

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA NÍVEL
MESTRADO E DOUTORADO

ANA RAQUEL RHEINHEIMER

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MANDIOCA À COCHONILHA *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O PARASITOIDE *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS)

Marechal Cândido Rondon

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA NÍVEL
MESTRADO E DOUTORADO

ANA RAQUEL RHEINHEIMER

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MANDIOCA À COCHONILHA *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O PARASITOIDE *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS)

Tese apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação *strictu sensu* em Agronomia – Nível Doutorado, para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Professor Dr. Luis Francisco Angeli Alves.

Co-orientador: Professora Dr. Vanda Pietrowski.

Marechal Cândido Rondon

2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR., Brasil)

R469r Rheinheimer, Ana Raquel
Resistência de variedades de mandioca à cochonilha
Phenacoccus manihoti (Matile-Ferrero) e sua influência sobre o
parasitoide *Anagyrus lopezi* (De Santis) / Ana Raquel
Rheinheimer. - Marechal Cândido Rondon, 2013.
109 p.

Orientador: Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves
Coorientador: Prof. Dr. Vanda Pietrowski

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do
Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2013.

1. Pragas - Controle biológico. 2. Cochonilha. 3.
Mandioca - Doenças e pragas. I. Universidade Estadual do
Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 22.ed. 633.682
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539



Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - http://www.unioeste.br
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.



Ata da reunião da Comissão Julgadora da Defesa de Tese da Bióloga **ANA RAQUEL RHEINHEIMER**. Aos dezesseis dias do mês de dezembro de 2013, às 8h, sob a presidência do Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves, em sessão pública, reuniu-se a Comissão Julgadora da Defesa de Tese da Bióloga Ana Raquel Rheinheimer, discente do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Agronomia – Nível Mestrado e Doutorado, com área de concentração em **"PRODUÇÃO VEGETAL"**, visando à obtenção do título de **"DOUTORA EM AGRONOMIA"**, constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Viviane Sandra Alves (UENP), Prof. Dr. José Renato Stangarlin (Unioeste), Pesq. Dr. Rudiney Ringenberg (EMBRAPA), Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi (Unioeste) e Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves (Orientador).

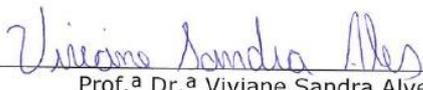
Iniciados os trabalhos, a candidata apresentou seminário referente aos resultados obtidos e submeteu-se à defesa de sua tese, intitulada: **"RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MANDIOCA À COCHONILHA, *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O PARASITÓIDE *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS)"**.

Terminada a defesa, procedeu-se ao julgamento dessa prova, cujo resultado foi o seguinte, observada a ordem de arguição:

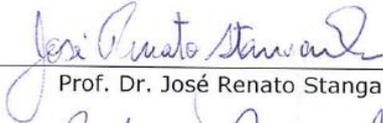
Prof.^a Dr.^a Viviane Sandra Alves.....Aprovado
Prof. Dr. José Renato Stangarlin.....Aprovado
Pesq. Dr. Rudiney Ringenberg.....Aprovado
Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi.....Aprovado
Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves (Orientador).....Aprovado

Apurados os resultados, verificou-se que a candidata foi habilitada, fazendo jus, portanto, ao título de **"DOUTORA EM AGRONOMIA"**, área de concentração: **"PRODUÇÃO VEGETAL"**. Do que, para constar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos senhores membros da Comissão Julgadora.

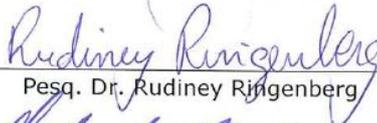
Marechal Cândido Rondon, 16 de dezembro de 2013.



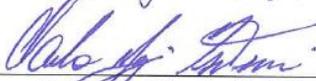
Prof.^a Dr.^a Viviane Sandra Alves



Prof. Dr. José Renato Stangarlin



Pesq. Dr. Rudiney Ringenberg



Prof. Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi



Prof. Dr. Luis Francisco Angeli Alves (Orientador)

Aos meus pais, Paulo Albino Rheinheimer e Edela Sonia Wahys Rheinheimer, pelo amor, incentivo, apoio, compreensão e por serem exemplos de dignidade, força e fé.

Aos meus irmãos Jeferson, Isabel e Andreia (in memorian) e meu sobrinho Marcos pelo incentivo e compreensão.

Ao meu amado esposo, Artur Soares Pinto Junior que com seu amor, incentivo, compreensão, companheirismo e apoio me deu forças para que eu pudesse alcançar meus objetivos e sonhos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À Universidade Estadual do Oeste de Paraná e ao Programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGA), pelo apoio, atenção e pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luis Francisco Alveli Alves pelos ensinamentos, paciência e pela confiança em mim depositada.

A professora Vanda Pietrowski pela dedicação, ensinamentos, oportunidades e por ser esta pessoa maravilhosa com quem tive o imenso prazer em trabalhar e aprender. Nunca esquecerei seu apoio em todos os momentos, especialmente nos mais difíceis.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À Associação Técnica das Indústrias de Mandioca do Paraná (ATIMOP), Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) e Embrapa Mandioca e Fruticultura pelo apoio e auxílio na condução da pesquisa.

Agradeço aos meus pais, Edela e Paulo Albino Rheinheimer, que com muito amor, carinho e compreensão sempre estiveram ao meu lado, me apoiando, incentivando, me dando forças para seguir o meu caminho. Amor eterno.

Ao meu esposo Artur Soares Pinto Junior pelo amor e estar sempre ao meu lado, ajudando-me a superar os obstáculos da vida. Seu incentivo e paciência foram fundamentais nesta conquista.

A minha irmã Isabel Cristina Rheinheimer pelo apoio, carinho, incentivo, e compreensão nos momentos que precisei.

Ao meu irmão Jeferson Rheinheimer e ao meu sobrinho Marcos Rheinheimer por sempre estarem dispostos a me auxiliar nos momentos que precisei de força. Agradeço especialmente a Jeferson que passou horas e horas me auxiliando no laboratório.

Aos colegas e aos grandes amigos do laboratório de Entomologia/Unioeste Ana Paula Wengrat, Diego Gazola, Aline Miranda, Diandro Barilli, Diandra Achre, Tatiani Modolon, Mariana Pizzatto, Samara Brandão, Eder Schmitt, Jéssika

Miquelon, João Francisco, Jonatan Fredrich, Juliana Sonnenberg, Claudinha, Alisson Daroda pelo carinho, amizade e apoio. Nunca esquecerei que auxílio de vocês foi muito importante para a realização deste trabalho.

E a todos aqueles que participaram em alguma etapa desse processo, meus sinceros agradecimentos.

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES DE MANDIOCA À COCHONILHA *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O PARASITOIDE *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS)

RESUMO

Phenacoccus manihoti é uma importante praga de mandioca na região Centro-Sul do Brasil, causando danos principalmente nos cultivos de segundo ciclo. O uso de genótipos resistentes e do controle biológico são as técnicas mais promissoras no controle dessa praga. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência de genótipos de mandioca cultivadas e obtidas em programas de melhoramento genético à cochonilha *P. manihoti* e sua influência sobre o parasitoide *A. lopezi*. Os aspectos biológicos de *P. manihoti* e *Anagyrus lopezi* foram avaliados em diferentes genótipos de mandioca e com estes dados foram elaboradas as tabelas de vida e fertilidade de ambos. Também foram avaliados a atividade de peroxidase, polifenoloxidase, aminoácidos e açúcares redutores em plantas infestadas e na ausência da cochonilha foi avaliado o teor de (CN⁻) dos diferentes genótipos. Embora *P. manihoti* e *A. lopezi* apresentaram diferenças em seus aspectos biológicos quando criados em diferentes genótipos de mandioca não foi possível verificar ação da resistência dos genótipos avaliados sobre estes parâmetros. Houve correlação positiva entre a fecundidade de *A. lopezi* e seu hospedeiro *P. manihoti* nos diferentes genótipos, indicando que genótipos suscetíveis à cochonilha influenciam positivamente a reprodução de seu parasitoide. Observou-se a ocorrência de aumento das defesas das plantas em função da inoculação com *P. manihoti* associada a aumentos na atividade de peroxidase, polifenoloxidase, aminoácidos e açúcares redutores na maioria dos genótipos. Porém, apenas as atividades de peroxidase e polifenoloxidase parecem estar envolvidas na resistência dos genótipos avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Controle biológico, biologia, tabela de vida e fertilidade.

RESISTANCE OF THE VARIETY OF CASSAVA MEALYBUG *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) AND ITS INFLUENCE ON PARASITOID *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS)

ABSTRACT

Phenacoccus manihoti is an important pest of cassava in the region Center-South of Brazil, causing damage mainly cultivated during the second cycle. The use of resistant genotypes and biological control agents are the most promising techniques in the control of this pest. The objective of this research was to evaluate the resistance of genotypes of cultivated cassava and obtained in breeding programs to mealybug *P. manihoti* and its influence on the parasitoid *A. lopezi*. The biological aspects of *P. manihoti* and *A. lopezi* were evaluated in different cassava genotypes and with these data tables of life and fertility of both were prepared. To verify the occurrence of resistance induction of infestation of *P. manihoti* genotypes were evaluated on the activity of peroxidase, polyphenol oxidase, amino acids and reducing sugars. In the absence of mealybug was also rated the content (CN⁻) of different genotypes. Although *P. manihoti* and *A. lopezi* showed differences in their biological aspects when reared on different genotypes of cassava has not been possible to verify the action of resistance of genotypes evaluated on these parameters. There was a positive correlation between fecundity of *A. lopezi* and its host *P. manihoti* in different genotypes, indicating that genotypes susceptible to mealybug positively influence the reproduction of its parasitoid. We observed an increased incidence of plant defenses due to inoculation with *P. manihoti* associated with increases in the activity of peroxidase, polyphenol oxidase, amino acids and reducing sugars in most genotypes. However, only the activities of peroxidase and polyphenol oxidase appear to be involved in the resistance of the genotypes evaluated.

