

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

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Quesada gigas* (OLIVIER,
1790) (HEMIPTERA: CICADIDAE) ASSOCIADOS À
CULTURA DO CAFÉ**

Samuel de Carvalho Andrade

Biólogo

2018

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

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Quesada gigas* (OLIVIER,
1790) (HEMIPTERA: CICADIDAE) ASSOCIADOS À
CULTURA DO CAFÉ**

Me. Samuel de Carvalho Andrade

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Nilza Maria Martinelli

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

2018

A553a Andrade, Samuel de Carvalho
Aspectos bioecológicos de *Quesada gigas* (olivier, 1790)
(Hemiptera: Cicadidae) associados a cultura do café / Samuel
de Carvalho Andrade. -- Jaboticabal, 2018
159 p. : il., tabs., fotos, mapas + 1 CD-ROM

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Nilza Maria Martinelli

1. *Coffea arabica*. 2. Cigarra-do-cafeeiro. 3. Embriogênese.
4. Desenvolvimento ninfal. 5. Comportamento. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Quesada gigas* (OLIVIER, 1790) (HEMIPTERA: CICAIDAE) ASSOCIADOS À CULTURA DO CAFÉ

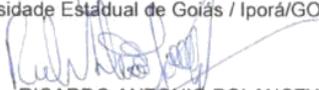
AUTOR: SAMUEL DE CARVALHO ANDRADE

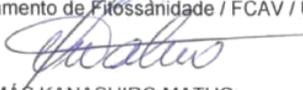
ORIENTADORA: NILZA MARIA MARTINELLI

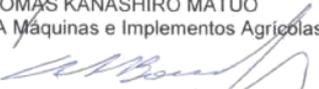
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. NILZA MARIA MARTINELLI
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. DOUGLAS HENRIQUE BOTTURA MACCAGNAN
Universidade Estadual de Goiás / Iporá/GO


Prof. Dr. RICARDO ANTONIO POLANCZYK
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Dr. TOMÁS KANASHIRO MATUO
IDÉIA Máquinas e Implementos Agrícolas / Jaboticabal/SP


Prof. Dr. ARLINDO LEAL BOIÇA JUNIOR
Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 23 de novembro de 2018

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SAMUEL DE CARVALHO ANDRADE - nascido em 06 de setembro de 1988, na cidade de Pratápolis, Estado de Minas Gerais, filho de Daniel Ferreira de Andrade (*in memoriam*) e de Maria Aparecida de Carvalho Andrade. Iniciou os estudos na cidade de Pratápolis, MG, onde concluiu o ensino médio em 2006. Em 2008, ingressou no curso de Ciências Biológicas na Universidade Estadual de Minas Gerais (UEMG), Campus Passos, Estado de Minas Gerais. Obteve o título de Biólogo em janeiro de 2012. Em março de 2013 iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), na cidade de Jaboticabal, Estado de São Paulo. Foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e desenvolveu o projeto da dissertação na linha de pesquisa em Morfologia, Taxonomia e Biossistemática dos Insetos, sob orientação da Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli, e co-orientação do Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi. Obteve seu título de mestre em fevereiro de 2015. Em março de 2015, iniciou o curso de doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), na cidade de Jaboticabal, Estado de São Paulo, sob orientação da Profa. Dra. Nilza Maria Martinelli.

E-mail: samuelcarvalhoandrade@yahoo.com.br

"A natureza não é cruel, apenas implacavelmente indiferente. Esta é uma das lições mais duras que os humanos têm de aprender"

Richard Dawkins

DEDICO

A todos os meus familiares, em especial a minha mãe Maria Aparecida de Carvalho Andrade, meu irmão Daniel Júnior de Andrade, e minha cunhada Crislany de Lima Barbosa Andrade, pelo esforço que realizaram para que eu pudesse estudar. Aos meus amigos de infância, pela força, compreensão e amizade.

HOMENAGEIO

O meu pai Daniel Ferreira de Andrade (*in memoriam*), pelas experiências, incentivo e confiança dispensados durante todo o tempo.

OFEREÇO

A Prof^a. Dr^a. Nilza Maria Martinelli, minha estimada orientadora, pelo apoio e confiança sempre dispensados, pelo conhecimento dividido no dia-a-dia, pela proximidade e amizade cultivadas, neste período tão importante da minha vida acadêmica na UNESP - Campus de Jaboticabal.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Deus pela minha vida, e por estar sempre presente em meu caminho em todos os momentos.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, através do Departamento de Fitossanidade e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela oportunidade concedida para a realização desse trabalho.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela colaboração de Auxílio Pesquisa concedido através do processo (14/06137-0).

À Professora Dra. Nilza Maria Martinelli pela valiosa orientação na minha carreira profissional, pelos conhecimentos fornecidos e importante colaboração na condução, desenvolvimento e finalização deste trabalho, e acima de tudo, pela amizade e confiança.

Ao Prof. Dr. Guilherme Duarte Rossi pela indispensável colaboração, sempre fornecendo conhecimentos, principalmente com palavras de incentivo e amizade durante a condução deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Douglas Henrique Bottura Maccagnan pelas sugestões concedidas antes, e durante toda execução dos estudos.

Aos professores Dr. Odair Aparecido Fernandes e Dr. Arlindo Leal Boiça Junior pela contribuição de parte deste trabalho durante meu exame de Qualificação.

Aos docentes do curso de Pós-graduação em Entomologia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos, que me proporcionou a formação acadêmica contribuindo para o meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Tomomassa Matuo e seu filho Dr. Tomás Kanashiro Matuo, pelas excelentes idéias, e por ter disponibilizado a armadilha sonora para condução da pesquisa.

À técnica Vani Maria Alves do laboratório de histotecnologia da USP de Ribeirão Preto, por todo amparo durante a preparação do material de pesquisa.

Ao Senhor Nelson José da Silva e Senhor Guilherme, proprietário e encarregado da Fazenda Serra da Boa Vista no município de São Sebastião do Paraíso - MG, por terem disponibilizado a área cafeeira da propriedade para estudo.

Ao Senhor Wilson e Senhor Lourival, responsáveis pela Fazenda São Judas Thadeu no município de São Sebastião do Paraíso - MG, por terem disponibilizado a propriedade para o desenvolvimento das pesquisas.

Ao prof. Glauco Rolim e funcionários do departamento de Ciências Exatas da UNESP/FCAV, pela disponibilização dos dados meteorológicos.

Ao meu amigo, Dr. Diego Silva Siqueira pelos incentivos e colaborações durante a execução de parte da pesquisa.

Aos meus pais, Daniel Ferreira de Andrade (*in memoriam*) e Maria Aparecida de Carvalho Andrade, pela confiança e incentivo aos meus estudos, em especial ao meu pai por compartilhar ensinamentos e experiências de vida, sempre me ensinando a seguir em frente mesmo nos momentos difíceis da vida.

Aos meus prezados irmãos, Daniel Júnior de Andrade e Isaias de Carvalho Andrade, por estarem sempre ao meu lado em todos os momentos.

Aos responsáveis pelo viveiro municipal de mudas de Jaboticabal-SP, pelo fornecimento de mudas para realização de parte do trabalho.

Aos funcionários Dionísio Celso Figueiredo, Gilson José Leite e Jurandir de Oliveira pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho, pela amizade e pelos momentos de descontração.

À secretária Cibele da Silva Anton pela disposição em ajudar a qualquer momento.

À minha companheira Juliana Barroso Silva, pelo apoio e ajuda durante todo período de pós-graduação e condução deste trabalho.

Aos amigos e companheiros do laboratório, Ana Lúcia Benfatti Gonzales Peronti, Matheus Alves de Siqueira, Hágabo Honorato, Gabriel Monteiro, Maiara Alexandre, Jennifer Braz, Dayla Bahia, Matheus Rovere de Moraes, Fabiano dos Santos, Cirano Cruz Melville, Patrice Jacob Savi, Yoandry Rodríguez Rivero, Jaqueline Della Vechia, Ingrid Amaral e Sidnéia Matos, pela convivência e bons momentos. E em especial ao amigo Nirélcio Aparecido Pereira pelo auxílio prestado durante a condução de parte deste trabalho.

A todos os amigos da pós-graduação que de alguma forma ajudaram no desenvolvimento deste trabalho, pelos momentos de descontração, companhia e amizade.

A toda minha Família pelo incentivo, força e confiança na minha trajetória, para que eu pudesse seguir em frente.

E a todos os que não foram mencionados, mas que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!!!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS	xii
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
1. Introdução	1
2. Revisão bibliográfica.....	3
2.1. Importância econômica da cultura do café	3
2.2. Aspectos gerais dos cicadídeos	4
2.3. Comportamento acústico da família Cicadidae.....	8
2.4. Importância de fatores abióticos na eclosão de ninfas de cigarras.....	9
2.5. Principais espécies de cigarras associadas ao cafeeiro	10
2.6. Aspectos bioecológicos de <i>Quesada gigas</i>	11
2.7. <i>Quesada gigas</i> , sua importância como praga e métodos de controle	12
2.8. Maturação Ovariana e Embriogênese em insetos.....	15
2.9. Comportamento de dispersão em insetos	18
3. Referências.....	22
CAPÍTULO 2 - Desenvolvimento embrionário de <i>Quesada gigas</i> (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae).....	33
Resumo.....	33
Abstract.....	34
1. Introdução	35
2. Material e Métodos	37
2.1. Local e coleta dos ramos com posturas	37
2.2. Determinação do período embrionário e indução à eclosão de ninfas de <i>Quesada gigas</i>	38
2.3. Análise dos dados.....	40
2.4. Análise microscópica dos estádios do desenvolvimento embrionário de <i>Quesada gigas</i>	40
3. Resultados	41
3.1. Determinação do período embrionário e indução à eclosão de ninfas de <i>Quesada gigas</i> em condições controladas.....	41
3.2. Determinação do período embrionário em condições de campo	43
3.3. Análise microscópica dos estádios do desenvolvimento embrionário de <i>Quesada gigas</i>	45

4. Discussão	52
5. Referências.....	56
CAPÍTULO 3 - Desenvolvimento ninfal de <i>Quesada gigas</i> (Hemiptera: Cicadidae) em diferentes hospedeiros	61
Resumo.....	61
Abstract.....	62
1. Introdução	63
2. Material e Métodos	64
2.1. Técnica de criação de ninfas de <i>Quesada gigas</i> em diferentes hospedeiros ...	64
2.2. Avaliação do desenvolvimento ninfal de <i>Quesada gigas</i>	66
2.3. Caracterização morfológica de ninfas de <i>Quesada gigas</i>	68
2.4. Análise dos dados.....	68
3. Resultados	69
4. Discussão	76
5. Conclusões	80
6. Referências.....	81
CAPÍTULO 4 - Dispersão e comportamentos de cópula e oviposição da cigarra-do-cafeeiro	86
Resumo.....	86
Abstract.....	87
1. Introdução	88
2. Material e Métodos	90
2.1. Localização da área experimental e Identificação da espécie	90
2.2. Armadilha sonora e atração de adultos	91
2.3. Captura, marcação e liberação de adultos de <i>Quesada gigas</i>	92
2.4. Recapturas de adultos de <i>Quesada gigas</i> e condições climáticas	94
2.5. Comportamento de cópula e de oviposição de <i>Quesada gigas</i>	94
2.6. Análise dos dados.....	95
3. Resultados	95
3.1. Taxas de recaptura de <i>Quesada gigas</i> após 48 h de liberação	95
3.2. Estimativa da dispersão de <i>Quesada gigas</i> orientada pelo método de IQD	99
3.3. Frequência de recaptura de <i>Quesada gigas</i> no tempo	102
3.4. Comportamento de cópula e de oviposição de <i>Quesada gigas</i>	103
4. Discussão	103
5. Referências.....	108
CAPÍTULO 5 - Giant Cicada Emergence, Protandry and Chorus Centers Formation as Revealed by Studies Using a Sound Trap	112

Abstract.....	113
Introduction	114
Material and Methods	115
Cicadas identification and experiment location.....	116
Sound trap and <i>Quesada gigas</i> capture	116
Cicada dissection for ovary analysis.....	117
Results.....	117
Discussion	119
Acknowledgements.....	121
Conflict of Interest.....	121
References	122
CAPÍTULO 6 – Considerações finais	131
APÊNDICE	133

ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Quesada gigas* (OLIVIER, 1790) (HEMIPTERA: CICADIDAE) ASSOCIADOS À CULTURA DO CAFÉ

RESUMO - *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) é uma espécie de cigarra com ampla distribuição geográfica no continente americano. Atualmente esta espécie é considerada praga em cultivos cafeeiros do sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais. A principal forma de controle desta praga se dá a partir da aplicação de inseticidas sistêmicos no solo, o que pode implicar na elevação dos custos de produção e também no aumento de contaminação ao meio ambiente. A compreensão sobre aspectos bioecológicos de *Q. gigas* em lavouras cafeeiras pode permitir a geração de informações para o aprimoramento e o desenvolvimento de técnicas alternativas visando seu manejo. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram estudar aspectos bioecológicos de *Q. gigas*, como: i) desenvolvimento embrionário; ii) desenvolvimento ninfal em diferentes hospedeiros; iii) comportamento de dispersão, cópula e oviposição de adultos; e iv) determinar a maturação ovariana e o padrão de emergência de machos e fêmeas. Os estudos foram conduzidos em duas fazendas localizadas no Município de São Sebastião do Paraíso - MG, e nos laboratórios da UNESP/FCAV e da USP – Ribeirão Preto, SP. As etapas do desenvolvimento embrionário foram visualizadas através de cortes semifinos, e analisadas por microscopia. O período embrionário de *Q. gigas* variou de 40 a 115 dias em condições de laboratório. Em condições de campo, foram observadas em 2014/2015 eclosões ninfais dos 42 aos 81 dias após oviposições, e em 2015/2016, dos 40 aos 88 dias após oviposições, todas as eclosões foram observadas em dias de precipitação. As análises histológicas, revelaram a estrutura do córion e da membrana vitelina, além de processos como clivagem, formação da blastoderme, gastrulação e blastoquinese. Através da técnica de criação, onde utilizou-se diferentes hospedeiros em condições de semi-campo, foi possível obter ninfas de primeiro, segundo, terceiro e quarto instares de *Q. gigas*, sendo que a duração entre os instares foi de aproximadamente 120 dias. O hospedeiro *Coffea arabica* foi o que apresentou maior número médio de ninfas (1,75) ($F= 2,86$; $P= 0,0212$). O experimento de avaliação da capacidade de dispersão, comportamento de cópula e oviposição de adultos de *Q. gigas* em uma área cafeeira mostrou que a dispersão do inseto é influenciada pela presença de plantas de *Eucalyptus* sp., sendo as maiores taxas de recaptura observadas aos 100 m do ponto de liberação. No entanto, recapturas de até 1.000 m também foram verificadas. A cópula durou $41,6 \pm 0,43$ min, e o tempo de oviposição observado foi de $30 \pm 0,20$ min. Adultos pós-copulados, também foram atraídos pela armadilha sonora durante as recapturas. O estudo sobre a maturação ovariana e o padrão de emergência de machos e fêmeas, revelou que cigarras coletadas até 15 dias após o início da emergência dos machos tiveram ovários imaturos. Todavia, a maioria das cigarras coletadas de 20 a 48 dias após a emergência, tiveram ovários maduros com oócitos corionados visíveis. Os resultados alcançados nesta pesquisa sobre aspectos bioecológicos de *Q. gigas*, são de grande importância prática e poderão auxiliar e subsidiar futuras estratégias de manejo desta espécie em lavouras cafeeiras.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, cigarra-do-cafeeiro, embriogênese, desenvolvimento ninfal, comportamento.

BIOECOLOGICAL ASPECTS OF *Quesada gigas* (OLIVIER, 1790) (HEMIPTERA: CICADIDAE) ASSOCIATED WITH COFFEE CROP

ABSTRACT - *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) is a species of cicada with wide geographic distribution in the American continent. Currently this species is considered a pest in coffee plantations in the south and southwest of the State of Minas Gerais. The main strategy used to control this pest is the application of systemic insecticides in the soil, which increases production costs and causes environmental contamination. The knowledge of bioecological aspects of *Q. gigas* in coffee plantations may allow the generation of information for the improvement and development of alternative techniques aiming its management. Thus, the objectives of this work were to study the bioecological aspects of *Q. gigas*, such as: i) embryonic development; ii) nymphal development in different hosts; iii) adult dispersal, mating and oviposition behavior; and iv) determine ovarian maturation and emergence pattern of males and females. The experiments were conducted in two farms located in the municipality of São Sebastião do Paraíso - MG, and in the laboratories of UNESP / FCAV and USP - Ribeirão Preto, SP. The stages of embryonic development were visualized through semithinned sections, and analyzed by microscopy. The embryonic period of *Q. gigas* ranged from 40 to 115 days under laboratory conditions. In field conditions, in 2014/2015, the nymphs hatched from 42 to 81 days post-oviposition; and in 2015/2016, from 40 to 88 days post-oviposition. All nymphs hatched in rainy days. Histological analysis revealed chorion structure and the vitelline membrane, as well as the processes of cleavage, blastoderm formation, gastrulation and blastokinesis. Through the rearing technique, where different hosts were used in semi-field conditions, it was possible to obtain nymphs in first, second, third and fourth instars of *Q. gigas*, and the duration between instars was of approximately 120 days. *Coffea arabica* was the host which presented the highest number of nymphs (1.75) ($F = 2.86$, $P = 0.0212$). The experiment of dispersal capacity, mating behavior and oviposition of *Q. gigas* adults in a coffee area showed that the dispersion of the insect is influenced by the presence of *Eucalyptus* sp plants, with the highest recapture rates observed at 100 m from the release point. However, recaptures of distances up to 1,000 m were also verified. Mating lasted 41.6 ± 0.43 min, and the observed oviposition time was 30 ± 0.20 min. Mated adults were also attracted by the sound trap during recaptures. The study on ovarian maturation and pattern of emergence of males and females revealed that cicadas collected up to 15 days after the onset of male emergence had immature ovaries. However, most of the cicadas collected 20 to 48 days after emergence had mature ovaries with visible coronated oocytes. The results obtained in this research on bioecological aspects of *Q. gigas* are of great practical importance and may help the development and subsidize future management strategies of this species in coffee plantations.

Keywords: *Coffea arabica*, cicada, embryogenesis, nymphal development, behavior.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1	Página										
<p>Figura 1. Armadilha sonora usada para a captura de <i>Quesada gigas</i> em lavouras de café. (a) Perspectiva geral da armadilha sonora adaptada a uma pickup. (b) Detalhes da armadilha sonora. (1) Pulverizadores inseticidas a frente do emissor de som; (2) Recipiente para coleta de cigarras mortas e para recirculação da calda inseticida.....</p>	14										
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; width: 80%;">Capítulo 2</th> <th style="text-align: right;">Página</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Figura 1. (A) Recipientes plásticos de 1L usados para alocar os ramos com posturas de <i>Quesada gigas</i>, para posterior indução em água em condições controladas. (B) Planta de café e ramos com posturas de <i>Q. gigas</i> cobertos com tecido voil, para observação da eclosão de ninfas em condições de campo.....</p> </td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">39</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Figura 2. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2014/2015, ao longo dos dias após oviposição e indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância.....</p> </td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">42</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Figura 3. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2015/2016, nos diferentes tempos/dias de indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância. A linha de tendência tracejada mostra uma curva polinomial obtida através de análise de regressão.....</p> </td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">43</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p>Figura 4. Número total de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas, e total de precipitações em milímetros (mm) em 2014/2015, em ramos com posturas (0h) mantidos em condições de campo.....</p> </td> <td style="text-align: right; vertical-align: bottom;">44</td> </tr> </tbody> </table>		Capítulo 2	Página	<p>Figura 1. (A) Recipientes plásticos de 1L usados para alocar os ramos com posturas de <i>Quesada gigas</i>, para posterior indução em água em condições controladas. (B) Planta de café e ramos com posturas de <i>Q. gigas</i> cobertos com tecido voil, para observação da eclosão de ninfas em condições de campo.....</p>	39	<p>Figura 2. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2014/2015, ao longo dos dias após oviposição e indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância.....</p>	42	<p>Figura 3. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2015/2016, nos diferentes tempos/dias de indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância. A linha de tendência tracejada mostra uma curva polinomial obtida através de análise de regressão.....</p>	43	<p>Figura 4. Número total de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas, e total de precipitações em milímetros (mm) em 2014/2015, em ramos com posturas (0h) mantidos em condições de campo.....</p>	44
Capítulo 2	Página										
<p>Figura 1. (A) Recipientes plásticos de 1L usados para alocar os ramos com posturas de <i>Quesada gigas</i>, para posterior indução em água em condições controladas. (B) Planta de café e ramos com posturas de <i>Q. gigas</i> cobertos com tecido voil, para observação da eclosão de ninfas em condições de campo.....</p>	39										
<p>Figura 2. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2014/2015, ao longo dos dias após oviposição e indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância.....</p>	42										
<p>Figura 3. Número médio de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas em 2015/2016, nos diferentes tempos/dias de indução em água. As letras minúsculas iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância. A linha de tendência tracejada mostra uma curva polinomial obtida através de análise de regressão.....</p>	43										
<p>Figura 4. Número total de ninfas de <i>Quesada gigas</i> eclodidas, e total de precipitações em milímetros (mm) em 2014/2015, em ramos com posturas (0h) mantidos em condições de campo.....</p>	44										

Figura 5. Número total de ninfas de *Quesada gigas* eclodidas, e total de precipitações em milímetros (mm) em 2015/2016, em ramos com posturas (0h) mantidos em condições naturais.....45

Figura 6. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 0, 5, 10, e 15 dias após oviposição. (A) Ovo recém-colocado mostrando uma gema homogeneamente distribuída, que consiste de grânulos de diferentes intensidades (estrela) e enérgidas (setas fechadas), também observa-se nitidamente o córion (ponta de seta). (B) Ovo aos cinco dias após oviposição mostrando aparentemente o processo de blastodeme (seta aberta), suposto início da gastrulação (setas fechadas), córion (ponta de seta), e gema (estrela). (C) Ovo aos dez dias após oviposição, mostrando o suposto início da formação do intestino (setas fechadas), células de vitelófago (seta aberta), córion (ponta de seta), e gema (estrela). (D) Ovo aos 15 dias após oviposição, nota-se o embrião em desenvolvimento após o processo de blastoquinese e o fechamento dorsal (setas fechadas), observa-se também a membrana vitelina (seta aberta), a gema (estrela), e o córion (ponta de seta). Barras de escala= 200 μ m.....47

Figura 7. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 20, 25, 30, e 35 dias após oviposição. (A) Ovo aos vinte dias após oviposição mostrando o embrião ocupando grande parte do ovo, nota-se a formação inicial da segmentação das diferentes regiões do embrião (setas fechadas e asteriscos) observa-se a membrana vitelina (seta aberta), a gema (estrela), e o córion (ponta de seta). (B) Ovo aos vinte e cinco dias após a oviposição, nota-se o embrião em amplo desenvolvimento, sendo possível observar regiões distintas, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região cefálica e olhos compostos (seta aberta), formação inicial das pernas anteriores, medianas e posteriores (setas fechadas), córion (ponta de seta), e a gema (estrela). (C) Ovo aos trinta dias após oviposição, embrião ocupando grande parte do ovo, regiões distintas visíveis, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região da cabeça e olhos compostos (seta aberta), formação das pernas anteriores, medianas e posteriores (setas fechadas), córion (ponta de seta), e a gema (estrela). (D) Ovo aos trinta e cinco dias após a oviposição, nota-se o

embrião em estágio um pouco mais adiantado, mostrando nitidamente as diferentes regiões, abdome (asterisco branco), protórax (asterisco preto), mesotórax (asterisco vermelho), e metatórax (asterisco amarelo), observa-se ainda a região cefálica (seta aberta), formação do estilete, das pernas fossoriais anteriores, e das pernas medianas e posteriores (setas fechadas), observa-se também a membrana vitelina (ponta de seta), e a gema (estrela). Barras de escala= 200 μm49

Figura 8. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 40, 45, 50, e 55 dias após oviposição. (A) Ovo aos quarenta dias após a oviposição mostrando o embrião em adiantado estágio de desenvolvimento, ocupando quase todo o volume do ovo, observa-se as diferentes regiões do embrião, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), córion (ponta de seta), e periplasma (estrela). (B) Ovo aos quarenta e cinco dias após a oviposição mostrando segmentação do embrião bem visível, com estrutura celular mais consistente, observa-se a região torácica (asterisco preto), região abdominal (asterisco branco), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também estrutura celular do estilete e fragmentos celulares de apêndices com as pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). (C) Ovo aos cinquenta dias após a oviposição mostrando o desenvolvimento quase completo do embrião, ocupando quase todo o volume do ovo, com estrutura celular bem desenvolvida, observa-se as diferentes regiões do embrião, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também estrutura celular das pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). (D) Ovo aos cinquenta e cinco dias após a oviposição mostrando o embrião totalmente desenvolvido, ocupando todo o volume do ovo, com segmentação facilmente visível, observa-se a região torácica (asterisco preto), região abdominal (asterisco branco), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também estrutura celular do estilete e pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). Barras de escala= 200 μm51

- Figura 1.** Disposição das plantas hospedeiras de *Quesada gigas* mantidas em condições de semi-campo.....65
- Figura 2.** Avaliação realizada em 04/06/2016 para localização de ninfas de *Quesada gigas* nos hospedeiros. (A) Remoção da muda do vaso. (B) Localização da ninfa (em destaque). (C) Remoção do solo para peneirar e observação macroscópica das raízes da planta em busca de ninfas. (D) Sistema radicular das mudas.....67
- Figura 3.** Ninfa de segundo ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 120 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-3) (setas).....73
- Figura 4.** Ninfa de terceiro ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 240 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-5) (setas).....74
- Figura 5.** Ninfa de quarto ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 390 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-6) (setas).....75

- Figura 1.** Localização da área experimental, Estado de Minas Gerais, Brasil.....91
- Figura 2.** (A) Armadilha sonora e estrutura, vista na posição frontal usada para a captura de *Quesada gigas* na área experimental. (1) Emissor de som; (2) Tecido alvejado de 2,0 x 1,5 m. (B) Armadilha sonora e estrutura na posição posterior. (1) Emissor de som; (2) Tecido alvejado de 2,0 x 1,5 m; (3) Bateria 12 volts; (4) Reprodutor eletrônico e amplificador sonoro.....92
- Figura 3.** Croqui da área experimental e ilustração esquemática de adultos de *Quesada gigas* marcados com esmalte sintético colorido em cada data de marcação, durante o período de quatro semanas de realização do estudo.....93
- Figura 4.** Taxas de recaptura de machos **(a)** e fêmeas **(b)** de *Quesada gigas* a 100; 250; 400 e 1.000 m de distância do ponto de captura, marcação e liberação nas direções sudoeste (SO), oeste-noroeste (ONO), noroeste (NO), norte (N) e nordeste (NE).....97
- Figura 5.** Mapa de interpolação por IQD (Inverso do Quadrado da Distância), mostrando a dispersão de machos de *Quesada gigas* na área de estudo. A cor vermelha mais intensa com tendência para a verde mais clara representa, gradativamente, menores taxas de recaptura em porcentagem. O **X** indica o ponto de captura, marcação e liberação dos adultos.....100
- Figura 6.** Mapa de interpolação por IQD (Inverso do Quadrado da Distância), mostrando a dispersão de fêmeas de *Quesada gigas* na área de estudo. A cor vermelha mais intensa com tendência para a verde mais clara representa, gradativamente, menores taxas de recaptura em porcentagem. O **X** indica o ponto de captura, marcação e liberação dos adultos.....101

Figura 7. Frequência de recaptura no tempo, de cigarras capturadas, marcadas e liberadas em 17/10/2017.....	102
--	-----

Capítulo 5

Página

Figura 1. Sound trap used for the capture of <i>Quesada gigas</i> in a coffee plantation. a General perspective of the sound trap attached to a pickup. b Details of the sound trap. ❶ Insecticide sprayers in the front of the horn broadcasting <i>Q. gigas</i> males song; ❷ Recepticle for collection of dead cicadas and for insecticide recirculation.....	127
---	-----

Figura 2. Ovarian maturation status in <i>Quesada gigas</i> captured in 2013 at two dates after cicada emergence. a Immature ovary of <i>Quesada gigas</i> at 15 days after male emergence (DAME). b Mature ovary of <i>Q. gigas</i> with chorionated oocytes inside ovarioles at 30 DAME.....	128
---	-----

Figura 3. Chorionated oocytes (mean number \pm SEM) per <i>Quesada gigas</i> female (columns) and percentage of mature females of <i>Q. gigas</i> (diamonds) captured at different days after the beginning of male emergence in 2015.....	129
---	-----

Figura 4. Number of cicada males (diamonds) or females (squares) collected at different days after the beginning of male emergence using the sound trap in 2015.....	130
---	-----

LISTA DE TABELAS**Capítulo 3****Página**

Tabela 1. Hospedeiros, data de avaliação, dias após infestação, número de indivíduos encontrados e ínstar ninfal de *Quesada gigas*. 2015-2017.....70

Tabela 2. Número médio de ninfas de *Quesada gigas* encontradas durante as avaliações de 2015-2017 em diferentes hospedeiros.....70

Tabela 3. Parâmetros morfométricos em (mm) usados para identificação dos ínstares ninfais de *Quesada gigas*, 2015-2017, Jaboticabal - SP.....71

Capítulo 4

Tabela 1. Distância de recaptura, número de indivíduos marcados e liberados, data de marcação, cor utilizada e data de recaptura de adultos de *Quesada gigas*.....93

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. Introdução

O Brasil é maior produtor e exportador mundial de café, sendo responsável por cerca de 37% de todo o café produzido no mundo. A estimativa de produção para a safra de 2018 é de aproximadamente 58 milhões de sacas beneficiadas, e o Estado de Minas Gerais é o maior produtor com cerca de 50% da produção nacional (Conab, 2018).

A importância econômica do café para o Brasil é evidente, no entanto, essa cultura possui muitos fatores que podem contribuir para a queda de produção, dentre os quais se destaca a ocorrência de pragas (Reis et al. , 2002; Souza et al. , 2007). Dentre as pragas associadas à cultura do café estão associadas à broca-do-café *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae); o bicho-mineiro *Leucoptera coffeella* (Guerin-Ménéville e Perrottet, 1842) (Lepidoptera: Lyonetiidae); o ácaro-vermelho *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acarida: Tetranychidae), o ácaro-da-leprose (*Brevipalpus* sp) (Geijskes, 1939) (Acarida: Tenuipalpidae); as cochonilhas (Hemiptera: Coccoidea) e as cigarras (Hemiptera: Cicadidae), no qual atualmente são conhecidas 13 espécies associadas à cafeicultura no Brasil (Martinelli, 2004; Moura et al. , 2007; Santos e Martinelli, 2007; Reis et al. , 2010; Santos et al. , 2010; Fornazier, 2016; Fornazier et al. , 2017).

Dentre as espécies de cigarras associadas, *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) conhecida popularmente como cigarra-do-cafeeiro, é considerada a de maior importância econômica em regiões cafeeiras, onde sua presença é abundante. As fases imaturas se alimentam da seiva do xilema das raízes do cafeeiro, que manifestam sintomas na parte aérea como clorose e queda precoce das folhas e dos ramos. Essa espécie representa cerca de 87% da população de cigarras que ocorrem nos cafezais, sendo considerada praga-chave para essa cultura, principalmente na região sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais (Souza et al. , 2007).

A influência da cigarra-do-cafeeiro na queda de produtividade da planta hospedeira é uma realidade, no entanto, é muito difícil quantificar seus danos

numericamente devido às muitas variáveis envolvidas, mas, para o uso racional das táticas de controle se faz necessário quantificar os danos para definir o nível de tomada de decisão do controle a ser empregado, ou seja, a relação entre a população de cigarras e o dano (Martinelli, 2004).

Os levantamentos, visando monitoramento, são realizados nos meses que antecedem o período dos adultos, ou seja, antes dos meses de setembro a novembro (Maccagnan, 2008). Sendo assim, o seu controle é recomendado sem considerar o nível de dano econômico e, sim, através da contagem do número de ninfas no solo, no qual se recomenda entrar com medidas de controle a partir de 36 ninfas por trincheira por planta (Reis e Souza, 1991; Souza et al. , 2007).

A principal tática de controle utilizada para as cigarras em cafeeiros é a aplicação de inseticidas sistêmicos no solo visando atingir às ninfas. No entanto, a utilização deste método de controle geralmente implica na elevação dos custos de produção e também no aumento da contaminação sobre organismos não-alvo e ao meio ambiente (Reis et al. , 2002).

Os conhecimentos sobre os aspectos bioecológicos de *Q. gigas*, são essenciais para o entendimento desta espécie no sistema cafeeiro e para aplicação de possíveis alternativas no manejo desta praga. Contudo, os estudos acerca da espécie ainda são escassos (Maccagnan, 2008; Ribeiro, 2010; Decaro Junior et al. , 2012; Kubota, 2013).

Aspectos relacionados à biologia e comportamento são fundamentais para compreender a ecologia de *Q. gigas*, o que pode permitir subsídios para o aprimoramento e o desenvolvimento de técnicas alternativas para o equilíbrio de suas populações em cafeeiros infestados. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram estudar aspectos bioecológicos de *Q. gigas*, como: *i*) o desenvolvimento embrionário; *ii*) o desenvolvimento ninfal em diferentes hospedeiros; *iii*) o comportamento de dispersão, cópula e oviposição de adultos; e *iv*) determinar a maturação ovariana e o padrão de emergência de machos e fêmeas.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Importância econômica da cultura do café

O Brasil lidera o ranking mundial na produção de café e é considerado o maior exportador e o segundo maior consumidor da bebida (Carvalho et al. , 2018). O consumo de café no Brasil foi de 21,5 milhões de sacas, precedido dos Estados Unidos que consomem 25,8 milhões de sacas (Euromonitor, 2017).

A produção brasileira de café na safra 2017-2018 contou com uma produção de 51 milhões de sacas, o que representa (31,9%) da produção mundial, seguido de países como o Vietnã (18,5%), Colômbia (8,8%), Indonésia (7,5%), Honduras (5,2%), Etiópia (4,8%), Índia (3,7%), Uganda (3,2%), Peru (2,7%), México (2,5%) e outros países que participam em menor porcentagem para o total da produção (Oic, 2018).

O Brasil exportou 30,3 milhões de sacas de café no encerramento da safra 2017/2018. Entre as variedades, o café arábica representou cerca de 86,4% das exportações (26,1 milhões de sacas), o solúvel 11,4% (3.4 milhões de sacas) e o robusta 2,2% (671 mil sacas) o que gerou uma receita cambial de 4,9 bilhões de dólares (Cecafe, 2018).

Os principais países importadores de café do Brasil são: Estados Unidos (17,5%), Alemanha (16,1%), Itália (9,8%), Japão (6,9%), Bélgica (5,8%), Reino Unido (3,5%) e demais países com 40,4% do total de café importado (Cecafe, 2018). Sendo o continente europeu é o que mais consome café no mundo.

A safra do café 2018 (arábica e conilon) indicou uma produção de aproximadamente 58 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado, distribuídos em uma área estimada de 2.168,6 mil hectares, sendo que o café arábica representou aproximadamente 76% da produção total de café no país (Conab, 2018). Os principais estados produtores de café do Brasil são: Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia, Paraná, Rio de Janeiro, Goiás, Mato Grosso e Amazonas que correspondem a cerca de 99% da produção (Conab, 2018). Devido às dimensões continentais o país possui uma variedade de climas, relevos, tipos de solo, altitudes e latitudes que permitem a produção de uma ampla gama de tipos,

qualidades e aromas de café, o que possibilita o atendimento a diferentes demandas mundiais, desde o paladar até os preços (Mapa, 2017).

Estima-se que 81% do volume total de café consumido no Brasil pertence a categoria torrado e moído, enquanto 18% da demanda é em grãos e 0,9% em cápsulas (Abic, 2017).

O café é fonte imprescindível de receita para centenas de municípios e os expressivos desempenhos da exportação e do consumo interno de café implicam na sustentabilidade econômica do produtor e de sua atividade, além disso, a atividade cafeeira é umas principais atividades geradoras de postos de trabalho na agropecuária nacional, gerando em torno de oito milhões de empregos (Mapa, 2017).

2.2. Aspectos gerais dos cicadídeos

As cigarras são insetos que pertencem à ordem Hemiptera, superfamília Cicadoidea e família Cicadidae. Apresentam desenvolvimento por hemimetabolia, em que passam pelas fases de ovo, ninfa móvel, ninfa imóvel e adulto (Martinelli, 2004; Souza et al. , 2007).

Aproximadamente 3.000 espécies de cigarras vivem em regiões temperadas e tropicais ao redor do mundo, sendo comumente encontradas em trópicos e subtropicais (Maccagnan, 2008; Sanborn, 2013; Fonseca, 2014). Entre os insetos, as cigarras são notórias devido a seus altos e complexos sinais sonoros, que são estereotipados e espécie-específicos (Fonseca, 1991).

Visualmente são insetos robustos, cujas fases imaturas se desenvolvem sobre as raízes das plantas hospedeiras onde sugam seiva do xilema. A fase adulta pode ser considerada efêmera quando comparada a fase ninfal que é subterrânea e pode durar vários anos (Boulard, 1965).

Após a oviposição das cigarras o estabelecimento de ninfas recém eclodidas nas raízes das plantas representa um período bastante crucial do seu ciclo de vida (Moriyama e Numata, 2008), uma vez que a mortalidade no início da vida ninfal é extremamente alta, enquanto torna-se mais baixa após seu estabelecimento nas radículas das plantas (Karban, 1997). Desta forma, a eclosão precisa ser

apropriadamente cronometrada com fatores bióticos e abióticos a fim de garantir o estabelecimento das ninfas no solo (Moriyama e Numata, 2008).

As ninfas de cigarras apresentam pernas anteriores adaptadas para escavar, sendo estas consideradas um caráter morfológico utilizado para reconhecimento e identificação de ninfas de diferentes espécies (Hou et al. , 2014). Durante os primeiros ínstaes as ninfas de cigarras escavam o solo e alimentam-se de fluidos do xilema presentes nas raízes (White e Strehl, 1978). O fluido xilemático contém altas concentrações de íons potássio, sódio, cálcio, magnésio, cloreto e fosfato, mas há também a presença de aminoácidos (Cheung e Marshall, 1973), porém devido à escassez de açúcares no xilema, os aminoácidos podem ser a principal fonte de energia para o crescimento e desenvolvimento ninfal, fato que contribui para o longo período de desenvolvimento nas cigarras. Além disso, a alimentação via xilema reduz os impactos de substâncias do metabolismo de defesa das plantas sobre as ninfas em desenvolvimento (White e Strehl, 1978).

