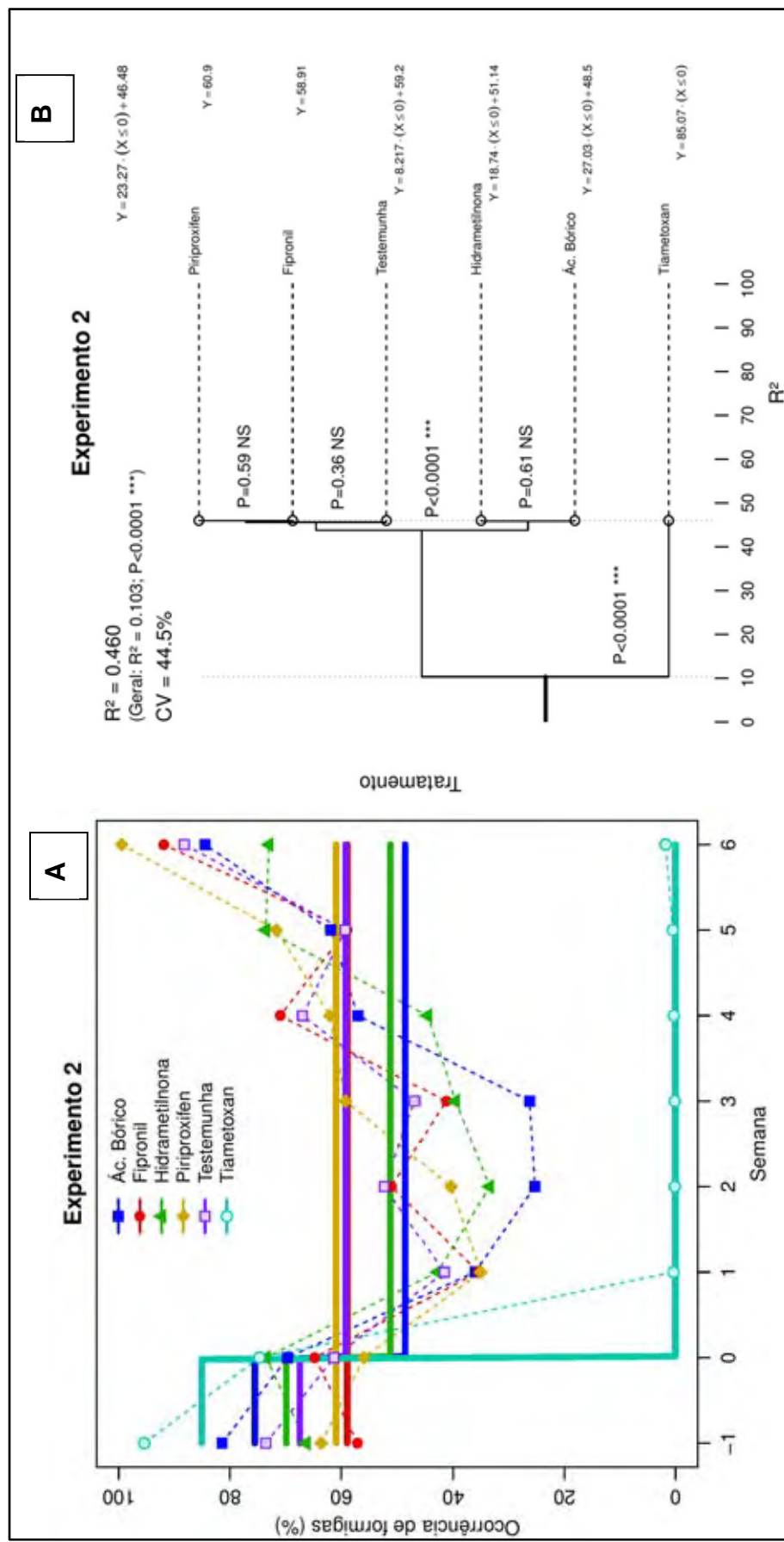


Figura 38 – (A) Percentual de operárias de *Linepithema micans* forrageando após o tratamento com inseticidas e iscas tóxicas em casa-de-vegetação. (B) Representação gráfica da análise estatística entre tratamentos. NS= não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *** Significativo a 0,1% de probabilidade pelo teste F. (janeiro a abril de 2012).

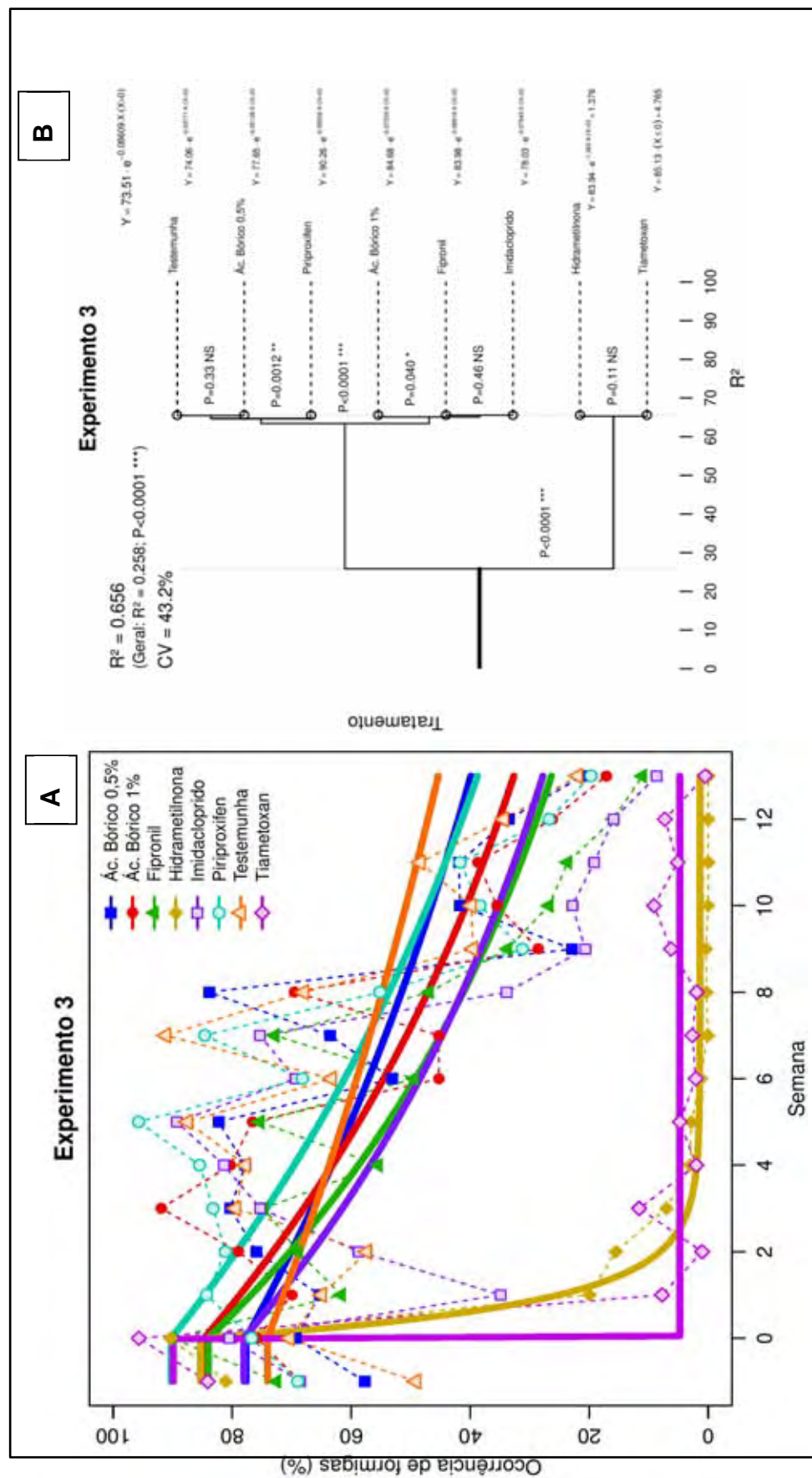
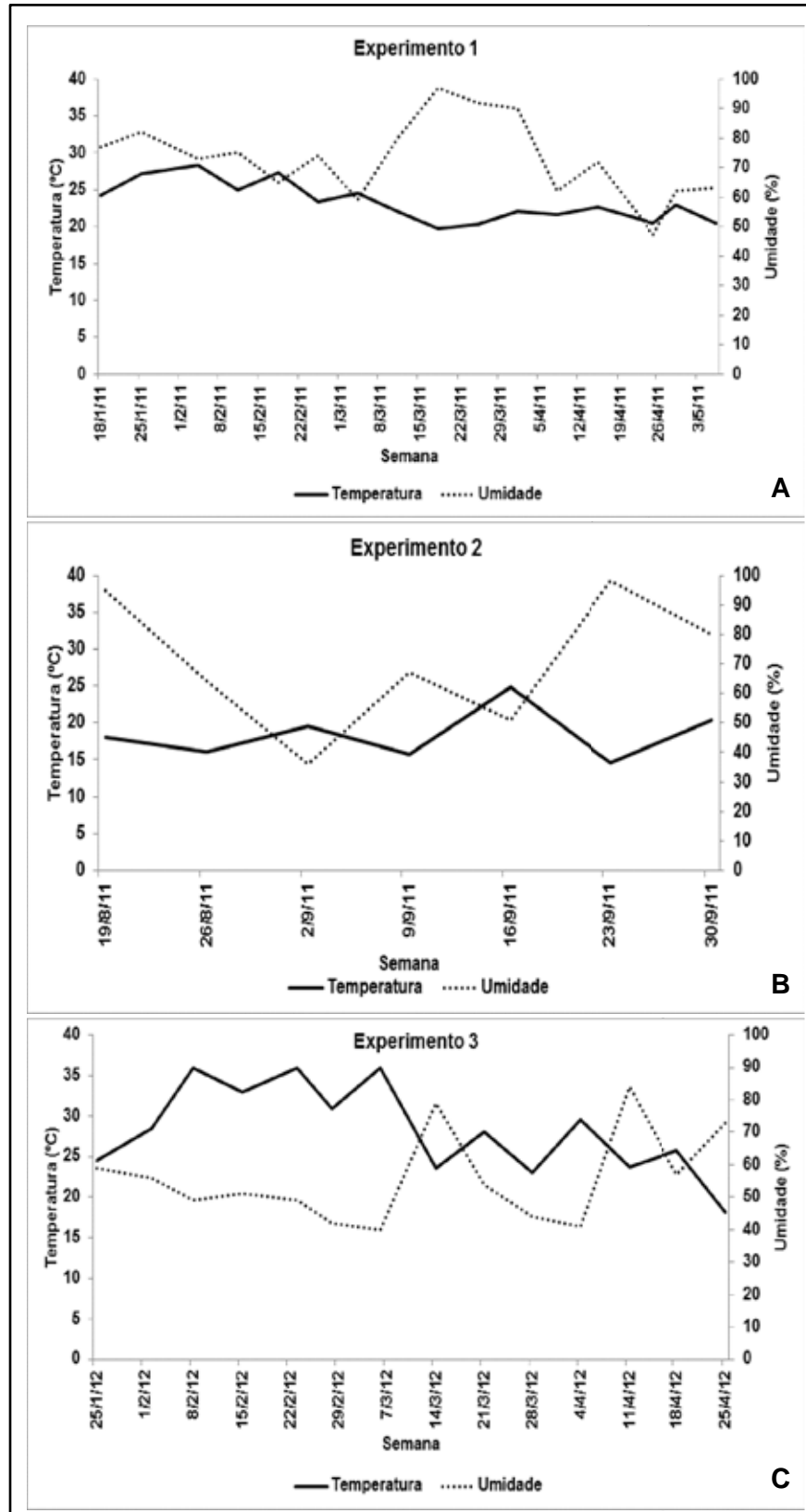