KEYWORDS: Biological control, biology, life and fertility table.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

Figura 1. Plantas de mandioca cultivadas em vasos para manutenção da criação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon - PR, 2012.....444

Figura 2. Gaiola utilizada para acompanhar o desenvolvimento de *Phenacoccus manihoti* em folhas de plantas de mandioca. Marechal Cândido Rondon - PR, 2012.45

Figura 3. Ritmo de oviposição e sobrevivência (%) de fêmeas de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.**Erro! Indicador não definido.**4

Figura 4. Concentração de íons de cianeto em tecido de diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Outubro 2013.733

CAPÍTULO 2

Figura 1. Gaiolas foliares utilizadas para avaliação dos parâmetros biológicos de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, 2013.....877

Figura 2. Ritmo de oviposição e sobrevivência de adultos (%) de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.1011

Figura 3. Correlação entre a fecundidade de *Anagyrus lopezi* e *Phenacoccus manihoti* em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.....1033

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Duração (dias) (média e erro padrão da média) do período embrionário, dos ínstaros (1^o, 2^o e 3^o ínstar) e fase de ninfa de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.544

Tabela 2. Duração (dias) (média e erro padrão da média), dos períodos de pré-oviposição e de oviposição, longevidade, ciclo biológico, fecundidade (número de ovos por fêmea) e viabilidade (%) de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.57

Tabela 3. Tabela de vida e fertilidade de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.62

Tabela 4. Índice de resistência estimado pela fecundidade, taxa líquida de reprodução (R_0) e taxa intrínseca de aumento (r_m) de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.67

Tabela 5. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*, com e sem infestação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon/PR, Setembro 2013.70

Tabela 6. Teor de aminoácidos totais e açúcares redutores em tecido de diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*, com e sem infestação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon/PR, Setembro 2013.71

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Duração (dias) (média e erro padrão da média) dos períodos de oviposição e pós-oviposição e longevidade de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.91

Tabela 2. Média e erro padrão da fecundidade (número de ovos por fêmea), número de parasitoides emergidos, porcentagem de sobrevivência dos parasitoides, razão sexual e ciclo evolutivo (dias) de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.95

Tabela 3. Tabela de vida e fertilidade de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.98

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Cultura da mandioca	16
2.1.1 Aspectos gerais e importância	16
2.1.2 Genótipos	18
2.1.2.1 Variedade “Olho Junto”	19
2.1.2.2 Variedade “Espeto”	19
2.1.2.3 Variedade “Fécula Branca”	20
2.1.2.4 Variedade “IAC 12”	20
2.1.2.5 Variedade “IAC 14”	20
2.1.2.6 Variedade “IAC 15”	21
2.1.2.7 Variedade “IAC 90”	21
2.1.2.8 Variedade “Baianinha”	21
2.1.2.9 Variedade “Cascuda”	22
2.1.3 Pragas da cultura	22
2.2 Cochonilha da parte aérea da mandioca (<i>Phenacoccus manihoti</i>)	23
2.2.1 Aspectos gerais, origens e distribuição geográfica	23
2.2.2 Danos	24
2.2.3 Bioecologia	25
2.2.4 Estratégias de Controle	26
2.3 Resistência de plantas no controle de <i>P. manihoti</i>	28
2.4 Controle biológico de <i>P. manihoti</i>	30
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
CAPÍTULO 1 – RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA (<i>Manihot esculenta</i> CRANTZ) A <i>Phenacoccus manihoti</i> (MATILE FERRERO) (HEMIPTERA: PHENACOCCIDAE)	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT	40
1 INTRODUÇÃO	41
2 MATERIAL E MÉTODOS	43
2.1 Criação dos insetos	43
2.2 Genótipos testados	44
2.3 Parâmetros biológicos de <i>Phenacoccus manihoti</i> sobre os diferentes genótipos	45
2.4 Tabela de vida e fertilidade	46
2.5 Índice de Adaptação (IA)	47
2.6 Índice de resistência.....	47
2.7 Avaliação dos aspectos bioquímicos da planta	47
2.7.1 Obtenção das amostras	48
2.7.2 Obtenção da preparação enzimática	48
2.7.3 Atividade de peroxidase	49
2.7.4 Atividade de polifenoloxidase	49
2.7.5 Determinação de açúcares redutores	50
2.7.6 Determinação dos aminoácidos totais.....	50
2.7.7 Determinação de íons de cianeto.....	50

2.8 Análise estatística	51
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
3.1 Parâmetros biológicos de <i>Phenacoccus manihoti</i> sobre os diferentes genótipos .	52
.....	52
3.2 Tabela de vida e fertilidade	59
3.3 Índice de adaptação e de resistência	66
3.4 Aspectos bioquímicos	68
4 CONCLUSÕES	75
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO DE <i>Anagyrus lopezi</i> (DE SANTIS) (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) SOBRE <i>Phenacoccus manihoti</i> MATILE-FERRERO (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) ALIMENTADAS SOBRE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA.....	81
RESUMO.....	81
ABSTRACT	82
1 INTRODUÇÃO	83
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	85
2.1 Criação do hospedeiro <i>Phenacoccus manihoti</i>	85
2.2 Criação dos parasitoides.....	85
2.3 Genótipos testados	86
2.4 Parâmetros biológicos de <i>Anagyrus lopezi</i> sobre <i>P. manihoti</i> alimentadas em diferentes genótipos de mandioca.....	86
2.5 Tabela de vida e fertilidade	88
2.6 Análise estatística	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	90
3.1 Parâmetros biológicos de <i>Anagyrus lopezi</i> sobre <i>Phenacoccus manihoti</i> alimentadas em diferentes genótipos de mandioca	90
3.2 Tabela de vida e Fertilidade	96
4 CONCLUSÕES	105
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca vem conquistando lugar de destaque em vários países do mundo, pela facilidade de adaptação as mais diferentes condições de cultivo (GROXKO, 2012) e pela grande importância social e econômica compondo parte fundamental da alimentação de mais de 700 milhões de pessoas, essencialmente nos países em desenvolvimento (BELLOTTI *et al.*, 2012).

O Brasil se destaca na produção de mandioca ocupando o 2º lugar na produção mundial de raízes (IBGE, 2012; GROXKO, 2012) gerando milhões de empregos diretos, seja na fase de produção primária ou na de processamento, contribuindo também para a manutenção do pequeno agricultor no campo (OLIVEIRA e LIMA, 2006). O Paraná vem ocupando o 2º lugar no *ranking* nacional de produção de raízes e conta com o maior número de indústrias, principalmente de fécula, abastecendo com 65% do volume de fécula (GROXKO, 2012) do país. Contudo, com o aumento da área cultivada surgiram problemas com novas pragas e doenças.

No Paraná, entre as principais pragas da mandioca está a cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). Os indivíduos desta espécie causam danos tanto em sua fase jovem como em sua fase adulta, sendo caracterizados de forma direta pela sucção da seiva e toxidez da saliva (FARIAS, 1991; BELLOTTI *et al.*, 1999, 2002, 2012; BENTO *et al.*, 2002) e indiretamente, favorecendo o desenvolvimento da fumagina (LOZANO *et al.*, 1985; FARIAS, 1991). Como consequência, tem-se a redução da taxa fotossintética, redução da qualidade das raízes e da produtividade (BENTO *et al.*, 2002; FARIAS, 2005; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005; SCHULTHESS *et al.*, 2009).

Apesar da existência de diversos inimigos naturais de *P. manihoti* (BELLOTTI *et al.*, 1999), especialmente o parasitoide *Anagyrus lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae), utilizado com sucesso em programa de controle biológico da cochonilha na África (HERREN e NEUENSCHWANDER, 1991) para supressão da população de *P. manihoti*, no Brasil tem predominado a utilização de inseticidas químicos, apesar de não serem registrados para a cultura (AGROFIT, 2013) e serem insustentáveis do ponto de vista da saúde e ambiental. Além disso, sabe-se também que esta estratégia reduziu a eficácia do controle biológico, especialmente do parasitoide *A. lopezi* (BELLOTTI *et al.*, 2012). Considerando os aspectos

negativos deste tipo de controle, há uma preocupação por parte dos pesquisadores em validar métodos alternativos para controlar esta praga, visando substituir o controle químico.

Neste contexto, se insere a resistência varietal que constitui uma estratégia de baixo custo, de grande duração na manutenção da população da praga abaixo do nível de dano econômico, além de reduzir perdas no rendimento e que pode ser incluída como uma ferramenta em programa de manejo integrado de pragas (LARA, 1991; BELLOTTI *et al.*, 1999).