O excesso de seiva é eliminado pelas ninfas através da câmara filtro (Snodgrass, 1921) sistema que contribui para a diluição do excesso de sais ingeridos e para umedecer o solo ao redor da sua câmara de desenvolvimento (Boulard, 1965), além de contribuir para a expansão da câmara quando a ninfa cresce ou se locomove caso haja a morte da sua raiz principal de alimentação (White e Strehl, 1978).

Algumas espécies de cigarras são responsáveis por ocasionar danos aos cultivos, como *Cryptotympana atrata* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Cicadidae) que é considerada uma praga importante em cultivos de maçãs no norte da China, devido à realização de inúmeras posturas nas hastes das plantas, fazendo com que muitos ramos definhem e morram (Zhu et al. , 2012) e *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) cujas ninfas que se alimentam do sistema radicular do cafeeiro, ocasionando definhamento e queda das folhas reduzindo a produção e a produtividade (Martinelli e Zuchi, 1997; Martinelli, 2004).

Uma particularidade dentro do grupo dos cicadídeos é a presença do “canto” nos adultos, onde os machos sinalizam visando atrair as fêmeas para a cópula. No Brasil durante a época de emergência dos adultos de *Q. gigas*, os machos produzem um som forte, bem característico entre setembro e novembro. A cópula é

realizada geralmente durante o dia, na copa de árvores isoladas, florestas, plantas arbóreas ornamentais e em lavouras. A sinalização acústica varia bastante dentre as inúmeras espécies que ocorrem no Brasil e no mundo (Martinelli, 2004).

A emissão de som de chamada também pode fornecer a localização do indivíduo e desta forma atrair predadores potenciais como pássaros, lagartos, pequenos mamíferos arbóreos (Boulard, 2006) ou parasitoides como a mosca *Emblemasoma erro* (Aldrich, 1916) e *Emblemasoma auditrix* (Shewell, 1976) (Diptera: Sarcophagidae) que utilizam sinais acústicos das cigarras *Tibicen dorsatus* (Say, 1825) (Hemiptera: Cicadidae) e *Okanagana rimosa* (Say, 1830) (Hemiptera: Cicadidae), respectivamente, como meio de localizar seu hospedeiro para a larviposição (Stucky, 2015; Tron et al. , 2017).

No entanto, muitas espécies de cigarras são adaptadas para reduzir essas ameaças. Como exemplo a cigarra *Huechys sanguinea* (De Geer, 1773) (Hemiptera: Cicadidae) de ocorrência na Ásia, que possui um padrão aposemático de coloração, além de suas propriedades eméticas ou impalatáveis que a tornam desagradável aos predadores (Boulard, 2004). Muitas espécies são enigmáticas na coloração e acabam sendo difíceis de localizar, em função de camuflagem (Boulard, 1985).

O canto em coro, que é produzido através de vários machos em conjunto, pode impedir a detecção de um único indivíduo e afugentar os predadores. Este é o caso de muitas espécies gregárias, como a cigarra européia *Cicada orni* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera: Cicadidae), *Fidicina mannifera* (Fabricius, 1803) (Boulard, 2006) e *Q. gigas* (Andrade et al. , 2017).

Após a atração das fêmeas, os machos copulam e as fêmeas realizam sua oviposição endofiticamente no interior dos ramos e sob a casca das plantas através de uma fenda realizada com o auxílio do ovipositor (Souza et al. , 2007). *Q. gigas* têm preferência para ovipositar nas partes mais altas do cafeeiro, em ramos secos com 2,5 mm de diâmetro (Decaro Júnior et al. , 2012).

Em *Q. gigas* após o período de incubação eclode uma ninfa que mede em média 2 mm de comprimento que penetra no solo buscando a raiz do cafeeiro para iniciar sua alimentação. Essa fase de ninfa móvel tem duração aproximada de dois anos, período em que sofrem ecdises, visando seu crescimento (Souza et al. , 2007; Kubota, 2013).

As ninfas de *Q. gigas* em crescimento umedecem o solo através do excesso de seiva secretado, para formar sua cavidade ou câmara onde ocorrerá todo o seu desenvolvimento ninfal. No geral as ninfas são encontradas nas raízes mais grossas da planta e em uma profundidade de até um metro (Souza et al. , 2007).

Após o desenvolvimento das fases de ninfa móvel de *Q. gigas*, as ninfas abandonam o solo através de um orifício individual subterrâneo e caminham até o encontro de um substrato, onde se fixam e passam para a fase de ninfa imóvel, ocorrendo à realização da última ecdise e a emergência da cigarra adulta (Martinelli, 2004). Geralmente essa fase de transição ocorre durante o período noturno e dura em torno de duas horas, posteriormente é possível observar a presença das exúvias nos troncos das plantas hospedeiras (Souza et al. , 2007).

As cigarras do hemisfério norte vivem um tempo relativamente longo, entre 4 e 17 anos e podem ser consideradas cigarras anuais ou periódicas. Em cigarras anuais, os adultos surgem todos os anos, enquanto as cigarras periódicas como, por exemplo, as do gênero *Magicalada* surgem em ciclos de 13 e 17 anos, dependendo da espécie (Usda, 2017). Após completado o desenvolvimento ninfal subterrâneo, as cigarras emergem todas ao mesmo tempo, em dezenas de milhares em uma determinada região. Os adultos vivem de 4 a 6 semanas e os machos são responsáveis pela emissão de som para atração das fêmeas e acasalamento (Usda, 2017).

As cigarras periódicas têm como preferência árvores caducifólias, que perdem suas folhas no período do outono-inverno, como o Carvalho (*Quercus* spp), Maçã (*Malus* spp.), *Carya* (*Carya* spp.) e *Cornus* (*Cornus* spp.). As cigarras utilizam o ovipositor para abrir fendas nos ramos jovens das árvores e depositar seus ovos, colocando em média 26 ovos, e as injúrias provocadas nos ramos ocasionam à murcha, morte e quebra do ramo. A eclosão da ninfas levam em torno de 6 semanas, após os ramos contendo as posturas caírem no solo. Posteriormente as ninfas se aprofundam no solo, para passar cerca de 17 anos se alimentando da seiva das raízes. Ao final da fase ninfal, as mesmas ao adquirirem a superfície, sobem nos troncos das árvores para realizar sua última ecdise e emergirem como adultos (Usda, 2017).

Dentre as espécies de cigarras periódicas são encontradas a *Magicicada septendecim* (Linnaeus, 1758), *Magicicada cassini* (Fisher, 1851) e *Magicicada septendecula* (Alexander e Moore, 1962; Usda, 2017).

2.3. Comportamento acústico da família Cicadidae

A comunicação acústica é amplamente conhecida no reino animal como um fator importante na reprodução. Vários grupos de animais possuem órgãos bastante elaborados para a emissão e recepção de som, e as cigarras da família Cicadidae pertencem a esta categoria (Boulard, 2006).

Muitas espécies utilizam a comunicação acústica via transmissão de ondas sonoras como uma importante pista sensorial para atração de seus parceiros (Bradbury e Vehrencamp, 2011) e nos cicadídeos pode ter se originado via processo evolutivo entre a percepção de fêmeas e a sinalização dos machos. A diversidade de sons entre as espécies acústicas é reflexo da deriva genética, deslocamento de caráter reprodutivo e alta taxa de diferenciação populacional (Greenfield, 2016).

A comunicação acústica é caracterizada por ser um processo rápido e confiável devido à especificidade e consiste nas seguintes fases segundo Boulard (2006): i) comportamento do indivíduo que emite os sinais, ii) emissão do sinal acústico, iii) transmissão do sinal através do meio, iv) percepção do sinal pelo indivíduo alvo, v) comportamento de reação do indivíduo alvo ao sinal e vi) possível percepção do sinal por indivíduos não-alvo, coespecíficos, parasitoide e predadores e suas possíveis reações.

Nos cicadídeos a comunicação acontece no contexto do acasalamento e envolve o anúncio sexual, namoro, competição intrasexual, interações intersexuais, exibição convencional, defesa territorial e prelúdio para agressão contra competidores ou predadores (Fonseca, 1991; Stölting, 2004). A maioria dos sons é transmitido pelos machos, que apresentam um par de órgãos timbálicos situados dorsolateralmente no primeiro segmento abdominal (Boulard, 2006).

Durante o chamado, cada espécie emite um sinal sonoro numa frequência que varia entre 850-25.000Hz (Hertz) (Sueur, 2001). Quando os machos realizam canções de chamada seu intuito é revelar sua presença às fêmeas da sua espécie,

sendo considerado o primeiro passo para a formação dos pares, atraindo as fêmeas a longas distâncias. As fêmeas podem responder ao som de chamada pelo movimento de asas "*flick wing*" indicando sua disponibilidade para reprodução (Alexander, 1997). A resposta das fêmeas é geralmente menos intensa e são transmitidas a uma distância menor que a sinalização dos machos e estes sons podem ser produzidos por estruturas que não são homólogas com a produção de sons dos machos (Boulard, 2006).

A emissão de som sem limite de duração de tempo é um convite específico para o acasalamento e a fêmea receptiva voa ao encontro do macho para a realização da cópula assegurando a perpetuação dos seus genes e a sobrevivência da espécie (Martinelli, 2004; Boulard, 2006). Essas comunicações acústicas também são consideradas um critério importante e seguro para a identificação das espécies (Martinelli, 2004).

O canto ou timbalização de chamada pode ser interpretado por outros machos como um sinal de agregação, que envolve uma disputa acústica visando à competição pelas fêmeas (Boulard, 2006).

Os machos também emitem a timbalização de cortejo observada nas espécies solitárias quando a fêmea se aproxima. A timbalização de oposição ocorre quando há chegada de outro macho próximo ao macho que está emitindo a timbalização de chamada, este então cessa a canção e instala-se um diálogo impetuoso e rápido entre os dois resultando no afastamento entre ambos (Martinelli, 2004).

A timbalização de inquietude ocorre quando as cigarras são perturbadas por qualquer fator não habitual em seu ambiente, como a chegada de um predador. A timbalização de irritação é emitida quando as cigarras são incomodadas ou mordidas por formigas e a timbalização de fuga e o grito de aflição podem ser lançados de maneira breve durante uma partida precipitada e não apresentam impacto de alarme para as demais cigarras (Martinelli, 2004).

2.4. Importância de fatores abióticos na eclosão de ninfas de cigarras

Para insetos que vivem em ambientes úmidos, o momento da eclosão dos ovos é um dos fatores mais importantes de suas estratégias de ciclo de vida (Moriyama e Numata, 2006). O tempo de eclosão influencia na sobrevivência, crescimento e dinâmica populacional da vida pós-embriônica.

Um estímulo importante para a eclosão de ninfas de cigarras é a presença da umidade. Moriyama e Numata (2006) verificaram uma correlação positiva entre o número de ovos eclodidos e a umidade relativa diária após a submersão de ramos contendo posturas de *Cryptotympana fascialis* (Walker) (Hemiptera: Cicadidae), assim como posturas que ficaram sem contato direto com a água eclodiram mais rapidamente com níveis mais altos de umidade em dias chuvosos.

Ninfas recém eclodidas de *C. fascialis* também apresentaram baixa tolerância à dissecação, em dias ensolarados dentro de duas horas houve mortalidade para a maioria dos insetos e quando as ninfas foram liberadas em solo seco apenas 24% conseguiu penetrar no solo e muitas foram mortas por predadores ou pela dissecação. Cerca de 92% das ninfas liberadas em solo molhado conseguiram penetrar no solo com sucesso, indicando que a alta umidade garante a sobrevivência e o estabelecimento de ninfas recém eclodidas no solo (Moriyama e Numata, 2006).

2.5. Principais espécies de cigarras associadas ao cafeeiro

As cigarras-do-cafeeiro são relatadas desde 1900 atacando cafezais brasileiros (D'utra, 1908) e devido à inexistência de um controle eficiente durante um longo período de tempo, grandes prejuízos econômicos acometeram a cafeicultura nacional (Souza et al. , 2007). Devido a este fato, a população de cigarras aumentou consideravelmente levando a dispersão desses insetos para lavouras cafeeiras de diferentes municípios do sudeste brasileiro (Souza et al. , 2013). O ataque das cigarras às lavouras cafeeiras pode estar associado à eliminação de espécies nativas hospedeiras, por ocasião do desmatamento para a formação de pastagens e lavouras cafeeiras (Martinelli e Zucchi, 1997).

As plantas de café são extremamente prejudicadas pela presença das ninfas que sugam continuamente a seiva do xilema das raízes das plantas, ocasionando o

definhamento progressivo da lavoura, clorose e queda prematura das folhas, ramos, flores e frutos, além de um sintoma conhecido como “envareamento” devido à seca dos ramos o que diminui a produção (Souza et al. , 2007). Os cafeeiros acometidos pelas ninfas de cigarras, não respondem adequadamente aos tratamentos culturais e resultam em floradas insignificantes que podem comprometer a produção. Contudo, os prejuízos decorrentes do ataque das cigarras são mais evidentes durante o período de déficit hídrico do ano e estão diretamente relacionados com o número de ninfas infestantes que sugam as raízes das plantas (Andrade e Martinelli, 2015).

Dentre as principais espécies de cigarras pertencentes à família Cicadidae associadas ao cafeeiro no Brasil, destacam-se: *Q. gigas*; *Quesada sodalis* (Walker 1850); *F. mannifera*; *Fidicina pullata* (Berg, 1879); *Fidicinoides pronoe* (Walker, 1850); *Fidicinoides pauliensis* Boulard e Martinelli, 1996; *Fidicinoides sarutaiensis* Santos, Martinelli e Maccagnan, 2010; *Dorisiana drewseni* (Stål, 1854); *Dorisiana metcalfi* Sanborn e Heath, 2014; *Guyalna viridifemur* Sanborn, 2016; *Carineta fasciculata* (Germar, 1821); *Carineta matura* (Distant, 1852); *Carineta spoliata* (Walker, 1858) (Martinelli, 2004; Santos e Martinelli, 2007; Santos et al. , 2010).

2.6. Aspectos bioecológicos de *Quesada gigas*

Quesada gigas é uma espécie de cigarra notável principalmente pela grande dimensão do adulto. A sua redescoberta foi apresentada por Martinelli e Zucchi (1987).

A emergência e reprodução de *Q. gigas* estão concentradas no período entre setembro e novembro (Maccagnan, 2008). Segundo Wolda (1988), o macho de *Q. gigas* inicia o canto para atrair a fêmea logo após a emergência.

A postura de *Q. gigas* é endofítica, ou seja, as fêmeas perfuram os ramos das plantas, utilizando o ovipositor, que é bastante forte, depositando os ovos nessa cavidade (Osborn e Metcalf, 1920, Decaro Junior et al. , 2012). Segundo Decaro Junior et al. , (2012), as fêmeas têm maior preferência pela parte mais alta das plantas, em ramos secos com média de 2,5 mm de diâmetro para realização das posturas.

Após a eclosão, as ninfas apresentam comportamento geotrópico positivo e penetram no solo a procura de raízes para iniciar a sucção de seiva do xilema no hospedeiro (Beamer, 1928; White e Strehl, 1978). No último ínstar ninfal, com as tecas alares já presentes e os tarsos desenvolvidos, as ninfas escavam até a superfície, formando um orifício cilíndrico e individual no solo. Uma vez fora do solo, as ninfas de 5º ínstar sobem no tronco ou galhos do cafeeiro, onde se fixam (ninfa imóvel). Após um período de aproximadamente duas horas, ocorre o rompimento do tegumento ao longo da linha da ecdise, por onde emerge o inseto adulto (Souza et al. , 2007).

Segundo Ribeiro (2010), um fator que condiciona a eclosão de ninfas em condições controladas, é a imersão dos ramos de café com posturas em água por 3 minutos seguido de incubação em temperatura de 25 ± 1 °C, fotoperíodo de 14:10 (L:E) e umidade de 70%.

2.7. *Quesada gigas*, sua importância como praga e métodos de controle

No Brasil, *Q. gigas* popularmente conhecida por cigarra-do-cafeeiro é a espécie de cigarra que apresenta maior relevância devido os danos ocasionados nas lavouras cafeeiras (Martinelli e Zucchi, 1997) e por representar cerca de 87% da população de cigarras das regiões sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais (Souza et al. , 2007). Um cafezal muito infestado por cigarras da espécie *Q. gigas* pode apresentar em média 200 a 400 ninfas móveis por cova, população que causa danos severos (Souza et al. , 2007) ou aceleração da morte da planta com perda total da lavoura.

Dentre as espécies que ocorrem no cafeeiro, *Q. gigas* é a espécie que apresenta maior tamanho e robustez em relação às demais espécies associadas ao cafeeiro. Esta espécie apresenta ampla distribuição geográfica na América do Norte, Antilhas (Metcalf, 1963), América Central e América do Sul (Sanborn, 2006).

A praga ataca lavouras cafeeiras presentes no Estado de Minas Gerais (na região sul e sudoeste, na região do Alto Paranaíba e Triângulo Mineiro), no Estado de São Paulo (Martinelli, 2004), Paraná (Martinelli e Zucchi, 1987) e em Mato Grosso (Metcalf, 1963). *Q. gigas* também é relatada atacando hospedeiros como o Paricá

Schizolobium amazonicum (Huber) Ducken (Fabales: Fabaceae) (Zanuncio et al. , 2004; Monteiro et al. , 2014), cujas perdas podem chegar em até 20% da produção ou até a morte prematura das árvores nas infestações mais severas (Lunz et al. , 2010). Além desses, *Q. gigas* também já foi encontrada em outras espécies arbóreas, como: cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.), esponjeira (*Acacia farnesiana* L.), angico (*Piptadenia* sp.) (Fonseca e Araújo, 1939; Heinrich e Pupin Neto, 1964; Ruffinelli, 1970; Martinelli et al. , 1986; Martinelli e Zucchi, 1987), abacateiro (*Persea americana* Mill), Tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) dentre outros (Martinelli, 2004).

A cigarra-do-cafeeiro de fato é uma praga responsável pela queda da produtividade da planta hospedeira (Martinelli et al. , 2018). Contudo, é bastante difícil quantificar numericamente os danos econômicos devido às muitas variáveis como cultivares, sistemas de plantio, idade da planta, tratamentos culturais, métodos de controle, inseticidas utilizados e o próprio local ou região de cultivo. Mas, para o uso racional das táticas de controle se faz necessário realizar estudos que quantifiquem esses níveis de danos para melhor definir a tática de controle a ser empregada (Martinelli, 2004; Martinelli et al. , 2018).

Para o controle das cigarras tem se utilizado inseticidas sistêmicos aplicados no solo visando às ninfas, cuja melhor época de aplicação deve ser durante período chuvoso de outubro a dezembro, para as condições do sul e sudoeste de Minas Gerais, quando a eficiência de controle é maior devido o maior contato com as ninfas no solo e pela maior absorção do produto pelas raízes do cafeeiro (Martinelli, 2004).

No Brasil, 15 produtos químicos estão registrados para o controle de cigarras em cafeeiros, dentre eles o tiametoxam (neonicotinoide) e o dissulfotom (organofosforado), na formulação granulada ou granulada dispersível (Agrofit, 2018). A utilização deste método de controle geralmente implica na elevação dos custos de produção e também no aumento de contaminação ao meio ambiente e aos organismos benéficos (Reis et al. , 2002).

O conhecimento sobre aspectos relacionados à biologia e comportamento de *Q. gigas* é de fundamental importância para se compreender sua ecologia, permitindo o desenvolvimento de técnicas alternativas para controle de suas

populações em cafeeiros infestados (Andrade e Martinelli, 2015; Martinelli et al. , 2018).

Como exemplo de sucesso, há alguns anos foi desenvolvida uma armadilha sonora específica para o controle de *Q. gigas*, com base em estudos comportamentais adquiridos para essa espécie. Esse método de controle por comportamento é realizado colocando-se como parte de um equipamento, um dispositivo sonoro que reproduz o som igual ao emitido pelos órgãos timbálicos dos machos de *Q. gigas*. O equipamento funciona de maneira que o inseto atraído pelo dispositivo receba a aplicação do inseticida. Sendo assim, os indivíduos atraídos e que receberam o jato inseticida, ficam retidos na armadilha, e a calda pulverizada é coletada por anteparos e redirecionada aos bicos de pulverização para ser reaproveitada, consistindo em um sistema ecológico de reutilização (Maccagnan, 2008).



Figura 1. Armadilha sonora usada para a captura de *Quesada gigas* em lavouras de café. (a) Perspectiva geral da armadilha sonora adaptada a uma pickup. (b) Detalhes da armadilha sonora. (1) Pulverizadores inseticidas a frente do emissor de som; (2) Recipiente para coleta de cigarras mortas e para recirculação da calda inseticida.

Fotos: T. K. Matuo, S. C. Andrade.

Este equipamento quando em funcionamento pode ter a capacidade de atrair e capturar indivíduos pré e pós-copulados (Observação pessoal, Samuel Andrade); reduzir os acasalamentos, evitando oviposições, o que conseqüentemente aumenta sua eficiência de controle, podendo diminuir as próximas gerações de *Q. gigas* na área. Portanto, o uso de armadilha sonora no controle de *Q. gigas* tem se tornado promissor para produtores de grandes e pequenas propriedades localizadas no sul e sudoeste de Minas Gerais.

Com as grandes mudanças nos sistemas de manejo que vem ocorrendo na cafeicultura da Região Sudeste brasileira, visando à produção de café de qualidade, em sistemas mais sustentáveis, como o orgânico e o agroflorestal, o emprego da armadilha sonora no controle da cigarra-do-cafeeiro, se torna uma alternativa ecologicamente promissora para a região (Martinelli et al. , 2018).

2.8. Maturação Ovariana e Embriogênese em insetos

As diferentes estratégias reprodutivas encontradas nos insetos, normalmente são reflexos da alocação e utilização de nutrientes adquiridos nas fases imatura e adulta (Huffaker e Gutierrez, 1999). Dessa forma, muito dos recursos nutricionais adquiridos na fase imatura podem ser utilizados para o desenvolvimento do aparelho reprodutor, dando origem a adultos aptos a se reproduzirem logo após a emergência (Chapman, 2013). No entanto, em alguns casos, é necessário que haja aquisição de recursos nutricionais na fase adulta para que ocorra não somente a maturação do aparelho reprodutor, mas também o amadurecimento dos óvulos (Attardo et al. , 2005; Chapman, 2013).

O processo de reprodução da maioria dos insetos envolve uma série de fatores, dentre eles a transferência do líquido seminal dos machos para as fêmeas no momento da cópula. Esse processo pode acarretar juntamente com o líquido seminal, na transferência de moléculas nutritivas e/ou reguladoras que podem auxiliar as fêmeas na sustentação de suas atividades metabólicas, ou serem utilizadas diretamente como recursos nutricionais para a sustentação do desenvolvimento embrionário da progênie. O líquido seminal pode ainda conter moléculas reguladoras que irão induzir alterações fisiológicas nas fêmeas, levando-

as a iniciar o processo de síntese de vitelogenina e de maturação ovariana (Adams, 2000; Liu e Kubli, 2003; Jervis e Ferns, 2005; Dossi e Cònsoli, 2010).

O processo de maturação ovariana nos insetos pode ainda envolver, além de acúmulo de nutrientes, uma série de eventos celulares complexos, como atividades meióticas e mitóticas de células germinativas primordiais, que irão formar a previtelogênese, a vitelogênese e a coriogênese (King e Buning, 1985; Raabe, 1986). Contudo, ainda pode envolver também outros órgãos, como o cérebro, glândulas protorácicas, *corpora allata* e o tecido adiposo (Adams, 2000).

A observação e reconhecimento do processo de maturação ovariana em insetos é um processo muito delicado mediante a variação encontrada nos diferentes tipos de ovários. As técnicas que podem ser utilizadas ainda são escassas, no entanto, uma das técnicas mais usadas seria a observação do índice de ovigenia (IO), que permite identificar o grau de maturação do aparelho reprodutivo da fêmea recém-emergida, avaliando o número de oócitos maduros em relação ao seu potencial reprodutivo esperado (número total de oócitos) ou observado (número de ovos depositados). O IO pode ser utilizado para quantificar a variação intra e interespecífica do grau de maturação ovariana atingido pela fêmea no momento da emergência (Jervis et al. , 2001).

Nos hemípteros cada ovaríolo possui células germinativas que se dividem para formar grupos de células que permanecem ligadas por pontes citoplasmáticas, onde na base dos ovaríolos, junto ao pedicelo já é possível perceber a presença de oócitos maduros (Chapman, 2013).

Já a embriogênese é um processo contínuo no qual ocorrem profundas modificações no óvulo fertilizado, que são realizadas dentro de um período limitado de tempo. Embora o desenvolvimento embrionário seja um complexo de contínuos eventos interligados, embriologistas enfatizam com frequência eventos particulares a fim de organizar o processo embriogenético em uma série de diferentes estágios, ao qual serão mencionados a seguir (Campos-Ortega e Hartenstein, 1997).

Inicialmente, os oócitos completam sua meiose assim que o espermatozoide penetra o óvulo e a oviposição ocorre. O resultado da fecundação é um núcleo haplóide do oócito e três núcleos polares que habitam o periplasma em uma das periferias do ovo. O núcleo haploide, em seguida, move-se para o interior do ovo,

onde se encontra com o espermatozóide que já entrou. A união do espermatozóide e do óvulo, ocorre no interior do oócito, formando o zigoto diploide. Os núcleos polares por sua vez, podem acompanhar o desenvolvimento do oócito ou serem degenerados na periferia. Em alguns insetos que se reproduzem por partenogênese, um núcleo polar haplóide combina com o núcleo haplóide do oócito para restaurar a diploidia, sem exigir a fertilização pelo gameta do macho (Chapman, 2013).

Após a união do espermatozóide com o óvulo, o zigoto recém-formado sofre um evento conhecido como clivagem. A clivagem é o processo pelo qual o zigoto se divide mitoticamente para dividir o citoplasma em células filhas menores. O padrão de clivagem em um determinada espécie de inseto é assimétrica e determinada em grande parte pela quantidade e distribuição da gema dentro do citoplasma do ovo. Isso produz células filhas (enérgidas) geneticamente idênticas, mas que diferem em seus componentes citoplasmáticos (Chapman, 2013; Klowden, 2013).

Durante a clivagem da maioria dos insetos, o zigoto sofre divisão mitótica no centro do citoplasma do ovo, mas as células resultantes desse processo, as enérgidas, não estão totalmente formadas. Em vez disso, depois de uma série de mitoses, elas migram para a periferia do ovo onde continuam a se dividir, formando o processo conhecido como blastoderme sincicial. No entanto, cerca de 2 a 3 células enérgidas migram para a parte inferior do ovo para formar as células polares (germinativas), que darão origem aos órgãos reprodutivos do futuro adulto (Klowden, 2013).

À medida que a divisão da blastoderme continua, a taxa de divisão muda na região ventral, aumentando à medida que as células se tornam mais colunares. Esta porção espessa do blastoderma é conhecida como o processo de formação da banda germinativa, que irá formar o primórdio embrionário que irá desenvolver para embrião, enquanto que as outras células de blastoderme são designadas para a ectoderme extra-embrionária (Chapman, 2013).

A banda germinativa por sua vez, ainda é uma única camada de células nesta fase, no entanto, após um passo importante no desenvolvimento, ela se torna uma dupla camada pelo processo de gastrulação. A gastrulação envolve a formação de uma camada multicelular quando algumas das células da banda germinativa migram para dentro da gema. Esta reorganização produz um corpo de múltiplas camadas

consistindo de diferentes tipos celulares que já são capazes de interagir umas com as outras, de diferentes maneiras. Essas múltiplas camadas celulares, irão formar a ectoderme, mesoderme e endoderme, que adquirem destinos diferentes no desenvolvimento embrionário, formando os variados órgãos e estruturas do embrião. Esse processo geralmente é controlado pela expressão de genes específicos, e podem variar de acordo com as diferentes espécies de insetos (Chapman, 2013; Klowden, 2013).

O processo de blastoquinese e o fechamento dorsal são uma das etapas finais no desenvolvimento do embrião. A blastoquinese consiste na movimentação celular que ocorre dentro da gema, promovendo o alongamento e o alargamento da banda germinativa fazendo com que o embrião comece a ganhar forma. Após a blastoquinese, ocorre o crescimento do ectoderma embrionário para completar o fechamento dorsal. Após o fechamento dorsal, todos os sistemas e estruturas do embrião começarão a serem formados definitivamente de forma mais consistente (Tojo e Machida, 1998; Chapman, 2013).

O tempo do desenvolvimento embrionário de cada espécie de inseto geralmente é muito variado, e a eclosão larval ou ninfal está relacionada com respostas fisiológicas do embrião e com condições ambientais externas favoráveis. Muitos insetos tendem a sincronizar sua eclosão com a época e os recursos disponíveis para o seu crescimento e desenvolvimento, visando garantir sua sobrevivência. Dessa forma, garantindo o sucesso da vida pós-embrionária (Tauber et al. , 1986; Danks, 1987; Hunter e Elkinton, 2000).

2.9. Comportamento de dispersão em insetos

A dispersão é o padrão espacial de distribuição dos indivíduos de uma determinada população (Schowalter, 2011). Nos insetos, a dispersão é caracterizada por movimentos que levam o deslocamento de certo número de indivíduos de uma população para um hábitat distinto daquele do seu desenvolvimento (Johnson, 1969). É um importante mecanismo adaptativo que minimiza o risco de que uma população inteira seja eliminada por perturbação ou por esgotamento de recursos (Schowalter, 2011).

A capacidade de voo dos insetos contribui em grande parte para a dispersão dos indivíduos e os movimentos podem ser multidirecionados (Neto et al. , 1976) ou direcionados como a migração (Begon et al. , 2007; Gulan e Cranston, 2014).

Estudos que avaliam padrões, mecanismo de movimento e dispersão são fundamentais para várias áreas da ecologia de insetos que incluem dinâmica de metapopulações, fragmentação de habitats (Summerville e Crist, 2001), estratégias de busca ótimas (Withers e Harris, 1996) e o papel da densidade populacional nos padrões de dispersão (Herzig, 1995).

Os fatores determinantes que afetam o comportamento de dispersão de insetos fitófagos nos habitats podem estar relacionados à estratégia de história de vida, aglomeração, estado nutricional do indivíduo, habitat, tamanho da área, composição das espécies, estágio fenológico das culturas, qualidade dos recursos alimentares, efeito de borda (Karban, 1981; Cook e Holt, 2006; Schowalter, 2011), além de fatores climáticos adversos como precipitação, temperatura, fotoperíodo e o vento.

Populações de pulgões como *Aphis gossipii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) caracterizam-se por colonizar habitats temporários, e quando são frequentemente perturbados, produzem um grande número de indivíduos alados e alta proporção de dispersores (Janzen, 1977; Lombaert et al. , 2006). Tais características são adaptações importantes para espécies que exploram condições temporárias e instáveis (Janzen, 1977).

A aglomeração é um dos fatores que aumenta a tendência do inseto a se dispersar e, em alguns casos, pode estimular o desenvolvimento morfológico ou transformações fisiológicas que facilitam a dispersão (Anstey et al. , 2009). A sobrevivência e a fecundidade são frequentemente dependentes da densidade, isto é, inversamente relacionadas com a densidade populacional.

A eclosão de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a partir de posturas agregadas, também favorece a dispersão das lagartas neonatas devido o comportamento de canibalismo existente na espécie, além de fatores como mortalidade natural, busca por alimento e a presença de inimigos naturais (Farias et al. , 2001).

Em cigarras periódicas da espécie *Magicicada cassini* (Fisher) (Hemiptera: Cicadidae) a dispersão ocorre em função de variáveis espaciais como tamanho da área, distância da fonte alimentar e da densidade do tronco do hospedeiro. Sendo assim, as cigarras podem se dispersarem para áreas mais próximas a florestas e se dirigirem para árvores de menor densidade (Cook e Holt, 2006).

Cigarras periódicas *Magicicada* spp. se dispersam através de voos de árvore em árvore no intuito de se agregarem aos chamados de canções em coro realizadas pelos machos visando o acasalamento e oviposição, que no geral se concentram nas árvores e borda de florestas mais iluminadas pelo sol (Lloyd e White, 1976ab). A dispersão de cigarras em florestas dominadas por pinheiros (*Pinus* spp.), que não são os hospedeiros preferidos pelas cigarras periódicas também foi observada (Dybas e Lloyd, 1974).

A condição nutricional dos insetos afeta a resistência dos insetos dispersores, uma vez que quanto maior o acúmulo de reservas lipídicas, maior o vigor e energia para que os indivíduos possam responder aos estímulos adversos e alçar vôos a maiores distâncias aumentando as chances de encontrar maior disponibilidade de recursos, indivíduos menos vigorosos, com menor carga energética, por sua vez, tendem a colonizar habitats mais próximos (Schowalter, 2011).

A dispersão desempenha um papel fundamental no processo adaptativo e na história de vida de um organismo, a busca por melhores recursos, por exemplo, pode implicar no aumento do seu desempenho reprodutivo, como encontro com parceiros e aumento da frequência reprodutiva (Wickman e Rutowski, 1999), o que garante a transmissão de genes para as próximas gerações e fixação de novos alelos na população, favorecendo a variabilidade genética minimizando a endogamia (cruzamento entre indivíduos aparentados). Além disso, a busca por outros habitats reduz a competição intraespecífica e o escape temporal de inimigos naturais como patógenos, parasitoide e predadores.

A dispersão espacial dos insetos de uma dada população pode ser do tipo agregada (ou contagioso), aleatória (ou ao acaso) ou uniforme (ou regular) (Barbosa, 1992).

O padrão de dispersão agregada resulta do comportamento de agrupamento ou preferência por um habitat em particular. A agregação é típica de espécies que

ocorrem em focos ou reboleiras onde os mesmos se acumulam a fim de melhorar a exploração de recursos ou a proteção contra predadores (Begon et al. , 2007; Schowalter, 2011).

No padrão de dispersão aleatória, os indivíduos não se separam e nem são atraídos um pelo outro. A ocorrência de um indivíduo em uma unidade de amostra não tem efeito na probabilidade de que outros indivíduos ocorrerão na mesma unidade amostral, o resultado é que os indivíduos são distribuídos desigualmente devido aos eventos de chance, este exemplo ocorre na maioria dos casos (Begon et al. , 2007; Schowalter, 2011).

O padrão de dispersão uniforme resulta dos indivíduos se espaçarem em intervalos regulares dentro do hábitat. Esse padrão de dispersão é típico de espécies que disputam pelos recursos, especialmente espécies territoriais (Schowalter, 2011).

O padrão de dispersão pode mudar durante o desenvolvimento do inseto, durante a mudança na densidade populacional ou através das escalas espaciais. Por exemplo, os estágios larvais das lagartas da tenda e das moscas varejeiras gregárias são agregados no nível dos ramos das plantas, mas os adultos são dispersos aleatoriamente nessa escala (McCullough e Wagner, 1993; Fitzgerald, 1995).

3. Referências

Abic. Associação Brasileira das Indústrias do Café. **Relatório mensal dezembro de 2017, Conselho dos Exportadores de Café do Brasil**. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/Cecafe_Relatorio_Mensal_Dezembro_2017.pdf> Acesso em 21 de agos. de 2018.

Adams TS (2000) Effect of diet and mating status on ovarian development in a predaceous stink bug *Perillus bioculatus* (Hemiptera: Pentatomidae). **Annals of the Entomological Society of America** 93:529-535.

Agrofit. **Sistemas de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 01 mai. 2018.

Alexander RD, Marshall DC, and Cooley JR (1997) Evolutionary perspectives on insect mating. **The Evolution of Mating Systems in Insects and Arachnids** (ed. by J. C. Choe and B. J. Crespi), pp. 4–31. Cambridge University Press, Cambridge.

Alexander RD, and Moore TE (1962) The evolutionary relationships of 17-year and 13-year cicadas, and three new species (Homoptera, Cicadidae, Magicicada). **Miscellaneous Publications Museum of Zoology** 121:1-59.

Andrade SC, Martinelli NM (2015) Manejo de cigarras associadas ao cafeeiro: aprimoramento na tática de controle comportamental. In.: Busoli AC, Castilho R de C, Andrade DJ de, Rossi GD, Viana D de L, Fraga DF (Eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola VIII**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, p. 19-28.

Andrade SC, Martinelli NM, Rossi GD, Andrade DJ (2017) Giant Cicada Emergence, Protandry and Chorus Centers Formation as Revealed by Studies Using a Sound Trap. **Journal of Insect Behavior** 30:300-307.

Anstey ML, Rogers SM, Ott SR, Burrows M, and Simpson SJ (2009) Serotonin mediates behavioral gregarization underlying swarm formation in desert locusts. **Science** 323:627-630.

Attardo GM, Hansen IA, and Raikhel AS (2005) Nutritional regulation of vitellogenesis in mosquitoes: implications for anautogeny. **Insect Biochemistry and Molecular Biology** 35:661-675.

Barbosa JC (1992) A amostragem seqüencial, p.205-211. In Fernandes OA, Correia ACB e de Bortoli SA (eds.), **Manejo integrado de pragas e nematóides**. Jaboticabal, FUNEP, 253p.

Beamer RH (1928) Biology of Kansas Cicadidae. **Kansas: Kansas University Science** p. 155-263.

Begon M, Townsend CR, Harper JL (2007) **Ecologia de indivíduos a ecossistemas**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed. 752p, p. 162-184.

Boulard M (1965) Notes sur la biologie larvaire des cigales (Homoptera: Cicadidae). **Annales de la Société Entomologique de France** 1:503-521.

Boulard M (1985) Appearance and Mimicry in Cicadas!, **Annales de la Société entomologique de France** 90:1016-1051.

Boulard M (2004) *Tibicen* Latreille, 1825, **Nouvelle Revue d'Entomologie** 20:371-372.

Boulard M (2006) Acoustic signals, diversity and behaviour of cicadas (Cicadidae, Hemiptera). In: Drosopoulos S e Claridge MF (eds.). **Insect Sounds and Communication: Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution**. CRC Press, Taylor & Francis. 532 pp.

Bradbury JW, Vehrencamp SL (Eds.) (2011). **Principles of animal communication**. Sunderland: Sinauer Associates, 697p.

Campos-Ortega JA, and Hartenstein V (1997) Stages of *Drosophila* embryogenesis. **In The Embryonic Development of *Drosophila melanogaster***, pp. 9-102. Berlin: Springer.

Carvalho C, Santos CE, Treichel M, Filter CF (2018) **Anuário brasileiro do café**, 96 p.

Cecafe (2018) Conselho dos exportadores de café do Brasil. **Relatório mensal Junho de 2018**. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_Junho_2018.pdf>. Acesso em: 31 de jul. 2018.

Chapman RF (2013) **The insects: Structure and function**. 5th edition. Cambridge Univ. Press, Cambridge P. 929.