Figura 40 - Temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%) registradas nos experimentos de avaliação de inseticidas e iscas tóxicas para o controle de *Linepithema micans* em casa-de-vegetação



A aplicação de inseticidas como barreira química através da repelência ou por contato tem sido eficaz na redução da população de *L. humile* em pomares de citros, videira e áreas urbanas (PHILLIPS; SHEREK, 1991; RUST et al., 1996; ADDISON, 2002; KLOTZ et al., 2002; KLOTZ et al., 2003; TOLLERUP et al., 2004). Os principais inseticidas empregados neste tipo de tratamento são clorpirifós, bifenthrin e fipronil que tem sido eficazes por um período de aproximadamente 60 dias, quando deve ser feita a reaplicação (PHILLIPS; SHEREK, 1991; ADDISON, 2000; KLOTZ et al. 2003).

O fipronil, além de pulverizado, também tem sido utilizado em iscas tóxicas com dosagens reduzidas (entre 0,001% e 0,00001%) para o controle de *L. humile*, *Anoplolepis gracilipes* (Formicinae), *Solenopsis invicta* (Myrmicinae) e *Tapinoma melanocephalum* (Dolichoderinae) (COLLINS; CALLCOTT, 1998; HOOPER-BUI; RUST, 2000; BARR; BEST, 2002; ULLOA-CHACON; JARAMILLO, 2003; DAANE, 2006; NYAMUKONDIWA, 2008).

A pulverização de fipronil tem sido utilizada principalmente em áreas urbanas resultando em reduções da população de *L. humile* superiores a 90% (KLOTZ et al., 2007; KLOTZ et al., 2008). A eficiência deste tratamento tem sido atribuída, em parte, a ausência de repelência e a capacidade de transferência do ingrediente ativo entre os indivíduos da colônia (RUST et al., 1996; SCHARG et al., 2004; KLOTZ et al., 2007).

Soprano e Rust (2004) e Wiltz et al., (2009) trabalhando em laboratório com *L. humile* demonstraram que logo após a aplicação de fipronil sobre um substrato não se observa repelência, sendo que as operárias continuaram forrageando sobre a superfície. Além disso, o inseticida apresenta uma ação lenta para o início do efeito tóxico sobre as formigas, o que aumenta a possibilidade de retorno das operárias ao ninho realizando a transferência horizontal do ingrediente ativo. Os insetos podem entrar em contato com superfícies tratadas no ambiente e levar o ingrediente ativo para o ninho através de partes do corpo (SOEPRONO; RUST, 2004). A transferência para os outros membros da colônia pode acontecer através do "grooming", trofalaxia, necrofagia e necroforese (SOEPRONO; RUST, 2004).

Embora esta capacidade de transferência que o fipronil apresenta o torne um dos inseticidas mais eficientes no controle de muitas espécies de formigas (CHOE; RUST, 2008), neste trabalho o mesmo não foi eficaz. Inferências em relação à ineficiência do inseticida sobre *L. micans* devem ser cautelosas, tendo em vista que

fatores como a toxicidade do inseticida, tipo de substrato, concentração, tempo de exposição do inseto sobre a área tratada, entre outros, afetam o processo de transferência (RUST; SARAN, 2006).

O fipronil é um inseticida pouco solúvel em água (entre 1,9 a 2,4 mg L⁻¹ 25°C) que apresenta reduzida capacidade de mobilidade no solo (TINGLE et al., 2003). Bobé et al. (1997) demonstraram que o fipronil tem capacidade de penetrar apenas 10 cm abaixo da superfície do solo quando pulverizado na superfície. Em hipótese, devido aos ninhos de *L. micans* serem subterrâneos, a baixa mobilidade do inseticida no solo poderia ser uma explicação para o reduzido efeito sobre a população da espécie.

Outro aspecto importante do produto diz respeito à concentração. Choe e Rust (2008) demonstraram que operárias de *L. humile* precisaram estar em contato com concentrações maiores que 10 ppm para que houvesse a transferência deste inseticida para outros membros da colônia. Costa e Rust (1999) observaram em experimento de laboratório que o solo de vasos com plantas que foram pulverizados com fipronil (28 e 56 ppm) e oferecidos para colônias de *L. humile* forragearem não demonstraram resultados satisfatórios no controle de operárias da formiga argentina antes de cinco semanas de avaliação. Os resultados gerados nesta pesquisa demonstraram que nos vasos tratados com as três dosagens (4, 5 e 50 g i.a./ ha) que correspondem a 8, 10 e 100 ppm respectivamente, não demonstraram redução satisfatória na população de *L. micans*, podendo assim sugerir que estas dosagens podem não ter sido o suficiente para que a transferência horizontal tivesse acontecido para esta espécie.

O imidacloprido também tem sido utilizado principalmente em iscas tóxicas incorporado em soluções açucaradas para o controle de *L. humile* (RUST et al., 2004; DAANE et al., 2008). A aplicação na forma de pulverização deste ingrediente ativo é pouco relatada na bibliografia para o controle de formigas. Ellis et al. (2008) verificaram bons resultados na aplicação de imidacloprido (21%) em parques de preservação sobre a população de *L. humile*.

Nos resultados gerados por esta pesquisa, o imidacloprido não demonstrou uma redução satisfatória no número de operárias forrageando, entretanto foi significativamente ($p < 0,0001$) diferente do controle. Atribui-se a menor eficácia deste inseticida devido a sua reduzida solubilidade (0,6 g L⁻¹) dificultando o contato com os ninhos subterrâneos de *L. micans*, similar ao fipronil.

Produtos à base de tiametoxan têm sido utilizados para o controle de *L. humile*, principalmente em baixas concentrações incorporado em iscas tóxicas líquidas em áreas urbanas e agrícolas, com destaque para pomares de citros e videira (KLOTZ, 2003; RUST et al., 2004; DAANE et al., 2008).

No primeiro experimento, a dosagem de tiametoxam utilizada foi a mesma recomendada para o controle de formigas urbanas conforme recomendação do fabricante (www.syngenta.com/country/br/pt/). Como esta dosagem foi eficaz no controle da espécie, nos experimentos subsequentes a dosagem foi reduzida, mesmo assim o produto foi eficaz.

Diferente dos inseticidas imidacloprido e fipronil, a solubilidade do tiametoxam é considerada alta ($4,1\text{g L}^{-1}$), o que favorece a sua mobilidade no solo. Júnior e Regitano (2009) observaram que este composto teve um deslocamento para camadas abaixo de 50 cm de profundidade no solo em decorrência de sua baixa adsorção no solo. Como os ninhos de *L. micans* são subterrâneos, este fator poderia atuar facilitando o controle da espécie.

Embora todas as dosagens avaliadas de tiametoxam tenham suprimido a população de *L. micans*, outros estudos serão necessários abordando possíveis fatores que podem influenciar a eficiência do produto em condições de campo. A aplicação de inseticidas pode matar ou repelir apenas as operárias que saem para forragear e pouco efeito tem sobre as rainhas e crias (BUENO; BUENO, 2007). Além disso, o problema pode ser agravado pela fragmentação da colônia que, em médio prazo, promove o aumento do nível de infestação na área ou a dispersão de formigas para outras áreas (BUENO; BUENO, 2007), assim como observado para *L. humile*, que abandona seu ninho em qualquer condição desfavorável (NEWELL; BARBER, 1913). Com base nessas informações, é importante validar os resultados obtidos nos vasos em áreas de parreirais, pois devido ao tamanho dos vasos em que os ninhos se encontravam as formigas não tinham opções de nidificar em outro local após o tratamento.