O uso de genótipos resistentes tem revelado resultados promissores no combate ao complexo de cochonilhas da parte aérea da mandioca (LE RÜ e TERTULIANO, 1993; TERTULIANO *et al.*, 1993; TERTULIANO, 1994), além de ser importante ferramenta que pode influenciar no controle biológico. Neste sentido, há necessidade de estudos que avaliem a ação de genótipos de mandioca a cochonilha e a ação das mesmas sobre seu parasitoide para aumentar a eficiência de controle. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência de genótipos de mandioca à cochonilha, *P. manihoti* e sua influência sobre o parasitoide *A. lopezi*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura da mandioca

2.1.1 Aspectos gerais e importância

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma angiosperma da classe das dicotiledôneas pertencente à família Euphorbiaceae (PEIXOTO, 1999). O gênero *Manihot* consta com mais de 200 espécies, porém a espécie *M. esculenta* em função de seu interesse econômico é a mais importante por ser a única espécie cultivada. Sua origem é assunto de investigação há muito tempo, porém, estudos realizados por Olsen (2004) concluiu que a espécie originou-se no sul da Amazônia.

A mandioca foi domesticada por povos pré-colombianos e após o descobrimento das Américas houve ampla dispersão da espécie e assim, sua domesticação ocorreu em diversas regiões (HERSHEY e JENNINGS, 1992). É cultivada em maior concentração na faixa geográfica entre os paralelos 15° de latitude Norte e Sul, porém, também é encontrada entre as latitudes de 30° Norte e Sul (PEIXOTO, 1999).

A mandioca é conhecida pela rusticidade que apresenta bem como pela sua tolerância à seca e à ampla adaptação as mais variadas condições de clima e solo. Embora seu melhor desenvolvimento ocorra em solos de textura franco-argilosa a argilo-arenosa, com pH de 5,5 a 7,0 e alta fertilidade, tolera também solos degradados e com baixa fertilidade onde a maioria dos cultivos tropicais não produziriam (SOUZA e SOUZA, 2000). A temperatura ideal para seu desenvolvimento encontra-se na faixa de 20 a 27°C, com exigência de precipitação entre 1.000 e 1.500 mm ano⁻¹, no entanto pode ser cultivada em regiões semi-áridas, com 500 a 700 mm ano⁻¹ (SOUZA e SOUZA, 2000). Sua ampla capacidade de adaptação se deve a ampla variabilidade genética dos genótipos existentes, sendo possível seu cultivo em diversas partes do mundo (OTSUBO e PEZARICO, 2002), notadamente em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento da África, Ásia e América Latina (BARROS, 2004).

É uma cultura de múltiplos usos, desde a alimentação humana e animal ao uso industrial (SOUZA, 2006; OSPINA e CEBALLOS, 2012). Constitui a base energética e nutrição das populações de baixos recursos econômicos dos países tropicais e subtropicais (OSPINA e CEBALLOS, 2012). Da planta são utilizados não apenas o amido das raízes mas também a parte aérea que é fonte de proteínas, vitaminas e minerais (FERREIRA FILHO, 1997).

Considerada a mais brasileira de todas as plantas cultivadas, a mandioca é encontrada em todo território nacional sendo uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, onde possui ligação com o desenvolvimento histórico do país. É conhecida por grande parte da população brasileira como uma planta utilizada para a fabricação de farinha de mesa, tapioca ou goma, assim como para ração animal, sendo praticamente desconhecidos os diversos usos sob a forma de fécula (SILVA *et al.*, 2002).

Assim como, o Brasil é tradicionalmente pioneiro no aproveitamento industrial da mandioca onde se destina 85% para a fabricação de fécula, polvilho e farinha (IEA, 2006). Neste sentido, em 2012, o Brasil exportou em média 4 milhões de toneladas de fécula com destaque para o estado do Paraná que contribui com uma média de 60% da exportação da fécula nacional (GROXKO, 2012; SEAB, 2012).

Além de importante fonte alimentar, a cadeia contribui na geração de empregos, onde estima-se ser gerado no Brasil cerca de 1 milhão de empregos diretos, abrangendo a fase de produção primária e de processamento de farinha e fécula (MATTOS e CARDOSO, 2003).

Entre as regiões brasileiras produtoras de mandioca a região Nordeste contribui com aproximadamente 35% do total produzido no país (GROXKO, 2012). A região dedica-se quase que exclusivamente para a produção de farinha, a qual é realizada em indústrias de processamento denominadas “casas de farinha” (CARDOSO e SOUZA, 1999). Já a região Norte contribui com 30% da produção nacional de raiz, com destaque para o estado do Pará, 1º no ranking nacional, sendo que sua produção, a exemplo do Nordeste, se destina principalmente ao consumo humano. A região Sudeste representa menos de 10% da produção brasileira, mas é o principal pólo de comercialização do país, enquanto que a região Sul contribui com 22,6% da produção que se destina basicamente a indústrias de fécula (GROXKO, 2012).

O Paraná, após anos ocupando a 3ª colocação no ranking nacional conquistou, nas duas últimas safras, o 2º lugar na produção de raiz, com aproximadamente quatro milhões de toneladas em 2011/2012, obtidas em 186 mil ha plantados, contribuindo com 15,8% da produção nacional (IBGE, 2012; SEAB, 2012; GROXKO, 2012). Contudo, o Estado é o maior produtor de fécula, sendo responsável por 71% da produção de fécula no Brasil (GROXKO, 2012).

2.1.2 Genótipos

Cerca de 5000 genótipos de mandioca são conhecidos, apresentando diferentes características tanto na estrutura genética quanto a adaptabilidade. Sabe-se que grande parte dessa seleção foi efetuada pelos agricultores (SEDIYAMA, 2007). Segundo Fukuda (2000) as variedades melhoradas constituem um dos principais componentes tecnológicos do sistema produtivo, tendo em vista a fácil adoção pelos produtores e contribuição significativa com a produtividade sem custos adicionais ao cultivo (FUKUDA, 2000). Especificamente em relação a mandioca, já existem diversos genótipos que possuem diferentes capacidades de adaptação às condições de cultivo, bem como, que sejam resistentes a pragas e doenças (FUKUDA *et al.*, 2006).

Os genótipos são classificados em variedades “mansas” e “bravas” dependendo do conteúdo de glicosídeo cianogênico nas raízes. As “mansas” são aquelas que possuem baixos conteúdos deste ácido (menos que 100 mg kg⁻¹ de HCN) e são conhecidas como de mesa, aipins ou macaxeiras. Por outro lado, genótipos com elevados teores de HCN nas raízes são destinados à fabricação de farinha e a extração de fécula (CARVALHO *et al.*, 1995; ALVES, 2006).

A mandioca apresenta ampla diversidade genética, resultando em um grande número de genótipos com adaptação específica a diferentes condições (HERSHEY, 1988), sendo que aproximadamente 6592 acessos de mandioca são mantidos no Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (CIAT, 2013). No Brasil, já foram catalogados cerca de quatro mil acessos que se encontram em coleções de trabalho e bancos ativos de germoplasma distribuídos em todo o país. Porém, a maior parte desta variabilidade está conservada no banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical (FUKUDA *et al.*, 2006).

As principais variedades cultivadas na região Centro-Sul do Brasil são: Fibra, Olho Junto, Espeto, Fécula Branca, Mico, IAC 12, IAC 13, IAC 14, IAC 15, IAC 90, Baianinha, Cascuda e IAPAR 5017. Assim como, cita-se as variedades IAC 12 e IAC 15 para cultivo no Centro-Sul do Brasil (FUKUDA e OTSUBO, 2003; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.1 Variedade “Olho Junto”

A variedade Olho junto é considerada “brava” pelo seu alto conteúdo de glicosídeos cianogênicos. É muito plantada no Noroeste do Paraná, devido principalmente ao elevado conteúdo de matéria seca ao longo das diferentes épocas de colheita, com elevado teor de amido. Tal fato justifica a preferência por parte das fecculárias em trabalhar com esta cultivar, porém esta apresenta elevada susceptibilidade à bacteriose e a antracnose e não deve ser plantada como única variedade da lavoura pelos riscos que oferece (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

Segundo técnicos e pesquisadores, no campo é possível verificar que esta variedade possui alta suscetibilidade a cochonilha *P. manihoti* apresentando explosões de populações principalmente no segundo ciclo.