Cheung WWK, Marshall AT (1973) Water and ion regulation in cicadas in relation to xylem feeding. **Journal of Insect Physiology** 19:1801-1816.

Conab (2018) Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café**, v. 5– Safra 2018, n. 2 - Segundo levantamento, Brasília, p. 1-66, maio 2018. <http://www.conab.gov.br>.

Cook WM, and Holt RD (2006) Influence of multiple factors on insect colonization of heterogeneous landscapes: a review and case study with periodical cicadas (Homoptera: Cicadidae). **Annals of the Entomological Society of America** 99:809-820.

D'utra G (1908) **Cigarras nos cafezais**. Boletim de Agricultura 9:616-625.

Danks HV (1987) Insect Dormancy: An Ecological Perspective. **Biological Survey of Canada**, Ottawa.

Decaro junior ST, Martinelli NM, Maccagnan DHB, Ribeiro ESDBP (2012) Oviposition of *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) in coffee plants. **Revista Colombiana de Entomologia** 38:1-5.

Dossi FCA, e Cônsoli FL (2010) Desenvolvimento Ovariano e Influência da Cópula na Maturação dos Ovários de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). **Neotropical Entomology** 39:414-419.

Dybas HS, Lloyd M (1974) The habitats of 17-year periodical cicadas. **Ecological Monographs** 44:279-324.

Euromonitor (2017) Euromonitor International. **Tendências do mercado de cafés em 2017**. Disponível em http://consorciopesquisacafe.com.br/arquivos/consorcio/consumo/tendencias_do_mercado_cafe_2017.pdf Acesso em: 01 de ago. 2018.

Farias PRS, Barbosa JC, Busoli AC (2001) Distribuição espacial da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), na cultura do milho. **Neotropical Entomology** 30:681-689.

Fitzgerald TD (1995) **The Tent Caterpillars**. Cornell Univ. Press, Ithaca.

Fonseca JP, Araújo RL (1939) Informações sobre a praga das cigarras em São Paulo e sobre a possibilidade de seu controle. **O Biológico** 5:285- 291.

Fonseca PJ (1991) Characteristics of the acoustic signals in nine species of cicadas (Homoptera, Cicadidae). **Bioacoustics** 3:173-182.

Fonseca P (2014) Cicada acoustic communication. In B. Hedwig (Ed.), **Insect hearing and acoustic communication** (pp. 101–121). Berlin: Springer-Verlag.

Fornazier MJ (2016) **Bioecologia, dano e controle de *Planococcus Citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) em *Coffea Canephora* Pierre Ex Froehner (Rubiaceae)**. 91 f. Tese (Doutorado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

Fornazier MJ, Martins DS, Granara de willink MC, Pirovani VD, Ferreira PSF, Zanuncio JC (2017) Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with arabica coffee and geographical distribution in the neotropical region. **Annals of the Brazilian Academy of Sciences** 89:3083-3092.

Greenfield MD (2016) Evolution of acoustic communication in insects. In.: Pollack, GS, Mason AC, Popper NA, Fay RR (Eds.) **Insect Hearing**. Suíça: Springer, p. 17-47.

Gullan PJ, e Cranston, PS (2014) **Insects: An Outline of Entomology, 5th edition**. Wiley-Blackwell, 624 pp. Purchase from Wiley: USA, UK & Europe, Australia.

Heinrich WO, Pupin neto J (1964) Experiências de campo para verificar a eficácia de alguns inseticidas sistêmicos e de solo no combate às ninfas de cigarras (Homoptera, Cicadidae) em raízes de cafeeiro. **Arquivos do Instituto Biológico** 31:5-11.

Herzig, AL (1995) Effects of population density on longdistance dispersal in the goldenrod beetle *Trirhabda virgata*. **Ecology** 76:2044 -2054.

Hou Z, Li Q, Wei C (2014) Morphology and identification of the final instar nymphs of three cicadas (Hemiptera, Cicadidae) in Guanzhong Plain, China based on comparative morphometrics. **ZooKeys** 425:33-50.

Huffaker CB, Gutierrez AP (1999) **Ecological entomology**. 2nd ed. New York, John Wiley, 756 p.

Hunter AF, Elkinton, JS (2000) Effects of synchrony with host plant on populations of a spring-feeding lepidopteran. **Ecology** 81:1248-1261.

Janzen DH (1977) What are dandelions and aphids? **American Naturalist** 111:586-589.

Jervis MA, Ferns PN (2005) The timing of egg maturation in insects: ovigeny index and initial egg load as measures of fitness and of resource allocation. **Oikos** 107:449-460.

Jervis MA, Heimpel GE, Ferns PN (2001) Life history strategies in parasitoid wasps: a comparative analysis of 'ovigeny'. **Journal of Animal Ecology** 70:442-458.

Johnson CG (1969) Migration and dispersal of insects by flight. Methuen London
Wickman PO and Rutowski RL (1999) The evolution of mating dispersion in insects. **Oikos** 84:463-472.

Karban R (1981) Flight and dispersal of periodical cicadas. **Oecologia** 49:385-390.

Karban R (1997) Evolution of prolonged development: a life table analysis for periodical cicadas. **The American Naturalist** 150:446-461.

King RC, and Buning J (1985) **The origin and functioning of insect oocytes and nurse cells**, p. 37-82. In: Kerkut GA e Gilbert LI (Eds). *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology: embryogenesis and reproduction* Oxford, **Pergamon Press**, vol. 1.

Klowden MJ (2013) **Physiological Systems in Insects**. 3th edition. Academic Press is an imprint of Elsevier.

Kubota MM (2013) **Aspectos biológicos de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) em cafeeiro**. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 60p.

Liu H, Kubli E (2003) Sex-peptide is the molecular basis of the sperm effect in *Drosophila melanogaster*. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 17:9929-9933.

Lloyd M, White JA (1976a) Sympatry of periodical cicada broods and the hypothetical four-year acceleration. **Evolution** 30:786-801

Lloyd M, White JA (1976b) On the oviposition of 13-year versus 17-year periodical cicadas of the same species. **Journal of the New York Entomological Society** 84:148-155.

Lombaert E, Boll R, Lapchin L (2006) Dispersal strategies of phytophagous insects at a local scale: adaptive potential of aphids in an agricultural environment. **BMC Evolutionary Biology** 6, 75.

Lunz AM, Azevedo R, Júnior MM, Monteiro MM, Lechinowski A, Zaneti LZ (2010) Método para monitoramento de ninfas de cigarras e controle com inseticidas em reflorestamentos com paricá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45:631-637.

Maccagnan DHB (2008) **Cigarra (Hemiptera: Cicadidae): emergência, comportamento acústico e desenvolvimento de armadilha sonora**. 90 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Mapa. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 14 de ago. 2018.

Martinelli MN (2004) Cigarras associadas ao cafeeiro. In.: Salvadori JR, Ávila JC, Silva MTB (Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo Fundo: Espiral comercio de Livros, p. 517-514.

Martinelli NM, Vieira RD, Zucchi RA (1986) Descrição e ocorrência de *Quesada gigas* (Olivier, 1970) (Hom., Cicadidae) em cacauzeiros no Estado de São Paulo. **Ciência Agronômica** 1:5-6.

Martinelli NM, Zucchi RA (1987) Cigarras associadas ao cafeeiro. I. Gênero *Quesada* Distant, 1905 (Homoptera, Cicadidae, Cicadinae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 16:51-60.

Martinelli MN, Zucchi RA (1997) Cigarras (Hemiptera: Cicadidae: Tibicinidae) associadas ao cafeeiro: distribuição, hospedeiros e chave para as espécies. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 26:133-143.

Martinelli NM, Peronti ALBG, de Paulo HH, Andrade SC, Cruz MA, Siqueira MA, Monteiro GG (2018) Cenário da cafeicultura na região Sudeste no manejo de insetos-praga. In: Castilho R de C, Truzzi CC, Guidotti CP (Eds.) **Tópicos em Entomologia Agrícola XI**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, p. 201-221.

McCullough DG, and Wagner MR (1993) Defusing host defenses: ovipositional adaptations of sawflies to plant resins. In **Sawfly Life History Adaptations to Woody Plants** (M.R. Wagner, and K.F. Raffa, Eds.), p. 157-172. Academic Press, San Diego, CA.

Metcalf ZP (1963) **General Catalogue of the Homoptera**. Cicadoidea. Parts 1 -2, Fase. VIU. Raleigh, Waverly Press, 919 p., 492p.

Monteiro OM, Lunz AM, Azevedo R de, Júnior MM, Batista TFV (2014) Avaliação inseticida para controle da cigarra *Quesada gigas* em plantios de paricá. **Pesquisa Florestal Brasileira** 34:169-172.

Moriyama M, Numata H (2006) Induction of egg hatching by high humidity in the cicada *Cryptotympana facialis*. **Journal of Insect Physiology** 52:1219-1225.

Moriyama M, Numata H (2008) Diapause and prolonged development in the embryo and their ecological significance in two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata*. **Journal of Insect Physiology** 54:1487-1494.

Moura WM, Pereira AA, Lima PC, Donzeles SML, Caixeta GZ, Costa EL, Soares S F, Santos IC, Ribeiro MF, Alvarenga AP, Venzon M (2007) *Café (Coffea arabica L.)*. In: Paula júnior TJ, Venzon M. (Ed.). **101 Culturas**: manual de tecnologias agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG. p. 185-206.

Neto SS, Nakano O, Barbin D, Nova NAV (1976) **Manual de Ecologia dos Insetos**. Piracicaba: Eidtora Agronômica Ceres LTDA. 419p. Cap. 3.

Oic (2018) International Coffee Organization. **Monthly export statistics 2018**. Disponível em: <<http://www.ico.org/prices/po-production.pdf>>. Acesso em: 30 de jul. 2018.

Osborn H, Metcalf, ZP (1920) Notes on the Life - History of the salt marsh cicada (*Tibicen viridifascia* Walker.). **Entomological News** 31:248-252.

Raabe M (1986) **Insect reproduction: regulation of successive steps**. p: 29-154. In: Advances in Insect Physiology. v. 19, p. 29-154. **Academic Press Inc**. London.

Reis PR, Souza JC (1991) **Cigarras-do-cafeeiro: dano e controle**. Lavras: EPAMIG, 5p. (Circular Técnica, 17).

Reis PR, Souza JC, Venzon M (2002) **Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro**. 1. Ed. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 23 p.

Reis PR, Souza JC, Santa-cecilia LVC, Silva RA, Zacarias MS (2010) Manejo integrado de pragas do cafeeiro. In: Reis PR, Cunha RL. (Eds.). **Café arábica: do plantio a colheita**. Lavras, MG: Epamig, 1:573-688.

Ribeiro ESDBP (2010) **Indução da eclosão de ninfas de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemipetra: Cicadidae) de ramos de café em laboratório**. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Ruffinelli A (1970) Contribucion al conocimiento de los homopteros auquenorrincos del Uruguay. **Zoologica Agricola** 1:1-25.

Sanborn AF (2006) New records for the Cicada fauna from four Central American Countries (Hemiptera: Cicadoidea: Cicadidae). **Florida Entomologist** 89:75-79.

Sanborn AF (2013) **Catalogue of the Cicadoidea (Hemiptera: Auchenorrhyncha)**. With contributions to the bibliography by Martin H. Villet. Academic Press, Elsevier, Inc., San Diego. 1001 pp.

Sanborn AF & Heath MS (2014) The cicadas of Argentina with new records, a new genus and fifteen new species (Hemiptera: Cicadoidea: Cicadidae). **Zootaxa** 3883:1-94.

Sanborn AF (2016) The cicada genus *Guyalna* Boulard & Martinelli, 1996 (Hemiptera: Cicadidae: Cicadinae: Fidicinini): generic description, twelve new combinations, and a key to the species. **Zootaxa** 4105:430-454.

Santos RS, Martinelli MN (2007) Ocorrência de *Fidicinoides pauliensis* Boulard & Martinelli, 1996 (Hemiptera: Cicadidae) em cafeeiro em Tapiratiba, SP. **Revista de Agricultura** 82:311-314.

Santos RS, Martinelli NM, Maccagnan DHB, Sanborn AF, e Ribeiro R (2010) Description of new cicada species associated with the coffee plant and an identification key for the species of *Fidicinoides* (Hemiptera: Cicadidae) from Brazil. **Zootaxa** 2602:48-56.

Schowalter TD (2011) **Insect ecology: an ecosystem approach**. London, UK: Academic Press.

Silveira neto S, Nakano O, Barbin D, Villa nova NA (1976) **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres, 419 p.

Snodgrass RE (1921) **The seventeen-year locust**. Smithsonian Report for 1919, 381-409.

Souza JC, Reis PR, Silva RA (2007) **Cigarras-do-cafeeiro em Minas Gerais: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. Belo Horizonte: EPAMIG, 48 p. (Boletim Técnico, 80).

Souza JC de, Reis PR, Silva RA, Toledo MA de, Marafelli P de P, Silveira EC da (2013) **Como controlar as cigarras que atacam o cafeeiro**. Belo Horizonte: EPAMIG, 4p. (EPAMIG. Circular Técnica, 183).

Stölting H, Moore, TE, and Lakes-Harlan R (2004) Acoustic communication in *Okanagana rimosa* (Say) (Homoptera: Cicadidae). **Zoology** 107:243-257.

Stucky BJ (2015) Infection behavior, life history, and host parasitism rates of *Emblemasoma erro* (Diptera: Sarcophagidae), an acoustically hunting parasitoid of the cicada *Tibicen dorsatus* (Hemiptera: Cicadidae). **Zoological Studies** 54:1-17.

Sueur J (2001) Audiospectrographical analysis of cicada sound production: a catalogue (Hemiptera: Cicadidae). **Deutsche Entomologische Zeitschrift** 48:33-51.

Summerville KS, and Crist TO (2001) Effects of experimental habitat fragmentation on patch use by butterflies and skippers (Lepidoptera). **Ecology** 82:1360-1370.

Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S (1986) **Seasonal adaptations of insects**. New York: Oxford University Press, 411p.

Tojo K, Machida, R (1998) Early embryonic development of the mayfly *Ephemera japonica* McLachlan (Insecta: Ephemeroptera, Ephemeridae). **Journal Morphology** 238:327-335.

Tron N, Lakes-Harlan R (2017) Phonotactic flight of the parasitoid fly *Emblemasoma auditrix* (Diptera: Sarcophagidae). **Journal of Comparative Physiology A** 203:45-56.

Usda. United States Department of Agriculture. **Pest alert**. Disponível em: <<https://www.fs.usda.gov/naspf/sites/default/files/publications/cicada.pdf>>. Acesso em 09 de ago. 2018.

White J, Strehl, CE (1978) Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. **Ecological Entomology** 3:323-327.

Wickman PO, Rutowski RL (1999) The Evolution of Mating Dispersion in Insects. **Oikos** 84:463-472.

Withers TM, and Harris MO (1996) Foraging for oviposition sites in the Hessian Fly: random and non-random aspects of movement. **Ecological Entomology** 21:382-395.

Wolda H (1988) Insect seasonality: why? *Annual Review of Ecology and Systematics* 19:1-18.

Zanuncio JC, Pereira FF, Zanuncio TV, Martinelli NM, Pinon TBM, Guimarães EM (2004) Occurrence of *Quesada gigas* on *Schizolobium amazonicum* trees in Maranhão and Pará States, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:943-945.

Zhu HH, He H, Wei C (2012) Oviposition and control of *Cryptotympana atrata* (Fabricius) in apple orchards of Weibei Region, Shaanxi, China. **Forest Pest and Disease** 31:8-12.

CAPÍTULO 2 - Desenvolvimento embrionário de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae)

Resumo - *Quesada gigas* é uma espécie de cigarra que ocorre no Brasil e se tornou praga em lavouras cafeeiras localizadas principalmente no sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais. As fêmeas adultas realizam postura endofítica em ramos secos das plantas de café e o período de incubação dos ovos nas cigarras é um dos processos mais substanciais na estratégia de seus ciclos de vida. O sucesso de sobrevivência pós-embrionária está totalmente direcionado para o tempo de incubação e fertilidade das fases embrionárias. Fatores abióticos como umidade e precipitação podem influenciar fortemente sobre o momento da eclosão de ninfas das cigarras, que pode fornecer subsídios para previsões da eclosão de ninfas de *Q. gigas* em campo. A determinação do período embrionário de *Q. gigas* foi realizada através de coletas de ramos secos, com posturas nos dias 05 e 06 do mês de novembro de 2014, e 23, 26 e 27 de outubro de 2015. As etapas do desenvolvimento embrionário foram visualizadas através de cortes semifinos, e analisadas por microscopia. Para os ramos coletados em 2014, o período embrionário de *Q. gigas* variou de 40 a 110 dias, sendo aos 75 dias após oviposições, o período em que houve maior eclosão ninfal. Para os ramos coletados em 2015, foi observado eclosões ninfais de 45 a 115 dias a partir das oviposições, sendo a maior quantidade de eclosão observada dos 60 aos 80 dias após oviposições. Em condições de campo, foram observadas em 2014/2015 eclosões ninfais de 42 a 81 dias após oviposições, e em 2015/2016, de 40 a 88 dias após oviposições, todas as eclosões foram observadas em dias de precipitação. Não houve eclosão de ninfas em nenhum dos tratamentos de ramos mantidos sem indução em água. As análises histológicas das etapas do desenvolvimento embrionário de *Q. gigas*, revelaram através de microscopia, a estrutura do córion e da membrana vitelina. Os processos de clivagem, formação da blastoderme e blastoquinense, também foram observados.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, cigarra-do-cafeeiro, embriogênese, fator abiótico.

Embryonic development of *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae)

Abstract - *Quesada gigas* is a species of cicada that occurs in Brazil which has become a pest in coffee plantations located mainly in the south and southwest of Minas Gerais State. Adult females perform endophytic posture in dry branches of coffee plants and the egg incubation period in cicadas is one of the most substantial processes in their life cycle strategy. Post-embryonic survival success is fully targeted to the incubation time and fertility of the embryonic stages. Abiotic factors such as humidity and precipitation can strongly influence the hatching time of cicada nymphs, which may provide subsidies to forecast this event in the field. The determination of *Q. gigas* embryonic period was performed through collections of dry branches with postures on days 05 and 06 of November 2014, and 23, 26 and 27 October 2015. The stages of embryonic development were observed through semithinned sections, and analyzed by microscopy. For the branches collected in 2014, the embryonic period of *Q. gigas* ranged from 40 to 110 days, and the period of higher nymphal hatching occurred at 75 days post-oviposition. For the branches collected in 2015, nymphal hatching were observed from 45 to 115 days post-oviposition, with a higher hatching rate observed from 60 to 80 days post-oviposition. In field conditions, nymphal hatching occurred at 42 to 81 days post-oviposition in 2014/2015; and at 40 to 88 days post-oviposition in 2015/2016, always in rainy days. Nymphal hatching never occurred in the treatments maintained without water induction. Histological analysis of development of *Q. gigas* embryonic stages in microscopy revealed the structure of chorion and vitelline membrane. The processes of cleavage, formation of blastoderm and blastokinese, could also be observed.

Keywords: *Coffea arabica*, cicada, embryogenesis, abiotic factor.

1. Introdução

As cigarras são insetos robustos comumente encontrados nos trópicos e subtropicais (Lawrence, 1995). Apresentam desenvolvimento hemimetabólico onde passam pelas fases de ovo, ninfa e adulto (Gullan e Cranston, 2014).

Dentre as espécies da família Cicadidae, *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) é considerada do ponto de vista econômico, uma das mais importantes do grupo e encontra-se amplamente distribuída no Continente Americano (Oliveira e Thomazzielo, 1991).

Esta espécie encontra-se associada a vários hospedeiros nativos (Martinelli e Zucchi, 1997). No Brasil *Q. gigas* apresenta grande importância econômica devido a sua adaptação no hospedeiro *Coffea arabica*, onde atingiu o *status* de praga em lavouras cafeeiras localizadas principalmente nas regiões sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais, tornando-se popularmente conhecida como cigarra-do-cafeeiro (Souza et al. , 2007).

Fêmeas adultas de cigarras, normalmente depositam seus ovos em ramos ou sob as cascas das plantas (Karban, 1997). As fêmeas de *Q. gigas* realizam postura endofítica em plantas de café e apresentam preferência para ovipositar na parte mais alta das plantas em ramos secos com média de 2,5 mm de diâmetro (Decaro Junior et al. , 2012).

O período de incubação dos ovos é um dos processos mais substanciais na estratégia do ciclo de vida das cigarras. O sucesso de sobrevivência pós-embrionária está totalmente direcionado para o período de incubação e fertilidade das fases embrionárias (Hunter e Elkinton, 2000). De fato o momento ideal para a eclosão das ninfas, é influenciado por condições ambientais externas, favoráveis para a sua sobrevivência. Esse processo também pode ser controlado por respostas fisiológicas do embrião (Danks, 1987; Hodek e Hodkova, 1988; Moriyama e Numata, 2006).

A alta umidade no ambiente devido à precipitações é um fator de grande importância e favorece, por exemplo, a eclosão de ninfas das espécies *Cryptotympana facialis* (Walker, 1858) (Hemiptera: Cicadidae) e *Graptopsaltria*

nigrofuscata (Motschulsky, 1866) (Hemiptera: Cicadidae) no Japão (Moriyama e Numata, 2010). Para *Q. gigas*, sabe-se que um fator que condiciona a eclosão de ninfas em condições controladas, é a imersão dos ramos de café com posturas em água por 3 minutos seguido de incubação em temperatura de 25 ± 1 °C, fotoperíodo de 14:10 (L:E) e umidade de 70% (Ribeiro, 2010).

Além dos fatores abióticos, em geral os insetos necessitam sincronizar os estádios de desenvolvimento com os recursos disponíveis para crescimento, desenvolvimento e reprodução, visando garantir sua sobrevivência (Tauber et al. , 1986). A eclosão tardia pode reduzir o tempo de desenvolvimento do inseto, acarretar em adultos menores e com condições adversas para sobrevivência (Ward, 1983; Banks e Thompson, 1985; Wall e Begon, 1987; Cherrill, 1987).

Após a eclosão, as ninfas de cigarras apresentam comportamento geotrópico positivo, sendo capazes de escavar e penetrar no solo a procura de raízes para iniciar a sucção de seiva do xilema no hospedeiro (Beamer, 1928; White e Strehl, 1978). A mortalidade ninfal nos primeiros ínstaes, pode ser extremamente elevada devido a diversos fatores bióticos e abióticos. As taxas de mortalidade de ninfas podem chegar a cerca de 95 e 98% como ocorre respectivamente para as espécies *Mogannia minuta* Matsumura, 1907 (Hemiptera: Cicadidae) no Japão e em cigarras periódicas do gênero *Magicicada* na América do Norte (Ito e Nagamine, 1981; Karban, 1997). O período embrionário nas cigarras, portanto, deve ser sincronizado principalmente com fatores abióticos favoráveis a sua sobrevivência, para que ocorra o sucesso do estabelecimento ninfal nas raízes de seus hospedeiros.

Para *Q. gigas*, ainda são escassas as informações sobre aspectos bioecológicos da espécie (Kubota, 2013), e até o momento não existem relatos na literatura, principalmente sobre informações relacionadas ao desenvolvimento embrionário. Andrade et al. (2017), observou que o início da maturação ovariana em fêmeas de *Q. gigas* ocorre cerca de 17 dias após a emergência, e as fêmeas a partir do 19º dia já apresentam oócitos corionados. No entanto, o tempo de incubação dos ovos após serem depositados pelas fêmeas ainda é desconhecido. Para espécies do gênero *Magicicada*, por exemplo, de ocorrência na América do Norte, que tem como um dos principais hospedeiros *Cornus drummondii* (dogwood), a duração do

período embrionário é de aproximadamente 6 a 10 semanas em condições naturais (Lloyd e Dybas, 1966; Williams e Simon, 1995).

O reconhecimento dos fatores associados à indução da eclosão ninfal de *Q. gigas* em laboratório é de grande importância prática, uma vez que o seu entendimento poderá fornecer subsídios para previsões a respeito de eclosões no campo, o que poderá indicar, por exemplo, um melhor plano de amostragem e a época mais adequada para o seu controle.

Os dados do presente estudo também poderão fornecer informações práticas para um possível estabelecimento de criação da espécie em condições mais controladas, visando à realização de futuros estudos sobre sua biologia. Desta forma, os objetivos desse estudo foram: *i)* Determinar o período embrionário de *Q. gigas* em condições de campo e em condições controladas *ii)* Analisar os estádios do desenvolvimento embrionário de *Q. gigas*.

2. Material e Métodos

2.1. Local e coleta dos ramos com posturas

As coletas de ramos secos com posturas em plantas de café foram realizadas durante os dias 05 e 06 do mês de novembro de 2014, e 23, 26 e 27 de outubro de 2015. Essas coletas foram realizadas em uma área de 97 ha de *Coffea arabica* L. pertencente à Fazenda São Judas Thadeu, localizada no município de São Sebastião do Paraíso - MG, Brasil (20°57'54.65"S; 47° 4'14.76"O).

No campo foi utilizado por cerca de 5 h diárias em um ponto fixo, uma armadilha sonora desenvolvido por Maccagnan (2008), usado para atração de adultos de *Q. gigas*. Após a atração, fêmeas normalmente são estimuladas a realizar oviposições. Dessa forma, foi possível observar o momento exato das oviposições (tempo 0h).

Após a oviposição foram coletados ramos de aproximadamente 15 cm de comprimento, totalizando 240 ramos em 2014, e 340 em 2015. Os ramos foram acondicionados em sacos de papel, e levados para o Laboratório de Biossistemática de Hemiptera do Departamento de Fitossanidade – Universidade Estadual

Paulista/Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal – SP (UNESP/FCAV).

2.2. Determinação do período embrionário e indução à eclosão de ninfas de *Quesada gigas*

Os ramos contendo as posturas coletados em 2014, foram divididos em dois experimentos, sendo o 1º em condições controladas, subdividido em dois tratamentos: a) 120 ramos divididos igualmente em número de 15, e colocados em oito recipientes (repetições) plásticos de 1L (17,4 x 12,8 x 5,7 cm) (Fig. 1A), que foram mantidos a $26 \pm 3^{\circ}\text{C}$, UR 70% e fotofase de 12h, para determinação do período e avaliação de induções em água, b) 60 ramos mantidos nas mesmas condições, sem indução em água.

Para o 2º experimento, 60 ramos foram divididos em grupos de dois e colocados dentro de saquinhos feitos com tecido *voil* (Fig. 1B). Posteriormente, os saquinhos contendo os ramos, foram separados em número de 15, e fixados com o auxílio de barbante, subdivididos em quatro plantas de café mantidas em condições de campo, em um telado coberto com tela tipo sombrite 60%, localizado no Departamento de Fitossanidade da UNESP/FCAV (21°14'24.40"S; 48°17'20.63"O). Posteriormente, foram realizadas avaliações diárias com o auxílio de lupa manual, para a observação da eclosão de ninfas. Associado as avaliações visuais diárias, também foram obtidos durante todo o período de realização do estudo, dados de precipitação diária provindos da Estação Agroclimatológica da UNESP/FCAV (21° 14' 05" S; 48° 17' 09" W). Esses dados foram relacionados com as eclosões ninfais de *Q. gigas* ocorridas durante o período de avaliação do experimento.

A partir da data inicial das posturas, os ramos do experimento 1 (tratamento a), foram submetidos à imersão em água por 3 minutos no 30º dia após realização das posturas, este procedimento foi realizado a cada cinco dias, até que não ocorresse mais nenhuma eclosão de ninfas, determinado assim o período embrionário. Foram realizadas induções dos ramos em água até os 140 dias após as oviposições, para confirmação que não houvesse mais eclosões de ninfas.



Figura 1. (A) Recipientes plásticos de 1L usados para alocar os ramos com posturas de *Quesada gigas*, para posterior indução em água em condições controladas. (B) Planta de café e ramos com posturas de *Q. gigas* cobertos com tecido *voil*, para observação da eclosão de ninfas em condições de campo.

Para os ramos com posturas coletados em 2015, foi repetido o mesmo procedimento dos ramos coletados em 2014. Sendo que inicialmente, os mesmos também foram divididos em dois experimentos, sendo o 1º em condições controladas, subdividido em dois tratamentos: a) 136 ramos divididos igualmente e colocados em oito recipientes plásticos de 1L (17,4 x 12,8 x 5,7 cm) (repetições), e mantidos a $26 \pm 3^\circ\text{C}$, UR 70% e fotofase de 12h, para determinação do período e avaliação de induções em água, b) 68 ramos mantidos nas mesmas condições, sem indução em água.

No 2º experimento, 136 ramos foram divididos em grupos de dois e colocados dentro de saquinhos feitos com tecido *voil*. Posteriormente, os mesmos foram separados em número de 15, e fixados com o auxílio de barbante, subdivididos em oito plantas de café, mantidas em condições de campo (igualmente ao experimento 2 conduzido em 2014). Após a instalação do experimento, foram realizadas avaliações diárias com o auxílio de lupa manual, para a observação da eclosão de ninfas, associado às precipitações ocorridas durante todo o período do estudo.

A partir da data inicial das posturas, os ramos do (tratamento a) também foram submetidos à imersão em água por 3 min no 30º dia após realização das

posturas, este procedimento foi realizado a cada cinco dias, até que não ocorresse mais nenhuma eclosão de ninfas. Igualmente ao experimento conduzido em 2014/2015, também foram realizadas induções dos ramos em água até os 140 dias, na certeza que não ocorresse mais nenhuma eclosão de ninfas.

2.3. Análise dos dados

Os dados do número médio de ninfas eclodidas obtidos em 2014 e 2015 em relação aos diferentes tempos de indução foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

2.4. Análise microscópica dos estádios do desenvolvimento embrionário de *Quesada gigas*

Para observação das fases do desenvolvimento embrionário de *Q. gigas*, verificou-se durante os dias 05 e 06 do mês de novembro de 2014, no campo, o momento exato das posturas em ramos secos das plantas de café. Após a observação das posturas, contabilizou-se no local um total de 45 ramos contendo posturas de *Q. gigas*, sendo que cinco desses ramos foram abertos no próprio local com auxílio de lâmina cortante para retirada dos ovos, que foram transferidos para tubos do tipo Eppendorf de 2 mL, contendo solução de Carnoy (etanol absoluto: clorofórmio: ácido acético na proporção de 6:3:1) para fixação e paralização do desenvolvimento embrionário.

Os demais 40 ramos coletados com posturas no tempo 0h, foram acondicionados em sacos de papel e levados para o laboratório. Os ramos coletados foram mantidos em condições controladas em câmaras climatizadas tipo BOD, a 25 C°, umidade relativa de 70% e fotofase de 12 horas. Os ramos armazenados em BOD foram seccionados a cada cinco dias, no período de 72 dias, para retirada e posterior fixação dos ovos em solução de “Carnoy”, sendo cada amostra composta por 10 ovos fixados na solução. As amostras foram mantidas em refrigerador a 4C° até sua utilização.

Para a realização das análises histológicas dos ovos e observação do desenvolvimento embrionário, as amostras foram levadas para o Laboratório de Histotecnologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - SP (FMRP).

Para preparação das amostras, os ovos foram retirados da solução fixadora, e desidratados em série gradual de álcoois a 70, 80, 90, 95, 100, 100 e 100 %, durante 15 min para cada amostra. Na sequência as amostras foram diafanizadas em três séries de xilol para purificação do material e posterior inclusão em parafina.

Após a inclusão do material, os mesmos foram submetidos a cortes de 4 µm de espessura com o auxílio de micrótomo (MR 2258 Histo Line) que foram distribuídos em lâminas histológicas. Após a montagem, as lâminas foram coradas com azul de toluidina em pH 4. Posteriormente, as amostras foram preparadas e observadas em microscópio Zeiss modelo "Axio Imager A2", para descrição dos estádios do desenvolvimento embrionário de *Q. gigas*.

3. Resultados

3.1. Determinação do período embrionário e indução à eclosão de ninfas de *Quesada gigas* em condições controladas

Para os ramos coletados em 2014, observou-se a eclosão de ninfas em condições de laboratório, após 40 dias a partir da data inicial das oviposições, ou seja, a partir da segunda data de indução dos ramos com posturas na água. As eclosões geralmente se iniciavam cerca de 3 h após cada indução. Foram ocorrendo eclosões sucessivas ao longo dos dias de indução. O período embrionário de *Q. gigas* variou de 40 a 115 dias (Fig. 2).

No total, eclodiram 1.276 ninfas oriundas dos tratamentos com indução em água. Não houve eclosão de ninfas nos ramos mantidos no laboratório sem indução em água.

O período em que houve maior eclosão de ninfas após a indução em água foi aos 75 dias após a oviposição, com número médio de 32,00 ninfas eclodidas. Nas induções realizadas aos 40, 45, 50, 70, 80 e 85 dias, observou-se que não houve diferença estatística no número médio de ninfas eclodidas.

Após a indução realizada aos 50 dias após oviposições, observou-se um declínio significativo no número médio de ninfas eclodidas, que volta a ter uma tendência progressiva a partir dos 70 dias. Os menores números médios de ninfas eclodidas foram observados nas induções realizadas aos 55, 60, 65, 90, 95, 100, 105 e 110 dias após oviposições.

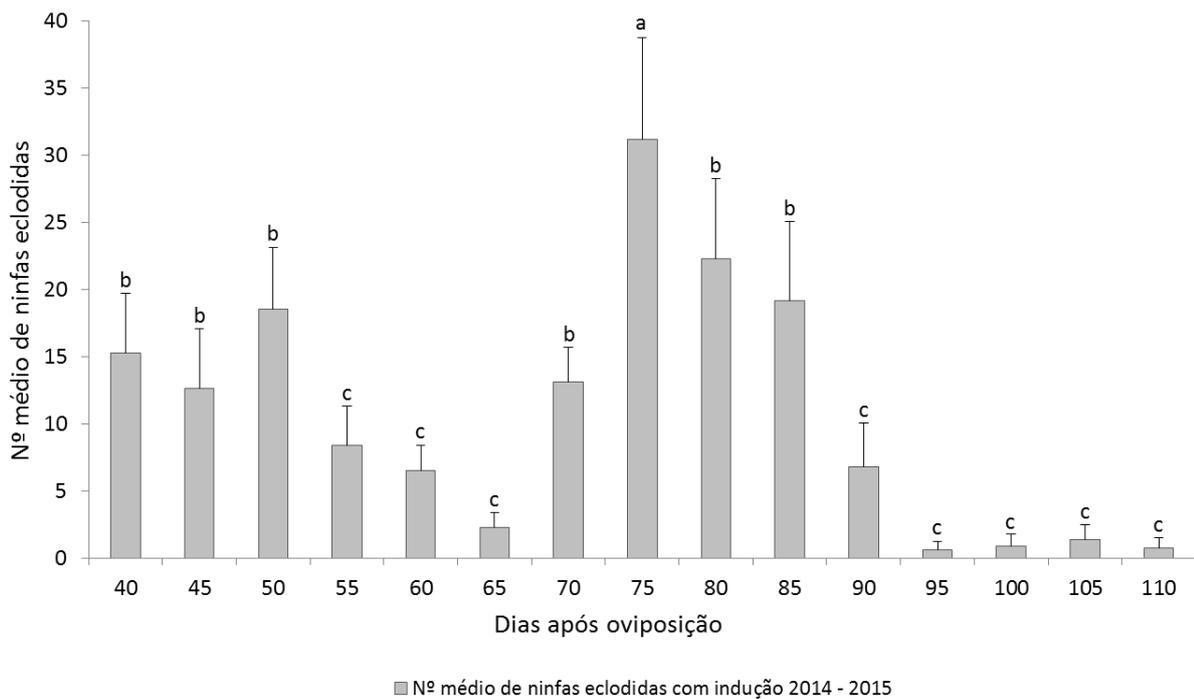


Figura 2. Número médio de ninfas de *Quesada gigas* eclodidas em 2014/2015, ao longo dos dias após oviposição e indução em água. As letras iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância. Barra = Erro padrão da média.

Para os ramos coletados em 2015, observou-se nas condições de laboratório a eclosão de ninfas após 45 dias das oviposições. O início das eclosões também foi observado após cerca de 3h depois de cada indução. Ocorreram eclosões de 45 a 115 dias a partir das oviposições (Fig. 3).

No total, eclodiram 1.814 ninfas oriundas dos tratamentos com indução em água. Para o tratamento sem a indução dos ramos com posturas em água, não houve eclosão de ninfas.

O período em que houve maior eclosão de ninfas após a indução em água foi de 60 a 80 dias após as posturas, seguido por 70 e 75 dias. Nas induções realizadas aos 50, 55, 85, 90, 95 e 100 dias após as posturas, observou-se que não houve

diferenças significativas no número médio de ninfas eclodidas. O mesmo ocorre para as induções realizadas aos 45, 105, 110 e 115 e 100 dias, onde foi observado o menor número médio de ninfas eclodidas.

A partir da análise de regressão, a curva polinomial de tendência, mostra a flutuação dos dados a partir do tempo inicial de eclosão média de ninfas, até o tempo final das eclosões. A curva também mostra um pico de eclosão média de ninfas dos 60 aos 80 dias após oviposições.