Ainda, em relação a aplicação de inseticidas, cabe ressaltar que a sua utilização abusiva, principalmente em áreas de monocultivo pode atingir organismos não alvos com destaque para polinizadores (PINHEIRO; FREITAS, 2010). Segundo Pereira (2010) dependendo do cultivo e do método de aplicação, o inseticida fipronil e os neonicotinoides estão associados a elevada mortalidade de *Apis mellifera*, o que pode restringir o emprego destes produtos em pulverização. Abelhas melíferas

podem entrar em contato com tais agentes químicos devido suas atividades de coleta de água, resinas vegetais, pólen e néctar principalmente na época de florescimento das culturas (PINHEIRO; FREITAS, 2010). É nesta época também que há um aumento no número de *L. micans* forrageando e se dispersando nos parreirais em virtude do aumento da temperatura. Esse fato deve ser levado em consideração em um programa de manejo que envolva *L. micans* e a pulverização de inseticidas

A aplicação de produtos químicos que atuam por contato e de ação rápida é mais eficiente quando as colônias estão localizadas. Essa situação é exceção entre as formigas, pois a maioria das espécies formam grandes populações estabelecidas em grandes áreas. Neste caso, a utilização de iscas tóxicas pode apresentar melhores resultados na redução da infestação (BUENO; BUENO, 2007).

Em iscas, a atividade tóxica do ingrediente ativo é muito importante. Ele deve ter uma concentração suficiente para continuar agindo mesmo quando repassado e diluído diversas vezes através da trofalaxia (RUST et al., 2004). A concentração deve ser suficiente para ser consumida sem que haja repelência além de retardar o efeito tóxico fazendo com que as formigas o distribuam para toda a colônia via trofalaxia, matando operárias, larvas e rainhas (HOOPER- BUI; RUST, 2000; KLOTZ et al., 2002).

Os ingredientes ativos utilizados no presente trabalho foram incorporados nas substâncias que apresentaram os melhores resultados no teste de preferência alimentar, exceto o açúcar cristal 30%, que foi substituído pelo açúcar invertido 70%. Embora esta substância tenha demonstrado maior atratividade quando comparada com as demais, não foi utilizada para incorporação de isca porque apresenta uma tendência a cristalização devido a perda de água (NYAMUKONDIWA, 2008).

Segundo Knight e Rust (1991) o ácido bórico é um excelente composto químico para ser utilizado em iscas tóxicas, pois é solúvel em água, tem ação retardada, não é repelente e apresenta baixa toxicidade aos mamíferos.

Muitos estudos têm demonstrado resultados satisfatórios na redução da população de *L. humile* com a utilização de ácido bórico (0,5% a 1,0%) incorporado em iscas líquidas à base de soluções açucaradas tanto em áreas urbanas como agrícolas (KLOTZ et al. 1998; HOOPER-BUI; RUST, 2000; KLOTZ et al. 2007). Em vinhedos da Califórnia e da África do Sul tem sido um dos principais ingrediente

ativo utilizado no controle de *L. humile* (DAANE et al., 2006; DAANE et al., 2007; DAANE et al., 2008, NYAMUKONDIWA; ADDISON, 2011).

Uma hipótese do trabalho seria de que o ácido bórico tivesse ação no controle de *L. micans*, semelhante ao registrado às demais formigas dolícoederíneas (KLOTZ et al. 1998; HOOPER-BUI; RUST, 2000; KLOTZ et al. 2007). Essa eficiência estaria relacionada ao comportamento de forrageamento em busca de compostos líquidos como o “honeydew”. Entretanto, nos experimentos realizados o ácido bórico não foi eficaz no controle de *L. micans*.

Daane et al. (2006) em experimento realizado em vinhedos da Califórnia demonstrou que o ácido bórico (0,5%) não apresentou redução na população de *L. humile*, assim como observou uma diminuição no número de formigas forrageando sobre as estações de isca. Os autores atribuíram esse resultado a uma possível fermentação da solução de sacarose utilizada como atrativo alimentar para as formigas. O fato do ácido bórico não ter apresentado efeito sobre a população de *L. micans* também pode estar relacionado a uma possível repelência causada pela fermentação da solução de açúcar invertido, uma vez que os vasos ficaram expostos.

Em relação ao piriproxifen, em nenhuma das matrizes utilizadas o inseticida apresentou efeito sobre a população de *L. micans*. Davis et al (1993) em trabalho realizado em laboratório utilizando o piriproxifen (0,5 e 1,0%) demonstraram repelência a colônias de *L. humile* demonstrando menor potencial de emprego deste ingrediente ativo para o controle da espécie.

A hidrametilnona tem sido eficaz no controle de colônias de *Solenopsis invicta* e operárias de *L. humile*, quando incorporada em soluções açucaradas, entretanto não tem apresentado efeito sobre as rainhas dessa espécie (HOOPER-BUI; RUST, 2001; STANLEY, 2004). Outro problema apontado em relação a este ingrediente ativo diz respeito ao fato de não apresentar ação retardada (KNIGHT; RUST 1991; DAVIS et al. 1993). Entretanto, quando incorporado em iscas sólidas à base de proteínas, o inseticida tem apresentado resultados satisfatórios no controle de *L. humile*, principalmente em condições de campo (FORSCHLER; EVANS, 1994; KLOTZ et al., 2000; KRUSHELNYCHY; REIMER, 2005).

A hidrametilnona (0,5%) quando incorporada em isca de sardinha foi eficaz na redução da população de forrageadoras de *L. micans*, uma semana após a aplicação. Para que uma formulação de isca tóxica apresente sucesso no controle

de formigas é necessário que ela apresente uma ação lenta o suficiente para ser levada ao ninho e partilhada com as operárias da colônia (RUST et al., 2000). Stringer et al. (1964) trabalhando com *Solenopsis invicta* consideram que uma isca tem toxicidade lenta quando apresentam menos do que 15% de mortalidade até 24 horas depois da aplicação e mais de 89% depois de 20 dias. Entretanto, em recentes estudos tem se considerado a mesma como eficaz quando a mortalidade da colônia ocorre entre 10 e 18 dias (VANDER MEER et al., 1985; TAMASHIRO; HAVERTY, 1987; KNIGHT; RUST 1991; KLOTZ et al., 2004).

Os resultados desta pesquisa demonstram que uma mortalidade próxima a 90% das colônias de *L. micans* ocorreu antes do período proposto por esses autores. Entretanto, para esta espécie a quantidade de ingrediente ativo e a velocidade de transferência foi o suficiente para atingir não apenas as demais operárias da colônia como também as rainhas, uma vez que no final de cada um dos experimentos, foi realizada a verificação da morte das rainhas.

A hidrametilnona também foi oferecida em formulação gel para operárias de *L. micans*, entretanto não demonstrou a mesma eficiência de controle, provavelmente devido à falta de atratividade da matriz. Silverman e Roulston, (2001) testaram a atratividade de matrizes líquidas e em forma de gel para *L. humile* e revelaram que esta espécie além de preferir, ingere uma quantidade maior de soluções líquidas e açucaradas do que em forma de gel. Além disso, os autores ressaltaram que as formigas levaram mais tempo para se alimentar das substâncias em forma de gel o que aumenta a chance das operárias morrerem mais rapidamente, especialmente quando o ingrediente ativo incorporado age por contato.

Com base nos resultados dos três experimentos, a hidrametilnona foi o ingrediente ativo mais promissor para o controle de *L. micans* em iscas tóxicas. Entretanto, a formulação utilizada não é adequada para a aplicação em campo, uma vez que neste formato a mesma é perecível, sendo necessárias inovações para obter uma formulação comercial.

Considerando que *L. micans* tem influência sobre a dinâmica populacional de pérola-da-terra em vinhedos, a implementação de um programa de manejo da cochonilha deveria também incluir o controle das formigas, pois a dispersão de ninfas da cochonilha seria reduzida e assim, diminuiria a infestação nos parreirais.

Com base nos resultados obtidos, existe potencial para o controle de *L. micans* através do emprego de inseticidas como barreira química e iscas tóxicas.

O emprego do tiametoxan para o controle da cochonilha também apresenta efeito sobre a formiga. No entanto, o emprego de iscas tóxicas com destaque para a hidrometilona deveria ser priorizado, pois controlaria além das formigas que estão forrageando as que estão no interior do ninho. Em condições de campo, a eficiência das iscas tóxicas pode ser afetada em função da época em que são oferecidas. Sendo assim, o desenvolvimento de uma matriz proteica para incorporação da hidrametilnona, se faz necessária para que possa ser oferecida para operárias de *L. micans* durante os meses com maior densidade de larvas na colônia (abril a outubro), e menor disponibilidade desse tipo alimento em campo. Além disso, estudos futuros também devem ser realizados para o aprimoramento das matrizes a base de carboidratos para que possam ser oferecidas durante os meses em que há um predomínio de operárias (novembro a março).