2.1.2.2 Variedade “Espeto”

A variedade espeto é muito plantada na região de Paranaíba/PR e apresenta bom comportamento para cultivo no Mato Grosso do Sul e São Paulo (FUKUDA e OTSUBO, 2003; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005). Apresenta médio teor de matéria seca e baixos valores de glicosídeos cianogênicos sendo, portanto, considerada “mansa”. Apresenta suscetibilidade a grandes períodos de estiagem o que dificulta a colheita de segundo ciclo. Além disso, comporta-se como tolerante a bacteriose e ao superalongamento e sensibilidade a antracnose (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.3 Variedade “Fécula Branca”

Fécula branca é a variedade que tem apresentado maior expansão de área plantada no Mato Grosso do Sul e é a mais plantada no Paraná. A variedade oriunda da região Oeste do Paraná é bastante exigente quanto à fertilidade do solo. Apresentam bom rendimento industrial ao longo do ano, raízes compridas com baixo teor de glicosídeos cianogênicos, sendo classificada como mandioca “mansa” (FUKUDA e OTSUBO, 2003; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

Essa variedade possui alta tolerância a bacteriose e ao superalongamento, é sensível à antracnose, com melhor rendimento em plantio de dois ciclos (FUKUDA e OTSUBO, 2003; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005). É uma variedade destinada principalmente à indústria, não sendo muito apreciada no processamento de farinha em função do excesso de fibra e coloração rosada que pode prejudicar o padrão da farinha (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.4 Variedade “IAC 12”

Variedade indicada para cultivo industrial de fécula nas regiões de São Paulo e Mato Grosso do Sul pelo seu alto teor de matéria seca (35 a 40%). Recomenda-se que a colheita seja realizada em dois ciclos para obter melhores rendimentos com a mesma. As raízes apresentam teor de glicosídeos cianogênicos de 100 a 150 ppm, sendo consideradas portanto como “brava”. No campo é possível observar que a variedade apresenta resistência à bacteriose (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

2.1.2.5 Variedade “IAC 14”

Melhores produtividades desta variedade são obtidas na colheita de dois ciclos. A variedade tem alto teor de matéria seca e de glicosídeos cianogênicos. IAC 14 é mais adaptada a solos de baixa fertilidade e presta-se somente para produção de fécula. Isso em função do elevado teor de fibras e coloração da casca que

diminuem o padrão da farinha (FUKUDA e OTSUBO, 2003; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

Apresenta alta resistência à bacteriose e superalongamento e suscetibilidade a antracnose, porém, apresenta menos problemas de podridão radicular quando comparada as demais variedades (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.6 Variedade “IAC 15”

A variedade IAC 15 é considerada de média produtividade em função de apresentar valores médios a baixo de matéria seca quando comparada a outras variedades. Apresenta resistência à bacteriose e ao superalongamento. Adapta-se bem em solos com baixa fertilidade e apresenta boa cobertura do solo sendo indicada para produção de farinha e fécula (FUKUDA e OTSUBO, 2003).

2.1.2.7 Variedade “IAC 90”

Variedade obtida do programa de melhoramento do IAC que tem melhor resultado quando colhida com dois ciclos. Foi introduzida no Noroeste do Paraná e esta também disseminada no Mato Grosso do Sul. Caracteriza-se por apresentar parte aérea vigorosa com folhas de lóbulos largos proporcionando boa cobertura do solo (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

A variedade é tolerante a bacteriose e antracnose, porém é mais suscetível ao superalongamento em condições climáticas que favoreçam a doença (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.8 Variedade “Baianinha”

Oriunda da região Oeste Paranaense, a variedade Baianinha adapta-se melhor a solos férteis e pode ser colhida tanto em um como em dois ciclos sem perder qualidade. A característica desta variedade é apresentar folhas com lóbulos

estreitos e raízes compridas e escuras que são difíceis de arrancar manualmente sem o auxílio de afofador. Apresenta tolerância a bacteriose, antracnose e ao superalongamento, porém, é possível verificar no campo que apresenta suscetibilidade a percevejo de renda e mosca-branca (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.2.9 Variedade “Cascuda”

Esta variedade é bastante disseminada no Oeste do Paraná e possivelmente seja oriunda da região de Guaíra no Paraná ou do Paraguai (SELHORST, 2004; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005). É melhor aproveitada quando colhida em primeiro ciclo mas também pode ser colhida com dois ciclos com rendimento satisfatório, porém estagnado em relação a concentração de amido (SELHORST, 2004; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

É moderadamente sensível a bacteriose e a antracnose dependendo da região de plantio, sendo necessário avaliações iniciais desses problemas quando a mesma é introduzida em novas regiões (TAKAHASHI e GONÇALO, 2005).

2.1.3 Pragas da cultura

O aumento da área cultivada, o uso indiscriminado de agrotóxicos e a intensa troca de material entre produtores de diferentes regiões têm favorecido o aumento e a dispersão de pragas na cultura da mandioca (OLIVEIRA *et al.*, 2001; TAKAHASHI, 2002; BELLOTTI *et al.*, 2012).

Estima-se que 200 espécies de artrópodes pragas atacam a cultura da mandioca, variando consideravelmente entre as principais regiões produtoras. Deste complexo de artrópodes, algumas espécies co-evoluíram com a cultura caracterizando-se por ser específicas e adaptadas aos fatores naturais de resistência da palnta (BELLOTTI *et al.*, 2012).

Na região Centro-Sul, destacam-se como artrópodes pragas, *Erinnys ello* L.(Lepidoptera: Sphingidae), *Vatiga manihotae* Drake (Hemiptera: Tingidae), *Bemisia tuberculata* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae), *Mononychellus tanajoa* Bondar (Acari:

Tetranychidae), *Tetranychus uticae* Koch (Acari: Tetranychidae), *Frankliniella williamsi* Hood (Thysanoptera: Tripidae), *Migdolus fryanus* Westwood (Coleoptera: Vesperidae), *Protortonia navesi* Fonseca (Hemiptera: Margarodidae), *Pseudococcus mandio* Williams, *Dysmicoccus* sp., *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero e *P. herreni* Cox & Williams (Hemiptera: Pseudococcidae) (TAKAHASHI e GONÇALO, 2001; FONSECA *et al.*, 2002; PIETROWSKI *et al.*, 2010).

O aumento na incidência destas espécies vêm preocupando o setor da mandiocultura, porém as cochonilhas constituem um dos maiores problemas na produção de mandioca devido ao seu alto potencial de dano e dificuldade de controle (SCHULTHESS *et al.*, 2009; PIETROWSKI, 2009).

2.2 Cochonilha da parte aérea da mandioca (*Phenacoccus manihoti*)

2.2.1 Aspectos gerais, origens e distribuição geográfica

Considerada uma das mais importantes pragas da mandioca (BELLOTTI *et al.*, 1999, 2002, 2012), a cochonilha da parte aérea da mandioca, *P. manihoti*, é da família Pseudococcidae, popularmente conhecida como piolho farinhento ou pulverulento, devido à secreção cerosa que cobre o corpo dos insetos. É oligófaga e coloniza principalmente o gênero *Manihot*, porém, a espécie já foi observada em *Talinun triangularae* Jacq (Portulacaceae), em *Citrus* spp. (Rutaceae) e em soja, *Glycine max* L. (Fabaceae) (CALATAYUD e LE RÜ, 2006).

A espécie *P. manihoti* foi registrada pela primeira vez na América em 1980, no Paraguai de onde provavelmente dispersou e foi observada causando danos em áreas da Bolívia e no Brasil no Estado de Mato Grosso do Sul, porém, sem causar danos econômicos. Mais recentemente foi detectada causando danos econômicos nos Estados do Paraná, São Paulo, Bahia e Pernambuco (BELLOTTI *et al.*, 2012). No início da década de 1970, esta espécie foi introduzida no continente africano espalhando-se rapidamente causando danos consideráveis as plantações (BELLOTTI *et al.*, 2012). A partir de 2008, a mesma espécie foi detectada na Ásia, inicialmente na Tailândia, onde causou sérios prejuízos e rapidamente se dispersou no continente e havendo relatos de dano também no Camboja e na Indonésia

(WINOTAI *et al.*, 2010; BELLOTTI *et al.*, 2012), com risco eminente de infestação na Índia e Vietnã (PARSA *et al.*, 2012).

A disseminação intensa desta praga nos últimos anos tem origem no fato da constante troca de material infestado entre as regiões, países e continentes em função do aumento na produção de mandioca, e seu aumento populacional esta relacionado ao aumento do uso de produtos químicos que conseqüentemente reduziu a eficácia do controle biológico natural, bem como, às mudanças no clima com o aumento de períodos secos (BELLOTTI *et al.*, 2012).

2.2.2 Danos

Os danos de *P. manihoti* em mandioca são causados tanto pela fase jovem quanto pela fase adulta (BELLOTTI, 2002). Causam danos diretos e indiretos, sendo os diretos associados à sucção da seiva, deixando a planta debilitada, com aspecto de deficiência nutricional e a toxidez da saliva, causando principalmente nas regiões jovens da planta, deformação das brotações que ficam encarquilhadas com aspecto de repolho, encrespamento e queda precoce das folhas e, em população elevadas, necrose dos tecidos apicais e conseqüente morte dos ponteiros (FARIAS, 1991; BELLOTTI *et al.*, 1999, 2002; BENTO *et al.*, 2002). Em plantas jovens, quando em altas populações, o caule se deforma e apresenta entrenós mais curtos, podendo ocorrer ramificações excessivas, estes danos além de diminuir a taxa fotossintética também podem reduzir a qualidade das raízes (BENTO *et al.*, 2002; FARIAS, 2005; TAKAHASHI e GONÇALO, 2005). Os danos indiretos são causados pelo *honey dew* excretado que favorece o crescimento de fungos, causando a fumagina, que pode cobrir as folhas e pecíolos, afetando a taxa fotossintética (LOZANO *et al.*, 1985; FARIAS, 1991, BELLOTTI *et al.*, 2012).

Além disso, em plantas atacadas, observa-se redução da taxa fotossintética, da transpiração e da eficiência do mesófilo, além do aumento do déficit de pressão osmótica, do CO₂ interno e da temperatura da folha (BELLOTTI, 2000).