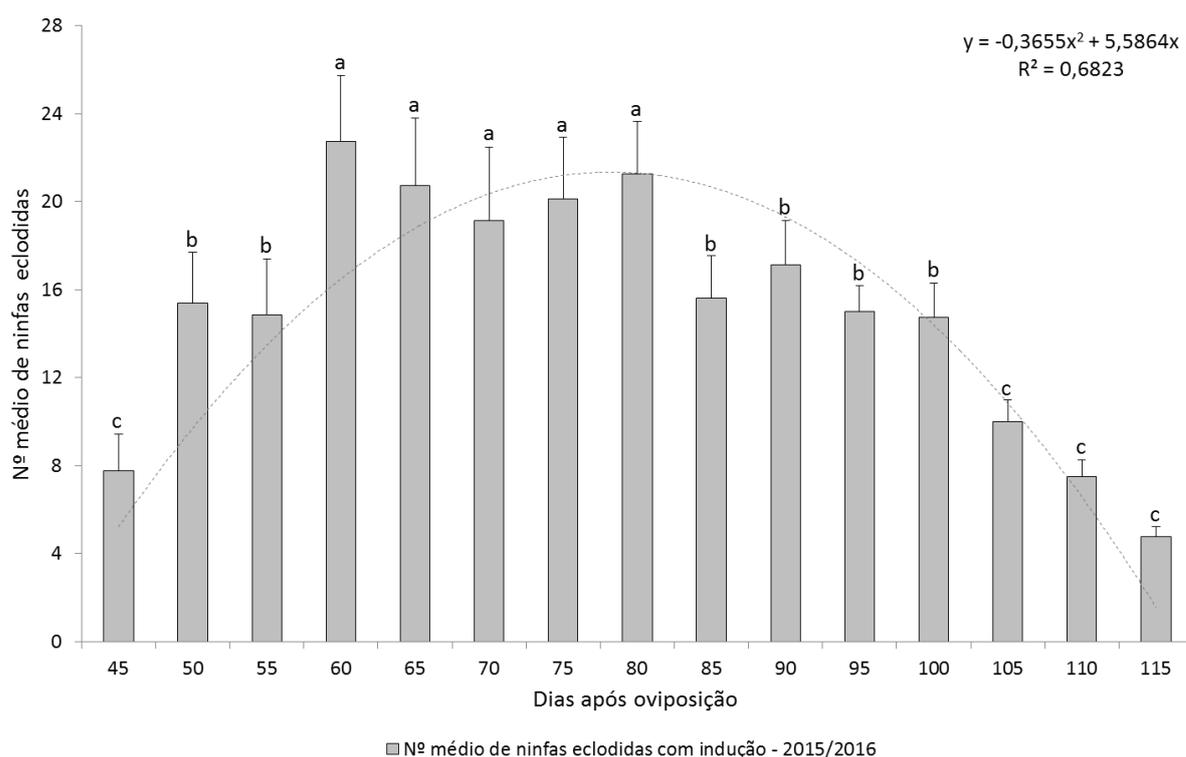


Figura 3. Número médio de ninfas de *Quesada gigas* eclodidas em 2015/2016, nos diferentes tempos/dias de indução em água. As letras iguais, não diferem pelo método de Scott & Knott a 5% de significância. A linha de tendência tracejada mostra uma curva polinomial obtida através de análise de regressão. Barra = Erro padrão da média.

3.2. Determinação do período embrionário em condições de campo

A partir dos ramos com posturas coletados em 2014 e mantidos em condições naturais, foi observada o início da eclosão de ninfas aos 42 dias a partir das oviposições, seguindo até aos 81 dias (Fig. 4). O maior número de ninfas foi

observado aos 77 dias após oviposições, mostrando relação semelhante aos ramos mantidos em condições controladas, onde maiores números de ninfas também eclodiram em períodos próximos.

Foi observada a eclosão de ninfas apenas nos dias em que houve precipitação, independentemente do volume (mm), nos demais dias sem precipitação não houve eclosão de ninfas. A menor quantidade de ninfas eclodidas foi observada aos 42 dias após oviposições. No total, eclodiram 145 ninfas ao longo do experimento.

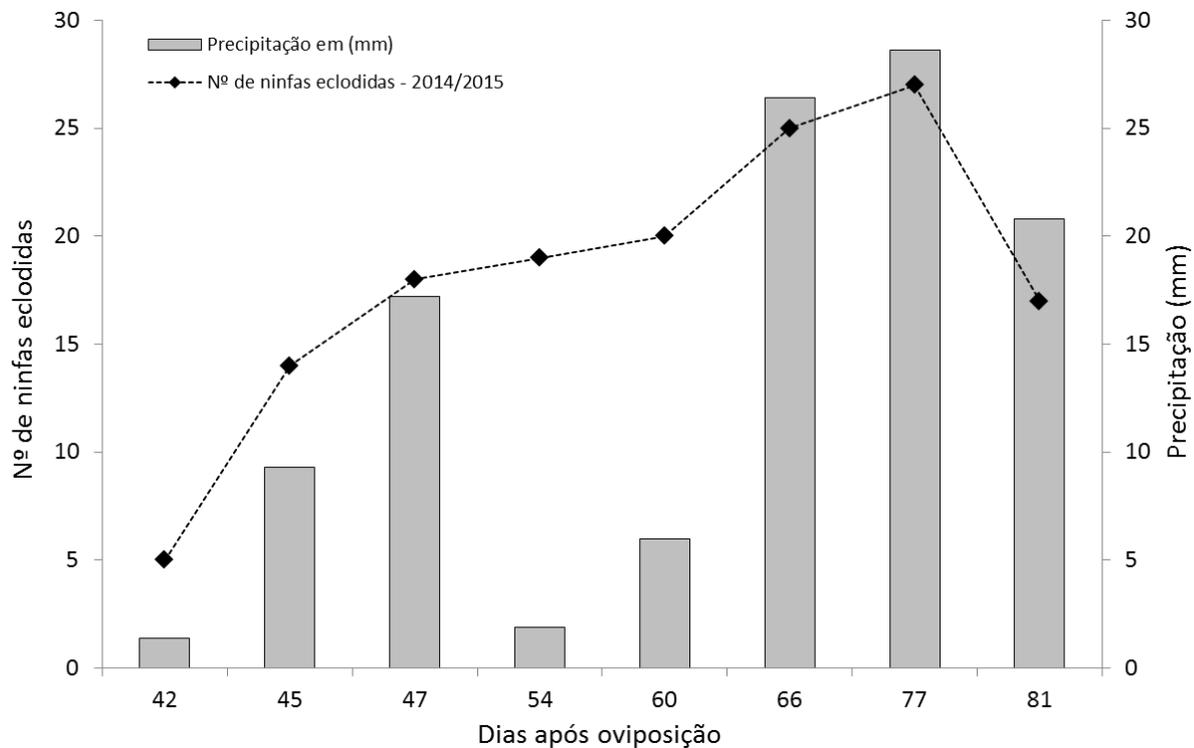


Figura 4. Número de ninfas de *Quesada gigas* eclodidas, e precipitações em milímetros (mm), ocorridas em condições de campo em 2014/2015.

Para os ramos com posturas coletados em 2015, observou-se a eclosão de ninfas em condições naturais, a partir dos 40 dias, seguindo até aos 88 dias após oviposições (Fig. 5). Observou-se um aumento gradativo na eclosão de ninfa após os 40 dias após oviposições, atingindo o pico de eclosão aos 63 dias após oviposições, onde foi observado o maior número de ninfas eclodidas.

A partir dos 63 dias após oviposições, verificou-se uma diminuição no número de ninfas eclodidas, sendo a menor quantidade de ninfas eclodidas, observada aos 88 dias após oviposições. Igualmente ao experimento conduzido no ano anterior (2014), é verificada a eclosão ninfal, apenas em dias que houve precipitação, independente do volume. Houve também relação semelhante no período de maior eclosão de ninfas, quando comparado com os ramos com posturas (0h), induzidos em água para eclosão ninfal em condições de laboratório. No total, eclodiram 201 ninfas ao longo do experimento.

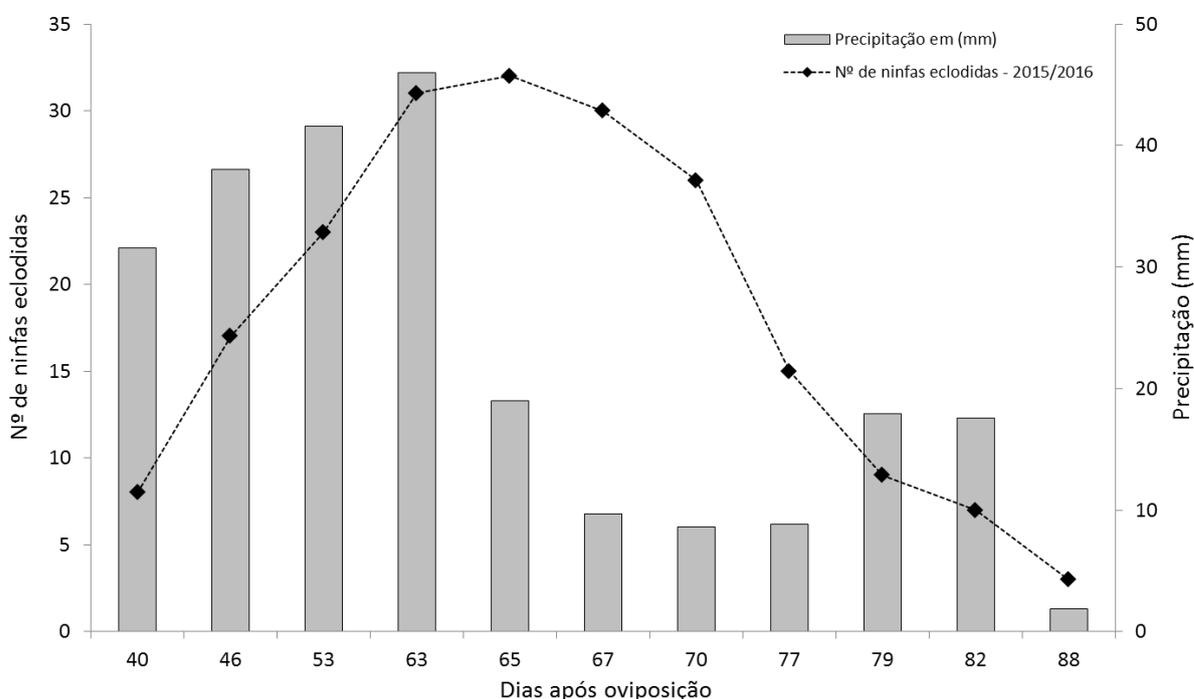


Figura 5. Número de ninfas de *Quesada gigas* eclodidas, e precipitações em milímetros (mm), ocorridas em condições de campo em 2015/2016.

3.3. Análise microscópica dos estádios do desenvolvimento embrionário de *Quesada gigas*

Cortes semifinos revelaram que os ovos de *Q. gigas*, a 0 h de intervalo, mostraram-se como uma gema homogeneamente distribuída por todo o citoplasma, delimitada pela membrana vitelina. É possível observar o córion do embrião,

formado por células foliculares, que apresenta duas camadas: o exocóron coberto por uma camada mucosa e o endocóron, uma camada interna, e mais fina. Foi observado sob o córon e membrana vitelina, células enérgidas provindas do processo de clivagem, que consistem na divisão mitótica do zigoto, que irão formar a blastoderme, uma camada de células que darão origem ao futuro embrião (Fig. 6A).

Após cinco dias da oviposição, foi possível observar aparentemente o processo de blastoderme, formado por células enérgidas que migram para as extremidades do ovo, onde continuam a se dividir mitoticamente. Além do processo de blastoderme, é possível observar ainda grande quantidade de gema, e possivelmente o início da gastrulação no centro ovo (Fig. 6B).

Aos dez dias após a oviposição, constatou-se o embrião no início da fase de diferenciação, e supostamente a formação inicial do intestino. Ainda no centro do ovo verifica-se grande quantidade de gema, e algumas células, que provavelmente contribuirão para a formação de outras estruturas do embrião (Fig. 6C).

Aos quinze dias após a oviposição, é possível observar o desenvolvimento do embrião após o fechamento dorsal, e o processo de blastoquinense, que consiste em movimentos celulares que ocorrem dentro da gema. Esses movimentos, geralmente são muito mais acentuados e perceptíveis em insetos hemimetabólicos (Klowden, 2013). Observou-se ainda grande quantidade de gema, e uma estrutura celular já bastante consistente que tende a formar a segmentação do embrião (Fig. 6D).

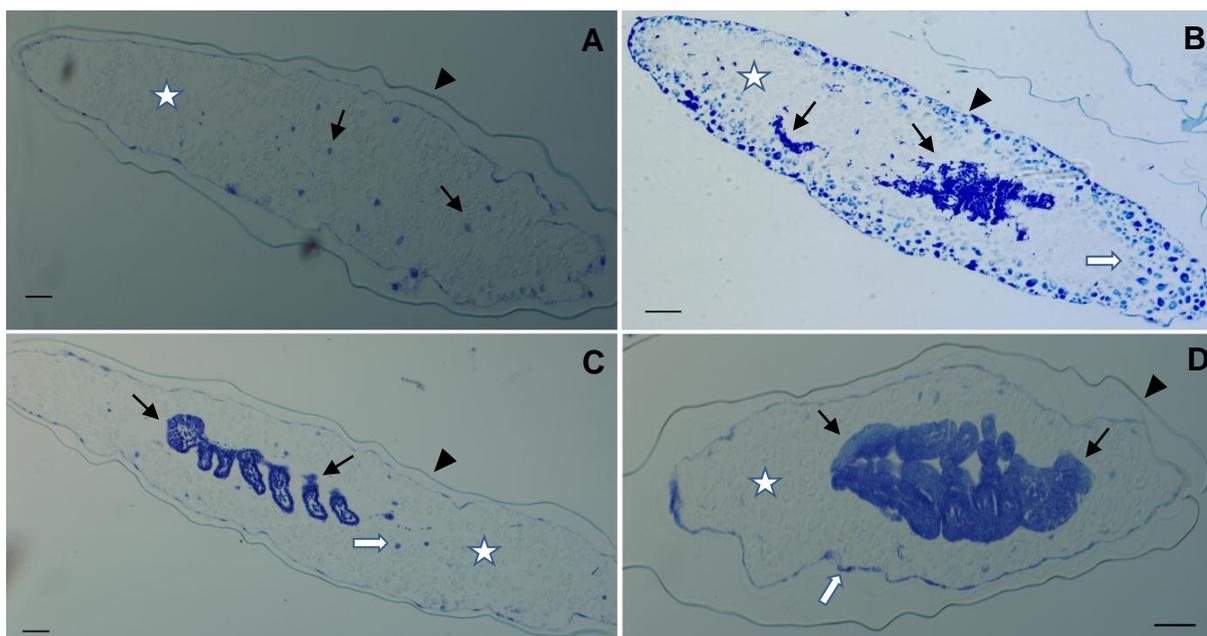


Figura 6. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 0, 5, 10, e 15 dias após oviposição. (A) Ovo recém-colocado mostrando uma gema homogeneamente distribuída, que consiste de grânulos de diferentes intensidades (estrela) e enérgidas (setas fechadas), também observa-se nitidamente o córion (ponta de seta). (B) Ovo aos cinco dias após oviposição mostrando aparentemente o processo de blastodeme (seta aberta), suposto início da gastrulação (setas fechadas), córion (ponta de seta), e gema (estrela). (C) Ovo aos dez dias após oviposição, mostrando o suposto início da formação do intestino (setas fechadas), células de vitelófago (seta aberta), córion (ponta de seta), e gema (estrela). (D) Ovo aos 15 dias após oviposição, nota-se o embrião em desenvolvimento após o processo de blastoquinese e o fechamento dorsal (setas fechadas), observa-se também a membrana vitelina (seta aberta), a gema (estrela), e o córion (ponta de seta). Barras de escala= 200 μ m.

Aos vinte dias após a oviposição, é possível observar o embrião ocupando grande parte do ovo, e o processo inicial de segmentação, com algumas regiões já definidas. Ainda é observado, grande volume de gema ao redor do embrião, delimitada pela membrana vitelina (Fig. 7A).

Após vinte e cinco dias da oviposição, notou-se que o embrião tem se diferenciado e alongado, ocupando grande parte do volume do ovo, apresentando uma segmentação já bastante definida. Sendo possível observar o início da

formação da região cefálica, torácica e abdominal, e formação inicial de apêndices como as pernas, e também os olhos compostos. Observa-se ainda uma porção de gema (Fig. 7B).

Aos trinta dias após a oviposição, observou-se o embrião um pouco mais robusto que ao período anterior, ocupando um espaço ainda maior, do volume do ovo. Observou-se também, os apêndices como pernas anteriores, medianas e posteriores, um pouco mais desenvolvidos, e segmentação bem definida (Fig. 7C).

Após trinta e cinco dias da oviposição, observou-se o desenvolvimento embrionário em estágio avançado de desenvolvimento, mostrando segmentação definida e estruturas e apêndices como as pernas e aparelho bucal, em processo adiantado de desenvolvimento. O embrião nesse estágio ocupa boa parte do volume do ovo, observando facilmente suas distintas regiões, como cabeça, protórax, mesotórax, metatórax e abdome. Nessa etapa a gema ainda ocupa parte do ovo (Fig. 7D).

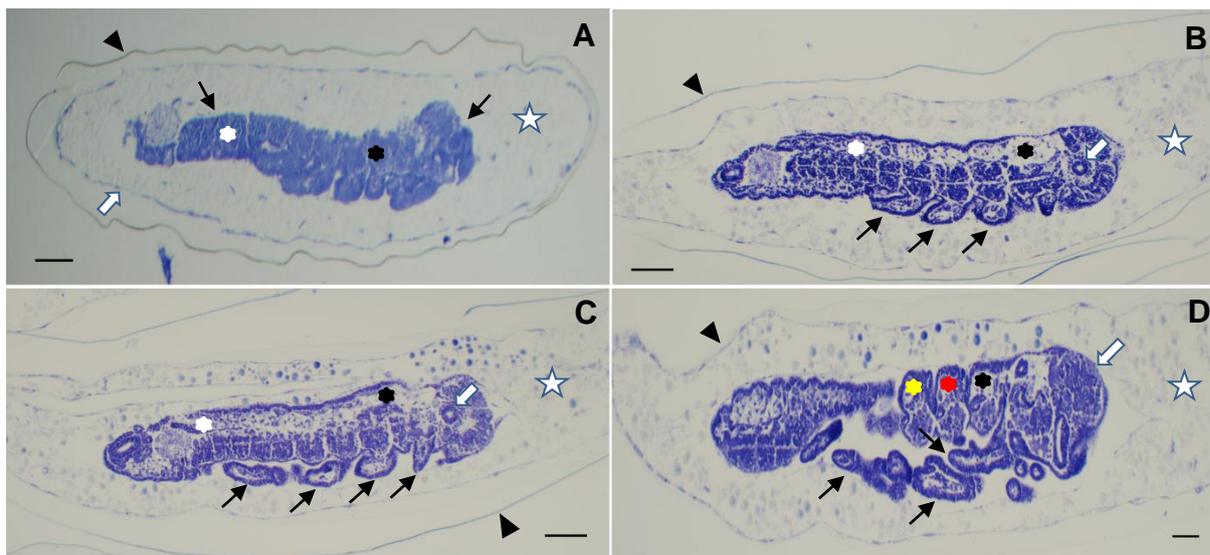


Figura 7. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 20, 25, 30, e 35 dias após oviposição. (A) Ovo aos vinte dias após oviposição mostrando o embrião ocupando grande parte do ovo, nota-se a formação inicial da segmentação das diferentes regiões do embrião (setas fechadas e asteriscos) observa-se a membrana vitelina (seta aberta), a gema (estrela), e o córion (ponta de seta). (B) Ovo aos vinte e cinco dias após a oviposição, nota-se o embrião em amplo desenvolvimento, sendo possível observar regiões distintas, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região cefálica e olhos compostos (seta aberta), formação inicial das pernas anteriores, medianas e posteriores (setas fechadas), córion (ponta de seta), e a gema (estrela). (C) Ovo aos trinta dias após oviposição, embrião ocupando grande parte do ovo, regiões distintas visíveis, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região da cabeça e olhos compostos (seta aberta), formação das pernas anteriores, medianas e posteriores (setas fechadas), córion (ponta de seta), e a gema (estrela). (D) Ovo aos trinta e cinco dias após a oviposição, nota-se o embrião em estágio um pouco mais adiantado, mostrando nitidamente as diferentes regiões, abdome (asterisco branco), protórax (asterisco preto), mesotórax (asterisco vermelho), e metatórax (asterisco amarelo), observa-se ainda a região cefálica (seta aberta), formação do estilete, das pernas fossoriais anteriores, e das pernas medianas e posteriores (setas fechadas), observa-se também a membrana vitelina (ponta de seta), e a gema (estrela). Barras de escala= 200 μ m.

O desenvolvimento embrionário observado após quarenta dias da oviposição, já mostra o embrião ocupando quase todo o volume do ovo, mostrando maior desenvolvimento que as etapas anteriores. Observam-se os olhos compostos bem desenvolvidos, e regiões como o tórax e o abdome bem definidas, além do periplasma. A presença de gema não foi observada nessa etapa (Fig. 8A).

Após quarenta e cinco dias da oviposição, notou-se o embrião com segmentação mais consistente, ocupando praticamente todo o volume do ovo, com regiões bem distintas. Algumas estruturas como estilete, já aparecem mais visíveis e também os olhos compostos. Outros apêndices como pernas, não ficaram bem definidos na imagem, mostrando apenas alguns fragmentos de estruturas celulares. Observou-se também o periplasma, e ausência de gema (Fig. 8B).

Ao decorrer dos cinquenta dias após a oviposição, o embrião se mostra ocupando todo o volume do ovo, com desenvolvimento considerado praticamente completo. A segmentação é facilmente definida, mostrando a região cefálica, torácica e abdominal. Apêndices como pernas anteriores já estão bem visíveis, além, do clipeo, pós-clipeo e os olhos compostos (Fig. 8C).

O desenvolvimento embrionário por completo, foi observado aos cinquenta e cinco dias após a oviposição, onde o embrião mostra-se ocupando todo o volume do ovo, com suas estruturas e apêndices já desenvolvidos, com aspecto e coloração celular mais consistente que as etapas anteriores. A distinção entre as regiões do corpo do embrião são mais visíveis (Fig. 8D). Nessa etapa, o embrião tem condições de passar para a fase pós-embrionária, porém necessita de estímulos abióticos, nesse caso a umidade, fato que corrobora com os resultados obtidos no experimento de avaliação do período embrionário (item 3.1), que mostra que a eclosão das ninfas de *Q. gigas*, é um processo que ocorre de forma gradativa na presença do estímulo, e a partir dos 40 dias após postura.

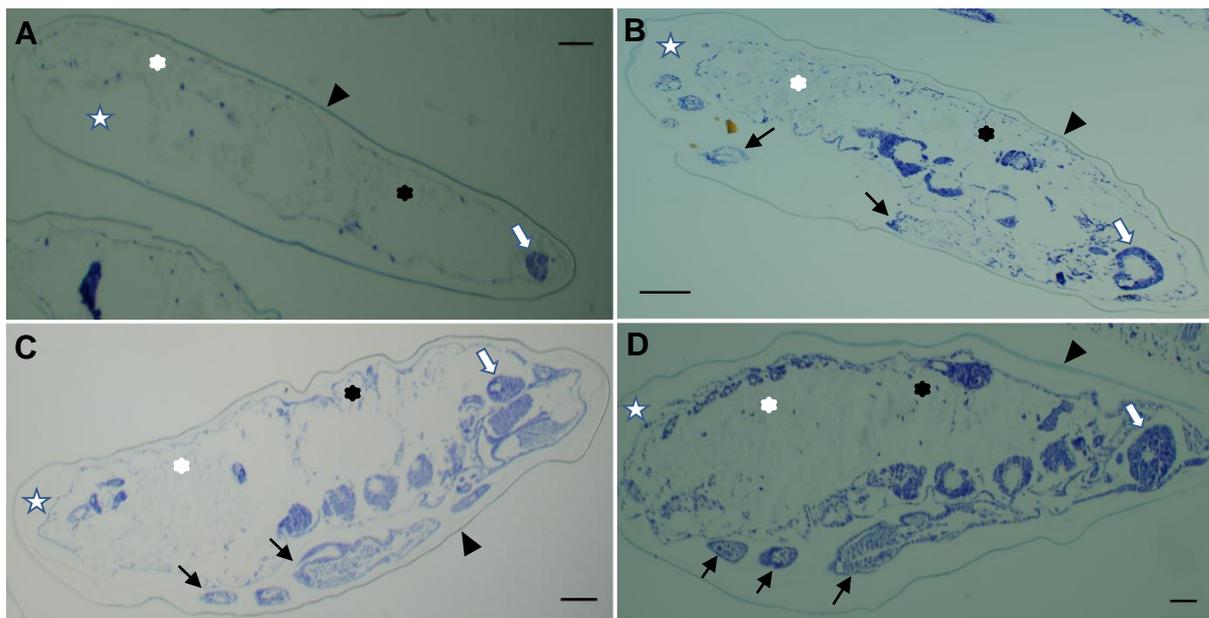


Figura 8. Ovos de *Quesada gigas* em intervalos de tempo de 40, 45, 50, e 55 dias após oviposição. (A) Ovo aos quarenta dias após a oviposição mostrando o embrião em adiantado estágio de desenvolvimento, ocupando quase todo o volume do ovo, observa-se as diferentes regiões do embrião, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), córion (ponta de seta), e periplasma (estrela). (B) Ovo aos quarenta e cinco dias após a oviposição mostrando segmentação do embrião bem visível, com estrutura celular mais consistente, observa-se a região torácica (asterisco preto), região abdominal (asterisco branco), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também estrutura celular do estilete e fragmentos celulares de apêndices com as pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). (C) Ovo aos cinquenta dias após a oviposição mostrando o desenvolvimento quase completo do embrião, ocupando quase todo o volume do ovo, com estrutura celular bem desenvolvida, observa-se as diferentes regiões do embrião, abdome (asterisco branco), tórax (asterisco preto), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também estrutura celular das pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). (D) Ovo aos cinquenta e cinco dias após a oviposição mostrando o embrião totalmente desenvolvido, ocupando todo o volume do ovo, com segmentação facilmente visível, observa-se a região torácica (asterisco preto), região abdominal (asterisco branco), região cefálica com olhos compostos bem desenvolvidos (seta aberta), e também

estrutura celular do estilete e pernas (setas fechadas), além do periplasma (estrela) e córion (ponta de seta). Barras de escala= 200 μm .

4. Discussão

Estudos anteriores tem mostrado a importância da sincronia fenológica do hospedeiro, relacionada a fatores abióticos, em relação ao tempo do desenvolvimento embrionário e a eclosão de ninfas de cigarras de primeiro estágio (Stenseth e Mysterud, 2002; Visser e Both, 2005; Moriyama e Numata, 2011). As observações feitas em duas épocas distintas indicam que para que ocorra a eclosão ninfal de *Q. gigas* tanto em condições controladas como nas condições de campo, o contato dos ovos com a água é indispensável. Foi observado que não houve eclosão ninfal de *Q. gigas*, em ramos que não foram induzidos por água no laboratório, bem como aqueles mantidos em condições campo que não sincronizaram com chuvas ocorridas durante o período de estudo. Moriyama e Numata (2011), também verificaram que para que ocorra uma incubação bem sucedida, a conclusão do desenvolvimento embrionário da cigarra *C. facialis*, deve ser programada para coincidir com uma estação de chuva frequente, mesmo que o tempo do desenvolvimento embrionário tenha que ser reduzido ou prolongado. Este fato mostra que a embriogênese em *Q. gigas* é fortemente induzida pela sincronia com os períodos chuvosos que vão de setembro a março (Inmet, 2017), nas regiões cafeeiras de maior abundância dessa espécie de cigarra.

A eclosão ninfal em *Q. gigas*, pode ser influenciada não somente pelas precipitações em si, mais também pela presença de um ambiente altamente úmido como observado por Moriyama e Numata (2006), para a espécie *C. facialis*, onde ninfas recém-eclodidas apresentaram taxas mais elevadas de sobrevivência em dias de precipitação ou nublados, quando comparado aos dias ensolarados. Estudos futuros podem ser conduzidos em laboratório para verificar a influência de alta umidade na eclosão e sobrevivência de ninfas de *Q. gigas*, em ramos com posturas sem a indução direta em água.

A disponibilidade de um solo úmido, adequado para que as ninfas logo após a eclosão consigam escavar facilmente até alcançarem uma raiz adequada, é

extremamente importante para o sucesso do seu desenvolvimento (Beamer, 1928; Myers, 1929), uma vez que as ninfas de primeiro estágio precisam ser extremamente ágeis nesse processo, devido aos riscos eminentes encontrados no solo antes delas penetrarem, como predação por formigas e dissecação oriunda da luz solar (Karban, 1997; Moriyama e Numata, 2006).

A eclosão ninfal de *Q. gigas*, parece não ser sincronizada para ocorrer em único momento, e sim sucessivamente ao longo de um período, apesar de todos os ramos com posturas, terem sido coletados em curto espaço de tempo, e a embriogênese de *Q. gigas* ter se mostrado completa aos 40 dias. A necessidade que muitos insetos apresentam de sincronizar os estádios de desenvolvimento com os recursos disponíveis para crescimento, desenvolvimento e reprodução, garantindo a sua sobrevivência, pode ser totalmente influenciado pelo momento da eclosão (Tauber et al. , 1986).

A eclosão gradativa de ninfas verificada nesse estudo pode ser uma estratégia interessante apresentada por *Q. gigas* para que ocorram maiores chances de sobrevivência ninfal no ambiente, tendo em vista que as posturas coletadas foram de diferentes fêmeas, e muitos são os fatores como exemplo os nutritivos, provindos da fêmea adulta que poderão atuar de forma positiva ou negativa no desenvolvimento do embrião (Chapman, 2013).

Além de fatores nutricionais da fêmea adulta que poderão atuar no tempo de desenvolvimento do embrião, distúrbios ambientais desfavoráveis no momento da eclosão, poderão causar alta taxa de mortalidade ninfal (98%), como observado em cigarras periódicas (Karban, 1984). Dessa forma, muitos insetos de hábito subterrâneo normalmente possuem adaptações de sobrevivência como a seleção de seu hábitat, de modo a perceberem alterações em fatores abióticos como a temperatura e a umidade, e conseguir escapar de regiões desfavoráveis pelo movimento no solo (Villani e Wright, 1990).

As mudanças no padrão de precipitação, na disponibilidade de água, e na umidade relativa do ar, são consideradas importantes por diversos autores, devido aos efeitos que podem causar nos insetos, seja pela falta ou pelo excesso (Wolda, 1988; Tauber et al. , 1998; Todd et al. , 2002; Branson, 2008; Benoit, 2010). Portanto a capacidade de resposta na percepção de estímulos de mudanças climáticas

repentinas, certamente atuam na eclosão de ninfas em diferentes espécies de cigarras, incluindo *Q. gigas*.

Um dos fatores mais importantes e certamente o principal responsável pela eclosão ninfal em *Q. gigas*, é o contato do embrião com água. É interessante observar através dos resultados obtidos neste estudo, que a quantidade em volume de chuva na eclosão ninfal de *Q. gigas* em condições naturais parece não ter tanta importância nesse processo, e sim a presença ou ausência deste estímulo abiótico.

A embriogênese em cigarras parece ser totalmente influenciada por condições ambientais, que poderão antecipar ou atrasar o tempo de desenvolvimento do embrião. O tempo inicial de 40 dias demonstrado nesse estudo, para que o desenvolvimento embrionário em *Q. gigas* seja completado, pode ser considerado efêmero, quando comparado, por exemplo, com as espécies *C. facialis* e *G. nigrofuscata*, que o tempo de desenvolvimento do embrião é em torno de 10 a 12 meses, dependendo de algumas condições ambientais (Moriyama e Numata, 2008). O mesmo ocorre para a espécie *Kikihia ochrina* (Walker, 1858) (Hemiptera: Cicadidae), em que o desenvolvimento embrionário dura de 7 a 11 meses (Logan, 2006). Para espécies de cigarras periódicas o período embrionário é em torno de 6 a 10 semanas (Williams e Simon, 1995), semelhante ao observado para *Q. gigas*.

Além da determinação do período embrionário, foi determinado no presente estudo, que a indução de ramos com posturas em água em condições controladas a partir do 30º dia após a realização de oviposições no campo, pode favorecer com mais precisão, a obtenção de um número significativo de ninfas de primeiro estágio, que conseqüentemente poderá auxiliar pesquisas futuras que visem o estabelecimento de criações de populações de *Q. gigas* em condições de semi-campo por exemplo.

As análises microscópicas das etapas do desenvolvimento embrionário de *Q. gigas*, mostraram semelhanças estruturais às descritas na literatura (Jarjees e Merritt, 2004; Hakim et al. , 2010; Chapman, 2013). O córion é formado inteiramente por células foliculares, apresentando duas camadas: o exocóron coberto por uma camada mucosa e o endocóron, uma camada interna e mais fina (Cônsoi et al. , 1999; Correia et al. , 2013; Chapman, 2013). A membrana vitelina observada ao redor do embrião é uma consequência da substituição de uma membrana muito

espessa por uma camada fina, durante o desenvolvimento embrionário (Cônsoi et al. , 1999; Correia et al. , 2013).

O processo de clivagem, no qual as células do zigoto se dividem mitoticamente, a gastrulação, e a formação da blastoderme que consiste em uma camada de células formadas no período de ativação dos ovos dos insetos e geralmente da origem no desenvolvimento pós-embrionário a todas as células do corpo, também puderam ser observados (Tojo e Machida, 1998). Outro processo importante, que também pôde ser observado durante o desenvolvimento do embrião, foi o processo de blastoquinese, que é formado por movimentos celulares que ocorrem dentro da gema, no qual se constatou o embrião no início da fase de diferenciação, e formação inicial do intestino, uma das primeiras estrutura a se formar durante a embriogênese da maioria dos insetos (Tojo e Machida, 1998; Chapman, 2013). Associada a todos os processos observados, a gema presente na região central do ovo, fornece nutrição para o embrião durante seu desenvolvimento até a eclosão (Tojo e Machida, 1998).

Este estudo apresenta grande relevância, pela determinação do tempo de desenvolvimento embrionário de *Q. gigas* em condições controladas e de campo, e por mostrar a influência da água como fator abiótico imprescindível para o processo de eclosão ninfal. Os resultados alcançados sobre a determinação do período embrionário de *Q. gigas* nas condições testadas poderão auxiliar os cafeicultores, na obtenção de uma estimativa mais precisa sobre a previsão de eclosão de ninfas no campo, que conseqüentemente poderá favorecer melhores métodos de amostragem e controle desta praga.

Os aspectos morfológicos embrionários de *Q. gigas*, puderam ser observados e distinguidos através do método aplicado, que revelou através de cortes semifinos, algumas das principais estruturas e atividades embrionárias durante o processo de embriogênese da cigarra-do-cafeeiro.

5. Referências

Andrade SC, Martinelli NM, Rossi GD, Andrade DJ (2017) Giant Cicada Emergence, Protandry and Chorus Centers Formation as Revealed by Studies Using a Sound Trap. **Journal of Insect Behavior** 30:300-307.

Banks MJ, Thompson DJ (1985) Lifetime mating success in the damselfly *Coenagrion puella*. **Animal Behaviour** 33:1175-1183.

Beamer RH (1928) Studies on the biology of Kansas Cicadidae: **University of Kansas Science Bulletin** 18:155-263.

Benoit JB (2010) Water management by dormant insects: comparisons between dehydration resistance during summer aestivation and winter diapause. In: Navas CA, Carvalho JE. (Ed.). **Progress in Molecular and Subcellular Biology: Aestivation: Molecular and Physiological Aspects**, 49: 209-229.

Branson D (2008) Influence of a large late summer precipitation event on food limitation and grasshopper population dynamics in a Northern Plains grasshopper. **Environmental Entomology** 37: 686-695.

Chapman RF (2013) **The insects: Structure and function**. 5th edition. Cambridge Univ. Press, Cambridge P. 929.

Cherrill AJ (1987) **The development and survival of the eggs and early instars of the grasshopper *Chorthippus brunneus* (Thunberg) in North West England**. Thesis – University of Liverpool, Liverpool.

Cônsoli FL, Kitajima EW, Parra JRP (1999) Ultrastructure of the natural and factitious host eggs of *Trichogramma galloi* Zucchi and *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **International Journal of Insect Morphology and Embryology** 28:211-231.

Correia AA, Teixeira VW, Teixeira AC, Oliveira JV, Gonçalves GA, Cavalcanti GS, Brayner FA, Alves LC (2013) Microscopic Analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Embryonic Development Before and After Treatment with Azadirachtin, Lufenuron, and Deltamethrin. **Journal economic entomology** 106:747-755.

Danks HV (1987) Insect Dormancy: An Ecological Perspective. **Biological Survey of Canada**, Ottawa.

Decaro junior ST, Martinelli NM, Maccagnan DHB, Ribeiro ESDBP (2012) Oviposition of *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) in coffee plants. **Revista Colombiana de Entomologia** 38:1-5.

Gullan PJ, e Cranston, PS. **Insects: An Outline of Entomology, 5th edition**. Wiley-Blackwell, 624 pp. 2014. Purchase from Wiley: USA, UK & Europe, Australia.

Hakim RS, Baldwin, K, Smagghe, G (2010) Regulation of midgut growth, development, and metamorphosis. **Annual Review of Entomology** 55:593-608.

Hodek I, Hodkova´ M (1988) Multiple role of temperature during insect diapause: a review. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 49:153-165.

Hunter AF, Elkinton, JS (2000) Effects of synchrony with host plant on populations of a spring-feeding lepidopteran. **Ecology** 81:1248-1261.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/2017/OUTUBRO/Nota_tecnica_CED_EC_04_17.pdf>.

Itô Y, Nagamine M (1981) Why a cicada, *Mogannia minuta* Matsumura, became a pest of sugarcane: an hypothesis based on the theory of "escape". **Ecological Entomology** 6:273-283.

Jarjees EA, Merritt DJ (2004) The effect of parasitization by *Trichogramma australicum* on *Helicoverpa armigera* host eggs and embryos. **Journal of Invertebrate Pathology** 85:1-8.

Karban R (1997) Evolution of prolonged development: a life table analysis for periodical cicadas. **The American Naturalist** 150:446-461.

Karban R (1984) Opposite density effects of nymphal and adult mortality for periodical cicadas. **Ecology** 65:1656-1661.

Klowden MJ (2013) **Physiological Systems in Insects. 3th edition.** Academic Press is an imprint of Elsevier.

Kubota MM (2013) **Aspectos biológicos de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) em cafeeiro.** Dissertação de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 60p.

Lawrence E (1995) **Henderson's Dictionary of Biological Terms,** England: Longman Group Ltd., 11th ed.

Lloyd M, Dybas HS (1966) The periodical cicada problem. I. Population ecology. **Evolution**, St. Louis, v. 20, p. 133-149.

Logan D (2006) Nymphal development and lifecycle length of *Kikihia ochrina* (Walker) (Homoptera: Cicadidae). **The Weta** 31:19-22.

Maccagnan DHB (2008) **Cigarra (Hemiptera: Cicadidae): emergência, comportamento acústico e desenvolvimento de armadilha sonora.** 90 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Martinelli NM, Zucchi RA (1997) Cigarras (Hemiptera, Cicadidae - Tibicinidae). Distribuição, hospedeiros e chave para as espécies. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 26:133-144.

Moriyama M, Numata H (2006) Induction of egg hatching by high humidity in the cicada *Cryptotympana facialis*. **Journal of Insect Physiology** 52:1219-1225.

Moriyama M, Numata H (2008) Diapause and prolonged development in the embryo and their ecological significance in two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata*. **Journal of Insect Physiology** 54:1487-1494.

Moriyama M, Numata H (2010) Desiccation tolerance in fully developed embryos of two cicadas, *Cryptotympana facialis* and *Graptopsaltria nigrofuscata*. **Entomological Science** 13:68-74.

Moriyama M, Numata H (2011) A cicada that ensures its fitness during climate warming by synchronizing its hatching time with the rainy season. **Zoological Science** 28:875-881.