Considerando os efeitos danosos ao ambiente que os inseticidas provocam, a utilização da metodologia de iscas seria menos impactante. Essa metodologia envolve a realização de monitoramento constante sem a utilização inicial de inseticidas. Eles só seriam aplicados nos locais em que ocorresse aumento populacional das formigas e com a presença da cochonilha. As dificuldades para atender o emprego de iscas seriam devido ao alto custo operacional e a necessidade de novos trabalhos com *L. micans* para determinar a distribuição espacial de uma colônia e seu raio de forrageamento, o que seria fundamental para determinar a densidade de estações de isca para área.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, nas condições em que os experimentos foram realizados, conclui-se que:

- 1) *L. micans* é a espécie de formiga predominante nos parreirais infestados pela pérola-da-terra nos Estados do Sul do Rio Grande do Sul e Santa Catarina;
- 2) Em casa-de-vegetação *L. micans* atua na dispersão da pérola-da-terra;
- 3) Operárias de *L. micans* evitam forragear durante as temperaturas mais elevadas do dia;
- 4) O maior forrageamento das operárias de *L. micans* ocorre durante os meses com maior temperatura;
- 5) A preferência alimentar das operárias de *L. micans* varia de acordo com a fase de desenvolvimento da colônia;
- 6) O inseticida tiametoxan (125g i. a./ ha) exerce controle de *L. micans* via pulverização de solo;
- 7) Iscas tóxicas contendo 0,5% de hidrametilnona são eficazes no controle de *L. micans*.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, A. Nutrient dynamics of ants. In: BRIAN, M. V. (Ed.) **Production ecology of ants and termites**. London: Cambridge University, 1978, p. 233-244.

ABBOTT, K. L.; GREEN, P. T. Collapse of an ant-scale mutualism in a rainforest on Christmas Island. **Oikos**, Buenos Aires, v. 116, n. 17, p. 1238-1246, 2007.

ABRAMS, P. A. Life history and the relationship between food availability and foraging effort. **Ecology**, Washington, v. 72, n. 4, p. 1242–1252, 1991.

ABRIL, S.; OLIVERAS, J.; GÓMEZ, C. Foraging activity and dietary spectrum of the argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in invaded natural areas of the northeast Iberian Peninsula. **Environmental Entomology**, College Park, v. 36, n. 5, p. 1166–1173, 2007.

ABRIL, S.; OLIVERAS, J.; GÓMEZ, C. Effect of temperature on the oviposition rate of Argentine ant queens (*Linepithema humile* Mayr) under monogynous and polygynous experimental conditions. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 54, n. 1, p. 265–272, 2008.

ADDISON, P. Chemical stem barriers for the control of ants (Hymenoptera:Formicidae) in vineyards. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Cape Town, v. 23, n. 1, p 1-8, 2002.

ADDISON, P.; SAMWAYS, M. J. A survey of ants (Hymenoptera: Formicidae) foraging in Western Cape vineyards of South Africa. **African Entomology**, Petroria, v. 8, n. 2, p. 251–260, 2000.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado: 5 de dezembro, 2012.

ALBUQUERQUE, E. Z. D.; DIEHL, E. Análise faunística das formigas epígeas (Hymenoptera, Formicidae) em campo nativo no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 53, n. 3, p. 398-403, 2009.

ANDERSEN, A. N. Global Ecology on Rainforest Ants: Funcional Groups in Relation to Environmental Stress and Disturbance, In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SHULTZ, T. T. (Eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington, DC: Smithsonian Intitution Press, 2000, p. 25-34.

ANTWEB. Disponível em: <<http://www.antweb.org>>. Acesso em 2 de outubro de 2012.

ARIAS-PENNA, T. M. Subfamilia Ectatomminae. In: JIMENEZ, E.; FERNÁNDEZ, F.T.; ARIAS M.; LOZANO-ZAMBRANO, F. (Ed). **Sistemática, biogeografía y conservación de las hormigas cazadoras de Colombia**. Santa Fé de Bogota: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2007, p. 53-107.

BAKER, T. C.; VAN VORHIS KEY, S.E.; GASTON, L. K. Bait-preference tests for the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, n. 5, p. 1083–88, 1985.

BEN-DOV, Y. **A systematic catalogue of the scale insect Family *Margarodidae* (Hemiptera: Coccoidea) of the world**. Wimborne: Intercept, 2005. 400p.

BENOIS, A. Incidence des facteurs e cologiques sur le cycle annuel et loactivite´ aisonnie re de la fourmi do Argentine, *Iridomyrmex humilis* Mayr (Hymenoptera, Fomicidae), dans la region doAntibes. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 20, p. 267-295, 1973.

BERNSTEIN, R. A. Seasonal food abundance and foraging activity in some desert ants. **American Naturalist**, Chicago, v. 108, n. 962, p. 490-498, 1974.

BERNSTEIN, R. A. Schedules of foraging activity in species of ants. **Journal of Animal Ecology**, Oxford, v. 48, n. 3, p. 921–930, 1979.

BESTELMEYER, B. T.; AGOSTI, D.; LEEANNE, F.; ALONSO, T.; BRANDÃO, C. R. F.; BROWN, W. L.; DELABIE, J. H. C.; SILVESTRE, R. Field techniques for the study of ground-living ants: An Overview, description, and evaluation. In: Agosti, D.; Majer, J. D.; Tennant, A.; Schultz, T. (Eds). **Ants: standart methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 122-144.

BLIGHT, O.; ORGEAS, J.; RENUCCI, M.; PROVOST, E. Imidacloprid Gel Bait Effective in Argentine Ant Control at Nest Scale. **Sociobiology**, Chico, v. 58, n. 1, p. 23-30, 2011.

BOBÉ, A.; COSTE C. M.; COOPER, J. Factors Influencing the Adsorption of Fipronil on Soils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 12, p. 4861-4865, 1997.

BODENHEIMER, F. S. **Precis Décologie Animale**. Paris: Payot, 1955. 315 p.

BOLTON, B. **Identification guide to the ant genera of the world**. Cambridge: MA, Harvard University Press. 222 p. 1994.

BOLTON, B. **A new general catalogue of the ants of the world**. London: Harvard University Press. 1995. 504 p.

BOLTON, B. **Synopsis ant classification of Formicidae**. Florida: The American Entomological Insitute. 370 p. 2003.

BOLTON, B.; ALPERT, G.; WARD, P.S.; NASKRECKI, P. **Bolton's Catalogue of Ants of the World: 1758-2005**. Boston: Harvard University, 2006. 1 CD-ROM.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1988. 653p.

BOTTON, M.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J.; SCHUCK, E. Pérola-da-terra. In: SALVADORI, J.R.; ÁVILA, C. J.; SILVA, M. T. B. (Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa Trigo/Fundacep, 2004. p. 457-476.

BOTTON, M.; SCHUCK, E.; HICKEL, E. R.; SORIA, S. J. **Bioecologia e controle da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel, 1922) (Hemiptera: Margarodidae) na cultura da videira**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2000. 23 p. (Circular Técnica, 27).

BOTTON, M.; TEIXEIRA, I.; BAVARESCO, A.; PASTORI, P. L. Use of soil insecticides to control the Brazilian ground pearl in vineyards. **Revista Colombiana de Entomología**, Santafe de Bogota, v. 36, n. 1, p. 20-24, 2010.

BOUCHER, D. H. *The biology of mutualism: ecology and evolution*. Oxford: Univ. Press, 1985.

BUCKEY, R. C. Interactions involving plants, Homoptera, and ants. **Annual Review Ecology Systematics**, Palo Alto, v. 18, p. 111 – 135, 1987.

BUCKLEY, R.; GULLAN, P. More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). **Biotropica**, Washington, v. 23, n. 3, p. 282-286, 1991.

BUENO, O. C.; BUENO, F. C. Controle de formigas em áreas urbanas. In: Pinto, A.S.; Rossi, M.M; Salmeron, O. (Org.). **Manejo de Pragas Urbanas**. São Paulo: CP2, 2007, p. 67-77.

BUENO, O. C.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C. As Formigas Domésticas. In: MARICONI, F.A.M (Ed.) **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, 1999.

CAMPOS, T. **Análise da distribuição dos subtipos de *Linepithema micans* (Formicidae: Dolichoderinae) na região Sul do Brasil através da ferramenta molecular Barcode**. 2012. 51f. Monografia (TCC em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; BUENO, O. C. Formigas urbanas: comportamento e controle. **O Biológico**, São Paulo, v. 66, n. 1/2, p. 47-48, 2004.

CARROL, C. R.; JANZEN, D. H. Ecology of foraging by ants. **Annual Review of Ecology Evolution and Systematic**, Palo Alto, v. 4, n. 1, p. 231-257, 1973.

CERDÁ, X.; RETANA, J.; CROS, S. Critical thermal limits in Mediterranean ant species: trade-off between mortality risk and foraging performance. **Functional Ecology**, Oxford, v. 12, n. 1, p. 45-55, 1998.

CHOE, D. H.; RUST, M. K. Horizontal transfer of insecticides in laboratory colonies of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, n. 4, p. 1397-1405, 2008.

CHONG, C. S.; HOFFMANN, A. A.; THOMSON, L. J. Commercial agrochemical applications in vineyards do not influence ant communities. **Environmental Entomology**, College Park, v. 36, n. 6, p. 1374-1383, 2007.

CHONG, K. F.; LEE, C. Y. Food preferences and foraging activity of field populations of a pest ant, *Tapinoma indicum* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 48, n. 3, p. 875-883, 2006.

CHONG, C.; THOMSON, L. J.; HOFFMANN, A. A. High diversity of ants in Australian vineyards. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 50, n. 1, p. 7-21, 2011.

COGNI, R.; OLIVEIRA P. S. Patterns in foraging and nesting ecology in the neotropical ant *Gnamptogenys moelleri* (Formicidae, Ponerinae). **Insectes Sociaux**, Paris, v. 51, n. 2, p. 123-130, 2004.

COLLINS, H. L.; CALLCOTT, A. M. A. Fipronil: and ultra-low-dose bait toxicant for control of red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 81, n. 3, p. 407-415, 1998.

CONDE, C.; SILVA, P.; FONTES, N.; DIAS, A. C. P.; TAVARES, R. M.; SOUSA, M. J.; AGASSE, A.; DELROT, S.; GERÓS, H. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. **Food**, London, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2007.