Pouco conhecimento há em relação ao seu nível de dano e correlações entre densidade populacional, fase de desenvolvimento da planta e redução de produtividade. Porém, nas avaliações realizadas por Schulthess *et al.* (2009) verificou-se que, plantas de mandioca severamente infestadas por *P. manihoti*

tiveram perda de até 46% de produção de folhas novas durante a estação seca, quando comparada a plantas sem infestação. Os mesmos autores verificaram que houve perda na mobilização de matéria seca para as raízes de até 75% em plantas atacadas, reduzindo a produtividade em 58%.

As infestações de *P. manihoti* no Centro-Sul do Brasil têm se intensificado nos últimos anos e possivelmente causando perdas no rendimento da cultura. Altas populações têm sido observadas principalmente em cultivos de segundo ciclo, no início das brotações, com picos de população elevada em períodos de seca (PIETROWSKI *et al.*, 2010; BELLOTTI *et al.*, 2012), fato este apontado por Bellotti *et al.* (1999), segundo os quais o aumento populacional e, conseqüentemente, o aumento na intensidade dos danos tende a ser maior em períodos de estiagem. Plantas sobre estresse hídrico favorecem o desenvolvimento e a reprodução destes insetos, uma vez que as folhas da mandioca aumentam a concentração de alguns aminoácidos que são fagoestimulantes às cochonilhas (CALATAYUD *et al.*, 2002a,b).

Nesse sentido, Calatayud *et al.* (2002a), estudando o comportamento *P. herreni* sobre plantas em estresse hídrico, observaram que o tempo de pré-ovisição foi menor e a fecundidade foi maior, indicando o favorecimento nutricional de plantas nessas condições. Estes autores não observaram para esses parâmetros diferenças entre as diferentes variedades, sugerindo que independente da mesma, o estresse hídrico pode influenciar favoravelmente a cochonilha. Nesse mesmo estudo, demonstrou-se que o estresse hídrico aumenta a capacidade de encapsulação afetando negativamente o parasitoide da espécie.

2.2.3 Bioecologia

Populações de *P. manihoti* são encontradas na face inferior das folhas e brotações tanto em sua fase jovem como na fase adulta, preferencialmente próxima às nervuras principais da folha onde alcançam mais facilmente o floema (CALATAYUD *et al.*, 1994). A espécie se reproduz via partenogênese, originando apenas fêmeas (BELLOTTI *et al.*, 2002).

Para oviposição, as fêmeas produzem um ovissaco na parte posterior do abdômen a fim de proteger seus ovos, deixando-os na face inferior das folhas ou na

região apical da planta. Os ovos são amarelados, lisos e brilhantes com aproximadamente 1 mm de comprimento e de formato ovoidal (FARIAS, 1991; BELLOTTI *et al.*, 2002; BENTO *et al.*, 2002).

As fêmeas de *P. manihoti* apresentam corpo translúcido, que passa a coloração creme e é recoberto com secreção cerosa (BELLOTTI *et al.*, 1984). O potencial reprodutivo é de aproximadamente 500 ovos dependendo da variedade e condições climáticas (LE RÜ e FABRES, 1987). Seus ovos apresentam período de incubação em média de oito dias e após a eclosão, as ninfas saem e migram em busca de local adequado para a alimentação, onde permanecem durante os estádios ninfaís, exceto se houver necrose ou outro fator que estimule o inseto a migrar (FARIAS, 1991, MINKO, 2009).

A espécie passa por três estádios ninfaís. Estudos de tabela de vida na variedade Bonoua considerada suscetível à espécie em diferentes temperaturas constantes, 20, 25, 27 e 30°C resultaram em tempo de desenvolvimento aproximadamente de 49, 31, 27 e 24 dias, respectivamente (MINKO, 2009). Na temperatura de 25°C os insetos apresentam três ínstarés com duração média de 6,5; 5,0 e 5,5 dias para 1^o, 2^o e 3^o ínstar, respectivamente (MINKO, 2009). Corroborando com os resultados obtidos por Le Rü e Fabres (1987) que obtiveram 40,3; 20,1 e 14,2 dias de desenvolvimento ninfal para *P. manihoti* nas temperaturas de 20, 25 e 30°C, respectivamente na variedade Mpembé considerada suscetível a praga. Na variedade Fécula Branca principal variedade cultivada na região Centro-Sul do Brasil, a duração da fase ninfal da espécie foi de 17,4 dias com ciclo total de 45 dias (BARILLI *et al.*, 2014, encaminhados para publicação).

A espécie se desenvolve em temperaturas entre 15 a 35°C, sendo a temperatura ótima em torno de 28°C (HERREN E NEUENSCHWANDER, 1991). Entretanto, segundo Iheagwam e Eluwa (2008), a duração do desenvolvimento de *P. manihoti* em cada fase diminui com o aumento de temperatura, tendo como limite mínimo e máximo 14 e 35°C para o desenvolvimento da cochonilha.

2.2.4 Estratégias de Controle

Os danos causados por esta praga têm aumentado de forma substancial nos últimos anos sendo necessária a adoção de estratégias de controle para seu controle (BELLOTTI *et al.*, 2012).

Uma das principais vias de disseminação da praga é através de material vegetativo contaminado, sendo importante a seleção de ramos de qualidade e com boas condições sanitárias, não oriundas de regiões com a presença da praga (FARIAS, 1991; BELLOTTI *et al.*, 1999; FARIAS, 2005; PIETROWSKI *et al.*, 2010). Além disso, o constante monitoramento da praga no campo é necessário para se detectar o aumento inicial da população de *P. manihoti* e destruição das plantas nos primeiros focos especialmente, em áreas com histórico de ataque (SCHMITT, 2002; BELLOTTI *et al.*, 2012).

Por manter a área livre de hospedeiro da praga por um certo período de tempo, a rotação de culturas também é uma alternativa de controle de *P. manihoti* (SCHMITT, 2002), devendo evitar as espécies de plantas que podem servir como hospedeiros alternativos para a espécie, tais como, citros e soja (CALATAYUD e LE RÜ, 2006).

Outro fator que parece influenciar a capacidade da mandioca em resistir ao ataque das pragas é a sua nutrição (PIETROWSKI *et al.*, 2010). Portanto, a correção e adubação adequada do solo são importantes para reduzir o impacto da praga, já que em solos de baixa fertilidade verifica-se maior população da cochonilha e desfavorecimento do parasitoide *A. lopezi* já que a cochonilha aumenta a capacidade de encapsulação (SCHULTHESS *et al.*, 1997 ; BELLOTTI *et al.*, 1999). Ainda segundo Tertuliano *et al.* (1999), plantas conduzidas com adubação adequada tem mostrado uma maior resposta defensiva, elevando o nível de rutina após a infestação e conseqüentemente melhorando a resistência da mandioca a *P. manihoti*.

O controle químico das cochonilhas é realizado em diversas regiões, porém, não é recomendado, principalmente por não haver ainda produtos registrados para essa praga na cultura da mandioca no Brasil (AGROFIT, 2013), bem como estudos de eficiência e seletividade. Além do mais, esse método é difícil, dispendioso e reduz o controle biológico natural (BELLOTTI *et al.*, 2012), bem como, é pouco eficiente, pois o inseto causa encarquilhamento da folha e produz uma secreção cerosa que recobre o seu corpo, não permitindo o contato direto com o inseticida (FARIAS, 1991).

Além desses métodos, o controle da cochonilha pode ser realizado através do uso de genótipos resistentes e controle biológico (SCHMITT, 2002; BELLOTTI *et al.*, 2012).

2.3 Resistência de plantas no controle de *P. manihoti*

Estudos têm demonstrado que a mandioca apresenta diferentes tipos de resistência a *P. manihoti*, envolvendo mecanismos com ação de antixenose e antibiose (LE RÜ e TERTULIANO, 1993; TERTULIANO *et al.*, 1993; TERTULIANO, 1994). Estudos sugerem que os mecanismos que atuam na resistência da mandioca sejam de caráter poligênico e do tipo horizontal (BELLOTTI e KAWANO, 1980).

A antixenose ocorre geralmente durante a seleção inicial das plantas pela cochonilha e envolve as características físicas e químicas da planta. Esta seleção no caso de *P. manihoti* ocorre por sensilas nas antenas que reconhecem os produtos químicos liberados pela planta e permitem a aceitação ou não do alimento (CALATAYUD e LE RÜ, 2006). A sondagem realizada pela espécie antes de iniciar a alimentação é dividida em três fases distintas. Na primeira etapa a espécie reconhece a nutrição da planta através de suas sensilas, sem penetração do estilete, na segunda fase penetra o estilete na epiderme da folha e na terceira fase alcança o floema da planta. Em genótipos menos preferidos esse processo é mais lento (CALATAYUD *et al.*, 1994; RENARD *et al.*, 1998).