Myers JG (1929) **Insect singers: a natural history of the cicadas**. London: George Routledge and Sons, 304 p.

Oliveira EG, Thomazzielo RA (1991) **A cigarra é uma real ameaça ao seu cafezal**. Previna-se. Informativo Técnico., CAT1, 4 p.

Ribeiro ESDBP (2010) **Indução da eclosão de ninfas de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) de ramos de café em laboratório**. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Scott AJ, Knott MA (1974) cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics** 30:507-512.

Souza JC de, Reis PR, Silva RA (2007) **Cigarras-do-cafeeiro em Minas Gerais: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 48. (Boletim Técnico, 80).

Stenseth NC, Mysterud A (2002) Climate, changing phenology, and other life history traits: nonlinearity and match-mismatch to the environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 99:13379-13381.

Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S (1986) **Seasonal adaptations of insects**. New York: Oxford University Press, 411p.

Tauber MJ, Tauber CA, Nyrop, JP, Villani MG (1998) Moisture, a vital but neglected factor in the seasonal ecology of insects: hypotheses and tests of mechanisms. **Environmental Entomology** 27:523-530.

Todd MC, Washington R, Cheke RA, Kniveton R (2002) Brown locust outbreaks and climate variability in southern Africa. **Journal of Applied Ecology** 39:31-42.

Tojo K, Machida, R (1998) Early embryonic development of the mayfly *Ephemera japonica* McLachlan (Insecta: Ephemeroptera, Ephemeridae). **Journal Morphology** 238:327-335.

Villani MG, Wright RJ (1990) Environmental influences on soil macroarthropod behavior in agricultural systems. **Annual Review of Entomology** 35:249-269.

Visser ME, Both C (2005) Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. **Proceedings of the Royal Society B** 272:2561-2569.

Wall R, Begon M (1987) Individual variation and the effects of population density in the grasshopper *Chorthippus brunneus*. **Oikos** 49:15-27.

Ward PI (1983) The effects of size on the mating behaviour of the dung fly *Sepsis eynipsea*. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 13:75-80.

White J, Strehl C (1978) Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. **Ecological Entomology** 3:323-327.

Willians KS, Simon C (1995) The ecology, behavior and evolution of periodical cicadas. **Annual Review of Entomology** 40:269-295.

Wolda H (1988) Insect seasonality: why? **Annual Review of Ecology and Systematics** 19:1-18.

CAPÍTULO 3 - Desenvolvimento ninfal de *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) em diferentes hospedeiros

Resumo - Estudos sobre aspectos biológicos de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) são escassos. O conhecimento sobre plantas hospedeiras dessa espécie e suas interações ainda precisam ser mais explorados, de modo a possibilitar subsídios para determinação dos períodos ninfais, que ainda não estão totalmente definidos. O conhecimento de técnicas de criação de *Q. gigas* em condições controladas é fundamental para a realização desses estudos, de modo a não depender da ocorrência da espécie no campo. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* em diferentes hospedeiros em condições de semi-campo. Foi observado o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* a partir dos hospedeiros *Caesalpinia peltophoroides* (Benth.) (Sibipiruna), *Acacia farnesiana* L. Wild. (Acácia), *Cariniana legalis* (Marth.) Kuntze (Jequitibá-vermelho), *Tabebuia serratifolia* (Vahl Nich.) (Ipê amarelo), *Tamarindus indica* (L.) (Tamarindo) e *Coffea arabica* (L.) (Café). Após a infestação, foram realizadas seis avaliações durante o período de aproximadamente 36 meses após as infestações, sendo a 1ª no dia 28/04/2015 (120 dias após infestação - DAI), 2ª 27/08/2015 (240 DAI), 3ª 26/01/2016 (390 DAI), 4ª 04/06/2016 (570 DAI), 5ª 13/01/2017 (750 DAI) e 6ª 22/12/2017 (1080 DAI). Em cada avaliação, duas plantas de cada hospedeiro (repetição), foram avaliadas, em busca de ninfas de *Q. gigas*, totalizando 12 vasos abertos por avaliação. O período ninfal de *Q. gigas* foi inferior a 120 dias entre o primeiro e segundo instar, inferior a 240 dias entre o segundo e terceiro instar, e inferior a 390 dias entre o terceiro e quarto instar. Os hospedeiros *C.arabica*, *A. farnesiana* e *C. legalis* foram os que apresentaram ninfas de *Q. gigas* em desenvolvimento, com média de 1,75 ninfas por avaliação no cafeeiro, 0,83 ninfas na acácia e 0,58 no jequitibá. O cafeeiro foi o hospedeiro que apresentou maior potencial para o desenvolvimento de *Q. gigas* e poderá ser utilizado para a criação desta espécie visando estudos futuros.

Palavras chave: *Coffea arabica*, biologia, parâmetros morfométricos, semi-campo, criação de cigarra.

Nymphal development of *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) in different hosts

Abstract - Studies on biological aspects of *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) are scarce. The knowledge about host plants of this species and their interactions need to be further explored to provide subsidies for determination of nymphal periods, which are not yet fully defined. The knowledge of *Q. gigas* rearing techniques in controlled conditions is fundamental to the development of these studies, to not depend on the occurrence of the species in the field. The objective of this work was to evaluate nymphal development of *Q. gigas* in different hosts in semi field conditions. *Quesada gigas* nymphal development was observed in the hosts *Caesalpinia peltophoroides* (Benth.), *Acacia farnesiana* L. Wild., *Cariniana legalis* (Marth.) Kuntze, *Tabebuia chrysotricha* (Vahl Nich.), *Tamarindus indica* (L.) and *Coffea arabica* (L.). After infestation, six evaluations were performed during approximately 36 month safter the infestations, being the 1^a in 28/04/2015 (120 days after infestation - DAI), 2^a 27/08/2015 (240 DAI), 3^a 26/01/2016 (390 DAI), 4^a 04/06/2016 (570 DAI), 5^a 13/01/2017 (750 DAI) and 6^a 22/12/2017 (1080 DAI). In each evaluation, two plants of each host (replicates) were evaluated, seeking for *Q. gigas* nymphs, totalizing 12 potes by evaluation. The nymphal period of *Q. gigas* was less than 120 days between the first and second instars, less than 240 days between the second and third instars, and less than 390 days between the third and fourth instars. The hosts *C. Arabica*, *A. farnesiana* and *C. legalis* were those which presented *Q. gigas* nymphs in development, with an average of 1.75 nymphs per evaluation in coffee plants, 0.83 nymphs in *A. farnesiana* and 0.58 in the *C. legalis*. The host *C. Arabica* that presented the highest potential for the development of *Q. gigas* and could be used for rearing this species for future studies.

Keywords: *Coffea arabica*, biology, morphometric parameters, semi-field, cicada rearing.

1. Introdução

Os cicadídeos podem causar injúria às plantas no estágio de ninfa, através da sucção da seiva na raiz, e também no estágio adulto, ao sugarem seiva na parte aérea da planta e no ato da oviposição que é realizada no interior de ramos e cascas das plantas (Beamer, 1928). Além desses, algumas espécies quando adultas podem ser vetores de doenças do cafeeiro, principalmente da *Xylella fastidiosa* (CVC) (Paião et al. , 2002). As cigarras adultas podem causar ainda, a morte de ramos da planta hospedeira quando um grande número de indivíduos ovipositam em ramos da mesma planta (Lloyd e White, 1987), como *Cryptotympana atrata* (Fabricius, 1775) (Hemiptera: Cicadidae) que é considerada uma praga importante em cultivos de maçãs no norte da China, devido à realização de inúmeras posturas nas hastes das plantas os ramos definham e morrem (Zhu et al. , 2012).

As fases imaturas das cigarras são de extrema importância do ponto de vista econômico, pois são nesta etapa de vida que elas são consideradas pragas agrícolas em diversas culturas no mundo, como a da erva-mate, videira, cafeeiro e cana-de-açúcar (Pachas, 1966; Babaei, 1967; Escalante, 1974; Hayashi, 1976).

Quesada gigas (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae), assim como os demais cicadídeos, são insetos de desenvolvimento hemimetabólico, que se alimentam da seiva do xilema de seus hospedeiros (Souza et al. , 1983). A sucção de seiva do xilema das plantas ocorre tanto pelas ninfas quanto pelos adultos, mas as ninfas são subterrâneas e se alimentam nas raízes, enquanto os adultos são aéreos, e se alimentam em troncos e ramos de árvores e arbustos (Young, 1980; Williams e Simon, 1995).

Na América do Sul, existem alguns registros sobre plantas hospedeiras de cigarras, como o de Torres (1946) que relatou a ocorrência de cigarras em plantas frutíferas e árvores florestais, Pachas (1966), mencionou a erva-mate como hospedeira de *Fidicina mannifera* (Fabricius, 1803) (Hemiptera: Cicadidae), e Ruffinelli (1970), que relatou a ocorrência de *Dorisiana bonaerensis* (Berg) (Hemiptera: Cicadidae) e *Q. gigas* em *Acácia farnesiana* L. Wild, 1806, e também de *Proarna montevidensis* Berg (Hemiptera: Cicadidae) em *Salix humboldtiana* Willd.

No Brasil o principal registro, foi o trabalho realizado por Martinelli e Zucchi, (1997b), que relataram os primeiros registros de plantas hospedeiras das espécies de cigarras *F. mannifera*, *Q. gigas* e *Dorisiana drewseni* (Stål, 1854) (Hemiptera: Cicadidae). Segundo os mesmos autores, foram relatadas cerca de 33 espécies de plantas hospedeiras para as três espécies de cigarras relacionadas acima.

O período de vida adulta das cigarras, que pode durar de poucas semanas até dois a três meses, é considerado curto quando comparado com sua fase ninfal, que é de longa duração (Boulard, 1965). Como as cigarras são exclusivamente subterrâneas no estágio ninfal, é especialmente difícil estudar interações ecológicas com seus hospedeiros, além de outras características biológicas e morfológicas.

Para *Q. gigas*, sabe-se que a fase ninfal é constituída por cinco estádios que vão do primeiro ao quinto instar, sendo que todos já foram caracterizados morfológicamente por Maccagnan e Martinelli (2004). O período ninfal total e a determinação do período entre os ínstaes de *Q. gigas*, também já foram estimados, e alguns determinados por Kubota (2013). No entanto ainda necessitam-se mais estudos, para verificar com mais precisão aspectos comportamentais e biológicos da vida imatura de *Q. gigas*, como por exemplo, o detalhamento do período ninfal entre todos os ínstaes (Kubota, 2013; Andrade, 2015).

Ressalta-se ainda que o conhecimento de técnicas de criação de *Q. gigas* em condições controladas seja fundamental para a realização de estudos bioecológicos que não dependam da ocorrência da espécie no campo, podendo gerar subsídios para futuros estudos sobre estratégias de manejo dessa espécie. Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar em condições de semi-campo, o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* em diferentes hospedeiros.

2. Material e Métodos

2.1. Técnica de criação de ninfas de *Quesada gigas* em diferentes hospedeiros

Inicialmente, durante o mês de outubro de 2014, foram preparados e utilizados um total de 72 vasos de 5 litros contendo solo classificado como latossolo vermelho escuro eutrófico, segundo Centurion et al. (1995). Posteriormente

selecionaram-se mudas de aproximadamente 0,50 a 0,70 cm, de espécies vegetais hospedeiras de *Q. gigas* (Martinelli e Zucchi, 1997ab; Martinelli, 2004), provenientes do viveiro municipal de mudas de Jaboticabal-SP.

Os hospedeiros vegetais utilizados no experimento foram: *Caesalpinia peltophoroides* (Benth.) (Fabales/ Fabaceae) (Sibipiruna), *Acacia farnesiana* L. Wild, 1806 (Fabales/ Fabaceae) (Acácia), *Cariniana legalis* (Marth) Kuntze, 1898 (Ericales/ Lecythidaceae) (Jequitibá-vermelho), *Tabebuia chrysotricha* (Vahl Nich.) (Lamiales/ Bignoniaceae) (Ipê amarelo), *Tamarindus indica* (L.) (Fabales/ Fabaceae) (Tamarindo) e *Coffea arabica* (L.) (Gentianales/ Rubiaceae) (Cafeeiro).

Após a seleção dos hospedeiros, os mesmos foram plantados nos vasos, e mantidos em condições de semi-campo. No total foram utilizadas 6 mudas de cada espécie vegetal, com 12 repetições cada, totalizando 72 mudas (Fig. 1).

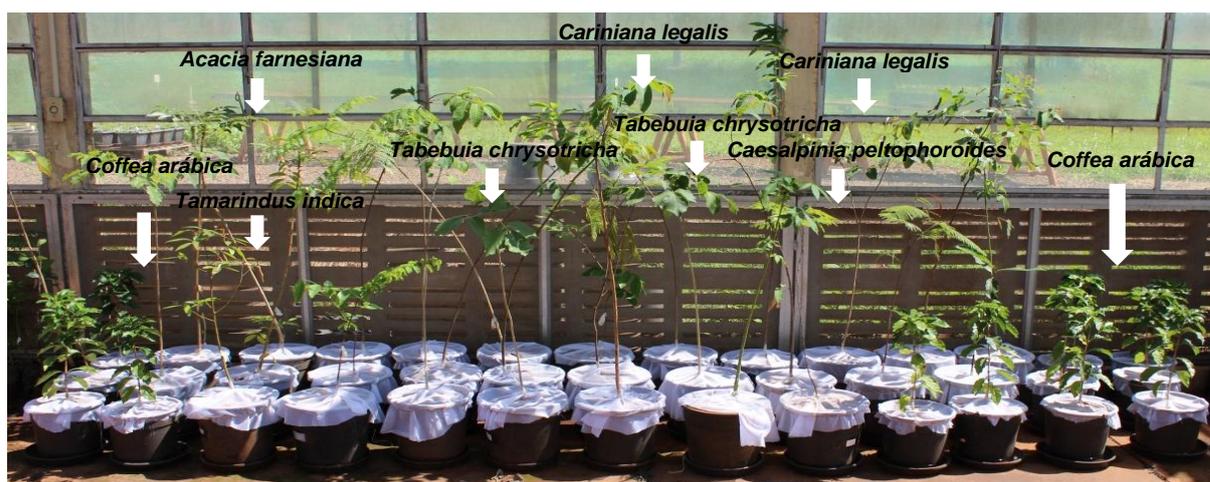


Figura 1. Disposição das plantas hospedeiras de *Quesada gigas* mantidas em condições de semi-campo.

Os vasos também foram protegidos com tecido *voil* na parte superior sobre o solo, e na parte inferior foram colocados pratos plásticos, ambos no intuito de reter maior umidade do solo (Fig. 1). Os vasos foram irrigados a cada dois dias, e as plantas fertilizadas a cada seis meses com adubo sintético NPK (10-28-20).

Em novembro de 2014 nos dias 18 e 25, na área produtora de café pertencente à Fazenda São Judas Thadeu, localizada no município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais, Brasil (20°57'54.65"S; 47° 4'14.76"O), ramos

secos de plantas de café foram coletados aleatoriamente no terço superior das plantas, local de preferência de postura de *Q. gigas* (Decaro Junior et al. , 2012). Os ramos foram acondicionados em sacos de papel, e transportados para o Laboratório de Bio sistemática de Hemiptera do Departamento de Fitossanidade - Universidade Estadual Paulista/ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Campus de Jaboticabal - SP (UNESP/FCAV). No laboratório, os ramos secos foram submetidos à imersão em água por 3 minutos a partir do dia 20/11/2014, para a indução a eclosão das ninfas, segundo Ribeiro (2010). Esse procedimento foi realizado diariamente, sendo que a eclosão ninfal se iniciou a partir do dia 15/12/2014, se estendendo até o dia 17/01/2015.

À medida que ocorriam eclosões ninfais, as mesmas eram transferidas para placas de petri de 6 cm, sendo umedecidas para manter a hidratação, e com o auxílio de pincel de ponta fina foram transferidas para os vasos, próximo das raízes superficiais e no colo das plantas hospedeiras, totalizando aproximadamente 100 ninfas por planta. Além desta transferência, ramos secos possivelmente com posturas de *Q. gigas*, foram colocados nos vasos junto ao colo das plantas hospedeiras no intuito de que destes também houvesse eclosões de ninfas e posterior infestação nas raízes.

2.2. Avaliação do desenvolvimento ninfal de *Quesada gigas*

Após a infestação, foram realizadas seis avaliações durante o período de aproximadamente 36 meses após as infestações, sendo a 1ª no dia 28/04/2015 (120 dias após infestação - DAI), 2ª 27/08/2015 (240 DAI), 3ª 26/01/2016 (390 DAI), 4ª 04/06/2016 (570 DAI), 5ª 13/01/2017 (750 DAI) e 6ª 22/12/2017 (1080 DAI). Em cada avaliação, duas plantas de cada hospedeiro, foram avaliadas, em busca de ninfas de *Q. gigas*, totalizando 12 vasos abertos por avaliação. As avaliações foram realizadas para observação do desenvolvimento ninfal (passagem de um ínstar para o outro) em função do hospedeiro. Para as avaliações, foram utilizadas pás de jardinagem para remoção do solo que era peneirado com o auxílio de peneiras de malha fina nº15 com abertura de 0,23 mm. Em seguida as raízes das plantas foram

lavadas em água corrente e analisadas macroscopicamente (Fig. 2A,B,C,D). As ninfas encontradas foram armazenadas em álcool 70%.

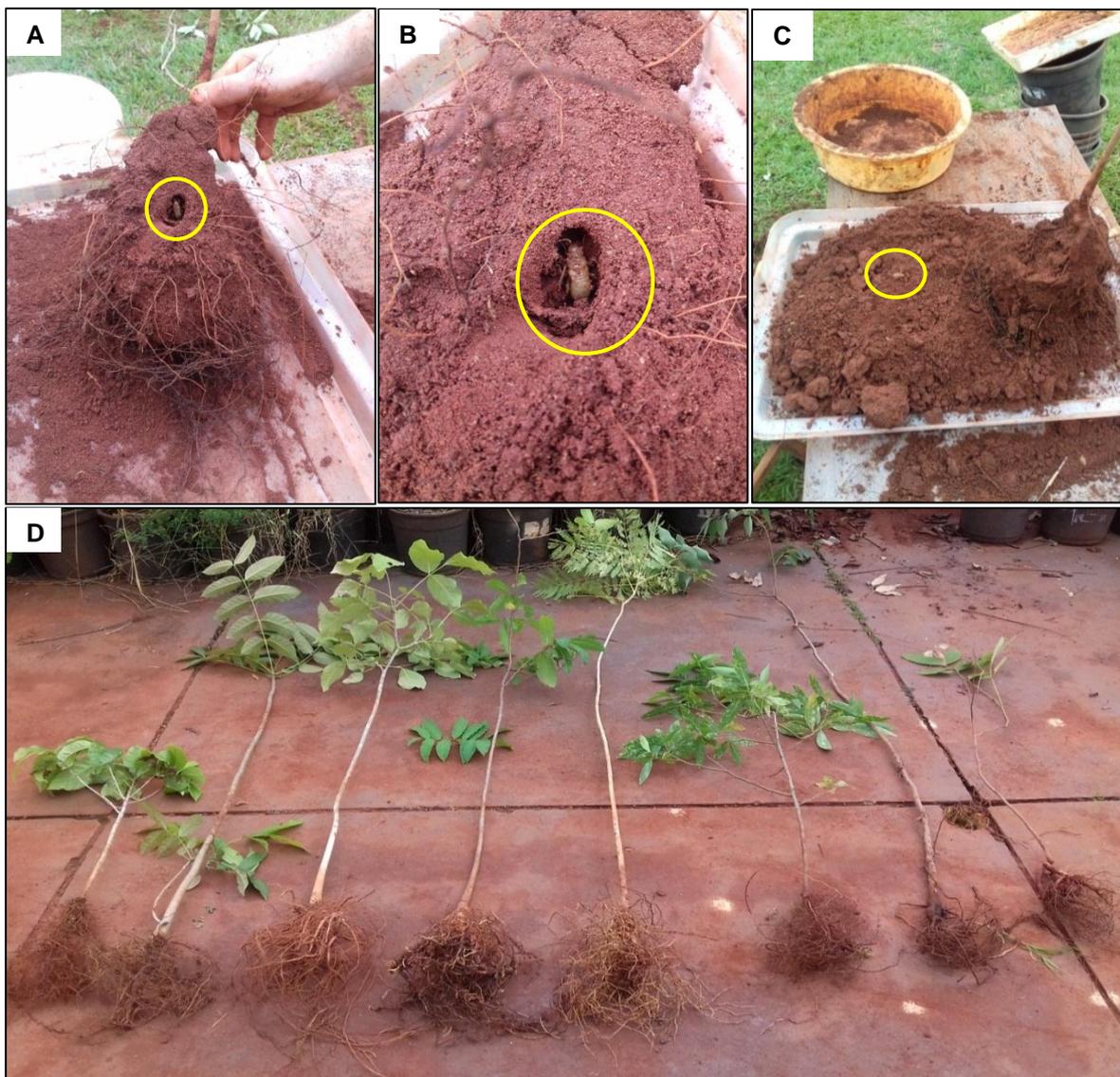


Figura 2. Avaliação realizada em 04/06/2016 para localização de ninfas de *Quesada gigas* nos hospedeiros. (A) Remoção da muda do vaso. (B) Localização da ninfa (em destaque). (C) Remoção do solo para peneirar e observação macroscópica das raízes da planta em busca de ninfas. (D) Sistema radicular das mudas.

2.3. Caracterização morfométrica de ninfas de *Quesada gigas*

As ninfas encontradas nas avaliações foram identificadas segundo metodologia de Duffels e Ewart (1988), e Maccagnan e Martinelli (2004). Para identificação morfométrica das ninfas de *Q. gigas* encontradas durante as avaliações, os principais caracteres morfológicos analisados foram região dorsal do pós-clípeo, cabeça, protórax e fêmur.

Utilizou-se uma fórmula para indicar o número de dentes do fêmur anterior, ou seja, o 1º número refere-se à somatória do dente posterior e dente acessório, o 2º ao dente intermediário e o 3º aos dentes do pente femoral. Todos esses caracteres juntos formaram a fórmula femoral utilizada para caracterizar cada ínstar ninfal de *Q. gigas*.

As medidas das ninfas do segundo, terceiro e quarto ínstares, foram feitas através do auxílio de microscópio estereoscópio Leica M 205C com captura de imagem. Para caracterização visual fotográfica, selecionou-se um espécime de cada ínstar ninfal encontrado. O comprimento do corpo da ninfa foi medido do ápice do pós-clípeo até à margem distal do abdome; o comprimento do pós-clípeo, do ápice até a margem posterior, a sua largura, ao longo da linha mediana; o comprimento da cabeça, ao longo da linha mediana e, a sua largura, da extremidade de uma cápsula ocular até a outra; o comprimento e largura do pronoto, ao longo da linha mediana; o comprimento do fêmur da perna anterior, na linha mediana de sua lateral externa. As medidas foram tomadas em milímetros.

2.4. Análise dos dados

Os dados do número de ninfas de *Q. gigas* encontradas durante as avaliações, foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott & Knott (1974) a 5% de probabilidade.

3. Resultados

Através das infestações nas plantas hospedeiras, foi possível determinar o período de desenvolvimento ninfal entre os primeiro, segundo, terceiro e quarto ínstaes de *Q. gigas*.

Na primeira avaliação 120 DAI, foram encontradas seis ninfas, sendo quatro em *C. legalis* e duas em *C. arábica* (Tab. 1). As ninfas encontravam-se em segundo estágio de desenvolvimento ninfal. Através do resultado observado na primeira avaliação em 28/04/2015, foi possível determinar o período ninfal inferior a 120 dias entre o primeiro e segundo ínstaes.

Na segunda avaliação 240 DAI, foram encontradas nove ninfas em raízes de quatro vasos abertos. Encontrou-se duas ninfas de terceiro ínstar em um dos vasos com o hospedeiro *C. legalis*, três ninfas também de terceiro ínstar em *C. arabica*, e quatro ninfas de segundo ínstar, duas em cada vaso no hospedeiro *A. farnesiana* (Tab. 1). No resultado obtido na segunda avaliação, aproximadamente 8 meses após a infestação, já é possível determinar o período ninfal entre o segundo e terceiro ínstar, inferior a 240 dias de desenvolvimento, nos hospedeiros mencionados acima.

Na terceira avaliação 390 DAI, foram encontradas seis ninfas no total, sendo cinco de terceiro ínstar em *C. arabica* e uma de quarto ínstar em *C. legalis* (Tab. 1). A partir da terceira avaliação cerca de 13 meses após a infestação, já se observou o desenvolvimento ninfal no quarto estágio, caracterizando o período entre o terceiro e o quarto ínstar inferior a 390 dias de desenvolvimento.

Na quarta avaliação 570 DAI, foram encontradas nove ninfas em um dos vasos com o hospedeiro *C. arabica*, sendo seis de terceiro ínstar e três de quarto ínstar (Tab. 1) (Fig 14). Ainda na quarta avaliação, também encontrou-se quatro ninfas em um dos vasos com o hospedeiro *A. farnesiana*, sendo duas de terceiro e duas de quarto ínstar (Tab. 1).

Na quinta avaliação 750 DAI, foram encontradas duas ninfas de quarto ínstar em um dos vasos com o hospedeiro *A. farnesiana* (Tab. 1).

Na sexta e última avaliação, cerca 1080 DAI, foram encontradas duas ninfas no hospedeiro *C. arabica*, sendo ambas de quarto ínstar (Tab. 1).

Tabela 1. Hospedeiros, data de avaliação, dias após infestação, número de indivíduos encontrados e ínstar ninfal de *Quesada gigas*. 2015-2017.

Hospedeiro	Data de avaliação	Dias após infestação	Nº de ninfas encontradas	Ínstar
<i>Coffea arabica</i>	28/04/2015	120	2	2º
<i>Cariniana legalis</i>	28/04/2015	120	4	2º
<i>Acacia farnesiana</i>	27/08/2015	240	4	2º
<i>Cariniana legalis</i>	27/08/2015	240	2	3º
<i>Coffea arabica</i>	27/08/2015	240	3	3º
<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	390	5	3º
<i>Cariniana legalis</i>	26/01/2016	390	1	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	570	9	3º,4º
<i>Acacia farnesiana</i>	04/06/2016	570	4	3º,4º
<i>Acacia farnesiana</i>	13/01/2017	750	2	4º
<i>Coffea arabica</i>	22/12/2017	1080	2	4º

Dentre os hospedeiros que foram utilizados, o cafeeiro foi o que apresentou maior número médio de ninfas de *Q. gigas* ($F= 2,86$; $P= 0,0212$) (Tab. 2).

Tabela 2. Número médio de ninfas de *Quesada gigas* encontradas durante as avaliações de 2015-2017 em diferentes hospedeiros.

Tratamentos	Nº médio de ninfas
<i>Coffea arabica</i>	1,75 a
<i>Acacia farnesiana</i>	0,83 b
<i>Cariniana legalis</i>	0,58 b
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0,00 b
<i>Caesalpinia peltophoroides</i>	0,00 b
<i>Tamarindus indica</i>	0,00 b

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si.

Os parâmetros morfométricos das ninfas de *Q. gigas* encontradas em todas as avaliações encontram-se relacionados na tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros morfométricos em (mm) usados para identificação dos instares ninfais de *Quesada gigas*, 2015-2017, Jaboticabal - SP.

Hospedeiro	Data de avaliação	Compr. corpo	Compr. clipeo região dorsal	Larg. clipeo	Compr. cabeça	Larg. cabeça	Compr. pronoto	Larg. pronoto	Compr. fêmur	Fórmula femoral	Ínstar
<i>Coffea arabica</i>	28/04/2015	3,85	0,40	0,64	0,55	1,23	0,64	1,21	0,73	2-1-3	2º
<i>Coffea arabica</i>	28/04/2015	2,69	0,50	0,60	0,35	0,69	0,54	0,85	0,67	2-1-3	2º
<i>Cariniana legalis</i>	28/04/2015	2,97	0,43	0,58	0,52	1,18	0,57	1,24	0,69	2-1-3	2º
<i>Cariniana legalis</i>	28/04/2015	3,38	0,37	0,60	0,49	1,24	0,66	1,18	0,75	2-1-3	2º
<i>Cariniana legalis</i>	28/04/2015	3,87	0,41	0,57	0,54	1,26	0,63	1,22	0,72	2-1-3	2º
<i>Cariniana legalis</i>	28/04/2015	3,94	0,49	0,65	0,51	1,23	0,61	1,22	0,74	2-1-3	2º
<i>Coffea arabica</i>	27/08/2015	8,33	1,65	1,45	0,93	2,34	1,35	2,64	1,67	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	27/08/2015	8,75	1,68	1,42	1,01	2,37	1,32	2,67	1,58	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	27/08/2015	9,15	1,72	1,39	0,89	2,03	1,31	2,69	1,71	2-1-5	3º
<i>Cariniana legalis</i>	27/08/2015	8,01	1,75	1,41	1,12	2,13	1,28	2,67	1,69	2-1-5	3º
<i>Cariniana legalis</i>	27/08/2015	8,76	1,67	1,40	0,98	2,17	1,32	2,56	1,66	2-1-5	3º
<i>Acacia farnesiana</i>	27/08/2015	3,77	0,38	0,62	0,56	1,21	0,63	1,20	0,67	2-1-3	2º
<i>Acacia farnesiana</i>	27/08/2015	3,66	0,35	0,68	0,59	1,25	0,65	1,24	0,68	2-1-3	2º
<i>Acacia farnesiana</i>	27/08/2015	3,72	0,39	0,71	0,51	1,21	0,66	1,23	0,77	2-1-3	2º
<i>Acacia farnesiana</i>	27/08/2015	3,77	0,36	0,68	0,52	1,28	0,69	1,28	0,79	2-1-3	2º
<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	8,87	1,73	1,44	0,99	2,38	1,33	2,68	1,72	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	8,91	1,75	1,37	0,98	2,36	1,31	2,66	1,69	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	9,11	1,78	1,39	1,11	2,37	1,29	2,71	1,71	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	9,10	1,74	1,36	0,91	2,29	1,27	2,69	1,70	2-1-5	3º

<i>Coffea arabica</i>	26/01/2016	8,98	1,67	1,33	0,95	2,27	1,24	2,71	1,68	2-1-5	3º
<i>Cariniana legalis</i>	26/01/2016	12,37	2,4	2,66	1,25	4,36	2,77	5,24	3,37	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	9,17	2,52	2,79	1,51	3,53	2,37	4,27	3,34	2-1-5	3º
<i>Acacia farnesiana</i>	04/06/2016	17,56	1,98	2,81	1,41	4,51	2,60	5,42	3,71	2-1-6	4º
<i>Acacia farnesiana</i>	04/06/2016	10,34	1,25	1,38	0,81	2,25	1,26	2,68	1,71	2-1-5	3º
<i>Acacia farnesiana</i>	04/06/2016	9,97	1,14	1,49	0,69	2,36	1,30	2,64	1,66	2-1-5	3º
<i>Acacia farnesiana</i>	04/06/2016	13,82	2,29	2,88	1,67	4,24	2,84	5,37	3,66	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	13,04	1,0	2,32	1,05	4,05	1,85	5,05	3,19	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	13,41	1,28	2,67	1,75	4,40	2,53	5,08	3,60	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	12,89	1,61	2,43	1,29	4,10	2,15	4,92	3,38	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	11,58	1,42	2,56	1,76	3,84	2,35	4,72	3,32	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	12,46	1,74	2,55	1,67	3,86	2,11	4,68	3,05	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	10,63	1,39	2,75	1,23	4,48	1,82	5,36	3,56	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	5,39	0,56	1,30	0,55	2,09	0,96	2,47	1,54	2-1-5	3º
<i>Coffea arabica</i>	04/06/2016	7,42	0,48	1,19	0,50	2,24	1,0	2,40	1,48	2-1-5	3º
<i>Acacia farnesiana</i>	13/01/2017	13,92	2,12	2,96	1,69	4,14	2,78	5,11	3,55	2-1-6	4º
<i>Acacia farnesiana</i>	13/01/2017	13,97	2,17	3,02	1,71	4,17	2,82	5,21	3,61	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	22/12/2017	12,93	2,14	2,93	1,69	3,97	2,76	5,24	3,59	2-1-6	4º
<i>Coffea arabica</i>	22/12/2017	12,99	2,19	2,98	1,73	3,95	2,73	5,22	3,51	2-1-6	4º

Os espécimes selecionados para caracterização visual fotográfica de cada ínstar ninfal de *Q. gigas*, de acordo com os parâmetros morfométricos analisados, são apresentados nas figuras 3, 4 e 5.

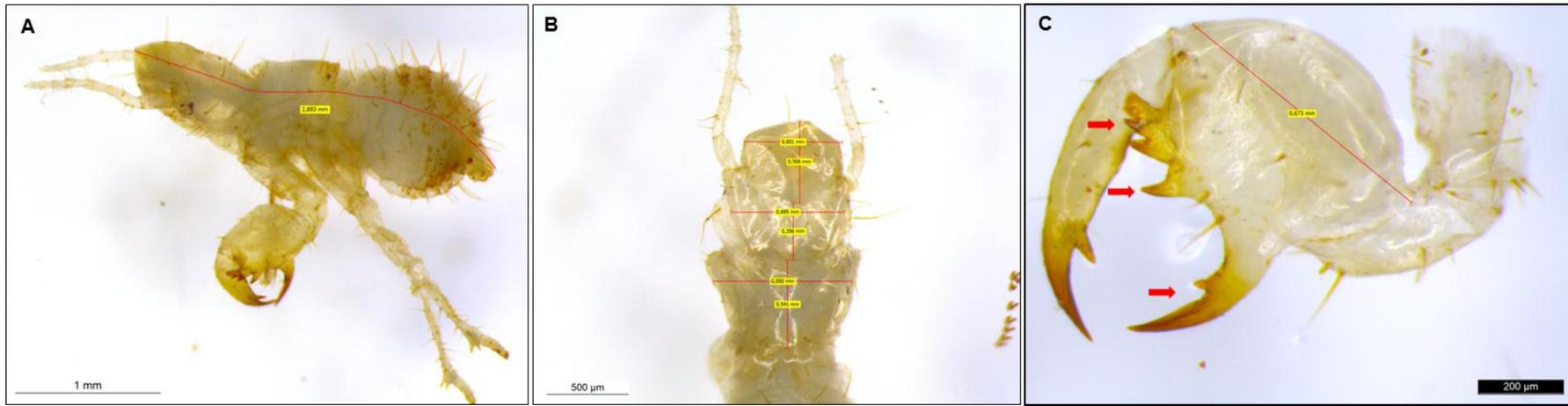


Figura 3. Ninfa de segundo ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 120 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-3) (setas).

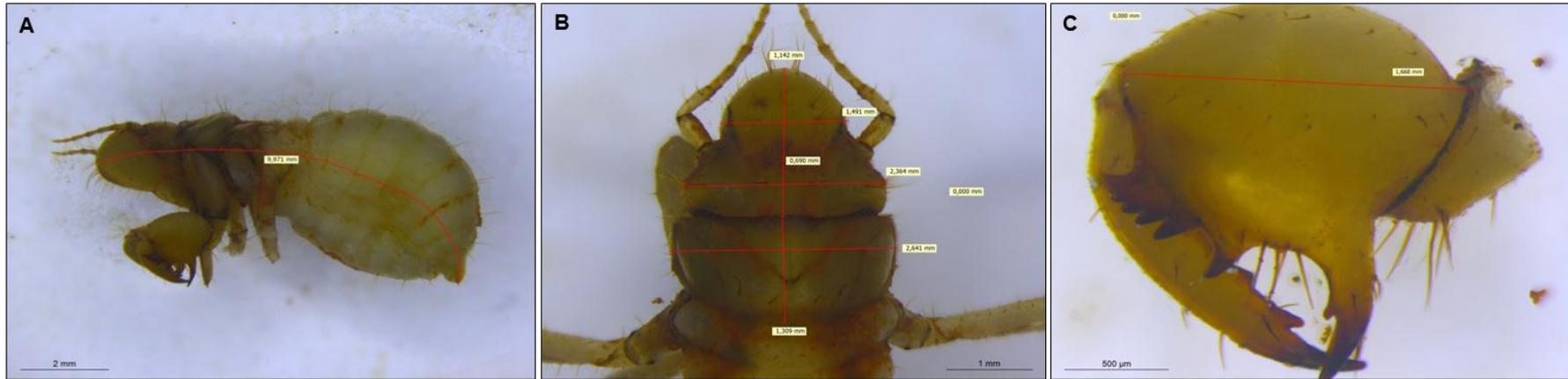


Figura 4. Ninfa de terceiro ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 240 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-5) (setas).

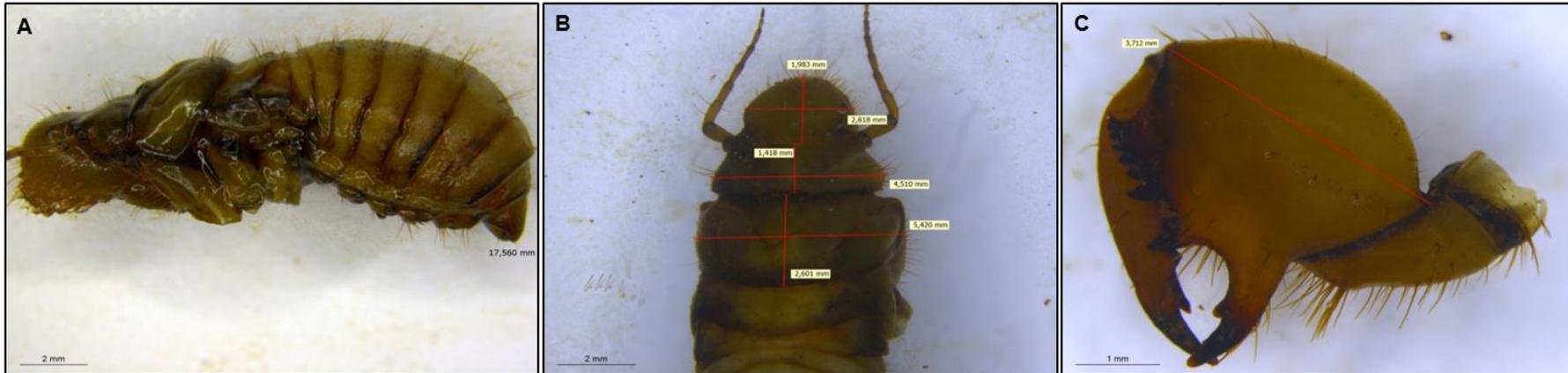


Figura 5. Ninfa de quarto ínstar de *Quesada gigas* encontrada na primeira avaliação em *Coffea arabica*, aproximadamente 390 dias após infestação. (A) Corpo, vista lateral e comprimento do corpo. (B) Vista dorsal e morfometria do pós-clípeo, cabeça e tórax, vista dorsal. (C) Perna anterior em vista lateral, comprimento do fêmur e fórmula femoral (2-1-6) (setas).