COOPER, M.; DAANE, K. M.; NELSON, E. H.; VARELA, L. G.; BATTANY, M. C.; TSUTSUI, D. N.; RUST, M. K. Liquid baits control Argentine ants sustainably in coastal vineyards. **California Agriculture**, Berkeley, v. 62, n. 4, p. 177-183, 2008.

CORNELIUS, M. L.; GRACE, J. K.; YATES III, J. R. Acceptability of different sugars and oils to three tropical ant species (Hymen., Formicidae). **Anzeiger für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz**, Berlin, v. 69, n. 2, p. 41- 43, 1996.

COSTA, H. S.; RUST, M. K. Mortality and foraging rates of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) colonies exposed to potted plants treated with fipronil. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 16, n. 1, p. 145-152, 1999.

CUEZZO, F. Subfamilia Dolichoderinae. In: FERNANDÉZ, F. (Ed.). **Introducción a las Hormigas de la región Neotropical**. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt: Bogotá, Colombia, 2003. p. 291-297.

CUSHMAN, J. H.; WHITMAN, T. G. Conditional mutualism in a membracid-ant association: temporal, age-specific, and density-dependent effects. **Ecology**, Tempe, v. 70, n. 4, p. 1040-1047, 1989.

DAANE, K. M.; COOPER, M. L.; SIME, K. R.; NELSON, E. H.; BATTANY, M. C.; RUST, M. K.; Testing baits to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 101, n. 3, p. 699-709, 2008.

DAANE, K. M.; SIME, K. R.; HOGG B. N.; COOPER, M. L.; BIANCHI, M. L.; RUST, M. K.; KLOTZ J. H. Effects of liquid insecticide baits on Argentine ants in California's coastal vineyards. **Crop Protection**, Guildford, v. 25, n. 6, p. 592-603, 2006.

DAANE, K. M.; SIME K. R.; FALLON J.; COOPER, M. L. Impacts of Argentine ants on mealybugs and their natural enemies in California's coastal vineyards. **Ecological Entomology**, London, v. 32, n. 6, p. 583-596, 2007.

DAL BÓ, M. A.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Alternativas de manejo para o controle de declínio da videira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 20, n. 1, p. 58-61, 2007.

DAVIS, P.; VAN SCHAGEN, J. Effective control of pest ants. **Journal of Agriculture of Western Australia**, South Perth, v. 34, n. 3, p. 92-95, 1993.

DELABIE, J. H. C. Trophobiosis between Formicidae and Hemiptera (Sternorrhyncha and Auchenorrhyncha): an overview. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 4, p. 501-516, 2001.

DELABIE, J. H. C.; FERNÁNDEZ, F. Relaciones entre hormigas y "homópteros" (Hemiptera: Sternorrhyncha y Auchenorrhyncha). In: Fernández, F. (Ed.). **Introducción a las hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colômbia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003, p.181-197.

DELABIE, J. H. C.; FOWLER, H. G. Soil and litter cryptic ant assemblages of Bahian cocoa plantations. **Pedobiologia**, Jena, v. 39, n. 5, p.423-433, 1995.

DIEHL-FLEIG, E.; DIEHL, E. Organização social e status de praga da formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr 1868) no Rio Grande do Sul. **O Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 31-34, 2007.

DIEHL, E.; SANHUDO C.E.D; DIEHL-FLEIG, E. Ground-dwelling ant fauna of sites with high levels of cooper. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 64, n. 1, p. 33-39,2004.

DUSSUTOUR, A.; SIMPSON, S.J. Communal nutrition in ants. **Current Biology**, London, v.19, n.9, p. 740-744, 2009.

EFROM, C. F. S; BOTTON, M.; MEYER G. A. Brazilian ground pearl damaging blackberry, raspberry and blueberry in Brazil blackberry, raspberry and blueberry in Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1545 -1548, 2012.

ELLIS, B.R.; BENSON, E.P.; ZUNGOLI, P.A.; BRIDGES JR. W. C. Evaluation of Chemical Control Strategies for *Linepithema humile* (Mayr) (Hymenoptera: Formicidae) in South Carolina State Park Campgrounds. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v.25, n. 4, p.145-152, 2008.

EMATER-Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. **Manejo ecológico de solo com plantas de cobertura**. Porto Alegre: Emater, 2001

FAZOLIN, M. **Análise faunística de insetos coletados com armadilha luminosa em seringueira no Acre**. 1991. 236p. Tese (Doutorado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

FELLERS, J. H. Daily and seasonal activity in woodland ants. **Oecologia**, Berlin, v. 78, n. 1, p. 69–76, 1989.

FERNÁNDEZ, F. Subfamília Myrmicinae. In: FERNÁNDEZ, F. **Introducción a las hormigas de la Región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2003, p. 307-330.

FERNÁNDEZ, F.; SENDOYA, S. Lista de las hormigas neotropicales. **Biota Colombiana**, Bogotá, v.5, n.1, p. 3-109, 2004.

FOLDI, I. Ground pearls: a generic revision of the Margarodidae **sensu stricto** (Hemiptera: Sternorrhyncha: Coccoidea). **Annales de la Société entomologique de France**, Paris, v.41, n.1, p.81-125, 2005.

FORSCHLER, B. T.; EVANS, G. M. Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to selected containerized baits. **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 29, p. 209–14, 1994.

FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo e pragas**. São Paulo: Manole, 1991. p. 131-223.

GALLOTTI, B. J. **Contribuição para o estudo da biologia e para o controle químico do *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel, 1922)**. 1976. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1976.

GLANCEY, B. M.; VANDER MEER, R. K.; GLOVER, A.; LOFGREN, C. S.; VINSON, S. B. Filtration of microparticles from liquids ingested by imported fire ant, *Solenopsis invicta*. Buren. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 28, n. 4, p. 395- 340, 1981.

GLUNN, F. J.; HOWARD, D. F.; TSCHINKEL, W. R. Food preference in colonies of the fire ant *Solenopsis invicta*. **Insectes Sociaux**, Paris, v. 28, n. 2, p. 217-222, 1981.

GÓMEZ, K.; ESPADALER, X. **La hormiga argentina (*Linepithema humile*) en las Islas Baleares: documentos técnicos de conservación**. [S.l.]: Consellería de Medi Ambient, Govern de les Illes Balears, 2005. 68 p. Disponível em: <

<http://www.creaf.uab.es/xeg/Curriculum+Publicacions/Archivos/2000s/2005/ArgentinaBalears2005.pdf>>.

GROVER, C. D.; KAY, A. D.; MONSON, J. A.; MARSH, T. C.; HOLWAY, D. A. Linking nutrition and behavioral dominance: carbohydrate scarcity limits aggression and activity in Argentine ants. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, Londres, v. 274, n. 1628, p. 2951-2957, 2007.

HAACK, K. D.; VINSON, S. B. Foraging of Pharaoh ants *Monomorium pharaonis* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) in the laboratory. In: VANDER MEER, R.K.; JAFFE, K.; CEDENO, A. (Eds.). **Applied Myrmecology: A World Perspective**. California: Westview Press, 1999. p. 452-469.

HAJI, F. N. P.; ALENCAR, J. A.; BARBOSA, F. R. Pragas. In: LIMA, M. T.; MOREIRA, W. A. **Uva de mesa. Fitossanidade**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 53-68.

HAMEISTER, T.M.; DIEHL-FLEIG, E. D.; DIEHL, E. Comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae) epígeas no morro de Itapeva, município de Torres, RS. **Acta Biológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 25, n. 2, p. 187–196, 2003.

HASEGAWA, E. Annual life cycle and timing of male egg production in the ant *Colobopsis nipponicus* (Wheeler). **Insectes Sociaux**, Paris, v. 39, n. 4, p.439-446, 1992.

HAUBERT, F.; DIEHL-FLEIG, E.; MAYHÉ-NUNES, A.J Mirmecofauna de solo no município de São Leopoldo, RS: Levantamento Preliminar. **Acta Biológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 20, n. 1, p. 103–108, 1998.

HELMS, K. R.; VINSON, S. B. Plant resources and colony growth in an invasive ant: the importance of honeydew-producing hemiptera in carbohydrate transfer across trophic levels. **Environmental Entomology**, College Park, v. 37, n. 2, p. 487–493, 2008.

HICKEL, E. R. Reconhecimento, coleta, transporte e depósito de ninfas da pérola-da-terra, *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel), pela formiga argentina *Linepithema humile* (Mayr). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 285–290, 1994.

HICKEL, E. R. **Pragas da videira e seu controle no estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 1996. 52p.

HICKEL, E. R. Alteração do ciclo de vida da pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*) em laboratório. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO, 4., 1993, Passo Fundo. ANAIS E ATA DA REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE INSETOS DE SOLO. Passo Fundo: Embrapa-CNPT/SEB, 1997.

HICKEL, E. R.; BOTTON, M.; SCHUCK, E. **Pragas da videira e seu controle no Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2010. 137p.

HICKEL, E. R.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Controle da pérola-da-terra, *Eurizococcus brasiliensis* (Hempel) (Homoptera:Margarodidae), através da insetigação. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 125-132, 2001.

HICKEL, E. R.; PERUZZO, E. L.; SCHUCK, E. Pirâmide etária e distribuição espacial da pérola-da-terra no Meio-Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 61-68, 2008.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The ants**. Cambridge: MA, Belknap Press of Harvard University Press, 1990. 732 p.

HOLWAY, D. A. Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. **Ecology**, Tempe, v. 80, p. 238-251, 1999.

HOOPER-BUI, L. M.; APPEL, A. G.; RUST, M. K. Preference of food particle size among several urban ant species. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 95, n. 6, p. 1222-1228, 2002.