O teor de compostos cianogênicos presentes na planta tem sido correlacionado com a resistência a várias pragas na cultura, no entanto isso parece não ocorrer para as cochonilhas (NEUENSCHWANDER, 2001; BELLOTTI *et al.*, 2002; CALATAYUD e LE RÜ, 2006). A linamarina presente na mandioca está envolvida no reconhecimento inicial de *P. manihoti* bem como está presente no floema atuando como fagoestimulante para o inseto, sendo que genótipos de mandioca com níveis mais elevados desse composto são geralmente mais preferidas pelas cochonilhas (TERTULIANO, 1994; CALATAYUD, 1993; CALATAYUD e LE RÜ, 2006). Por outro lado, genótipos com altos teores de ácidos fenólicos são menos preferidos pelo inseto (CALATAYUD *et al.*, 1994; CALATAYUD, 2000).

A qualidade nutricional da planta pode afetar o desenvolvimento das cochonilhas através do mecanismo de antibiose (TERTULIANO, 1994). Como exemplo, os níveis de rutina (vitamina P) na planta desempenham papel anti-nutritivo e de fagodeterrência afetando o crescimento e desenvolvimento de *P. manihoti* (CALATAYUD, 2000, CALATAYUD *et al.*, 2006). Além disso, alguns aminoácidos, como ácido aspártico, ácido glutâmico, valina e alanina, assim como a sacarose e a linamarina são fagoestimulantes, enquanto lisina, ornitina, aspargina, metionina e histidina têm função nutritiva para cochonilhas. Da mesma forma, glutamina, cisteína, triptofano, glicina e arginina têm tanto ação fagoestimulante quanto nutritiva (CALATAYUD *et al.*, 2002a, b).

A inserção do estilete da cochonilha nas plantas pode induzir a defesa das plantas, ocorrendo assim, o acúmulo de enzimas oxidativas como as polifenoloxidasas e as peroxidases (THALER *et al.*, 2001; DIETRICH *et al.*, 2005). Com a ruptura das células, as Polifenoloxidasas (PFO) são liberadas e iniciam o processo de oxidação de compostos fenólicos que são liberados dos vacúolos, produzindo quinonas (CONSTABEL *et al.*, 1995, MOHAMMADI e KAZEMI, 2002; THIPYAPONG *et al.*, 2004). As quinonas se ligam covalentemente a aminoácidos alquilatáveis, lisina, histidina, cisteína e metionina tornando-os indisponíveis para os insetos. Promovendo dessa forma, a redução da digestibilidade, assimilação e o valor nutricional das proteínas nas plantas (FELTON *et al.*, 1992). Já as Peroxidases, além da formação de quinonas, participam de vários processos importantes como lignificação, suberização e metabolismo da parede celular quando a planta sofre a ação de agentes bióticos ou abióticos, com conseqüente decréscimo da digestibilidade dos tecidos da planta (FELTON *et al.*, 1992).

Outra característica importante na defesa das plantas é a liberação de compostos voláteis quando estão sob ataque de herbívoros para atrair os inimigos naturais do mesmo, bem como secreção de néctar extrafloral para atrair predadores em geral.

As defesas das plantas são específicas e cada uma afeta diferentemente herbívoros alvos, podendo ser eficazes contra uma espécie e neutra para outras (KIM e FELTON, 2013), além de afetarem os inimigos naturais (HEIL e KOST, 2006; CHON e TAKABYSHI, 2006; MCCORMICK *et al.*, 2012). Sendo necessário identificar quais as defesas a planta apresentam e sobre quais indivíduos, assim

como, verificar a ação dos mecanismos de defesa das plantas sobre os agentes de controle biológico.

2.4 Controle biológico de *P. manihoti*

No agroecossistema da mandioca, existem diversas espécies de inimigos naturais da cochonilha, predadores polívoros e oligóvoros que são citados associados às cochonilhas. Os mais comuns são *Ocyrtamus* sp. (Diptera: Syrphidae), *Kalodiplosis coccidarum* Felt (Diptera: Cecidomyiidae), *Hyperaspis notata* Mulsant e *Hyperaspis* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae) e *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) (FARIAS, 1991). Dentre esses, os coccinélidos são os mais importantes reguladores quando altas populações de cochonilhas ocorrem, contudo, apresentam baixa eficiência quando a população da praga é baixa (HERREN e NEUENSCHWANDER, 1991; NEUENSCHWANDER, 2001). E ainda, citam-se o fungo *Cladosporium* sp., parasitando ninfas e adultos (FARIAS, 1991).

Ressalta-se a existência de programas de controle biológico da cochonilha na África, a partir da introdução do parasitoide *A. lopezi*, oriundo do Paraguai (HERREN E NEUENSCHWANDER, 1991), bem como, na Tailândia, onde *P. manihoti* causa consideráveis perdas, iniciou-se um programa de criação e liberação do parasitoide *A. lopezi* (BELLOTTI *et al.*, 2012).

A introdução do parasitoide *A. lopezi* na África é citada como o caso de grande sucesso e de controle biológico (COCK, 2010). A cochonilha *P. manihoti* foi introduzida acidentalmente na África na década de 1970 e se dispersou por plantações de mais de 20 países ameaçando o abastecimento de alimentos de mais de 200 milhões de pessoas (BALE *et al.*, 2009; COCK, 2010). Após a descoberta de sua origem, os pesquisadores introduziram o parasitoide *A. lopezi* na década de 1980 que teve alta dispersão para as diferentes regiões produtoras (BALE *et al.*, 2009). O sucesso deste controle foi atribuído ao fato do parasitoide ter demonstrado boa habilidade para procura e localização do hospedeiro, desenvolver-se mais rapidamente que a cochonilha e apresentar dispersão rápida e fácil (BALE *et al.*, 2009).

No Brasil, nas regiões onde se observa a presença de *P. manihoti* também tem sido identificada a presença do parasitoide *A. lopezi*, porém, sem eficiência no controle, pois a população de cochonilha aumentou consideravelmente (PIETROWSKI, 2009, PIETROWSKI *et al.*, 2010). Neste sentido, há necessidade de se avaliar a interação entre a planta (mandioca) - cochonilha - parasitoide, pois, sabe-se que dependendo do nível e da categoria de resistência as plantas podem influenciar negativamente ou positivamente os inimigos naturais de herbívoros (PRICE *et al.*, 1980).

Nesse sentido, alguns estudos indicam que diferentes genótipos de mandioca com alto nível de resistência do tipo antibiose apresentam também efeito sobre desenvolvimento e sobrevivência do parasitoide *A. lopezi* (SOUISSI e LE RÜ, 1997a, b) e do predador *Exochomus flaviventris* Mader (Coleoptera: Coccinellidae) (LE RÜ e MITSIPA, 2000).

A. lopezi tem sido o principal agente de controle biológico de *P. manihoti*, sendo sua biologia e fecundidade fortemente influenciadas em função da alimentação da cochonilha em diferentes plantas hospedeiras. Avaliações descrevem que em genótipos considerados resistentes a cochonilha o período de oviposição de *A. lopezi* foi de 17 a 19 dias, pós-oviposição de três dias com longevidade de 20 a 22 dias e fecundidade de 99 a 109 ovos (SOUISSI e LE RÜ, 1997a, b). Segundo estes autores, estes períodos são menores quando as cochonilhas são alimentadas com *T. triangularae*, porém, o número de ovos é semelhante.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 10 julho 2013.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2006. p. 138-169.

BALE, J. S.; VAN LENTEREN, J. C.; BIGLER, F., 2009. **Biological control and sustainable food production**. Disponível em: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/picrender.fcgi?artid=2610108&blobtype=pdf>>. Acesso em 08 julho 2013.

BARILLI, D. R.; PIETROWSKI, V.; WENGRAT, A. P. da S.; GAZOLA, D. Parâmetros biológicos da cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* Matile-ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Colombiana de Entomologia**. No prelo, 2014.

BARROS, G. S. de C (coord.). **Melhoria da competitividade da cadeia agroindustrial de mandioca no Estado de São Paulo**. São Paulo: SEBRAE; Piracicaba, SP: ESALQ: CEPEA, 2004. 347p.

BELLOTTI, A. C. Arthropod pests. In: HILLOCKS, R. J.; THRESH, J. M.; BELLOTTI, A. C. **Cassava: Biology, production and utilization**. Wallingford: CABI Publishing International, 2002. p. 209-235.

BELLOTTI, A. C. El manejo integrado de las plagas principales en el cultivo de la yuca. In: INTERNATIONAL COURSE-WORKSHOP ON BIOLOGICAL CONTROL, 1., 2000, Cali. **Proceedings...** Cali: CIAT, 2000. p. 1-35.

BELLOTTI, A. C.; REYES, J.A.; VARELA, A.M. Observations on cassava mealybugs in the Americas; their biology, ecology and natural enemies. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR TROPICAL ROOT CROPS, 1983. **Resumos...**, Lima, Peru : CIP, 1984. p. 339-352.

BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. V.; VARGAS, O. H.; REYES, J. A. Q.; GUERRERO, J. M. Insectos y acaros dañinos a la yuca y su control. In: OSPINA, B. ; CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali : CIAT/CLAYUCA, n. 327, 2002. 586p.

BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S.L. Recent advances in cassava pest management. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 44, n. 1, p. 343-370, 1999.

BELLOTTI, A. ; CAMPO, B.V.H. ; HYMAN, G. Cassava production and pest management : present and potential threats in a changing environment. **Tropical Plant Biology** (Online), v. 5, n.1, p. 39-72, 2012.