4. Discussão

Os hospedeiros *C. arabica*, *A. farnesiana* e *C. legalis* foram os que apresentaram ninfas de *Q. gigas* em desenvolvimento, com média de 1,75 ninfas por avaliação no cafeeiro, 0,83 na acácia e 0,58 no jequitibá. Estas espécies são consideradas hospedeiras de *Q. gigas*, devido à observação dos orifícios de saída das ninfas no solo sob a copa das plantas, além da presença de exúvias nos troncos ou na face dorsal das folhas de ramos na base da planta (Souza et al. , 1983).

Quatro meses após a infestação foi possível observar ninfas de segundo ínstar em jequitibá e no cafeeiro; oito meses após a infestação foram observadas ninfas de segundo ínstar em acácia, momento em que foram encontradas as de terceiro ínstar em jequitibá e cafeeiro, o que mostrou uma variação no tempo de desenvolvimento em relação aos hospedeiros testados para estes ínstars iniciais. Hou et al., 2015, concluíram que as ninfas de terceiro e quarto ínstars da cigarra *Meimura mongolica* (Distant, 1881) apresentam variação morfológica, que está intimamente relacionada à associação com seus hospedeiros, sendo que esta espécie apresenta maior preferência para o hospedeiro *Pyrus xerophuila* T.T Wu (Pera) quando comparada a outros. White e Lloyd (1975) por sua vez, constataram que ninfas de cigarra periódica *Magicicada cassini* (Fisher, 1851) da mesma idade na mesma floresta apresentavam tamanho variável e sugeriram que estas diferenças estariam relacionadas à disponibilidade de alimentos, o que de fato poderia afetar significativamente sua taxa de crescimento.

A hipótese de que as taxas de crescimento das cigarras são limitados por fatores nutricionais foram testadas em experimentos de campo conforme Ito e Nagamine (1981) quando observou que indivíduos de *Mogannia minuta* Matsumura, 1907 (Hemiptera: Cicadidae) necessitaram de 1 a 5 anos para completar seu desenvolvimento em pastagem de *Miscanthus sinensis* Anderss, sendo que a maioria dos indivíduos completou o ciclo de vida em 3 anos. Quando *M. minuta* passou a atacar áreas de cana de açúcar fertilizada a maioria dos indivíduos completou o ciclo de vida em apenas 2 anos. Indivíduos que ocorrem em locais cuja alimentação é considerada de melhor qualidade, tendem apresentar melhores

taxas de desenvolvimento (Karban, 1986). Por exemplo, ninfas em pomar de macieira fertilizado foram significativamente maiores que as das florestas adjacentes (Maier, 1980).

Foi possível observar também, o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* até o quarto ínstar, sendo que com 390 DAI após infestação foi encontrada uma ninfa de quarto ínstar em *C. legalis*. Aos 570 DAI após infestação foram encontradas ninfas de quarto ínstar em *C. arabica* e aos 750 DAI foram encontradas ninfas de quarto ínstar em *A. farnesiana*. A diferença entre os ínstars encontrados provavelmente está relacionada às variações durante a eclosão das ninfas no laboratório e a partir dos ramos coletados do cafeeiro diretamente no campo, uma vez que a idade ou a viabilidade das posturas coletadas não foram determinadas.

O momento da eclosão é importante, pois os insetos necessitam sincronizar os estádios de desenvolvimento com os recursos disponíveis para crescimento, desenvolvimento e reprodução, garantindo a sobrevivência (Tauber et al. , 1986). Além disso, as ninfas de primeiro ínstar das cigarras necessitam, além de extintos fisiológicos, de condições abióticas favoráveis para conseguirem atingir as raízes de seus hospedeiros e, conseqüentemente, iniciarem o processo de alimentação, que dispense um grande período de tempo para a maioria das espécies em seus diferentes hospedeiros. A eclosão tardia pode reduzir o tempo de desenvolvimento do inseto e resultar em adultos menores, com menor chance de sobrevivência (Banks e Thompson, 1985; Cherrill, 1987).

A presença de ninfas nos hospedeiros *C. legalis*, *C. arabica* e *A. farnesiana*, pode estar relacionada à maior disponibilidade de raízes e radículas que influenciam positivamente na fixação, sobrevivência e desempenho ninfal de *Q. gigas* em função da maior disponibilidade de alimento. Segundo Lloyd e White (1987), para as espécies do gênero *Magisicada*, a disponibilidade de raízes pode influenciar na escolha do hospedeiro. Outros estudos evidenciam que a preferência em relação a um hospedeiro pode mostrar um forte componente hereditário e acredita-se que esta escolha seja em função de uma melhor adequação para a sobrevivência da prole (Singer, 1983; Courtney et al. , 1989; Singer et al. , 1989; Thompson, 1998; Hou et

al. , 2015) e pode depender de vários fatores, como, qualidade nutricional, metabólitos de defesa da planta hospedeira e presença ou não de inimigos naturais (Thompson e Pellmyr, 1991; Hou et al. , 2015).

Fatores de adequação como maior presença de raízes e radículas, qualidade nutricional e diminuição de metabólitos secundários dos hospedeiros *T. chrysostricha* (Ipê amarelo), *T. indica* (Tamarindo) e *C. peltophoroides* (Sibipiruna) podem não ter favorecido o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* nas condições avaliadas, uma vez que não foram encontradas ninfas em desenvolvimento, apesar de tais espécies serem consideradas hospedeiras deste cicadídeo (Martinelli e Zucchi, 1997b; Martinelli, 2004; Maccagnan et al. , 2012). A variação do nicho também pode afetar profundamente a estabilidade da população, a competição intraespecífica, o desempenho e a capacidade da população de diversificar-se rapidamente (Hou et al. , 2015). Outros fatores de mortalidade ninfal como predação e dissecação podem ter contribuído para a ausência das ninfas nesses hospedeiros (Moriyama e Numata, 2006).

O cafeeiro foi o hospedeiro que melhor se apresentou para o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas*, uma vez que por ser uma planta arbustiva possui o desenvolvimento fenológico mais acelerado que as arbóreas. O fato influencia diretamente na maior quantidade de fotoassimilados que são translocados para toda planta a fim de suprir a energia para a formação de novos tecidos, visando também à formação de novas raízes e manutenção do sistema radicular mais rapidamente (Livramento et al. , 2007). De acordo com Scriber (2002) a especificidade de determinado inseto ao seu hospedeiro permite que o mesmo encontre componentes nutricionais e um habitat adequado, que possa satisfazer todas suas necessidades de vida.

Em campo, a alta disponibilidade e uniformidade de cultivos cafeeiros, bem como a qualidade e teor nutricional conferido pelos tratos culturais como fertilização, garantem melhor desenvolvimento das raízes nas camadas mais férteis do solo, o que possibilita a maior disponibilidade de raízes e maiores teores nutricionais para o desempenho de *Q. gigas*, favorecendo o a fixação e sobrevivência. Segundo Martinelli (2004) as ninfas de *Q. gigas* apresentam preferência para se alimentar do

sistema radicular do cafeeiro onde ocasionam definhamento e queda das folhas reduzindo a produção e a produtividade.

Em função dos experimentos serem em condições controladas, o tempo do desenvolvimento ninfal pode ser maior que o esperado, quando comparado a condições de campo que é de aproximadamente um ano e nove meses (Kubota, 2013). Devido esta observação, logo após a quinta avaliação, esperou-se um período de aproximadamente 11 meses até a última avaliação, no intuito de que houvesse a emergência de adultos. Porém, na última avaliação aos 36 meses, foram encontradas apenas ninfas de quarto ínstar no cafeeiro e na acácia, sem a observação da emergência de adultos.

Um fato a ser ajustado nas condições de semi-campo seria a infestação de ninfas de *Q. gigas* de primeiro ínstar em plantas de café em fases mais adiantadas de desenvolvimento fenológico, utilizando-se vasos com maior capacidade volumétrica, para melhores condições de sobrevivência e maiores teores nutricionais para o desenvolvimento do inseto. Segundo Cheung e Marshall (1973), as cigarras se alimentam do fluido xilemático diluído, que apresenta 99,9% de água, é escasso em açúcares e os aminoácidos podem ser a principal fonte de energia para o crescimento e desenvolvimento ninfal, o que de fato contribui para o longo período de desenvolvimento nas cigarras, como ocorre nas cigarras periódicas do gênero *Magivicada* spp. cuja fase ninfal pode durar 17 anos (White e Strehl, 1978).

O ciclo de vida das cigarras depende em grande parte da duração da fase ninfal subterrânea, que pode ser determinada pela criação ou verificação regular ao longo de muitos anos. No entanto, tem havido relativamente poucas tentativas de criar ninfas de cigarras e, conseqüentemente, o ciclo de vida é conhecido apenas para 16 das 2.500 espécies conhecidas no mundo, podendo variar de 2 a 17 anos (Karban, 1986; Sanborn, 2013).

Os conhecimentos sobre plantas hospedeiras de *Q. gigas* e suas interações precisam ser mais explorados, uma vez que seu desenvolvimento ninfal subterrâneo dificulta bastante o estudo sobre sua biologia, morfologia, ecologia e aspectos nutricionais relacionados. A maioria dos relatos para desenvolvimento ninfal de cigarras está restrita a ambientes naturais, e poucos estudos para ambientes em condições controladas. O conhecimento dessas interações pode possibilitar a

geração de informações sobre a determinação dos períodos ninfais de cada ínstar até a emergência dos adultos e ajudará a explicar mais profundamente sobre a preferência, desempenho e diferenças acerca do desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* em diferentes hospedeiros.

5. Conclusões

(i) O período ninfal de *Q. gigas* foi inferior a 120 dias entre o primeiro e segundo ínstar, inferior a 240 dias entre o segundo e terceiro ínstar, e inferior a 390 dias entre o terceiro e quarto ínstar.

(ii) Os hospedeiros *Coffea arabica*, *Acacia farnesiana*, e *Cariniana legalis*, se mostraram como melhores hospedeiros para o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* em condições de semi- campo.

(iii) O hospedeiro *Coffea arabica* foi o que apresentou maior potencial para o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas*, e poderá ser utilizado para a criação desta espécie visando estudos futuros.

6. Referências

Andrade SC (2015) **Aspectos morfológicos dos aparelhos reprodutores, maturação de ovários e avaliação do desenvolvimento de ninfas de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) em relação a diferentes hospedeiros.** Dissertação de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 62p.

Babaei H (1967) Vine cicada, *Cicadatra ochreatea* Melichar. **Applied Entomology and Phytopathology** 27:69-97.

Banks MJ, Thompson DJ (1985) Lifetime mating success in the damselfly *Coenagrion puella*. **Animal Behaviour** 33:1175-1183.

Beamer RH (1928) Biology of Kansas Cicadidae. **Kansas: Kansas University Science** p. 155-263.

Boulard M (1965) Notes sur la biologie larvaire des cigales (Homoptera: Cicadidae). **Annales de l'Institut Entomologique de France** 1:503-521.

Cherrill AJ (1987) **The development and survival of the eggs and early instars of the grasshopper *Chorthippus brunneus* (Thunberg) in North West England.** Thesis – University of Liverpool, Liverpool.

Cheung WWK, Marshall AT (1973) Water and ion regulation in cicadas in relation to xylem feeding. **Journal of Insect Physiology** 19:1801-1816.

Courtney SP, Chen GK, Gardner A (1989) A general model for individual host selection. **Oikos** 55:55-65.

Duffels JP, Ewart A (1988) The cicadas of the Fiji, Samoa and Tonga Island, their taxonomy and biogeography (Homoptera: Cicadoidea). **Scandinavian Science Press**, 108p.

Escalante GJA (1974) Notes on insects of Alto Urubamba, Cuzco. **Revista Peruana de Entomologia** 17:120-121.

Hayashi M (1976) Description of the nymphs of *Mogannia minuta* Matsumura (Homoptera: Cicadidae), pest of sugarcane in the Ryukyus. **Kontyû** 44:142-149.

Hou Z, Li Q, Yang M, Liu Y, Wei C (2015) Ecology of *Meimuna mongolica* (Hemiptera: Cicadidae) Nymphs: Instars, Morphological Variation, Vertical Distribution and Population Density, Host-Plant Selection, and Emergence Phenology. **Journal of Insect Science** 15:42-47.

Ito Y, Nagamine M (1981) Why a cicada, *Mogannia minuta* Matsumura, became a pest of sugarcane: an hypothesis based on the theory of escape. **Ecological Entomology** 6:273-283.

Karban R (1986) Prolonged development in cicadas. **In: Evolution of Insect Life Cycles** (eds F. Taylor & R. Karban). pp 222-235. Springer-Verlag, New York.

Kubota MM (2013) **Aspectos biológicos de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) em cafeeiro**. Dissertação de Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP, 60p.

Livramento DA, Alves JD, Bartholo GF, Guimaraes PTG (2007) Influência de carboidratos na recuperação de lavouras podadas e efeitos da poda no comportamento do sistema radicular. **Relatório Embrapa-café**, 9 p.

Lloyd M, White J (1987) Xylem Feeding by Periodical Cicada Nymphs on Pine and Grass Roots, With Novel Suggestions for Pest Control in Conifer Plantations and Orchards . **The Ohio Journal of Science** 87:50-54.

Maccagnan DHB, Leles BN, Romano CA, Xavier IA, de Sá MAP (2012) Registro de plantas hospedeiras de *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) em área urbana do município de Iporá, GO. P. 798. **In: XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia, Curitiba**. Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Entomologia. Londrina: Sociedade Entomológica do Brasil, 1. p. 1-1.

Maccagnan DHB, Martinelli NM (2004) Descrição das ninfas de *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae) associadas ao cafeeiro. **Neotropical Entomology** 33:439-446.

Maier CT (1980) A mole's eye view of seventeen-year periodical cicada nymphs, *Magicicada septendecim* (Hemiptera-Homoptera: Cicadidae). **Annals of the Entomological Society of America** 73:147-152.

Martinelli MN, Zucchi RA (1997a) Cigarras (Hemiptera: Cicadidae: Tibicinidae) associadas ao cafeeiro: distribuição, hospedeiros e chave para as espécies. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 26:133-143.

Martinelli NM, Zucchi RA (1997b) Primeiros registros de plantas hospedeiras de *Fidicina mannifera*, *Quesada gigas* e *Dorisiana drewseni* (Hemiptera: Cicadidae). **Revista de Agricultura** 72:271-281.

Martinelli NM (2004) Cigarras associadas ao cafeeiro. In: **Pragas de solo no Brasil**. Salvadori JR, Ávila CJ, Silva MTB (ed) Espiral Comércio de Livros, Passo Fundo, pp 517-541.

Pachas PO (1966) La chicharra de la yerba mate (*Fidicina mannifera*, Fab., 1803) su biologia e observaciones sobre los métodos de control em Misiones. **Idia** 217:5-15.

Paião FG, Meneguim AM, Casagrande EC, Leite RP (2002) Envolvimento de cigarras (Homoptera, Cicadidae) na transmissão de *Xylella fastidiosa* em cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** 27:67

Ribeiro ESDBP (2010) **Indução da eclosão de ninfas de *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemipetra: Cicadidae) de ramos de café em laboratório**. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

Ruffinelli A (1970) Contribucion al conocimiento de los homopteros auquenorrincos del Uruguay. **Zoologica Agricola** 1:1-25.

Sanborn AF (2013) **Catalogue of the Cicadoidea (Hemiptera: Auchenorrhyncha)**. With contributions to the bibliography by Martin H. Villet. Academic Press, Elsevier, Inc., San Diego. 1001 pp.

Scott AJ, Knott MA (1974) cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics** 30:507-512.

Scriber JM (2002) Evolution of insect-plant relationships: Chemical constraints coadaptation, and concordance of insect/plant traits. **Entomologia Experimentalis et applicata**. 104: 217-235.

Singer MC (1983) Quantification of host preferences by manipulation of oviposition behaviour in the butterfly *Euphydryas editha*. **Oecologia** 52:230-235.

Singer MC, Thomas CD, Billinton HL, Parmesan C (1989) Variation among conspecific insect populations on the mechanistic basis of diet breadth. **Animal Behavior** 37:751-759.

Souza JC, Reis PR, e Melles CCA (1983) **Cigarras do cafeeiro - Histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. EPAMIG, Bol. Téc. nº 5, 27p.

Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S (1986) **Seasonal adaptations of insects**. New York: Oxford University Press, 411p.

Thompson JN (1998) The evolution of diet breadth: monophagy and polyphagy in swallowtail butterflies. **Journal of Evolutionary Biology** 11:563-578.

Thompson JN, Pellmyr O (1991) Evolution of oviposition behaviour and host preference in Lepidoptera. **Annual Review Entomology** 65:65-89.

Torres BA (1946) Nuevas espécies de cicadidos perjudiciales a la agricultura en nuestro país. **Instituto de Sanidad Vegetal; Série A. Buenos Aires** 18:1-8.

White J, Strehl CE (1978) Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. **Ecological Entomology** 3:323-327.

White JA, and Lloyd M (1975) Growth rates of 17 and 13-year periodical cicadas. **American Midland Naturalist** 94:127-143.

White JA, Strehl CE (1978) Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. **Ecological Entomology** 3:323-327.

Williams KS, Simon C (1995) The ecology, behavior and evolution of periodical cicadas. **Annual Review of Entomology** 40:269-295.

Young AM (1980) Habitat and seasonal relationship of some cicadas (Homoptera: Cicadidae) in Central Costa Rica. **American Midland Naturalist** 103:155-166.

Zhu HH, He H, Wei C (2012) Oviposition and control of *Cryptotympana atrata* (Fabricius) in apple orchards of Weibei Region, Shaanxi, China. **Forest Pest and Disease** 31:8-12.

CAPÍTULO 4 - Dispersão e comportamentos de cópula e oviposição da cigarra-do-cafeeiro

Resumo - A cigarra-do-cafeeiro *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) é considerada uma praga importante em algumas regiões do Brasil, e informações sobre o seu comportamento, como dispersão e reprodução, são fundamentais para compreender sua ecologia e contribuir no equilíbrio de suas populações. Uma área de 97 ha com plantas de *Coffea arabica* L. foi utilizada para investigar a capacidade de dispersão de adultos e o comportamento de cópula e oviposição. Uma armadilha sonora foi usada para a atração dos adultos, e um ponto inicial foi estabelecido para a atração, marcação e liberação dos adultos na área. As recapturas dos insetos foram feitas com a armadilha sonora posicionada em 20 pontos espalhados na área, nas distâncias de 100; 250; 400 e 1.000 m. As maiores taxas de recaptura foram observadas a 100 m, e a presença de plantas de *Eucalyptus* sp. na área influenciou a dispersão de indivíduos, visto que um maior número de insetos foram recapturados em pontos próximos dessas plantas. A capacidade máxima de voo registrada para adultos de *Q. gigas* foi de 1.000 m de distância. A cópula de *Q. gigas* durou $41,6 \pm 0,43$ min, e o tempo de oviposição observado foi de $30 \pm 0,20$ min. Adultos pós-copulados, também foram atraídos pela armadilha sonora durante as recapturas. A dispersão de *Q. gigas* foi influenciada pela presença de plantas de eucalipto na área, que contribuíram para a agregação de adultos. Dessa forma, a associação entre centros de coro formados principalmente por acasalamentos em lek sugere que a dispersão de *Q. gigas* produza uma distribuição irregular promovida pela influência da vegetação, em um habitat aparentemente não uniforme.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; *Quesada gigas*; armadilha sonora; mobilidade; acasalamento em lek.

Dispersion and copula and oviposition behavior of the giant cicada

Abstract - *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) is considered to be an important pest in some regions of Brazil, and information on their behavior, such as dispersion and reproduction, is fundamental to understanding their ecology and contributing to the balance their populations. An area of 97 ha with *Coffea arabica* L. plants was used to investigate the dispersal capacity of adults and the copulation and oviposition behavior. A sound trap was used to attract adults, and a starting point was established for the attraction, marking and release of adults in the area. The insect recaptures were made with the sound trap positioned at 20 points scattered in the area, at distances of 100; 250; 400 and 1.000 m. The highest recapture rates were observed at 100 m, and the presence of *Eucalyptus* sp. in the area influenced the dispersion of individuals, since a greater number of insects were recaptured in points near these plants. The maximum recorded flight capacity for adults of *Q. gigas* was 1,000 m distance. Copulation of *Q. gigas* lasted $41,6 \pm 0.43$ min, and the observed oviposition time was 30 ± 0.20 min. Post-copulated adults were also attracted by the sound trap during recaptures. The dispersion of *Q. gigas* was influenced by the presence of eucalyptus plants in the area, which contributed to the aggregation of adults. Thus, the association between choir centers formed mainly by mating in lek suggests that the dispersion of *Q. gigas* produces an irregular distribution promoted by the influence of vegetation, in an apparently non-uniform habitat.

Keywords: *Coffea arabica*; *Quesada gigas*; sound trap; mobility; mating in lek.

1. Introdução

As cigarras são insetos hemimetabólicos, cujas fases imaturas são desenvolvidas no solo, sugando a seiva do xilema de seus hospedeiros (White e Lloyd, 1975; White e Strehl, 1978). O desenvolvimento ninfal das cigarras geralmente é longo, como, por exemplo, cigarras periódicas do gênero *Magicicada* spp. de ciclo ninfal de 13 e de 17 anos (Williams e Simon, 1995). Já a vida adulta pode variar de poucas semanas até dois a três meses (Boulard, 1965). São caracterizadas por possuírem um complexo órgão para a produção e recepção de som, responsável pela grande maioria das atividades intraespecíficas (Carver et al. , 1991).

Os machos são os principais responsáveis pela emissão de som durante a comunicação entre os sexos, e um dos principais sons emitidos por eles tem por finalidade a atração de fêmeas para o acasalamento (Williams e Simon, 1995). No entanto, o som produzido tem a capacidade de atrair indivíduos de ambos os sexos, formando centros de coro e acasalamentos em lek (Sistema onde os machos se reúnem com o único propósito de atrair e cortejar fêmeas) (Alexander e Moore, 1958; Emlen e Oring, 1977; Dunning et al. , 1979; Williams e Simon, 1995). Como consequência, para maioria das espécies, as cigarras podem voar de uma planta para outra, e os acasalamentos poderão concentrar-se principalmente no terço superior de árvores onde ocorre maior luminosidade (Dybas e Lloyd, 1974; Lloyd e White, 1976a,b).

As cigarras geralmente mantêm baixa mobilidade após a emergência, e seus voos podem ser considerados desorientados, principalmente em períodos de acasalamento (Marlatt, 1907; Craig, 1941; Simões e Quartau, 2007).

A cigarra-do-cafeeiro *Quesada gigas* (Olivier, 1790) (Hemiptera: Cicadidae) é uma espécie de cigarra considerada praga em cafeeiros da região sul e sudoeste do Estado de Minas Gerais, no Brasil (Souza et al. , 2007). É reconhecida principalmente pela grande dimensão do adulto (Martinelli e Zucchi, 1997). Sua emergência e reprodução ocorrem na estação da primavera, entre os meses de setembro e novembro (Maccagnan, 2008).

No Brasil, o controle de *Q. gigas* é realizado desde a década de 1980, quase que exclusivamente com inseticidas sistêmicos aplicados no solo sob a copa das plantas de café (Souza et al. , 2007). A redução no uso de inseticidas é um dos principais desafios, principalmente na produção de café especiais de alta qualidade, que vem ganhando cada vez mais espaço no mercado nacional e internacional (Bsca, 2016). Diante disso, exemplo como a manipulação comportamental de insetos-praga surge como potencial alternativa de controle (Foster e Harris, 1997). Por exemplo, o uso de armadilha sonora para captura e a realização de pesquisas sobre o comportamento de *Q. gigas* têm-se mostrado ferramenta promissora (Maccagnan, 2008; Andrade et al. , 2017).

A utilização da armadilha sonora em áreas cafeeiras parece estimular, quando em funcionamento, algumas atividades reprodutivas, como o acasalamento e também a oviposição (Observações pessoais), que segundo Decaro Junior et al. , (2012) é realizada no interior de ramos secos, preferencialmente na parte superior das plantas de café. No entanto, até o momento, ainda não se sabe se apenas machos e fêmeas virgens são atraídos pela armadilha sonora, e se após a cópula eles são atraídos novamente, mostrando potencial de realizarem mais de uma cópula ao longo da vida adulta.

Estudos sobre a movimentação de uma determinada espécie de inseto em seu hábitat, incluindo as cigarras, podem ser essenciais para o entendimento de aspectos biológicos básicos e seu comportamento (Hagler e Jackson, 2001). A compreensão da dispersão pode ser fundamental para entender a dinâmica da população e também restrições fisiológicas ou genéticas. Além disso, pode desenvolver sistemas de previsão para alertar os agricultores sobre surtos populacionais (Reynolds et al. , 1997).

O entendimento da movimentação em cigarras adultas pode promover várias consequências interessantes para melhor compreensão de sua vida reprodutiva (Karban, 1981). Portanto, qualquer mecanismo, como, por exemplo, agregações para formar centros de coro (Williams e Simon, 1995), que promova a formação de grupos tende a influenciar no modo de como a espécie se distribui na área, podendo causar certa dependência espacial (Isaaks e Srivastava, 1989). Para *Q. gigas*,

poucas são as informações relacionadas ao comportamento de agregação e de sua capacidade de dispersão dos adultos. Não se sabe até o momento, por exemplo, se adultos de *Q. gigas* tendem a se concentrar em locais próximos ao da emergência, ou se a busca por novos locais é priorizada. Portanto, os fatores relacionados ao comportamento de *Q. gigas* após a emergência ainda são pouco conhecidos.

A observação da movimentação de adultos de *Q. gigas* permitirá melhor percepção sobre como essa espécie se dispersa em lavouras cafeeiras, podendo auxiliar o desenvolvimento de melhores planos amostrais. Dessa forma, informações sobre o comportamento de dispersão, cópula e oviposição de *Q. gigas* são fundamentais para compreender sua ecologia e para contribuir no equilíbrio de suas populações. Nesse sentido, os objetivos deste estudo foram: *i)* entender o comportamento de dispersão de adultos de *Q. gigas* em uma área cafeeira, e *ii)* verificar o comportamento de cópula e de oviposição de *Q. gigas* durante o processo de captura e de recaptura.

2. Material e Métodos

2.1. Localização da área experimental e Identificação da espécie

O estudo foi realizado no período de 17/10/2017 a 08/11/2017, em uma área de 97 ha de *Coffea arabica* L. localizada no município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais, Brasil (20°57'54.65"S; 47° 4'14.76"O) (Fig. 1).

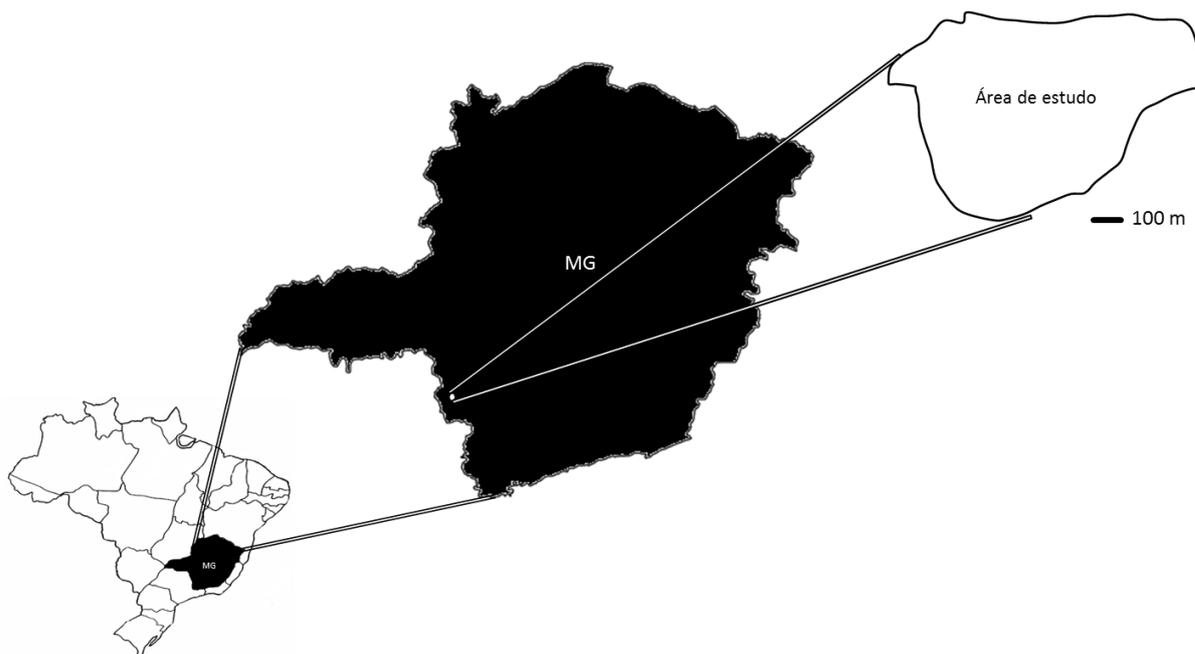


Figura 1. Localização da área experimental, Estado de Minas Gerais, Brasil.

Após as emergências na área que se iniciaram no dia 19/09/2017, alguns indivíduos capturados, como *Q. gigas*, foram selecionados para a confirmação da espécie, de acordo com Martinelli e Zucchi (1997).

2.2. Armadilha sonora e atração de adultos

Uma armadilha sonora desenvolvida por Maccagnan (2008) foi usada para a atração dos adultos de *Q. gigas*. Esta armadilha contém um dispositivo sonoro que reproduz o som emitido por machos de *Q. gigas*, e sua transmissão é feita através de um CD player Sony (CDX-S 2007 XG) conectado a dois alto-falantes Selenium (D250-X), acrescidos de cornetas Selenium (HL 14-25). Esse conjunto de som permite resposta de frequência entre 400 e 9.000 Hz. Além do dispositivo sonoro, foi usado, na mesma estrutura, um tecido alvejado de 2,0 x 1,5 m para facilitar melhor aderência dos adultos durante a atração, possibilitando a captura manual (Fig. 2).

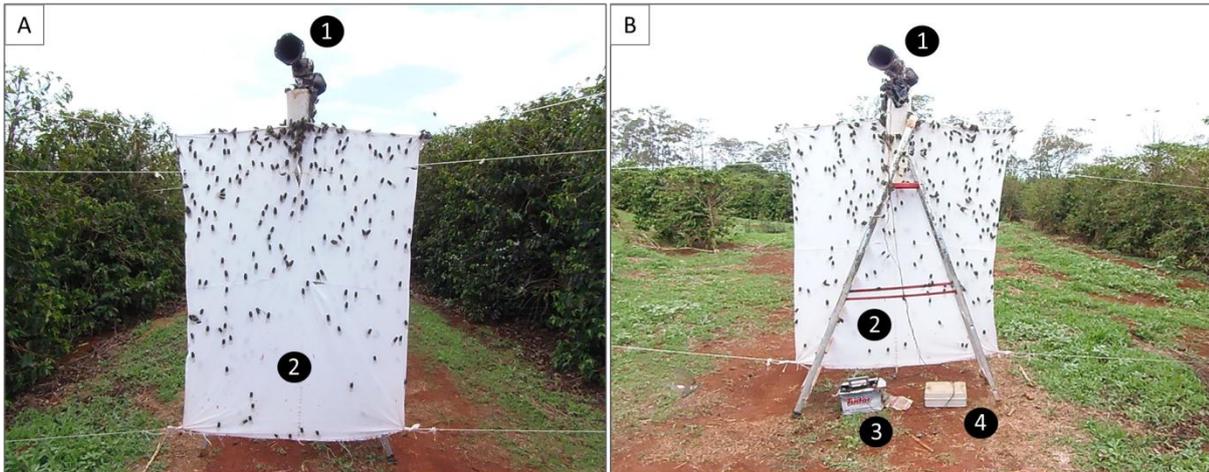


Figura 2. (A) Armadilha sonora e estrutura, vista na posição frontal usada para a captura de *Quesada gigas* na área experimental. (1) Emissor de som; (2) Tecido alvejado de 2,0 x 1,5 m. (B) Armadilha sonora e estrutura na posição posterior. (1) Emissor de som; (2) Tecido alvejado de 2,0 x 1,5 m; (3) Bateria 12 volts; (4) Reprodutor eletrônico e amplificador sonoro.

2.3. Captura, marcação e liberação de adultos de *Quesada gigas*

Na área de estudo, foi estabelecido e georrefenciado com o auxílio de GPS (Sistema de Posicionamento Global) Garmin eTrex Vista HCx, um ponto fixo de marcação e de liberação dos adultos. As marcações foram realizadas segundo o método de “*Capture-Mark-Recapture*”, proposto por Reynolds et al. , (1997).

Os indivíduos atraídos pela armadilha sonora foram capturados manualmente e marcados com esmalte sintético colorido no mesotórax e na região basal da asa anterior. As cores utilizadas e as datas de marcações foram verde (17/10/2017), rosa (23/10/2017), roxa (30/10/2017) e laranja (06/11/2017). O horário de marcação dos adultos foi sempre no período das 10 h às 17 h, com objetivo de marcar o maior número de indivíduos possível. Sendo assim, não foi priorizada a igualdade na quantidade de indivíduos marcados entre os sexos. No total, foram marcados 5.757 indivíduos (Tabela 1/Fig. 3).

Tabela 1. Distância de recaptura, número de indivíduos marcados e liberados, data de marcação, cor utilizada e data de recaptura de adultos de *Quesada gigas*.

Data de marcação	Sexo	nº de indivíduos marcados	Cor	Distâncias de recaptura	Data de recaptura
17/10/2017	♂	497	Verde	400 m	19/10/2017
23/10/2017	♀	580	Rosa	250 m	25/10/2017
		220			
30/10/2017	♂	140	Roxa	100 m	01/11/2017
		1.620			
06/11/2017	♀	120	Laranja	1.000 m	08/11/2017
		1.280			

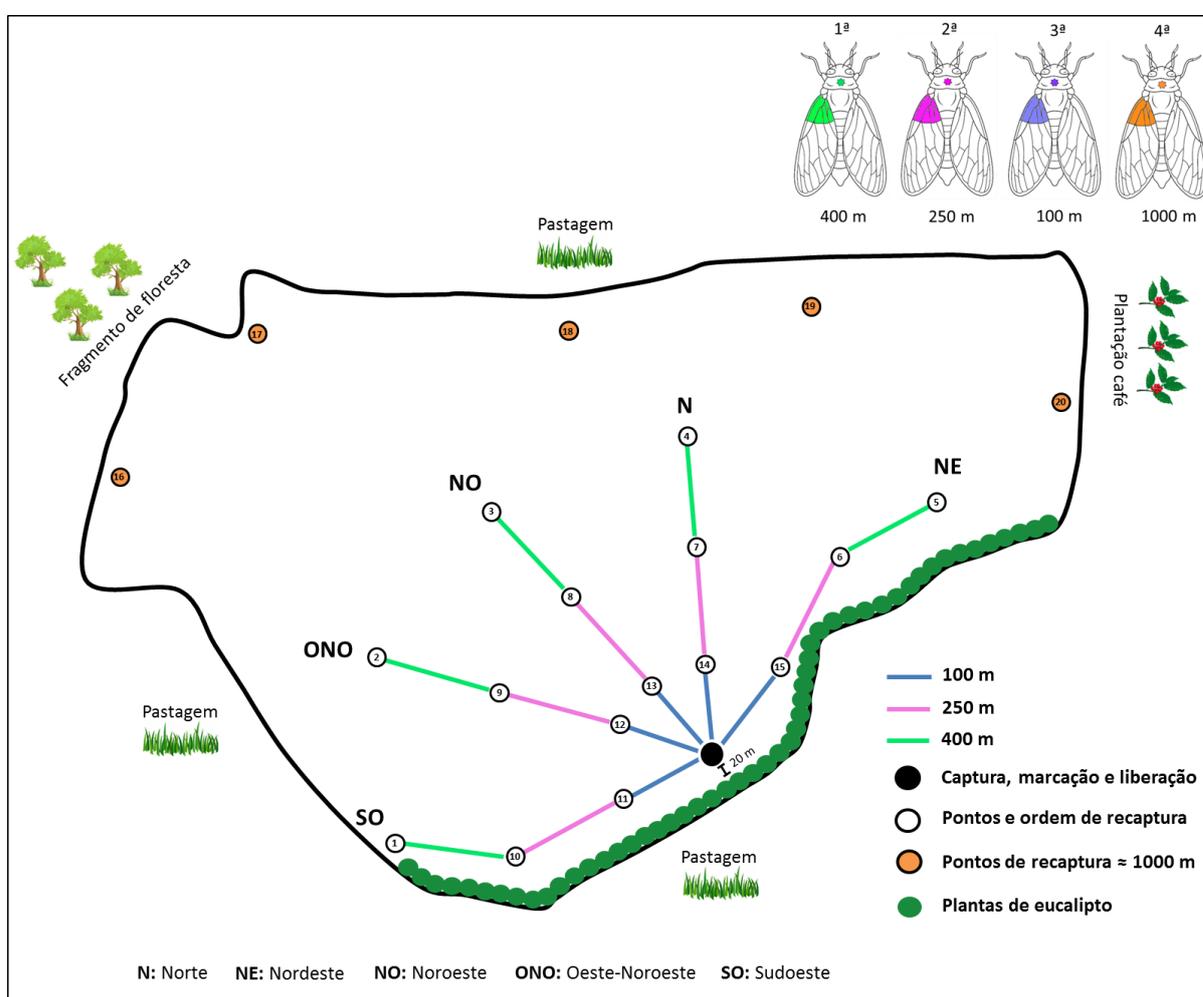


Figura 3. Croqui da área experimental e ilustração esquemática de adultos de *Quesada gigas* marcados com esmalte sintético colorido em cada data de marcação, durante o período de quatro semanas de realização do estudo.

2.4. Recapturas de adultos de *Quesada gigas* e condições climáticas

Foram estabelecidos e georreferenciados 20 pontos de recaptura na área, correspondendo às distâncias de 100; 250; 400 e 1.000 m. Para cada distância, foram feitas recapturas em cinco pontos da área (Fig. 3).

As recapturas foram realizadas após 48 h de cada marcação, de modo que os indivíduos marcados tivessem tempo suficiente para se movimentar de maneira natural no habitat. Em cada data de recaptura, cinco pontos de cada distância foram avaliados, e a armadilha sonora permaneceu ligada por 1 h em cada ponto. As recapturas iniciavam-se às 10 h, com término às 16 h. Os indivíduos recapturados foram acondicionados em sacos de papel e, posteriormente, contabilizados e descartados, não sendo mais liberados no ambiente.