HOLWAY, D. A.; SUAREZ, A. V.; CASE, T. J. Loss of intraespecific aggression underlies the success of a widespread invasive social insect. **Science**, Washington, v. 282, n. 5390, p. 949-952, 1998.

HOOPER-BUI, L. M.; RUST, M. K. Oral toxicity of abamectin, boric acid, fipronil, and hydramethylnon to laboratory colonies of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 3, p. 858-864, 2000.

HOOPER-BUI, L. M.; RUST, M. K. An oral bioassay for the toxicity of hydramethylnon to individual workers and queens of Argentine ants, *Linepithema humile*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 57, n. 11, p. 1011-1016, 2001.

IBRAVIN. **Instituto Brasileiro do Vinho**. Disponível em: <<http://www.ibravin.org.br/brasilvitivinicola.php>> Acesso em 05/11/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp>>. Acesso em: 10 nov. 2012.

JAMES, D. G.; STEVENS, M. M.; O'MALLEY, K. J. Prolonged exclusion of foraging ants from citrus trees using controlled release chlorpyrifos-impregnated trunk bands. **International Journal of Pest Management**, London, v. 44, p. 65-69, 1998.

JESUS, C. M.; FOX, E. G. P.; SOLIS, D. R.; YABUKI, A. T.; ROSSI, M. L.; BUENO, O. C. Description on the larvae of *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 93, n. 2, p. 243-247, 2010.

JÚNIOR, R. P. S; REGITANO, R.L.O. **Comportamento Ambiental do Inseticida Thiamethoxam em um Latossolo Vermelho Distroférico de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. 22p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

KAY, A. The relative availabilities of complementary resources affect the feeding preferences of ant colonies. **Behavioral Ecology**, Cary, v. 15, n.1, p.63-70, 2004.

KAY, A. D., ROSTAMPOUR, S.; STERNER, R. W. Ant stoichiometry: elemental homeostasis in stage-structured colonies. **Functional Ecology**, Oxford , v. 20, n. 6, p.1037-1044, 2006.

KELLER, L. Evolutionary implications of polygyny in the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Mayr)(Hymenoptera: Formicidae): an experimental study. **Animal Behaviour**, London, v. 36, n. 1, p. 159–165, 1988.

KELLER, L.; CHERIX, D.; ULLOA-CHACÓN, P. Description of a new artificial diet for rearing ant colonies as *Iridomyrmex humilis*, *Monomorium pharaonis* and *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera, Formicidae). **Insectes Sociaux**, Paris, v. 36, n. 4, p. 348–352, 1989.

KETTERL, J.; VERHAAGH, M.; BIHN, J. H.; BRANDÃO, C. R. F.; ENGELS, W. Spectrum of ants associated with *Araucaria angustifolia* trees and their relations to hemipteran trophobionts. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Lisse, v. 38, n. 3, p. 199–206, 2003.

KLOTZ, J. H.; GREENBERG, L.; SHOREY, H. H.; WILLIAMS, D. F. Alternative control strategies for ants around homes. **Journal of Agricultural Entomology**, Clemson, v. 14, n. 3, p. 249-257, 1996.

KLOTZ, J. H.; GREENBERG, L.; VENN, E. C. Liquid boric acid bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 91, n. 4, p.910-914, 1998.

KLOTZ, J.; GREENBERG, L.; VENN, G. Evaluation of two hydramethylnon granular baits for control of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 36, n. 1, p.201–7, 2000.

KLOTZ, J. H.; MOSS, J. Oral toxicity of a boric acid sucrose water bait to Florida carpenter ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 31, n. 1, p. 9-12, 1996.

KLOTZ, J. H., RUST, M. K.; COSTA, H. S.; REIERSON, D. A.; KIDO K. Strategies for controlling Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) with sprays and baits. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v.19, n.2, p. 85-94, 2002.

KLOTZ, J. H.; RUST, M. K.; GONZALEZ, D.; GREENBERG, L.; COSTA, H.; PHILLIPS, P.; GISPERT, C.; REIERSON, D.A.; KIDO, K. Directed sprays and liquid baits to manage ants in vineyards and citrus groves. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 20, n. 1, p. 31–40, 2003.

KLOTZ, J. H.; RUST, M. K.; GREENBERG, L.; FIELD H. C.; KUPFER. K. An evaluation of several urban pest management strategies to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 50, n.1, p.391-398, 2007.

KLOTZ, J.; RUST, M. PHILLIPS, P. Liquid bait delivery systems for controlling

Argentine ants in citrus groves (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 43, n. 3, p. 419-427, 2004.

KLOTZ, J. H.; VAIL K. M.; WILLIAMS, D. F. Toxicity of boric acid sucrose water bait to *Solenopsis invicta*, (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 90, n. 2, p. 488-491, 1997.

KNIGHT, R. L.; RUST, M. K. Repellency and efficacy of insecticides against foraging workers in laboratory colonies of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 4, p. 1402-1408, 1990.

KNIGHT, R. L.; RUST, M. K. Efficacy of formulated baits for control of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 84, n. 2, p. 510-514, 1991.

KRIEGER, M. J. B.; KELLER, L. Mating frequency and genetic structure of the Argentine ant *Linepithema humile*. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 9, n. 2, p. 119-126, 2000.

KRUSHELNYCKY, P. D.; REIMER, N. J. Bait preference by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Haleakala National Park, Hawaii. **Environmental Entomology**, College Park, v. 27, n. 6, p. 1482-1487, 1998.

KRUSHELNYCKY, P. D.; REIMER, N. J. Efficacy of maxforce bait for control of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in Haleakala National Park, Maui, Hawaii. **Environmental Entomology**, College Park, v. 27, n. 6, p. 1473-1481, 1998.

KUATE, A. F.; TINDO, M.; HANNA, R.; KENNE, M.; GOERGEN, G. Foraging activity and diet of the ant, *Anoplolepis tenella* Santschi (Hymenoptera: Formicidae), in southern Cameroon. **African Entomology**, Pretoria, v. 16, n. 1, p. 107-114, 2008.

KUHN, G. B.; NICKEL, O. Viroses e sua importância na viticultura brasileira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 85-91, 1998.

LATTKE, J.E. Subfamília Ponerinae. In: FERNANDÉZ, F. (Ed.). **Introducción a las Hormigas de la región Neotropical**. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, 2003, p. 261- 276.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE L. **Numerical Ecology**. Amsterdam: Elsevier, 1998. 853p.

LOBRY DE BRUYN, A. Ant composition and activity in naturally vegetated and farmland environments on contrasting soil at Kellerberin, Western Australia. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 25, n. 8, p. 1043-1056, 1993.

LONGINO, J. What to do with the data. In: AGOSTI, D.; MAJER, J.D.; ALONSO, L.E.; SCHULTZ, T.R. (Ed.). **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution, 2000. p. 186-203.

LONGINO, J. T. Subfamília Ponerinae. In: SOLIS, A. (Ed.). **Las familias de insectos de Costa Rica**. Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica, 1994. Disponível em: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/>. Acesso em: 17 nov. 2012.

LOURENÇÃO, A. L.; MARTINS, F. P.; ALARCON, L. C. M. Ocorrência de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Homoptera: Margarodidae) em videira no município de Louveira, estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 48, n. 2, p. 205-208, 1989.

MARICONI, F. A. M.; ZAMITH, A. P. L. Contribuição para o conhecimento dos Margarodinae (Homoptera: Margarodidae) que ocorrem no Brasil. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.2, n.1, p.86-101, 1973.

MARINHO, C. G. S.; ZANETTI, R.; DELABIE, J. H. C.; SCHLINDWEIN, M. N.; RAMOS, L. S. Diversidade de Formigas (Hymenoptera: Formicidae) da Serapilheira em Eucaliptais (Myrtaceae) e Área de Cerrado de Minas Gerais. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 2, p. 187–195, 2002.

MARKIN, G. P. Foraging behavior of the Argentine ant in a California citrus grove. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 63, n. 3, p. 740-744, 1970a.

MARKIN, G. P. The seasonal life cycle of the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Hymenoptera: Formicidae), in southern California. **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 63, n. 5, p.1238-1242, 1970b.

MARKIN, G. P. Food distribution within laboratory colonies of the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Mayr). **Insectes Sociaux**, Paris, v. 17, n. 2, p.127-158, 1970c.

MARKIN, G. P. Nest relationship of the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, Manhattan, v. 41, n. 4, p. 511–16, 1968.

MARTINEZ-FERRER M. T.; GRAFTON-CARDWELL, E. E.; SHOREY, H. H. Disruption of parasitism of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) by 3 ant species (Hymenoptera: Formicidae). **Biological Control**, Orlando, v. 26, n. 3, p. 279–286, 2003.

MARTINS, C.; BUENO, O. C. Ocorrência de três haplótipos de *Linepithema micans* (Formicidae: Dolichoderinae) no Rio Grande do Sul e seu provável status de praga. In: SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA - 1º SIMPÓSIO FRANCO-BRASILEIRO DE MIRMECOLOGIA, 19, 2009, Ouro Preto. Anais do XIX SIMPÓSIO DE MIRMECOLOGIA - 1º SIMPÓSIO FRANCO-BRASILEIRO DE MIRMECOLOGIA. Ouro Preto/MG, v. 1, 2009.

MARTINS, C.; NONDILLO, A.; MARTINS, V. G.; BOTTON, M.; BUENO, O. C. Occurrence of three haplotypes of *Linepithema micans* (Forel) (Hymenoptera: Formicidae) in Southern Brazil. . **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 41, n. 1, p. 57-61, 2012.

MELLO, L. M. R. **Vitivinicultura brasileira: panorama 2010**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/prodvit2010.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2011.