BELLOTTI, A.C. ; KAWANO, K. Breeding approaches in cassava, MAXWELL, F.G. ; JENNINGS, P.R. (eds) **Breeding plants resistant to insects**. New York : John Wiley and Sons, 1980, p. 315-335.

BENTO, J. M. S.; MORAES, G. J. de; MATOS, A. P. de; WARUMBY, J. F.; BELLOTTI, A. C. Controle biológico da cochonilha no nordeste do Brasil. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-PARRRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.) **Controle biológico no Brasil: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

CALATAYUD P. A. **Étude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte**. France, 1993. 90p. Tese (Doutorado), Institut national des sciences appliquées de Lyon, France. 1993.

CALATAYUD P. A., RAHBE Y., TJALLINGII W. F., TERTULIANO M.; B. LE RU, Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.72, n.1, p.219-232, 1994.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus herreni* in artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 96, n.1, p.81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A.; POLANIA, M. A.; BELLOTTI, A. C. Influence of water-stressed cassava on *Phenacoccus herreni* and three associated parasitoids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 102, p. 163–175, 2002a.

CALATAYUD, P. A.; POLANIA, M. A.; GUILLAUD, J.; MUNERA, D. F.; HAMO N. C.; BELLOTTI, A. C. Role of single amino acids in phagostimulation, growth, and development of the cassava mealybug *Phenacoccus herreni*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 104, p - 363–367, 2002b.

CALATAYUD, P.A.; LE RÜ, B. **Cassava – Mealybug interactions**. Paris: Editora Institut de Recherche Pour le Développement (IRD), 2006. 112p.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. da S. **Aspectos agro-econômicos da cultura da mandioca: potencialidade e limitações**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. 27 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 86).

CARVALHO, P.C.L. de; FUKUDA, W.M.G.; CRUZ, P.J.; COSTA, J.A. Avaliação agrônômica e tecnológica de cultivares de mandioca para o consumo “in natura”. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v.14, n. 2, p. 7-15, 1995.

CHOH, Y.; TAKABAYASHI, J. Herbivore induced extrafloral nectar production in lima bean plants enhanced by previous exposure to volatiles from infested conspecifics. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 1, p. 2073–2077, 2006.

CIAT. **Centro Internacional de Agricultura Tropical**, banco de germoplasma de mandioca. Disponível em: <<http://ciat.cgiar.org/crops/cassava>>. Acesso: 18 nov. 2013.

COCK, M. Biopiracy rules should not block biological control. **Nature**, London, v. 467, n. 369, 2010.

CONSTANTEBEL, C. P.; BERGEY, D.R.; RYAN, C.A. Systemics activates synthesis of wound-inducible tomato leaf polyphenol oxidase via the octadecanoid defense signaling pathway. **Proceedings of the National Academy of Science USA**, Washington, v. 92, n. 1, p. 407-411, 1995.

DIETRICH, R.; PLOSS, K.; HEIL, M. Growth responses and fitness cost after induction of pathogen resistance depend on environmental condition. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 28, n. 1, p. 211-222, 2005.

FAO - **FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION**. 2008. Disponível em: <www.fao.org>. Acesso em: 10 julho 2013.

FARIAS, A. R. N. **Insetos e ácaros associados à cultura da mandioca no Brasil e meios de controle**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1991. 47p.

FARIAS, A. R. N. **Pragas da mandioca**: instruções práticas. Cruz das Almas, BA: Embrapa – CNPMPF, 2005. 32p.

FELTON, G. W.; DONATO, K. K.; BROADWAY, R. M.; DUFFEY, S. S. Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of dietary protein to a noctuid herbivore, *Spodoptera exigua*. **Journal of Insect Physiology**, New York, v. 38, p. 277-285, 1992.

FERREIRA FILHO, J. R. **Influência da idade da planta sobre a produtividade e teor de proteína da parte aérea da mandioca**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1997. 35 p. (EMBRAPA-CNPMPF. Boletim Técnico, 35).

FONSECA JR, N. da S.; GROXKO, M.; RODANTE, A. **Cadeia produtiva da mandioca no Paraná**: diagnóstico e demandas futuras. Londrina: IAPAR, 2002. 53p.

FUKUDA, C.; OTSUBO, A. A. Cultivo da mandioca na região centro sul do Brasil. In: EMBRAPA. **Sistemas de produção**. Brasília, DF, 2003. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Sistemas de Produção, 7).

FUKUDA, W. M. G. Variedades. In: MATTOS, P. L. P. de; GOMES, J. de. C. (Coord.). **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, p. 7-10, 2000. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 37).

FUKUDA, W. M. G.; FUKUDA, C.; DIAS, M. C.; XAVIER, J. J. B. N.; FIALHO, J. F. s. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. p. 433-454.

GROXKO, M.; **Mandiocultura - Análise da conjuntura agropecuária, 2012.** Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acesso em 10 julho 2013.

HEIL, M.; KOST, C. Priming of indirect defences. **Ecology Letters**, v. 9, n. 1, p. 813–817, 2006.

HERREN, H. R.; NEUENSCHWANDER, P. Biological control of cassava pests in África. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.36, n.1, p.257-283, 1991.

HERSHEY, C. H. Cassava breeding: CIAT Headgunters. In: HOWELER, R. H.; KAWANO, K. **Cassava breeding and agronomy research in Ásia**. Proceedings of a workshop held in Tailand, 1987. Cali, Colombia: CIAT, 1988. p. 99 – 116.

HERSHEY, C. H.; JENNINGS, D. L. Progress in breeding cassava for adaptation to stress. **Plant Breeding Abstracts**, Cambridge, v.62, n.1, p.823-831, 1992.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 15 julho 2013.

IEA. **O Agronegócio da mandioca na região paulista do Médio Paranapanema**. Instituto de Economia Agrícola (IEA), Análises e Indicadores do Agronegócio, v.1, n.4, 2006.

IHEAGWAM, E. U.; ELUWA, M. C. The effects of temperature on the development of the immature stages of the Cassava Mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat-Ferr. (Homoptera, Pseudococcidae). **Deutsche Entomologische Zeitschrift**, Berlin, v.30, p.17-22, 2008.

KIM, J.; FELTON, G. W. Priming of antiherbivore defensive responses in plants. **Insect Science** (Online), v. 20, n. 1, p. 273-285, 2013.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo, Ícone, 2 ed., 1991, 336p.

LE RÜ, B.; FABRES, G. Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur la capacité d'accroissement et le profil d'abondance des populations de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* (Hom., *Pseudococcidae*), au Congo. **Acta Oecologica/Oecologia Applicata** (Online), v. 8, n. 2, p. 165-174, 1987.

LE RÜ, B.; MITSIPA, A. Influence of the host plant of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* on life-history parameters of the predator *Exochomus flavivenris*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.95, n.1, p.209-212, 2000.

LE RÜ, B.; TERTULIANO, M. Tolerance of different host-plants to the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae). **International Journal of Pest Management**, Hampshire, v.39, n.1, p. 379-384, 1993.

LOZANO, J. C.; BELLOTI, A.; REYES, J. A. HOWELER, R.; LEIHNER, D.; DOLL, J. **Problemas no cultivo da mandioca**. 2. ed. Cali: Ciat, 1985. 207p.

MATTOS, P. L. P. de; CARDOSO, E. M. R. **Cultivo da mandioca para o Estado do Pará**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 2003. (EMBRAPA-CNPMF. Sistemas de produção, 13). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_para/cultivares>. Acesso em 07 julho 2013.

MCCORMICK, A. C.; UNSICKER, S. B.; GERSHENZON, J. The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 1, p. 303–310, 2012.

MINKO, D. O. Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae). **Tropicultura**, Franceville, Gabon, v. 27, n. 1, p. 21-25, 2009.

MOHAMMADI, M.; KAZEMI, H. Changes in peroxidase and polyphenol oxidases activities in susceptible and resistance wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance. **Plant Science**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 491-498, 2002.

NEUENSCHWANDER, P. Biological control of the cassava mealybug in Africa: a review. **Biological Control** (Online), v. 21, p. 214–229, 2001.

OLIVEIRA, M. R. V.; MORETZSHON, M.C.; QUEIROZ, P.R.; LAGO, W.N.M.; LIMA, L.H.C. **Levantamento de moscas-brancas na cultura da mandioca no Brasil**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 20p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, 3).

OLIVEIRA, M.R.V.; LIMA, L.H.C. **Moscas-brancas na cultura da mandioca no Brasil**. Embrapa-Recursos Genéticos e Biotecnológicos, 74p. 2006. (Embrapa-Recursos Genéticos e Biotecnológicos. Documentos 186).

OLSEN, K. M. SSRs and inferences on cassava's origin. **Plant Molecular Biology**, Holana, v. 56, n. 4, p. 517-526, 2004.

OSPINA, P. B; CEBALLOS, H. **Cassava in the third millennium** : Modern production, processing, use, and marketing systems. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Latin American and Caribbean Consortium to support Cassava Research and Development (CLAYUCA); Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA), Cali, 2012, 574 p. (Publicação do CIAT n. 377)

OTSUBO, A. A.; PEZARICO, C. R. A cultura da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Coord.). **Aspectos do Cultivo da Mandioca em Mato Grosso do Sul**. Dourados/Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p. 31-47.