Foram registradas médias de temperatura e umidade relativa do ar (UR), que foram obtidas através de registros feitos diariamente com o auxílio de termohigrômetro digital (Simpla-TH02), em cada data de marcação e recaptura, durante todo o período do estudo. As médias registradas para temperatura foram de 29,7°C e para a UR foi de 49,8%. Não houve precipitação durante todo o período do estudo, no horário das avaliações.

2.5. Comportamento de cópula e de oviposição de *Quesada gigas*

Através da marcação e da recaptura de adultos de *Q. gigas* com o uso da armadilha sonora, nas datas de 17/10/2017, 23/10/2017, 30/10/2017 e 06/11/2017, foram observadas visualmente a cópula e a oviposição dos indivíduos atraídos pelo som. Com isso, os casais que realizaram cópula foram marcados usando esmalte sintético colorido, conforme especificado na Figura 3, porém com cores distintas. A partir da marcação, foi verificado, com o auxílio de cronômetro digital, o tempo de cópula entre os casais. Já para as oviposições, a observação foi realizada de forma visual nas plantas de café que se concentravam ao redor da armadilha sonora, e o tempo de cada oviposição também foi determinado com o auxílio de cronômetro digital.

Foi também observado se machos e fêmeas copulados eram atraídos pela armadilha sonora novamente, e se os mesmos realizavam mais de uma cópula ao longo de sua vida adulta. Assim, após cada data de marcação, foi observado se indivíduos copulados marcados foram atraídos novamente nos diferentes pontos de recaptura. Essas informações, juntamente com os outros fatores, foram associadas ao comportamento de dispersão por adultos de *Q. gigas* na área de estudo.

2.6. Análise dos dados

O número de insetos recapturados foi transformado em porcentagem, relativa ao número total de insetos marcados e liberados. Em função do número de pontos amostrados, o padrão de dispersão espacial de *Q. gigas* na área foi estimado por interpolação, pelo método do Inverso do Quadrado da Distância (IQD) (Câmara et al. , 2002).

3. Resultados

3.1. Taxas de recaptura de *Quesada gigas* após 48 h de liberação

As taxas de recaptura foram determinadas, relacionando a distância de recaptura em função do ponto de liberação, do número de insetos marcados e liberados em cada semana, e da direção dos pontos cardeais em relação ao tipo de vegetação no entorno da área de estudo.

A maior taxa de recaptura (8,6%) para machos foi observada aos 100 m, na direção sudoeste (SO), que é composta pela presença de plantas arbóreas de eucalipto, e direcionada sentido pastagem presente fora da área de estudo, seguida pelas direções nordeste (NE) e noroeste (NO), que apresentaram taxa de recaptura de 2,9%, sendo a direção nordeste composta também pela presença de plantas arbóreas de eucalipto, e direcionada sentido plantação de café presente fora da área de estudo, e a direção noroeste direcionada no sentido de um fragmento de floresta presente fora da área de estudo. As menores taxas de recaptura aos 100 m foram observadas na direção norte (N) (2,15%) e oeste-noroeste (ONO) (1,43%), que são

direcionadas no sentido de pastagens presente fora da área de estudo. Para as recapturas realizadas aos 250 m, a maior taxa de recaptura (3,64%) foi observada na direção SO, seguida também pelas direções NE e NO, que apresentaram taxas iguais (1,35%). As menores taxas, aos 250 m, foram observadas na direção ONO (0,91%), e N (0,45%). Aos 400 m, foi observada taxa de recaptura de 0,6% para a direção SO, e 0,2% para as direções NE e ONO, que apresentaram a mesma taxa de recaptura. Para as direções N e NO, nenhum indivíduo foi recapturado aos 400 m. Nas recapturas de 1.000 m, foi observada a taxa de 0,84% igual para as direções N e ONO. Nas direções NE e NO, não foi recapturado nenhum macho (Fig. 4a).

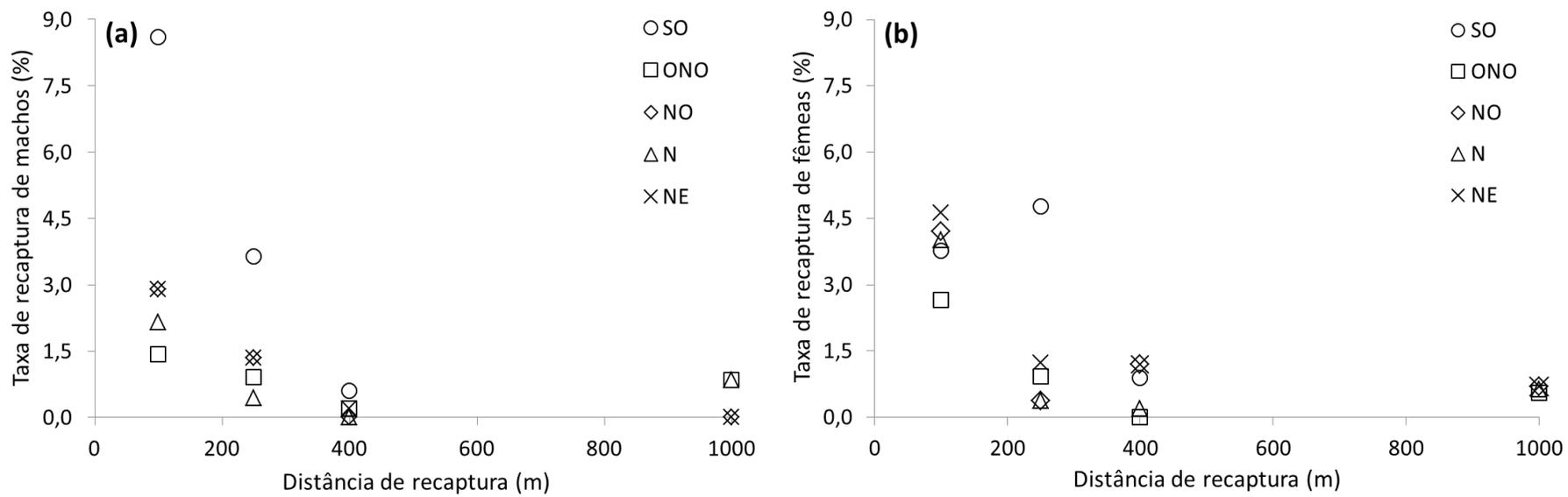


Figura 4. Taxas de recaptura de machos **(a)** e fêmeas **(b)** de *Quesada gigas* a 100; 250; 400 e 1.000 m de distância do ponto de captura, marcação e liberação nas direções sudoeste (SO), oeste-noroeste (ONO), noroeste (NO), norte (N) e nordeste (NE).

É possível observar, também, que a taxa de recaptura de machos, aos 100 m, é muito superior quando comparadas as demais distâncias de recaptura, sendo que, à medida que a distância de recaptura é aumentada, foi observada menor dispersão dos machos até os 400 m. No entanto, de 400 para 1.000 m observou-se aumento de recaptura de machos nas direções N e SO.

Para as fêmeas, foi observada, aos 100 m, maior taxa de recaptura (4,63%) na direção NE, seguida por 4,2% na direção NO, 4,01% na N, 3,77% na SO, e em menor porcentagem (2,66%) para a região ONO. Ao analisar a taxa de recaptura obtida aos 250 m, observa-se o aumento de 1% na direção SO, que apresentou 4,77% de taxa de recaptura, quando comparado aos 100 m. Ainda para a mesma distância, são observados 1,23% de taxa de recaptura na direção NE, 0,93% na ONO e 0,38% para as direções N e NO, que apresentaram taxas iguais de recaptura. Aos 400 m, observam-se maiores taxas de recaptura (1,2%) nas direções NE e NO, pois ambas apresentaram a mesma porcentagem, ainda para a direção NO, observa-se o aumento de 0,82% de taxa de recaptura quando comparado aos 250 m. Na direção SO, foi observada taxa de recaptura de 0,9%, sendo que a menor taxa foi verificada na direção N (0,2%). Na direção ONO, não houve recaptura de fêmeas aos 400 m. Nos pontos mais distantes, aos 1.000 m, foram observadas maiores taxas de recaptura nas direções NE e NO, verificando 0,7% para cada direção. As direções N e ONO apresentaram, respectivamente, taxas de recaptura de 0,63% e 0,55% de fêmeas. Observa-se também o aumento de 0,43% de taxa de recaptura para a direção N, quando comparado aos 400 m (Fig. 4b).

As recapturas de fêmeas de *Q. gigas*, como as de machos, mostraram, em geral, maiores taxas de recaptura nos pontos de 100 m. No entanto, a dispersão de fêmeas parece ser mais irregular, pois mostrou variações nas taxas de recaptura, com aumento em alguns momentos e diminuição em outros, em relação às diferenças de distâncias e de direções da área.

Ao relacionar o número de machos de *Q. gigas* liberados, que foi menor em relação ao de fêmeas, em todas as datas de liberação, observa-se que, mesmo em menor número, a taxa de recaptura de machos mostrou ser superior em alguns pontos da área, como aos 100 m na direção SO, aos 250 m nas direções N, NE e NO, aos 400 m na direção ONO, e aos 1.000 m nas direções N e ONO.

3.2. Estimativa da dispersão de *Quesada gigas* orientada pelo método de IQD

Foi possível, através do método de IQD, obter estimativas de valores amostrais em pontos da área onde não houve recapturas, com base em médias ponderadas dos valores observados em pontos georreferenciados da área onde houve recapturas. É possível observar, nos mapas de contorno gerados, as regiões da área onde houve maiores taxas de recaptura observadas e estimadas, para machos e fêmeas. Por meio das curvas de isovalores, separadas por isolinhas, é possível verificar taxas de recaptura de acordo com a intensidade de cores.

Os maiores índices de agregação de recapturas para machos foram observados próximo ao ponto de liberação, apresentando maiores concentrações na direção SO da área, seguido pela direção NE. Apesar de ser verificada maiores concentrações de recaptura de machos próximo ao ponto de liberação, observam-se de acordo com o aumento das distâncias em relação ao ponto de liberação, projeções de taxas de recaptura que vão de aproximadamente 3,0 a 1,5% na direção N e NE, e também em grande parte da área, principalmente nas direções NO, ONO e SO, com taxa de recaptura de até 0,5%. As regiões que apresentaram manchas de cor verde mais clara são caracterizadas por não haver taxas de recaptura registradas para machos de *Q. gigas* (Fig. 5).

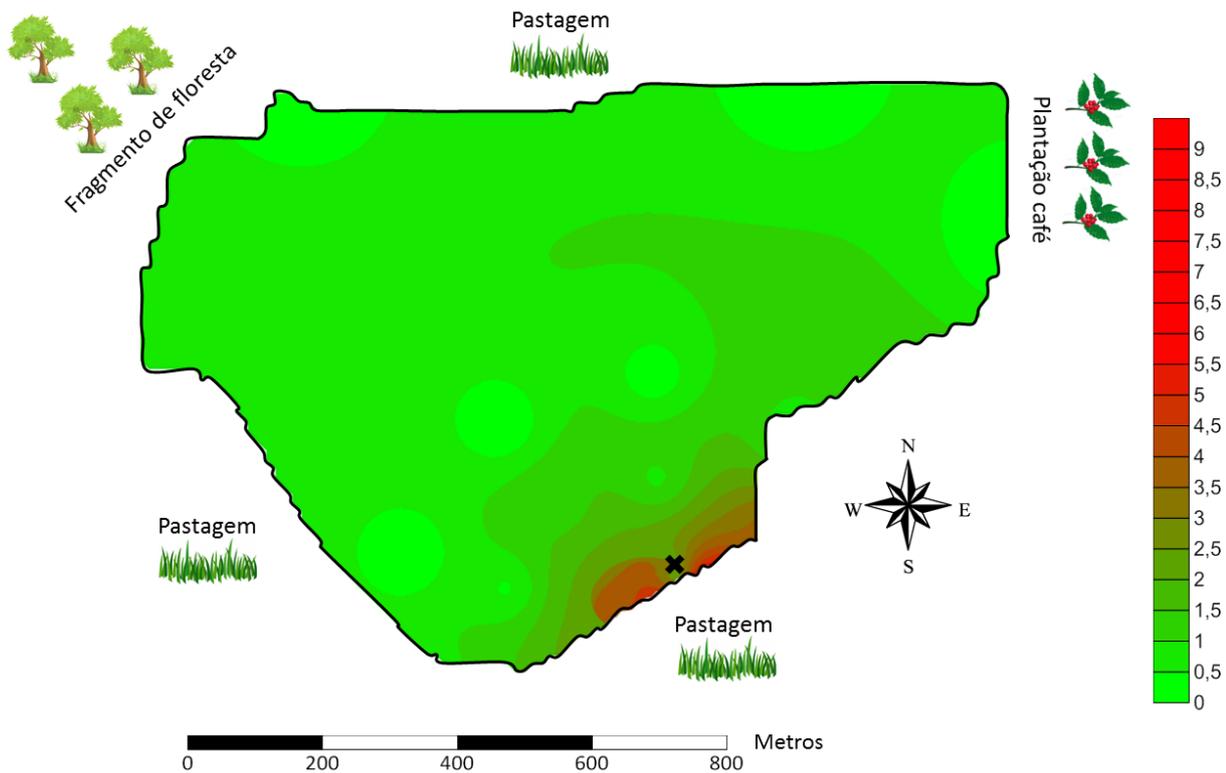


Figura 5. Mapa de interpolação por IQD (Inverso do Quadrado da Distância), mostrando a dispersão de machos de *Quesada gigas* na área de estudo. A cor vermelha mais intensa com tendência para a verde mais clara representa, gradativamente, menores taxas de recaptura em porcentagem. O X indica o ponto de captura, marcação e liberação dos adultos.

Para fêmeas, é observado no mapa que maiores taxas de recaptura também foram verificadas próximas ao local de liberação. A direção SO, foi a que apresentou maior intensidade de cor vermelha, mostrando maiores taxas de recaptura nessa direção, até aproximadamente 250 m do ponto de liberação, seguido pela direção NE. Observam-se também de acordo com o aumento das distâncias em relação ao ponto de liberação, projeções de taxas de recaptura de 2,4 a 1,6% nas direções NE e ONO, até aproximadamente 400 m do ponto de liberação. Sendo que após os 400 m do ponto de liberação dos adultos, também se observam projeções mostrando taxas de recaptura de até 0,8% de acordo com a intensidade gradativa de cores. A menor projeção de taxa de recaptura foi observada na direção N, seguida pela

direção ONO após os 250 m do ponto de liberação (Fig. 6).

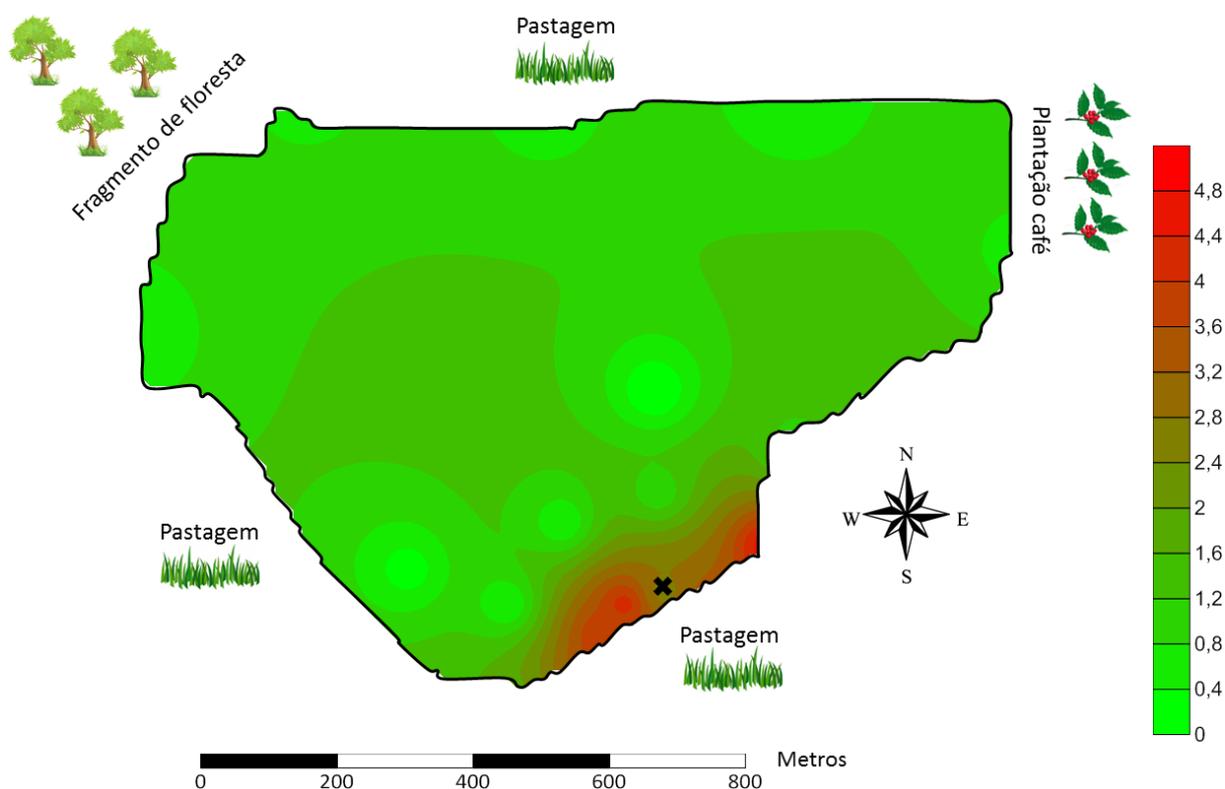


Figura 6. Mapa de interpolação por IQD (Inverso do Quadrado da Distância), mostrando a dispersão de fêmeas de *Quesada gigas* na área de estudo. A cor vermelha mais intensa com tendência para a verde mais clara representa, gradativamente, menores taxas de recaptura em porcentagem. O X indica o ponto de captura, marcação e liberação dos adultos.

Portanto, é possível observar, através dos mapas, maiores projeções de taxas de recaptura para fêmeas quando comparadas com as de machos, em função do aumento da distância. Em geral, os mapas apresentados para machos e fêmeas mostraram maiores manchas com maiores taxas de recaptura, principalmente próximas ao ponto de marcação e liberação dos adultos, e também na faixa próxima à região de borda da área, nas direções NE e SO. Essa região possui a extensão de aproximadamente 1.000 m, caracterizada pela presença de plantas adjacentes de *Eucalyptus* sp., o que provavelmente influenciou na orientação da dispersão de *Q. gigas*.

3.3. Frequência de recaptura de *Quesada gigas* no tempo

Análise de regressão logarítmica permitiu verificar a frequência de recaptura ao longo do tempo ($y = 0,756\ln(x) + 2,2694$, $R^2 = 0,8669$). Para medir a frequência, foram utilizados apenas os dados dos indivíduos marcados e liberados em 17/10/2017 (Tabela 1), e os dados de recaptura; independentemente do ponto amostral e do sexo, foram verificados ao longo do tempo até que não houvesse mais nenhum indivíduo recapturado na área, marcado nesta data. A maior taxa de recaptura observada foi de 2,14% dos 1.077 indivíduos marcados e liberados. A partir da maior taxa de recaptura observada (2,14%) foi gerada uma curva logarítmica decrescente para verificar a frequência de recaptura no tempo após a liberação dos adultos. A menor taxa de recaptura verificada foi de 0,09% aos 16 dias após a liberação dos adultos. Houve recaptura de indivíduos até o vigésimo dia após a liberação (Fig. 7).

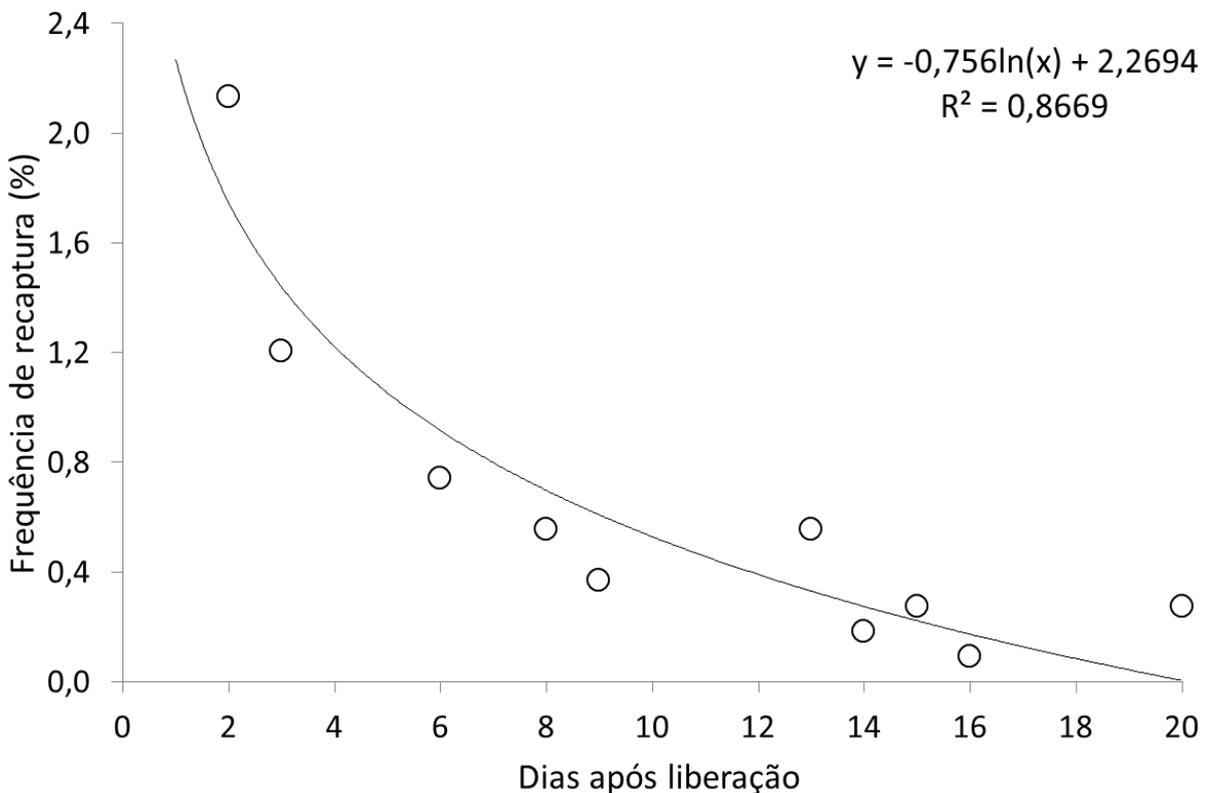


Figura 7. Frequência de recaptura no tempo, de cigarras capturadas, marcadas e liberadas em 17/10/2017.

Esse resultado também estima o tempo de vida adulta no campo para aproximadamente 49 dias, considerando o início da emergência na área, informação que até momento era desconhecida para *Q. gigas*.

3.4. Comportamento de cópula e de oviposição de *Quesada gigas*

O número e o tempo de cópulas e oviposições foram observados durante a realização do processo de captura e de recaptura dos adultos na área. Ao todo, foram observados 362 casais copulando, entre o período de 05/10/2017 a 30/10/2017, com tempo médio por cópula de $41,6 \pm 0,43$ min. Um total de 700 oviposições foram observadas no período de 17/10/2017 a 31/10/2017. O tempo médio de cada oviposição foi de $30 \pm 0,20$ min.

Foi também observado que machos e fêmeas pós-copulados foram atraídos mais de uma vez pela armadilha sonora. O número de indivíduos copulados atraídos foi de 56 machos e 104 fêmeas, correspondendo respectivamente a 15,46 e 28,72% do total de 362 cópulas observadas. Houve recaptura de indivíduos que copularam mais de uma vez, em todos os pontos demarcados. Isso demonstra que, após a primeira cópula, os indivíduos possuem capacidade de movimentação na área.

Foi verificado juntamente com a observação de que, se indivíduos pós-copulados foram atraídos novamente pela armadilha sonora, e se esses mesmos indivíduos realizaram cópulas novamente. Dessa maneira, foi constatado que 24 machos e três fêmeas copularam mais de uma vez durante o processo de captura e de recaptura de adultos de *Q. gigas*.

4. Discussão

Os resultados obtidos para machos e fêmeas de *Q. gigas*, indicaram maiores concentrações de recaptura próximas ao ponto de marcação e de liberação. Relatos mostraram que as cigarras possuem baixa capacidade de dispersão após a emergência (Marlatt, 1907; Craig, 1941). No entanto, apesar da baixa frequência, adultos de *Q. gigas* foram recapturados em distâncias de até 1.000 m.

Karban (1981) verificou para *Magicicada* spp. que raramente os indivíduos se deslocam a distâncias longas, mesmo em campos abertos, ou ao longo de bordas de florestas. Segundo seus resultados, 90% dos indivíduos voam distâncias menores que 50 m, e apenas cerca de 1% voa mais de 100 m, e nenhum indivíduo foi recapturado a mais de 150 m do ponto de liberação. Simões e Quartau (2007) também observaram que machos de *Cicada orni* Linnaeus 1758 (Hemiptera: Cicadidae) não procuram lugares distantes para se acasalarem, e que ambos os sexos tendem a ficar próximos do local de sua emergência, sem qualquer dispersão pré-acasalamento.

Resultados mostrados por Maier (1982) e Arensburger et al. , (2004) propõem que a dispersão de longo alcance para cigarras também parece ser muito rara. Já Williams e Simon (1995) relataram que movimentos de machos e fêmeas a distância superior a 300 m já foram observados para *Magicicada* spp. Eles relataram que fêmeas acasaladas, provavelmente, tendem a se dispersar das formações de coros antes de iniciar a oviposição, como observado também por Karban (1981). Nos resultados obtidos para *Q. gigas*, também foi observado que taxas de recaptura, na maioria das vezes, foram superiores em fêmeas do que em machos, principalmente em distâncias mais longas, como observado nos pontos de recaptura aos 1.000 m.

Ao analisar os indivíduos marcados e liberados em cada data de marcação, verificou-se que o número de machos marcados sempre foi menor em relação ao de fêmeas, e que a partir da primeira data de marcação e em todas as outras o número de machos marcados foi reduzindo gradativamente. Maccagnan (2008) observou que machos de *Q. gigas* emergem primeiro que as fêmeas, e Andrade et al. , (2017) também verificaram esse resultado, mostrando surgimento assíncrono de machos e fêmeas, o que promove emergência protandrosa em *Q. gigas*. Dessa forma, o número de machos nas primeiras semanas de emergência é maior quando comparado ao de fêmeas, e provavelmente sua mortalidade, será antecipada no ambiente, e o número de fêmeas logo será superior.

Muitos são os fatores que podem estar envolvidos na agregação dos adultos, como, por exemplo, a influência do canto em coro, pois um macho, ao emitir o canto de chamamento para atrair fêmeas para cópula, pode involuntariamente atrair

também outros machos da mesma espécie, causando aglomerações e acasalamentos em lek (Karban, 1981; Williams e Simon, 1995). Esses machos geralmente competem por fêmeas e podem atrair predadores que se encontram próximos, de forma que alguns indivíduos, principalmente fêmeas, tenham mais vantagens reprodutivas, aumentando o *fitness* da espécie (Williams et al. , 1993). Durante o período de emergência, os centros de coro às vezes podem deslocar-se para diferentes regiões, ou podem permanecer no mesmo local por até seis dias (Karban, 1981; Williams e Smith, 1991; Williams e Simon, 1995). Isso está de acordo com os resultados obtidos para *Q. gigas*, em que as recapturas se mostraram superiores em locais próximos ao ponto de marcação e liberação. Esse fato, também, pode estar relacionado com a presença de plantas adjacentes de *Eucalyptus* sp., presentes na área de estudo, que podem servir de abrigo para os adultos. Pois as cigarras tendem a concentrar seus centros de coro principalmente em plantas arbóreas, onde ocorre maior luminosidade (Dybas e Lloyd, 1974; Lloyd e White, 1976a,b).

A presença de plantas de eucalipto em uma das bordas, ao servirem de abrigo para os adultos, certamente facilitam, devido a sua altura, a disseminação do som produzido pelos machos. Em *Q. gigas*, os machos normalmente necessitam de uma endotermia de 25°C para ativarem seus órgãos timbálicos e conseguirem produzir som (Sanborn, 1995), o que presumivelmente pode ser facilitado, se a exposição ao sol ocorrer em um local mais elevado.

A dispersão observada no tempo, onde indivíduos foram recapturados até 20 dias após a liberação, e as recapturas observadas em distâncias maiores que 100 m também devem ser levadas em consideração. Sendo que, ao analisar o potencial reprodutivo de *Q. gigas* em que uma única fêmea é capaz de produzir mais de 1.000 oócitos ao longo de sua vida adulta (Andrade et al. , 2017), qualquer taxa de recaptura deve ser considerada significativa, principalmente considerando o tempo de vida dos adultos no campo, o alcance de voo e o tempo (1 h) em que a armadilha sonora permaneceu ligada em cada ponto de recaptura.

Simões e Quartau (2007) relataram que adultos mais velhos, provavelmente, têm mais habilidade ou disponibilidade para voar distâncias mais longas, já que indivíduos mais jovens gastam muita energia tentando maximizar as chances de

cópula. Dessa forma, os machos mais jovens, geralmente, concentram sua energia em atividades de canto aumentadas e, portanto, esses indivíduos tendem a apresentar baixa taxa de dispersão pré-acasalamento. Esse gasto de energia, provavelmente é evitado de modo a destiná-lo para outros processos reprodutivos, como a maturação sexual (Chapman, 2013).

Os centros de coro, para os acasalamentos em lek (Kurban, 1981), certamente são formados principalmente por indivíduos jovens pré-acasalados. Dessa forma, adultos recapturados a longas distâncias possivelmente são indivíduos pós-acasalados, que tendem a deixar zonas de agregação em busca de novos locais, como para a alimentação, ou fêmeas que irão disseminar suas proles.

Algumas hipóteses, como o processo evolutivo de desenvolvimento de um órgão emissor de som em machos com finalidade de comunicação intraespecífica em cigarras, podem auxiliar no entendimento desse processo. O uso adaptativo desse órgão, que visa principalmente à atração de fêmeas, caracteriza explicitamente que esses indivíduos não necessitam descolar-se para longas distâncias em busca de acasalamentos, enfrentando possíveis obstáculos, como a ação de predadores. Pois as cigarras adultas não possuem muito tempo de vida (Williams e Simon, 1995), e com certeza suas estratégias devem ser eficientes para garantir o sucesso reprodutivo. Sendo assim, maiores concentrações de indivíduos consequentemente poderão ser encontradas principalmente próximas ao local de sua emergência.

Com a observação de atração de machos e fêmeas pós-copulados, bem como dos indivíduos que copularam mais de uma vez, pode-se esperar que não apenas machos e fêmeas virgens sejam atraídos pela armadilha sonora, mas também indivíduos pré e pós-copulados, aumentando dessa forma sua eficiência de atração. Em fêmeas de *Magicicada* spp., isso geralmente não ocorre, pois aparentemente elas possuem um único macho durante toda a vida adulta (White, 1973; Cooley e Marshall, 2004). No entanto, o acasalamento de fêmeas por mais de um macho já foi observado por Doolan e MacNally (1981), para a espécie *Cystosoma saundersii* Westwood em habitats de matas de orlas costeiras na Austrália. Dessa forma, essa observação pode dar indícios de que o fluxo de dispersão por adultos de *Q. gigas*, provavelmente, poderá ser aumentado, pois o

acasalamento cruzado dos indivíduos poderá promover maiores movimentações de adultos na área, ao longo de suas vidas.

O tempo médio de cópula observado (41,6 min) para *Q. gigas* pode ser considerado rápido quando comparado com outras espécies de cigarras, como, por exemplo, *Fidicina mannifera* (Fabricius, 1803) (Hemiptera: Cicadidae) na Argentina, que tem como um de seus hospedeiros plantas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.), e também *C. saundersii* na Austrália, cujas fêmeas de ambas as espécies levaram cerca de 90 min para realizar uma única cópula (Pachas, 1966; Doolan e MacNally, 1981).

Oviposições de fêmeas de *Q. gigas* que, na média, duraram 30 min, também devem ser levadas em consideração em sua dispersão, pois se as fêmeas levarem um tempo longo em cada oviposição, sua movimentação na área poderá ser influenciada, uma vez que seu tempo de vida é curto (Boulard, 1965; Maccagnan, 2008), e suas atividades reprodutivas devem ser aceleradas para garantir sua prole.

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que a dispersão de *Q. gigas* possivelmente é influenciada pela presença de plantas de eucalipto na área, que conseqüentemente devem contribuir para a agregação de adultos, causando maior dependência espacial da espécie nessa localidade. Dessa forma, a associação entre centros de coro formados principalmente por acasalamentos em lek sugere que a dispersão de *Q. gigas* também produza uma distribuição irregular promovida pela influência da vegetação, em um hábitat aparentemente não uniforme. A distribuição da prole na área poderá ser influenciada principalmente pela presença de plantas arbóreas atrativas aos adultos, devendo ser voltada maior atenção para métodos de amostragem e de controle, principalmente em talhões próximos a esses locais.

Fêmeas de *Q. gigas* mostraram, através do número de oviposições e do tempo registrado em cada oviposição, ter ampla capacidade de disseminação de sua prole em apenas pouco tempo de vida adulta.

5. Referências

Alexander RD, Moore TE (1958) Studies on the acoustical behavior of seventeen-year cicadas. **The Ohio journal of science** 58:107-127.

Andrade SC, Martinelli NM, Rossi GD, Andrade DJ (2017) Giant Cicada Emergence, Protandry and Chorus Centers Formation as Revealed by Studies Using a Sound Trap. **Journal of Insect Behaviour** 30:300-307.

Arensburger P, Simon C, Holsinger K (2004) Evolution and phylogeny of the New Zealand cicada genus *Kikihia* dugdale (Homoptera: Auchenorrhyncha: Cicadidae) with special reference to the origin of the Kermadec and Norfolk Islands' species. **Journal of Biogeography** 31:1769-1783.

Boulard M (1965) Notes sur la biologie larvaire des cigales (Homoptera: Cicadidae). **Annales de h Soclctd Entomologique de France** 1:503-521.

Brazil specialty coffee association. **O que são cafés especiais, 2016**. Disponível em: <<https://bsca.com.br/cafe-especiais.php>>. Acesso em: 03 junho 2018.

Câmara G, Monteiro AMV, Carvalho SDMS (2002) **Análise Espacial e Geoprocessamento**. INPE, São José dos Campos, 106 p.

Carver M, Gross, GF, Woodward TE (1991) Hemiptera. In: CSIRO. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Division of Entomology. **The insects of Austrália: a textbook for students and research workers**. Melbourne 1:429-509.

Chapman RF (2013) **The insects: Structure and function**. 5th edition. Cambridge Univ. Press, Cambridge P. 929.

Cooley JR, Marshall DC (2004) Thresholds or comparisons: mate choice criteria and sexual selection in a periodical cicada, *Magicicada septendecim* (Hemiptera: Cicadidae). **Behaviour** 141:647-673.

Craig FW (1941) Observations on the periodical cicada. **Journal of Economic Entomology** 34:122-123.

Decaro junior ST, Martinelli NM, Maccagnan DHB, Ribeiro ESDBP (2012) Oviposition of *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) in coffee plants. **Revista Colombiana de Entomologia** 38:1-5.

Doolan JM, MacNally RC (1981) Spatial dynamics and breeding ecology in the cicada *Cystosoma saundersii*: the interaction between distributions of resources and intraspecific behaviour. **Journal of Animal Ecology** 50:925-940.

Dunning DC, Byers JA, Zanger CD (1979) Courtship in two species of periodical cicadas, *Magicicada septendecim* and *Magicicada cassini*. **Animal Behaviour** 27:1073-1090.

Dybas HS, Lloyd M (1974) The habitats of 17-year periodical cicadas. **Ecological Monographs** 44: 279-324.

Emlen ST, Oring LW (1977) Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems. **Science** 197:215-223.

Foster SP, Harris MO (1997) Behavioral manipulation methods for insect pest management. **Annual Review of Entomology** 42:123-146.

Hagler JR, Jackson CG (2001) Methods for marking insects: current techniques and future prospects. **Annual Review of Entomology** 46:511-543.

Isaaks EH, Srivastava RM (1989) **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University 561p.

Karban R (1981) Flight and dispersal of periodical cicadas. **Oecologia** 49:385-390.

Lloyd M, White JA (1976a) Sympatry of periodical cicada broods and the hypothetical four-year acceleration. **Evolution** 30:786-801.

Lloyd M, White JA (1976b) On the oviposition of 13-year versus 17-year periodical cicadas of the same species. **Journal of the New York Entomological Society** 84:148-155.

Maccagnan DHB (2008) **Cigarra (Hemiptera: Cicadidae): emergência, comportamento acústico e desenvolvimento de armadilha sonora**. 90 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

Maier CT (1982) Observations on the seventeen-year periodical cicada, *Magicicada septendecim* (Hemiptera: Homoptera: Cicadidae). **Annals of the Entomological Society of America** 75:14-23.

Marlatt CL (1907) **The periodical cicada**. U.S. Dep Agric Bur Ent Bull 71:1-181.

Martinelli NM, Zucchi RA (1997) Cigarras (Hemiptera, Cicadidae - Tibicinidae). Distribuição, hospedeiros e chave para as espécies. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 26:133-144.

Pachas PO (1966) La chicharra de la yerba mate (*Fidicina mannifera*, Fab., 1803) su biologia e observaciones sobre los métodos de control em Misiones. **Idia** 217:5-15.

Reis PR, Souza JC, Venzon M (2002) **Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro**. 1. Ed. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 23 p.

Reynolds DR, Riley JR, Armes NJ, Cooter RJ, Tucker MR, Colvin J (1997) Techniques for quantifying insect migration. In: Dent, D.R., Walton, M.P. (Eds.), **Methods in Ecological and Agricultural Entomology**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 111-145.

Sanborn AF, Noriega FG, Heath, JE, Heath MS (1995) Diurnal activity, temperature responses, and endothermy in three South American cicadas (Homoptera: Cicadidae: *Dorisiana bonaerensis*, *Quesada gigas* and *Fidicina mannifera*). **Journal of Thermal Biology** 20:451-460.

Simões PC, Quartau JA (2007) On the dispersal of males of *Cicada orni* in Portugal (Hemiptera: Cicadidae). **Entomologia Generalis** 30:245-252.

Souza JC de, Reis PR, Silva RA (2007) **Cigarras-do-cafeeiro em Minas Gerais: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle**. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, p. 48. (Boletim Técnico, 80).

White J (1973) Viable hybrid young from crossmated periodical cicadas. **Ecology** 54: 573-580.

White JA, Lloyd M (1975) Growth rates of 17- and 13-year periodical cicadas. **American Midland Naturalist Journal** 94:127-143.