MORENO, D. S.; HANEY, P. B.; LUCK, R. F. Chlorpyrifos and diazinon as barriers to Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging on citrus trees. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 80, n. 1, p. 208-214, 1987.

MORINI, M. S. C. ; YASHIMA, M. ; ZENE, F.Y. ; SILVA, R.R.; JAHYNY, B. Observations on the *Acanthostichus quadratus* (Hymenoptera: Formicidae: Cerapachyinae) visiting underground bait and fruits of the *Syagrus romanzoffiana*, in an area of the atlantic forest, Brazil. **Sociobiology**, Chico, v. 43, n. 3, p. 573-578, 2004.

NELSON, E. H.; DAANE, K. M. Improving liquid bait programs for Argentine ant control: bait station density. **Environmental Entomology**, College Park, v. 36, n. 6, p. 1475-1484, 2007.

NESS, J.H.; BRONSTEIN, J. L. The effects of invasive ants on prospective ant mutualists. **Biological Invasions**, Tennessee, v. 6, n. 4, p. 445-461, 2004.

NEWEL, W.; BARBER T. C. **The Argentine ant**. Bulletin 122. Washington, DC: U.S. Dep. Agric., Bureau of Entomology, 1913.

NYAMUKONDIWA, C. **Assessment of toxic baits for the control of ants (Hymenoptera: Hormicidae) in South African vineyards**. 2008. 98f. Thesis (Master of Science in Agriculture - Entomology) - Faculty of AgriSciences, Stellenbosch University, Stellenbosch, 2008.

NYAMUKONDIWA, C.; ADDISON, P. Preference of foraging ants (Hymenoptera: Formicidae) for bait toxicants in South African vineyards. **Crop Protection**, Guildford, v. 30, n. 8, p. 1034-1038, 2011.

OLIVEIRA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas implicações. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 72, n. 1, p. 33-39, 2005.

PANIZZI, A. R.; NOAL, A. C. **Eurhizococcus brasiliensis (Hempel, 1922) disseminação no município de Passo Fundo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo-IPEPLAN, 1971. 34p.

PARRA, J. R. P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. In: PANIZZI, A.R.; PARRA, J. R. P. (Eds.). **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991, p. 9-65.

PARRA, R. P. P.; HADDAD, M. L. **Determinação do número de ínstar de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1989, 49p.

PASSERA, L, KELLER, L, SUZZONI, J. P. Control of brood male production in the Argentine ant *Iridomyrmex humilis* (Mayr). **Insectes Socioux**, Paris, v. 35, n. 1, p. 19-33, 1988.

PECK, S. L.; MCQUAID, B.; CAMPBELL, C. L. Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as a biological indicator of Agroecosystem condition. **Environmental Management**, New York, v. 27, n. 5, p. 102-1110, 1998.

PEREIRA, A. M. **Efeitos de inseticidas na sobrevivência e no comportamento de abelhas**. 2010. 125f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas, Zoologia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 2010.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. The quality of the agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico. **Conservation Biology**, Boston, v. 16, n. 1, p. 174–182, 2002.

PHILLIPS, P.; SHERK C. To control mealybugs, stop honeydew-seeking ants. **California Agriculture**, Berkeley, v. 45, n. 2, p. 26–8, 1991.

PICELLI, A. **Comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em cultivo de videiras no município de São Roque – São Paulo**. 2011. 49f. Monografia (TCC em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

PORTER, S. D. Impact of temperature on colony growth and developmental rates of the ant, *Solenopsis invicta*. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 34, n. 12, p. 1127-1133, 1988.

PORTER, S. D. Effects of diet on the growth of laboratory fire ant colonies (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, Manhattan, v. 62, n. 2, p. 288-291, 1989.

POWELL, B. E.; BRIGHTWELL, J.; SILVERMAN, J. Effect of an invasive and native ant on a field population of the Black Citrus Aphid (Hemiptera:Aphididae) **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, n. 6, p. 1618-1625, 2009.

POWELL, B. E.; SILVERMAN, J. Population growth of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera:Aphididae) in the presence of *Linepithema humile* and *Tapinoma sessile* (Hymenoptera:Formicidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 5, p. 1492-1499, 2010.

PROTAS, J. F. D. S.; CAMARGO, U. A.; MELO, L. M. R. D. A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 1, 2002, Andradas, MG. **Viticultura e enologia**: atualizando conceitos: anais. Caldas: Epamig, 2002. p. 17-32.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; MELLO, L. M. R. Vitivinicultura brasileira: regiões tradicionais e pólos emergentes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 2, p. 7-15, 2006.

QUEIROZ, J.M.; ALMEIDA, F.S.; PEREIRA, M.P.S. Conservação da biodiversidade e o papel das formigas (Hymenoptera: Formicidae) em agroecossistemas. **Floresta e Ambiente**, Seropedica, v. 13, n. 2, p. 37-45, 2006.

R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <<http://www.R-project.org/>>. 2012.

RAIMUNDO, R. L. G.; FREITAS, A. V. L.; OLIVEIRA, P. S. Seasonal patterns in activity rhythm and foraging ecology in the Neotropical forest— dwelling ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 102, n. 6, p. 1151–1157, 2009.

REUTER, M.; BALLOUX, F.; LEHMANN, L.; KELLER, L. Kin structure and queen execution in the Argentine ant *Linepithema humile*. **Journal of Evolutionary Biology**, New York, v. 14, n. 6, p. 954-958, 2001.

RICHARDSON, S. J.; PRESS, M. C.; PARSONS, A. N.; HARTLEY, S. E. How do nutrients and warming impact on plant communities and their insect herbivores? A 9-year study from a sub-Arctic heath. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 90, n. 3, p. 544 – 556, 2002.

RICKLEFS, E.R. **A. Economia da Natureza**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 503 p.

RICO-GRAY, V.; GARCIA-FRANCO, J. G. Geographical and seasonal variation in the richness of ant-plant interactions in México. **Biotropica**, Washington, v. 30, n. 2, p. 190-200, 1998.

RIPA, R.; RODRIGUEZ, F.; RUST, M. K.; LARRAL, I. Distribution of liquid food and bait in colonies of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN PESTS, 3., Prague, 1999. **Proceedings...** [S.l.:s.n.,1999]. p. 225-229.

ROSADO, J. L. O, GONÇALVES, M. G., DRÖSE, W., SILVA, E. J .E., KRÜGER, R., FEITOSA, R. M., LOECK, A. E. Epigeic ants (Hymenoptera: Formicidae) in vineyards and grassland areas in the Campanha region, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Check List**, Darien, v. 8, n. 6, p. 1184–1189, 2012.

RUST, M. K.; HAAGSMA, K.; REIERSON, D. A. Barrier sprays to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 89, n. 1, p. 134-137, 1996.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; KLOTZ, J. H. Pest management of Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Entomological Science**, Tifton, v. 38, p. 159 – 169, 2003.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; KLOTZ, J. H. Delayed toxicity as a critical factor in the efficacy of aqueous baits for controlling Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n.3, p.1017–24, 2004.

RUST, M. K.; REIERSON, D. A.; PAINE, E.; BLUM, L. J. Seasonal activity and bait preferences of the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, Clemson, v. 17, n. 4, p. 201-212, 2000.

RUST, M. K.; SARAN R. J. The toxicity, repellency, and transfer of chlorfenapyr against western subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham , v. 99, n. 3, p. 864-872, 2006.

SACCHET, F. **Comunidades de formigas em vinhedos e espécies associadas com a dispersão de cistos da pérola-da-terra *Eurhizococcus brasiliensis* (Wille, 1922) (Hemiptera: Margarodidae)**. 79f. Dissertação (Mestrado em Biologia (Diversidade e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2006.

SACCHETT, F.; BOTTON, M.; DIEHL, E. Ants species associated with the dispersal of *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel in Wille) (Hemiptera: Margarodidae) in Vineyards of the Serra Gaúcha, Rio Grande do Sul, Brazil. **Sociobiology**, Chico, v. 54, n. 3, p. 943-954, 2009.

SCHILMAN, P. E.; LIGHTON, J. R. B.; HOLWAY, D. A. Respiratory and cuticular water loss in insects with continuous gas exchange: Comparison across five ant species. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 51, n. 12, p. 1295-1305, 2005.

SCHULTZ, T. R.; MCGLYNN, T. P. The interaction of ants with other organisms In: AGOSTI, D.; MAJER, J.; ALONSO, E.; SCHULTZ, T.R. (Eds), **Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity** Washington: Smithsonian Institution, 2000. p. 35-44.

SCHWARTZBERG, E. G., JOHNSON, D. W., BROWN, G. C. The influence of *Lasius neoniger* (Hymenoptera: Formicidae) on population growth and biomass of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) in soybeans. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 6, p. 1788-1793, 2010.

SHATTUCK, S.O. Generic revision of the ant subfamily Dolichoderinae (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 21, n. 1, p. 1-181, 1992.

SILVA, E. J. E.; LOECK, A. E. Ocorrência de formigas domiciliares (Hymenoptera, Formicidae) em Pelotas, RS. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 5, n. 3, p. 220-224, 1999.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D.; VILLA NOVA V. A. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres. 1976. 419 p.

SILVERMAN, J.; BRIGHTWELL, R. J. The Argentine ant: Challenges in managing an invasive unicolonial pest. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 53, p. 231-252, 2008.

SILVERMAN, J.; ROULSTON, T. H. Acceptance and intake of gel and liquid sucrose compositions by the Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 2, p. 511-515, 2001.

SKAIFE, S. H. The argentine ant *Iridomyrmex humilis* Mayr. **Transactions of the Royal Society of South Africa**, Cape Town, v. 34, n. 3, p.354-377, 1955.