White JA, Strehl CE (1978) Xylem feeding by periodical cicada nymphs on tree roots. **Ecological Entomology** 3:323-327.

Williams KS, Simon C (1995) The ecology, behavior and evolution of periodical cicadas. **Annual Review of Entomology** 40:269-295.

Williams KS, Smith KG (1991) Dynamics of periodical cicada chorus centers (Homoptera: Cicadidae: Magicicada). **Journal of Insect Behaviour** 4:275-291.

Williams KS, Smith KG, Stephen FM (1993) Emergence of 13-yr periodical cicadas (Cicadidae: Magicicada): phenology, mortality, and predator satiation. **Ecology** 74:1143-1152.

**CAPÍTULO 5 - Giant Cicada Emergence, Protandry and Chorus Centers
Formation as Revealed by Studies Using a Sound Trap ¹**

SC Andrade^{1*}, NM Martinelli¹, GD Rossi¹, DJ Andrade¹

¹São Paulo State University (Unesp), School of Agricultural and Veterinarian Sciences, Jaboticabal, Brazil.

*Samuel de Carvalho Andrade. E-mail: samuelcarvalhoandrade@yahoo.com.br

Departamento de Fitossanidade, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n,
14884-900, Jaboticabal - SP, Brazil. Phone number: 55 (16) 3209-7293.

¹ Este capítulo corresponde ao artigo científico publicado na revista Journal of Insect Behavior 30:300-307.

Abstract

The giant cicada, *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae), is an important coffee pest and information about the behavior and reproduction of this species, e.g. emergence, senescence and ovarian maturation status, can be valuable to understand giant cicada ecology and to improve the use of a sound trap as a control method. A great number of *Q. gigas* adult males and females was captured using a sound trap and a protandrous type of emergence possibly associated with chorus centers formation was observed. All giant cicadas collected until 14-15 days after the beginning of male emergence (DAME) had immature ovaries at two different years of evaluation. On the other hand, the majority of cicadas collected from 20 until 48 DAME had mature ovaries with visible chorionated oocytes. Despite the use of the sound trap to collect insects for ecological studies, we believe that next generations of *Q. gigas* can be reduced by using this sound trap to hinder the formation of giant cicada chorus centers, to reduce male availability to copulate with females and to reduce the number of females to oviposit in coffee plants.

Keywords: *Coffea arabica*, *Quesada gigas*, phonotaxis, behavioral control.

Introduction

The giant cicada *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae) is widely distributed in the Americas from North America to Argentina (Metcalf 1963; Martinelli and Zucchi 1997). Giant cicada has five underground nymphal instars (Maccagnan and Martinelli 2004) with the immature stage lasting approximately two years (Souza et al. 2007). At the end of immature stage, last instars with visible wing buds dig up tunnels towards the soil surface, leave the underground and climb into host trunks and branches where they stay quiescent for nearly two hours. After this quiescent period, last instars cuticles are broken at the ecdysis line and adult cicadas emerge (Souza et al. 2007).

In Brazil, *Q. gigas* nymphs represent a major coffee pest in the south of Minas Gerais State and the northeast of São Paulo State (Martinelli and Zucchi 1997; Martinelli 2004). The emergence of *Q. gigas* starts in September and female attraction for mating occurs by the emission of a characteristic and loud male calling song (Maccagnan 2008). After mating females lay their eggs inside dry branches preferentially in the upper third of the canopy of coffee plants (Decaro Junior et al. 2012).

Control of *Q. gigas* in coffee plantations is mainly done since 1980 by the application of systemic insecticides in the soil (Reis et al. 2002). Nevertheless, most of these insecticides have been banned from the market due to their high toxicity to man and to the environment. The most recent case of insecticide withdrawal for giant cicada control in Brazil occurred in 2006 when the active ingredient aldicarb, widely used to control cicadas in coffee orchards in the past, was removed from the market.

The constant increase of public demand for reduction in the use of broad-spectrum insecticides has been guiding the development of new pest control techniques (Ishaaya and Horowitz 2009). In this scenario, behavioral manipulation of insects appears as an interesting alternative (Foster and Harris 1997). Sound traps for insects were first used in 1949 to attract *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 (Diptera: Culicidae) (Kahn and Offenhauser 1949; Offenhauser and Kahn 1949). A sound trap broadcasting male calling songs to investigate acoustical behavior of cicadas and other acoustic methods have been used to disrupt insect behavior or for insect collection (Alexander and Moore 1958; Walker 1988; Mankin 2012).

Aiming to reduce the amount of highly toxic systemic insecticides used to control *Q. gigas*, a sound trap that broadcasts the calling song of *Q. gigas* males was developed (Maccagnan 2008). This device broadcasts a sound identical to that produced by males of *Q. gigas* throughout the field attracting females of giant cicada to the device. After attraction the cicadas can be killed by the application of insecticides or be manually collected for biological assays.

The understanding of reproductive traits of the target species is necessary to improve the use of sound traps (Mankin 2012) and some aspects regarding the reproduction of *Q. gigas* are still unknown. The objective of this study was to determine the ovarian maturation and the pattern of male/female emergence of *Q. gigas* captured at different dates after the beginning of the emission of the male calling song as a theoretical subside to understand better the giant cicada imago ecology and to enhance the efficiency of *Q. gigas* control using a sound trap.

Material and Methods

Cicadas identification and experiment location

Quesada gigas females were captured in 20 year coffee plantations - *Coffea arabica* L. var. Mundo Novo - located in São Sebastião do Paraíso municipality, Minas Gerais State, Brazil (2013 = 20°57'54.32"S; 47°04'16.07"W; 2015 = 20°51'12.19"S; 47°04'29.15"W). Cicada species identification was made using an identification key (Martinelli and Zucchi, 1997).

Sound trap and *Quesada gigas* capture

A sound trap developed by Maccagnan (2008) was used for giant cicada capture. This acoustic device reproduces the sound emitted by *Q. gigas* males broadcasted by two drivers (Selenium, D250-X) attached to two horns (Selenium, HL14-25) coupled to a Sony CD player (CDX-S 2007 XG). This sound system has a frequency response between 400-9000 Hz.

For cicada capture in 2013, one sound trap was installed during 1 hour in the morning period between two areas of one hectare each to attract *Q. gigas* females within a radius of 80 m (maximum estimated range of attraction of the trap - Maccagnan 2008). As attracted cicadas landed, they were trapped on raw cotton pieces placed around the trap and manually inserted into paper bags. The beginning of cicada emergence was determined when the male song started to be heard. In 2013, cicada emergence started on Sep. 30, 2013 and two captures were performed: the first capture was on Oct. 14, 2013 (15 days after the beginning of male emergence - DAME) and the second capture on Oct. 29, 2013 (30 DAME). Thirty cicada females per capture date were used for dissection.

In 2015, cicada emergence (determined when the male song started to be heard) started on Sep. 12, 2015 and the capture of cicadas was performed on 20 dates after the beginning of giant cicada male emergence (from Sep. 22, 2015 until Nov. 05, 2015) using an improved version of the sound trap (ECOSpray F-65; Idéia Máquinas Agrícolas; www.maquideia.com.br/ecospray) containing the same sound system described earlier attached to an insecticide applicator installed on a Fiat Strada pickup (Fig. 1A and Fig. 1B).

The capture of giant cicadas started in the morning period and the pickup was driven for 6 hours over the entire 80 ha area. Captured cicadas were counted, separated into male or females and approximately 50 cicada females per capture date were inserted into paper bags and used for dissection.

Cicada dissection for ovary analysis

Cicadas were anesthetized on ice and dissected on a Petri dish (6 cm diameter; 1 cm height) filled with deionized water using scissors and tweezers. Wings, legs and the integument of the ventral abdomen were removed and the inner part of the exposed abdomen was washed with distilled water to separate the ovaries from other organs. After removed, ovaries were immediately photographed using a SC30 camera coupled to an Olympus SZ61 stereoscopic microscope. Ovarian maturation (color and presence of chorionated oocytes) and the number of chorionated oocytes in mature ovaries were observed.

Results

We observed that 100% of *Q. gigas* captured at 15 DAME had immature ovaries without chorionated oocytes in 2013. Immature ovaries were white in color (Fig. 2A), occupying a small volume of the abdominal cavity. At 30 DAME ovaries were mature, yellow in color and contained 428.2 ± 45.7 chorionated oocytes per mature female (Fig. 2B).

The width and height of mature and immature ovaries were similar, but the volume occupied by the mature ovaries full of chorionated oocytes in the abdominal cavity was greater than that volume occupied by immature ovaries. Similar to that observed in 2013, all females captured in 2015 had immature ovaries without chorionated oocytes until 14 DAME (Fig. 3).

In 2015, we detected the beginning of ovarian maturation at 17 DAME (only 20% of cicadas were mature). A transition phase from immature to mature females was at 17 and 19 DAME, as the proportion of mature females and the number of chorionated oocytes per female was not uniform in this period. These traits became uniform between 20 and 48 DAME, with the percentage of mature females above 80% and an approximate number of 600 to 1000 chorionated oocytes per female (Fig. 3).

The experiments conducted in 2013 indicated that *Q. gigas* both females and males are attracted to the sound trap but we did not quantify the number of males and females attracted to the sound trap in that year. In 2015, both males and females attracted to the sound trap were counted and we observed that the attraction of males to the sound trap was superior to that observed for females at 10-12 DAME (Fig. 4).

Discussion

After becoming adults, insects (mainly anautogenous) may need a pre-oviposition period for ovary and oocytes maturation before they effectively oviposit (Swevers et al. 2005). The observations made in two distinct years indicate that *Q. gigas* adult females start to become mature after approximately 14-15 DAME. As we could not control the age/date of emergence of females attracted to the sound trap, it was not possible to determine the exact pre-oviposition period (period between female emergence and beginning of oviposition) of *Q. gigas*. However, results suggest that *Q. gigas* females need a pre-oviposition period for ovary maturation because most females were not mature until 19 DAME. Moreover, results indicated that the emergence of *Q. gigas* females was apparently synchronized as most females (above 80%) were mature from 20 until 48 DAME.

The attraction of males to sound traps that broadcast the male song to attract females was already reported (Alexander and Moore 1958; Ulagaraj and Walker 1973; Villet 1992). Male attraction to the sound trap can be associated to the sound emitted by females attracted to the sound trap to aid pair formation (Cooley 2001; Luo and Wei 2015), but this is probably not occurring in this case because more males were captured in the sound trap than females at 10-12 DAME (Fig. 4). The more suitable possibility is that males were attracted by the own male song as it is reported for periodical cicadas (Williams and Simon 1995). The crowding of *Q. gigas* males is probably done to create a chorus center, giving advantages for cicada mating or for predator satiation (Karbon 1981; Williams et al. 1993). Moreover, the great number of males captured in the sound trap at 11 and 12 DAME in relation to

females (Fig. 4) suggests an asynchronous emergence of males and females (protandrous emergence) of *Q. gigas*. Advantages conferred by protandry in periodical cicadas such as predator satiation are discussed by Williams and Simon (1995) and can also be associated with *Q. gigas*.

As observed for periodical cicadas (Williams and Smith 1991), we expect that *Q. gigas* females copulate just once. Despite the number of *Q. gigas* ovaries we dissected during the entire adult period in 2015, we could not distinguish if females attracted to the sound trap had previously copulated or not. The attraction of non copulated females to the sound trap can be clearly related to the first fertilization. In other insects, mating of previously copulated females can be related with multiple mating for sperm competition or the acquisition of extra nuptial gifts (Gwynne 1984) but the occurrence of multiple mating is not expected in cicadas (Williams and Smith 1991). If this is also true for giant cicada, we expect that only non fertilized cicadas were attracted to the sound trap, resulting in the killing of cicadas that have not copulated or oviposited.

Despite the use of the sound trap to understand better the post emergence ecology of *Q. gigas*, the attraction of a great number of cicada males and females to the sound trap during its reproductive period may result in the disruption of *Q. gigas* reproduction. The disruption of giant cicada reproduction can result in the reduction of eggs deposited in coffee fields reducing the infestation level of this pest below economic injury levels on its next generation. Similar to ours expectations, Mehdipour et al. (2016) observed the reduction of the number of eggs deposited by the grapevine cicada in infested branches of grapevine fields through the disruption of its reproductive behavior using an acoustic technology. The present work sheds light in

part on the behavior and reproduction of *Q. gigas* and contributes in the development of a safe and rational control method based on a sound trap that may be incorporated in an integrated pest management (IPM) program. To contribute to the reduction of the population of *Q. gigas* in coffee fields, we can see the use of the sound trap from the beginning of *Q. gigas* male emergence until approximately 48-50 DAME. The use of the sound trap throughout this proposed period could disrupt chorus center formation, reduce the number of males available to copulate with females and capture the great number as possible of females.

Acknowledgements

The authors thank Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) for the scholarship for SCA, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) for research Grant (14/06137-0) and Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) for allowing the use of experimental areas. We also thank Professor Tomomassa Matuo for the donation of the improved version of the sound trap used in this study to the Departamento de Fitossanidade and two anonymous reviewers for their valuable contribution.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Alexander RD, Moore TE (1958) Studies on the acoustical behavior of seventeen-year cicadas (Homoptera: Cicadidae: Magicicada). *Ohio J Sci* 58:107-127
- Cooley JR (2001) Long-range acoustical signals, phonotaxis, and risk in the sexual pair-forming behaviors of *Okanagana canadensis* and *O. rimosa* (Hemiptera: Cicadidae). *Ann Entomol Soc Am* 94:755-760
- Decaro Junior ST, Martinelli NM, Maccagnan DHB, Ribeiro ESDBP (2012) Oviposition of *Quesada gigas* (Hemiptera: Cicadidae) in coffee plants. *Rev Colomb Entomol* 38:1-5
- Foster SP, Harris MO (1997) Behavioral manipulation methods for insect pest management. *Annu Rev Entomol* 42:123-146
- Gwynne DT (1984) Male mating effort, confidence of paternity, and insect sperm competition. In: Smith RL (ed) *Sperm competition and the evolution of animal mating systems*. Academic Press, Orlando, pp 117-144
- Ishaaya I, Horowitz AR (2009) *Biorational control of arthropod pests: application and resistance management*. Springer Netherlands, Dordrecht, 404p

- Kahn MC, Offenhauser W (1949) The first field tests of recorded mosquito sounds used for mosquito destruction. *Am J Trop Med Hyg* 29:811-825
- Karban R (1981) Flight and dispersal of periodical cicadas. *Oecol* 49:385-390
- Luo C, Wei C (2015) Intraspecific sexual mimicry for finding females in a cicada: males produce 'female sounds' to gain reproductive benefit. *Anim Behav* 102:69-76
- Maccagnan DHB (2008) Cigarra (Hemiptera: Cicadidae): emergência, comportamento acústico e desenvolvimento de armadilha sonora. PhD Thesis, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo
- Maccagnan DHB, Martinelli NM (2004) Descrição das ninfas de *Quesada gigas* (Olivier) (Hemiptera: Cicadidae) associadas ao cafeeiro. *Neotrop Entomol* 33:439-446
- Mankin RW (2012) Applications of acoustics in insect pest management. *CAB Reviews* 7:1-7
- Martinelli NM (2004) Cigarras associadas ao cafeeiro. In: *Pragas de solo no Brasil*. Salvadori JR, Ávila CJ, Silva MTB (ed) Espiral Comércio de Livros, Passo Fundo, pp 517-541

Martinelli NM, Zucchi RA (1997) Cigarras (Hemiptera: Cicadidae: Tibicinidae). Distribuição, hospedeiros e chave para as espécies. An da Soc Entomol Brasil 26:133-144

Mehdipour M, Zamanian H, Farazmand H, Hosseini-Gharalari A (2016) Disruption of reproductive behavior of grapevine cicada, *Cicadatra alhageos*, by acoustic signals playback. Entomol Exp Appl 158:210-216

Metcalf ZP (1963) General catalogue of the Homoptera, fascicle VIII. Cicadoidea. Part 1. Cicadidae. Section 1. Tibiceninae. North Caroline State College Contribution 1502:i-vii, 1-585

Offenhauser WH, Kahn MC (1949) The sounds of disease-carrying mosquitoes. J Acoust Soc Am 21:259-263

Reis PR, Souza JC, Venzon M (2002) Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. Informe Agropecuário 23:83-99

Souza JC, Reis PR, Silva RA (2007) Cigarras-do-cafeeiro em Minas Gerais: histórico, reconhecimento, biologia, prejuízos e controle. Boletim técnico 80, 2nd ed. EPAMIG, Belo Horizonte, 48p

Swevers L, Raikhel AS, Sappington TW, Shirk P, Iatrou K (2005) Vitellogenesis and post-vitellogenic maturation of the insect ovarian follicle. In: Gilbert LI, Iatrou K, Gill SS (eds) *Comprehensive Molecular Insect Science*, Vol. 1. Elsevier Pergamon, Oxford, pp 87-155.

Ulagaraj SM, Walker TJ (1973) Phonotaxis of crickets in flight: attraction of male and female crickets to male calling songs. *Science* 182:1278-1279

Villet MH (1992) Responses of free-living cicadas (Homoptera: Cicadidae) to broadcasts of cicada songs. *J Entomol Soc South Afr* 55:93-97

Walker TJ (1988) Acoustic traps for agriculturally important insects. *Fla Entomol* 71:484-492

Williams KS, Simon C (1995) The ecology, behavior and evolution of periodical cicadas. *Annu Rev Entomol* 40:269-295

Williams KS, Smith KG (1991) Dynamics of Periodical Cicada Chorus Centers (Homoptera: Cicadidae: *Magicicada*). *J Insect Behav* 4:275-291

Williams KS, Smith KG, Stephen FM (1993) Emergence of 13-yr periodical cicadas (Cicadidae: *Magicicada*): phenology, mortality, and predator satiation. *Ecology* 74:1143-1152

FIGURE CAPTIONS

Fig. 1 Sound trap used for the capture of *Quesada gigas* in a coffee plantation. (A) General perspective of the sound trap attached to a pickup. (B) Details of the sound trap. ❶ Insecticide sprayers in the front of the horn broadcasting *Q. gigas* males song; ❷ Recipticle for collection of dead cicadas and for insecticide recirculation.

Fig. 2 Ovarian maturation status in *Quesada gigas* captured in 2013 at two dates after cicada emergence. (A) Immature ovary of *Quesada gigas* at 15 days after male emergence (DAME). (B) Mature ovary of *Q. gigas* with chorionated oocytes inside ovarioles at 30 DAME.

Fig. 3 Chorionated oocytes (mean number \pm SEM) per *Quesada gigas* female (columns) and percentage of mature females of *Q. gigas* (diamonds) captured at different days after the beginning of male emergence in 2015.

Fig. 4 Number of cicada males (diamonds) or females (squares) collected at different days after the beginning of male emergence using the sound trap in 2015.

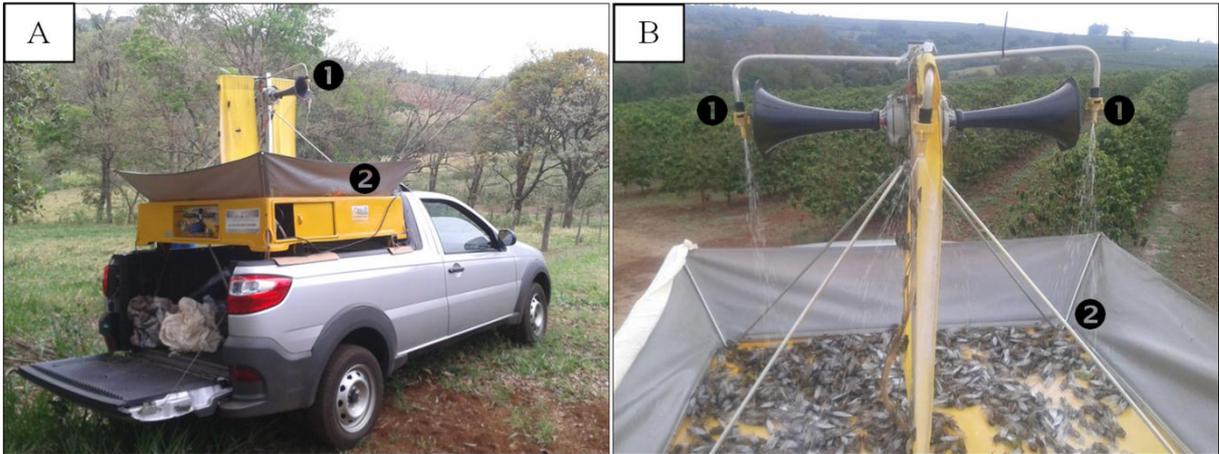


Fig. 1

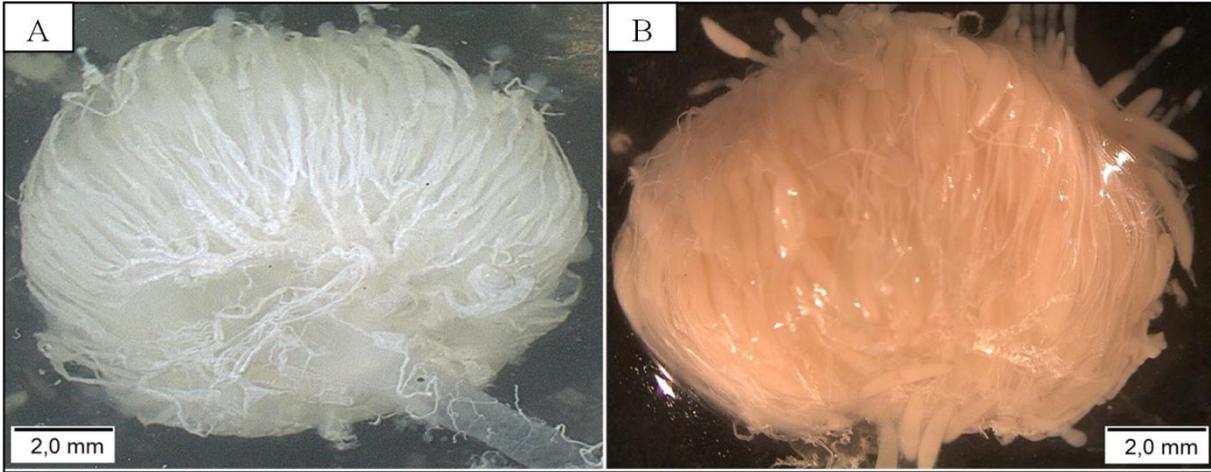


Fig. 2

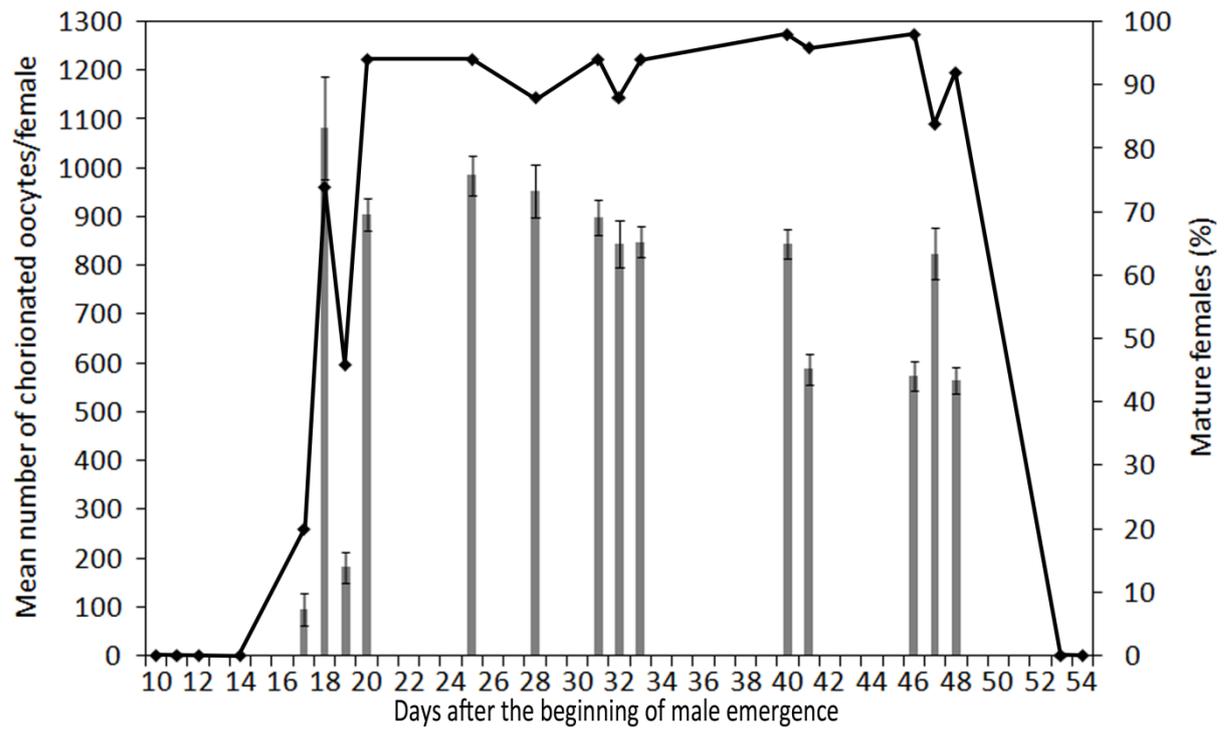


Fig. 3

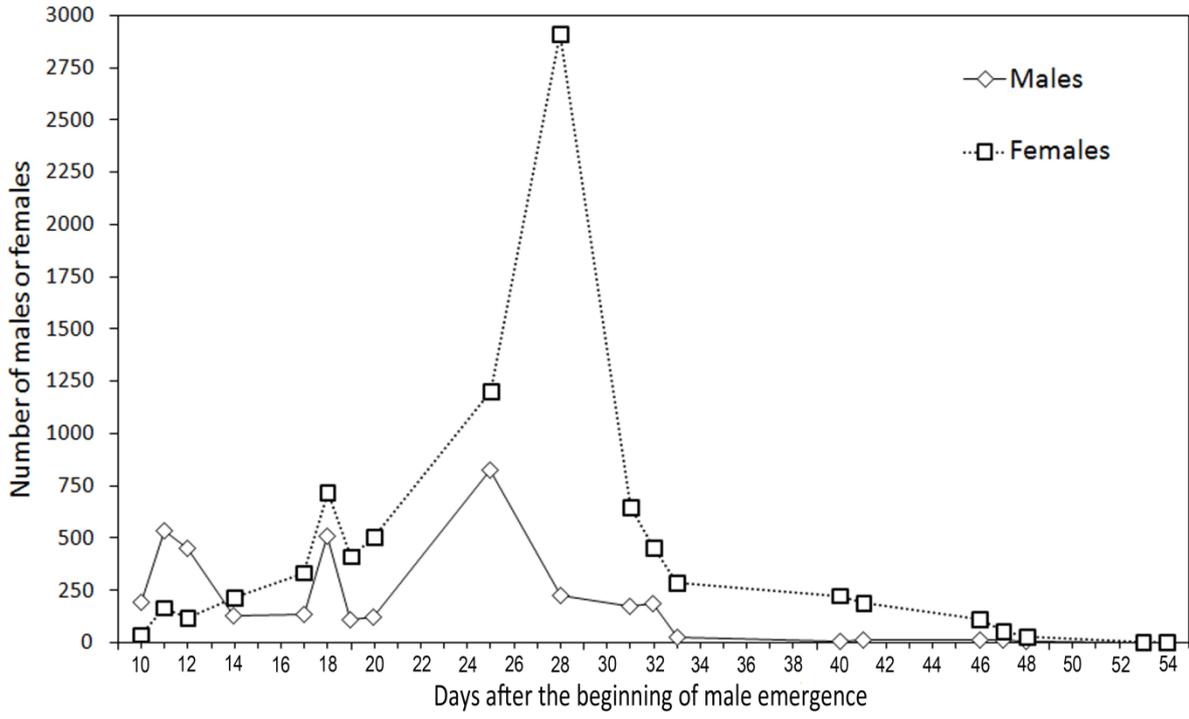


Fig. 4

CAPÍTULO 6 – Considerações finais

As pesquisas relacionadas com aspectos bioecológicos de cicadídeos ainda têm sido pouco exploradas principalmente na América do Sul. Os resultados inéditos obtidos no presente estudo, de certa forma, contribuem de maneira significativa na ampliação de conhecimentos sobre esse grupo de insetos, até então ainda muito pouco explorados.

A observação de posturas no tempo zero no campo possibilitou a definição do período embrionário de *Q. gigas* em condições de laboratório e de campo, mostrando a necessidade de estímulo ao embrião pela água, e da sincronia com dias de precipitação para que haja eclosões ninfais. A determinação do período embrionário de *Q. gigas* nas condições testadas poderá auxiliar os cafeicultores, na obtenção de uma estimativa precisa sobre a previsão de eclosão de ninfas no campo, que conseqüentemente poderá favorecer melhores métodos de amostragem e controle desta praga.

A determinação do período ninfal entre o primeiro, segundo, terceiro, e quarto ínstars de *Q. gigas* em condições de semi-campo obtidos no presente estudo também representa grande avanço na busca por conhecimentos que relacionam a interação entre o estágio ninfal das cigarras com seus hospedeiros. No entanto, técnicas de aprimoramento devem ser exploradas, como exemplo, foi observado no presente estudo que o hospedeiro *Coffea arabica* foi o que mais favoreceu o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* nas condições utilizadas. Dessa forma, o uso deste hospedeiro em grande proporção, pode ser uma das alternativas promissoras para o sucesso do desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* em condições controladas. Além do hospedeiro, a utilização de mudas de maior porte e o uso de vasos de maior capacidade, também podem ser estratégias que favoreçam o desenvolvimento ninfal de *Q. gigas* até atingir a fase adulta.

A dispersão de *Q. gigas* em uma área cafeeira mostrou ser possivelmente influenciada pela presença de plantas de eucalipto na área, que conseqüentemente causou maior agregação de adultos nesses locais. Sendo assim, a associação entre centros de coro formados principalmente por acasalamentos em lek sugerem que a dispersão de *Q. gigas* também produza uma distribuição irregular promovida pela

influência da vegetação, em um hábitat aparentemente não uniforme. Por outro lado, o alcance de voo de *Q. gigas* atingiu os 1.000 m de distância.

O uso de armadilha sonora como ferramenta de estudos bioecológicos revelou fatos interessantes, como por exemplo, a atração de alguns indivíduos antes e após a cópula. No entanto, sugere-se que esses estudos sejam ampliados, para garantir principalmente o sucesso de atração pós-cópula de *Q. gigas* com o uso de armadilha sonora.

Através da utilização de armadilha sonora, também foi possível compreender, por meio da formação de centros de coro, o padrão de emergência do tipo protandrosa para *Q. gigas*, revelado através da captura de um grande número de machos e fêmeas. Pela armadilha sonora também foi possível revelar em dois anos diferentes de avaliação, que fêmeas de *Q. gigas* coletadas até 15 dias após o início da emergência dos machos estavam com os ovários imaturos, enquanto aquelas coletadas de 20 a 48 dias após o início da emergência estavam com ovários maduros, apresentando oócitos corionados visíveis.

Além do uso da armadilha sonora para fins de estudos bioecológicos apresentados neste trabalho, acredita-se que futuras gerações de *Q. gigas* podem ser reduzidas, utilizando-se essa armadilha para impedir a formação de centros de coro, reduzindo a disponibilidade de machos para copular fêmeas, o que consequentemente reduzirá o número de oviposições nos cafeeiros.

De maneira geral, os resultados alcançados nesta pesquisa são fundamentais para ajudar a compreender características bioecológicas de *Q. gigas*, e podem permitir subsídios para o aprimoramento e o desenvolvimento de técnicas alternativas de controle dessa espécie em cafeeiros infestados. Como exemplo, podemos citar o uso racional e programado de inseticidas visando o contato direto com as ninfas de primeiro ínstar logo após a eclosão, e a utilização de armadilha sonora direcionada principalmente para talhões de cafeeiros localizados próximos a plantas arbóreas, local de preferência para a formação de centros de coro e acasalamento em lek de adultos de *Q. gigas*.

APÊNDICE

Os elementos meteorológicos utilizados no capítulo 2 deste trabalho foram extraídos de um conjunto de dados pertencentes ao acervo da área de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. As observações feitas na Estação Agroclimatológica do Campus de Jaboticabal são cotadas, digitadas em formato padronizado, realizada a consistência e controle de qualidade. Em seguida são obtidas as medias diárias, mensais e anuais que são repassadas aos usuários.

Fonte: Estação Agroclimatológica Departamento de Ciências Exatas da FCAV/UNESP – CAMPUS DE JABOTICABAL

Latitude: 21°14'05" S

Longitude: 48°17' 09" W

2014 Dia	Temperatura (°C)			Chuva (mm)
	Máxima	Mínima	Média	
01/dez	28,5	20,5	23,7	0
02/dez	26	18,5	22,1	0
03/dez	29,2	17,8	23,6	0
04/dez	33,3	19,5	25	0
05/dez	29,5	18,7	22,6	2,2
06/dez	29,7	17,3	22,4	0
07/dez	29,3	18,3	23,6	0
08/dez	28,6	19,9	23,5	0
09/dez	28,8	20,3	23	0,2
10/dez	29,8	19,4	22,7	4,3
11/dez	28,9	19,9	22,5	1,9
12/dez	30	19,8	23	51,5
13/dez	24	19,3	21,2	13
14/dez	31,1	20,5	23,9	0,2
15/dez	30,4	16,9	23,5	0
16/dez	31,7	16,5	24,4	0
17/dez	33,2	19,2	26,4	0
18/dez	33,3	21,2	25,9	1,4
19/dez	31,7	21	25,5	0
20/dez	30,9	20,8	24	6,2
21/dez	28,2	20,9	23	9,3
22/dez	30,6	20,9	24,3	39,4
23/dez	29	19,9	22,6	17,2
24/dez	29,9	19,5	24,1	0

25/dez	31,9	21,1	25,1	0
26/dez	34,5	20,9	27,3	0
27/dez	34,1	20	27,4	0
28/dez	34	21,1	27,6	0
29/dez	33,4	20,8	26,9	0
30/dez	33,6	19,9	24,8	1,9
31/dez	29,4	20,8	24,6	0
2015	Temperatura (°C)			Chuva (mm)
Dia	Máxima	Mínima	Média	
01/jan	33,5	21,1	26,7	0
02/jan	34,5	21,5	28,1	0
03/jan	34,5	20,7	25,9	10
04/jan	28,1	20,4	23,5	0
05/jan	32	19,8	23,1	6
06/jan	31,8	19,7	24,4	0
07/jan	33,4	20,7	24,9	0,2
08/jan	32,8	20,4	24,9	1
09/jan	33,9	20,7	27,3	0
10/jan	35,1	21,4	28,3	0
11/jan	36,1	21,9	28,4	26,4
12/jan	34,3	20,1	27,2	2,1
13/jan	34,1	19,9	27,1	0
14/jan	35,2	21,8	26,8	0
15/jan	34,5	21,1	27,6	0
16/jan	34,5	22,4	28,1	0
17/jan	35,8	21,8	28,7	0
18/jan	36,3	22	29,5	0
19/jan	37,1	22,4	29,8	0
20/jan	36,8	23,5	29,5	0
21/jan	35,7	20,5	27,7	6,4
22/jan	30,6	18,8	22,8	28,6
23/jan	30,3	18,6	23	0
24/jan	31,9	18,5	24,6	0
25/jan	30	19,4	23,5	0
26/jan	30,9	19,9	26,3	20,8
27/jan	29,9	21,1	25,4	0
28/jan	30,4	20,8	26,6	0
29/jan	31	21,8	26,3	0
30/jan	32,3	19,3	25,6	0
31 jan	33,4	20,8	26,2	0

2015 Dia	Temperatura (°C)			Chuva (mm)
	Máxima	Mínima	Média	
01/dez	31,5	19,4	24,6	0,4
02/dez	32,9	20,8	24,9	31,6
03/dez	31,7	19,9	24,7	0
04/dez	32,1	20,5	25,7	78,6
05/dez	31	19,6	24,8	0
06/dez	29,8	20,6	23,8	7,6
07/dez	27,5	21,2	23,4	9
08/dez	31,4	20,1	24,7	38
09/dez	29,6	19,5	24	0
10/dez	25,9	19,6	22,2	7,7
11/dez	31,3	19,9	24,6	0,6
12/dez	31,3	20	24,6	0
13/dez	29,1	19,5	23,4	0
14/dez	32,7	22	26,5	0
15/dez	32,2	19,9	23,2	41,6
16/dez	27,4	19,5	23,4	0
17/dez	33,5	19,4	25,6	0
18/dez	34,3	19,8	26	0
19/dez	31,6	19,6	25,1	0
20/dez	31,2	20,7	25,2	0
21/dez	32,6	20,4	25,6	0,2
22/dez	32,6	21,9	26,1	0,8
23/dez	31,8	21,7	25,4	0
24/dez	33,6	21	27	0
25/dez	32,8	20	24,9	46
26/dez	28,6	20,1	23,6	2
27/dez	29,2	19,5	24	19
28/dez	27,8	19,8	22,6	9,3
29/dez	23,3	19,8	21,2	9,7
30/dez	27	19,8	22,1	3,5
31/dez	30,1	20,8	24	0,9
2016 Dia	Temperatura (°C)			Chuva (mm)
	Máxima	Mínima	Média	
01/jan	30,9	20,6	23,9	8,6
02/jan	28,9	21,3	24,4	0,4
03/jan	27,3	21,3	22,7	0,8
04/jan	29,4	20,4	23,5	0
05/jan	30,8	21,1	25,5	0
06/jan	31,3	20,2	25,6	0
07/jan	32,1	20,8	25,8	0

08/jan	31,2	21,8	24,6	8,8
09/jan	27,1	21,6	23,1	16,6
10/jan	29,8	21,3	23,6	17,9
11/jan	27,1	20,8	22,7	57,7
12/jan	23,1	21,2	22,1	64,6
13/jan	25,4	21,6	22,8	17,6
14/jan	25,1	21	22,3	79,2
15/jan	25,1	21,4	22,7	116,3
16/jan	28,4	19,6	23,4	0
17/jan	29,5	17,7	23,4	0
18/jan	28,8	19,1	23,8	0
19/jan	27,3	20,1	23,3	1,9
20/jan	29,9	19	23,4	0
21/jan	29,8	18,6	24,1	0
22/jan	31,3	18	24,5	0
23/jan	32	18,4	24,7	0
24/jan	32,7	19,8	24,9	0
25/jan	32,6	18,9	25,2	9
26/jan	33	19,7	24,6	8,1
27/jan	31,3	21,4	23,6	5
28/jan	30,9	20,2	23,6	9,6
29/jan	28	20,3	23	23
30/jan	31,5	20	25,3	0
31/jan	32,7	20	26,6	0