SMITH, M. R. House infesting ants of the eastern United States their recognition, biology and economic importance. **USDA Technical Bulletin**, Beltsville, v. 1326, p. 105, 1965.

SOEPRONO, A. M.; RUST, M. K. Effect of horizontal transfer of barrier insecticides to control Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 5, p. 1675-1681, 2004.

SOLIS, D. R. **Biologia da formiga invasora *Paratrechina longicornis* Latreille (Hymenoptera: Formicidae)**. 2006. 80f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Zoologia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Rio Claro, 2006.

SOLIS, D. R.; BUENO, O. C.; MORETTI, T. C. Immature development in the tramp specie ant *Paratrechina longicornis* Latreille (Hymenoptera, Formicidae). **Sociobiology**, Chico, v. 50, n. 50, p. 499-511, 2007.

SOLIS, D. R.; BUENO, O. C.; MORETTI, T. C. Preferência alimentar da formiga urbana *Camponotus vittatus* Forel (Hymenoptera: Formicidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 745-749, 2009.

SOLIS, D. R., FOX, E. G. P., KATO, L. M., JESUS, C. M., YABUKI, A. T., CAMPOS, A. E. C., BUENO, O. C. Morphological description of the immatures of the ant, *Monomorium floricola*. **Journal of Insect Science**, v. 10, n. 15, p. 1-17, 2010 a.

SOLIS, D. R., FOX, E. G. P., ROSSI, M. L., BUENO, O. C. Morphological description of the immatures of *Linepithema humile* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). **Biological Research**, Santiago de Chile, v. 43, n. 1, p.17-28, 2010 b.

SOLIS, D. R., FOX, E. G. P., ROSSI, M. L., MORETTI, T. C., BUENO, O. C.. Description of the immatures of workers of the ant *Camponotus vittatus* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 93, n. 2, p.265–276, 2010 c.

SORIA, S.J.; et. al. Resultados de 12 anos de pesquisa no controle da pérola-da-terra no sul do Brasil. In REUNIÃO SUL-BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DE SOLO, 6, 1997, Santa Maria. **Anais e ata**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 1997. p. 50-59.

SORIA, S.de J.; DAL CONTE, A. F. Bioecologia e controle das pragas da videira no Brasil. **Entomologia y Vectores**, Salta, v. 7, n. 4, p. 73-102, 2000.

SORIA, S. J. V.; GALLOTTI, B. J. **O margarodes da videira *Eurhizococcus brasiliensis* (Homoptera:Margarodidae): biologia, ecologia e controle no sul do Brasil**. Bento Gonçalves: EMBRAPA/CNPUV, 1986. 22p.

STANLEY, M.C. **Review of the Efficacy of Baits Used for Ant Control and Eradication**. Auckland: Landcare Research, 2004. 74p.

STEIN, M.B.; THORVILSON, H.G.; JOHNSON, J.W. Seasonal changes in bait preference by red imported fire ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v.73, n.1, p. 117.123, 1990.

STEVENS, M. M.; JAMES, D. G.; O'MALLEY, K. J. Evaluation of alphacypermethrin-treated proprietary trunk barriers for the exclusion of *Iridomyrmex* spp. (Hymenoptera: Formicidae) from young citrus trees. **International Journal of Pest Management**, London, v. 41, n. 1, p. 22–26, 1995.

STRADLING, D. J. The influence of size on foraging in the ant, *Atta cephalotes*, and the effect of some plant defence mechanisms. **Journal of Animal Ecology**, London, v. 47, n. 1, p. 173-188, 1978.

STRINGER, C. E.; LOFGREN, C. F.; BARTLETT, F. J. Imported fire ant toxic bait studies: evaluation of toxicants. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 57, n. 6, p. 941-945, 1964.

STYRSKY, J. D.; EUBANKS, M. D. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, Londres, v. 274, n. 1607, p. 151-164, 2007.

SUAREZ, A. V.; BOLGER, D. T.; CASE, J. T. Effects of fragmentation and invasion on native ant communities in coastal southern California. **Ecology**, Tempe, v. 79, n. 6, p. 2041-2056, 1998.

SUAREZ, A. V.; HOLWAY, D. A.; CASE, T. J. Patterns of spread in biological invasions dominated by long-distance jump dispersal: Insights from Argentine ants. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 3, p. 1095 – 1100, 2001.

TEIXEIRA, I.; BOTTON, M.; LOECK, A.E. Avaliação de inseticidas visando ao controle de *Eurhizococcus brasiliensis* (Hempel) (Hemiptera: Margarodidae) em novos plantios de videira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 457-461, 2002.

THEILING, K.; CROFT, B. A. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: a database summary. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 21, n. 3, p. 191-218, 1988.

THOMÉ H, THOMÉ G. Contribution a l'étude systematique et biologique de *Bothriomyrmex syrius* (Forel). Formicoidea, Dolichoderinae [Hym.]. **Bulletin de la Societe Entomologique de France**, Paris, v. 86, p. 97–103, 1981.

THOMSON, L. J.; HOFFMANN, A. A. Field validation of laboratory-derived IOBC toxicity ratings for natural enemies in commercial vineyards. **Biological Control**, Orlando, v. 39, n. 3, p. 507-5-15, 2006.

TINGLE, C. C.; ROTHER, J. A.; DEWHURS, C. F.; LAUER, S. KING, W. J. Fipronil: environmental fate, ecotoxicology, and human health concerns. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 176, p. 1–66, 2003.

TOBIN, J. E. Ants as primary consumers: diet and abundance in the Formicidae. In: HUNT, J. H.; NELEPA, C, A. (Eds). **Nourishment evolution in insect societies**. Boulder: Westview Press, 1994, p 279- 307.

TOLLERUP, K. E.; RUST.; M. K.; DORSCHNER, K. W.; PHILLIPS, P. A.; KLOTZ. J. H. Low toxicity baits control ants in citrus orchards and grape vineyards. **California Agriculture**, Berkeley, v. 58, n. 4, p. 213-217, 2004.

TRANIELLO, J. F. A. Foraging strategies of ants. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 34, p. 191-210, 1989.

TSUTSUI, N. D.; SUAREZ, A. V.; HOLWAY, D. A.; CASE, T. J. Reduced genetic variation and the success of an invasive species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 97, n. 11, p. 5948–53, 2000.

TSUTSUI, N. D.; SUAREZ, A. V.; HOLWAY, D. A.; CASE, T. J. Relationships among native and introduced populations of the Argentine ant (*Linepithema humile*) and the source of introduced populations. **Molecular Ecology**, Oxford, v. 10, n. 9, p. 2151-2161, 2001.

ULLOA-CHACON, P.; JARAMILLO, G. I. Effects of boric acid, fipronil, hydramethylnon, and diflubenzuron baits on colonies of ghost ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 3, p. 856-862, 2003.

VANDER MEER, R. K.; LOFGREN C. S.; WILLIAMS D. F. Fluoroaliphatic sulfones: a new class of delayed action insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 78, n. 6, p. 1190-1197, 1985.

VANEK, S. J.; POTTER, D. A. Ant- exclusion to promote biological control of soft scales (Hemiptera: Coccidae) on Woody Landscape plants. **Environmental Entomology**, College Park, v. 39, n. 6, p. 1829-1837, 2010.

VEGA, S. J.; RUST, M. K. The Argentine ant: a significant invasive species in agricultural, urban and natural environments. **Sociobiology**, Chico, v. 37, p. 3–25, 2001.

VEGA, S. Y.; RUST, M. K. Determining the foraging range and origin of resurgence after treatment of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in urban areas. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 3, p. 844–49, 2003.

WARD, P. S. Ecology and Life History of the *Rhytidoponera impressa* Group (Hymenoptera: Formicidae). I. Habitats, Nest Sites, and Foraging Behavior. **Psyche**, Cambridge, v. 88, n. 1, p. 89-108, 1981.

WARD, P. S. Broad-scale patterns of diversity in leaf litter ant communities. In: AGOSTI, D.; MAJER, J. D.; ALONSO, L. E.; SCHULTZ, T. R. (Eds.). **Ants: Standard methods for measuring and monitoring biodiversity**. Washington: Smithsonian Institution Press, 2000, p. 99–121.

WAY, M. J. Mutualism between ants and honeydew-producing Homoptera. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 8, p. 307-344, 1963.

WHEELER, G. C. WHEELER, J. Ant larvae: review and synthesis. **Memoirs of the Entomological Society of Washington**, Washington, v. 7, p. 1–108, 1976.

WILD, A. L. Taxonomy and distribution of the Argentine ant, *Linepithema humile* (Hymenoptera: Formicidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 97, n. 6, p. 1204-1215, 2004.

WILD, A. L. **Taxonomic revision of the ant genus *Linepithema* (Hymenoptera: Formicidae)**. Los Angeles: University of California Press, 2007. 151p.

WILD, A. L. Evolution of the Neotropical ant genus *Linepithema*. **Systematic Entomology**, Oxford, v. 34, n. 1, p. 49-62, 2009.

WILSON, E.O. **Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2003. 794p.

WILTZ, B. A.; SUITER, D. R.; GARDNER, W. A. Activity of bifenthrin, chlorfenapyr, fipronil, and thiamethoxam against Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 6, p. 2279-2288, 2009.

WYATT, G. R.; KALF, G. F. The chemistry of insect haemolymph. I. Trehalose and other carbohydrates. **Journal of general physiology**, New York, v. 40, n. 6, p. 833-847, 1957.

YAMAMOTO, M.; DEL-CLARO, K. Natural history and foraging behavior of the carpenter ant *Camponotus sericeiventris* Guérin, 1838 (Formicinae, Camponotini) in the Brazilian tropical savanna. **Acta Ethologica**, Lisboa, v. 11, n. 2, p. 55–65, 2008.