PARSA, S.; TAKUMASA, K. WINOTAI, A. The Cassava Mealybug (*Phenacoccus manihoti*) in Asia: First Records, Potential Distribution, and an Identification Key. **PLoS ONE** (Online), v. 7, n.10. 2012.

PEIXOTO, C. P. Mandioca. In: CASTRO, P.R.C. e KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais**: trigo, milho, soja, arroz e mandioca. São Paulo: NOBEL, 1999. p.109-126.

PIETROWSKI, V. **Pragas da cultura da mandioca: percevejo de renda e cochonilhas**. 2009. Disponível em: <<http://www.cerat.unesp.br/compendio/palestras/palestra5.pdf>>. Acesso em 10 julho 2013.

PIETROWSKI, V.; RINGENBERGER, R.; RHEINHEIMER, A.R.; BELLON, P.P.; GAZOLA, D.; MIRANDA, A.M. **Insetos-praga da cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Cândido Rondon, 40p. 2010. (Cartilha).

PRICE, P. W.; BOUTON, C. W.; GROSS, P.; MCPHERON, B. A.; THOMPSON, J. N.; WEIS, A. E. Interactions among three trophic levels: influence of plants of interactions between insect herbivores and natural enemies. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics** (Online), v. 11, p. 41–65, 1980.

RENARD S., CALATAYUD P. A., PIERRE J. S.; B. LE RU, Recognition behavior of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera: Pseudococcidae) at the leaf surface of different host plants. **Journal of Insect Behavior** (Online), v.11, p.429-450, 1998.

SCHMITT, A.T. Principais insetos pragas da mandioca e seu controle. In: CEREDA, M. P. (Coord) **Agricultura : tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. 539p.

SCHULTHESS, F.; BAUMGARTNER, J. U.; DELUCCHI, V.; GUITIERREZ, A. P. The influence of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat.-Ferr. (Hom., Pseudococcidae) on yield formation of cassava, *Manihot esculenta* Crantz. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.111, p. 155-165, 2009.

SCHULTHESS, F.; NEUENSCHWANDER, P.; GOUNOU, S. Multi-trophic interactions in cassava, *Manihot esculenta*, cropping systems in the subhumid tropics of West Africa. **Agriculture, Ecosystems e Environment**, Amsterdam, v. 66, n. 3, p. 211-222, 1997.

SEAB. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná**. Prognóstico agrícola. Disponível em <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em 17 julho 2013.

SEDIYAMA, T.; VIANA, A. E. S.; SEDYAMA, M. A. N. Mandioca. In: PAULA JUNIOR, T. J. de; VENZON, M. (eds.). **101 culturas**: Manual de tecnologias. Belo Horizonte: EPAMIG. 1 ed., 2007, p. 483-490.

SELHORST, A. V. O. **Trabalhador no cultivo de plantas industriais – mandioca**: implantação da lavoura. Curitiba: SENAR-PR, 2004. 74p.

SILVA, R. M.; FARALDO, M. I. F.; AKIHIKO, A.; VEASEY, E. A. Variabilidade genética em etnovarietades de mandioca. In: CEREDA, M. P. (Ed.). **Agricultura: tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 207-241.

SOUISSI, R.; LE RÜ, B. Comparative life table statistics of *Apoanagyrus lopezi* reared on the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* fed on four host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.85, n.2, p. 113-119, 1997a.

SOUISSI, R.; LE RÜ, B. Effect of host plants on fecundity and development of *Apoanagyrus lopezi*, an endoparasitoid of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 82, n.2, p. 235-238, 1997b.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. da S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. de, GOMES, J. de C. (Coord.) **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMPF, p. 11-13, 2000 (EMBRAPA-CNPMPF. Circular Técnica, 37).

SOUZA, L. de S. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

TAKAHASHI, M. Cultivo comercial na região centro sul do Brasil. In: CEREDA, M. P. (Org.) **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas**. 1 ed. São Paulo: Fundação Cargill, v. 2, 2002. p. 258-273.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. 1. ed. Paranavai: Editora Grafica Olimpica, 2001. 88 p.

TAKAHASHI, M.; GONÇALO, S. **A cultura da mandioca**. 2. ed. Paranavai: Olímpica, 2005. 116p.

TERTULIANO M.; C ALATAYUD P. A.; LE RÜ, B. Seasonal changes of secondary compounds in the phloem sap of cassava in relation to fertilisation and to infestation by the cassava mealybug. **Insect Science and Its Application**, Kenya, v. 19, n. 1, p. 91-98, 1999.

TERTULIANO, M. **Résistance du manioc à la cochenille farineuse *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae): rôle de quelques composés chimiques foliaires**. Paris, 1994. 98p. Tese (Doutorado) - L'UNIVERSITE DE RENNES.

TERTULIANO, M.; DOSSOU-GBETE, S.; LE RÜ, B. Antixenotic and antibiotic componentes of resistance to the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae), in various host-plants. **Insect Science and Its Application**, Kenya, v. 5, p. 657-665, 1993.

THALER, J. S.; STOUT, M. J.; KARBAN, R.; DUFFEY, S. S. Jasmonate-mediated induced plant resistance affects a community of herbivore. **Ecological Entomology**, London, v. 26, n. 1, p. 312-324, 2001.

THIPYAPONG, P.; HUNT, M. D. STEFFENS, J. C. Antisense downregulation of polyphenol oxidase results in enhanced disease susceptibility. **Planta**, Berlin, v. 220, n. 1, p. 105-117, 2004.

WINOTAI, A.; GOERGEN, G.; TAMÒ, M.; NEUENSCHWANDER, P. Cassava mealybug has reached Asia. **Biocontrol News Information** (Online), v. 31, n.1, p. 10-11, 2010.

CAPÍTULO 1 – RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* CRANTZ) A *Phenacoccus manihoti* (MATILE FERRERO) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

RESUMO

Phenacoccus manihoti é uma importante praga de mandioca na região Centro-Sul do Brasil, causando danos principalmente nos cultivos de segundo ciclo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência de genótipos de mandioca à cochonilha *P. manihoti*. O experimento foi realizado avaliando-se parâmetros biológicos da cochonilha sobre as plantas cultivadas em vasos. As quatro folhas apicais dos diferentes genótipos receberam cerca de 20 ovos de *P. manihoti* que, após a eclosão, foram eliminados mantendo-se apenas um indivíduo por folha. As ninfas foram mantidas nas folhas com auxílio de gaiolas e avaliadas quanto a seus parâmetros biológicos até sua mortalidade. Com os dados da biologia foi elaborada a tabela de vida e fertilidade. Avaliaram-se também os aspectos bioquímicos: atividade de peroxidase, polifenoloxidase, teores de aminoácidos, de açúcares redutores e de íons de cianeto (CN⁻) dos diferentes genótipos. *P. manihoti* apresentou diferenças em seus aspectos biológicos quando criados em diferentes genótipos de mandioca. Observou-se que a resistência dos genótipos não pôde ser definida em função do tempo de desenvolvimento ninfal e que esta caracterização esta envolvida, com a fecundidade, taxa líquida de reprodução (R₀) e taxa intrínseca de aumento (r_m) de *P. manihoti* sobre os genótipos avaliados. Com estes dados foi possível caracterizar os genótipos quanto a sua resistência ao inseto verificando-se que a multiplicação da praga foi favorecida pelos genótipos 525/2007, 553/2007, 1030/2007 e B36/2007, Baianinha, IAC 48/98 e IAC 14 consideradas altamente suscetíveis ao inseto. Assim como, que os genótipos IAC 90, IAC Capora, IAC 12, IAC 06-01, IAC 576-70, MEcu 72 e IAC 189-01 demonstraram comportamento de resistência a *P. manihoti*.

PALAVRAS-CHAVE: Defesa de plantas, biologia, tabela de vida e fertilidade.

CHAPTER 1 - RESISTANCE CASSAVA GENOTYPES (*Manihot esculenta* CRANTZ) THE *Phenacoccus manihoti* (MATILE FERRERO) (HEMIPTERA: PHENACOCIDAE)

ABSTRACT

Phenacoccus manihoti is an important pest of cassava in the region Center-South of Brazil, causing damage mainly cultivated during the second cycle. The objective of this research was to evaluate the resistance of cassava genotypes selected by farmers and genotypes obtained in breeding programs to mealybug *P. manihoti*. The experiment was conducted evaluating biological parameters of the scale on plants grown in pots. The four apical leaves of different genotypes received about 20 eggs of *P. manihoti* that, after hatching, were eliminated by keeping only one individual per sheet. The nymphs were kept in the leaves with the aid of cages and evaluated for their biological parameters until his death. With data from biology was drawn to the table of life and fertility. Also evaluated the biochemical aspects: the activity of peroxidase, polyphenoloxidase, amino acid levels, reducing sugar and cyanide ion (CN⁻) of different genotypes. *P. manihoti* showed differences in their biological aspects when raised in different cassava genotypes. It was observed that the resistance of genotypes could not be defined as a function of time of nymphal development and that this characterization is involved with fecundity, net reproductive rate (Ro) and intrinsic rate of increase (rm) of *P. manihoti* on genotypes. With these data it was possible to characterize the genotypes as their resistance to insect verifying that the multiplication of the pest was favored by genotypes 525/2007, 553/2007, 1030/2007 and B36/2007 and the genotypes Baianinha, IAC 48/98 IAC 14 and snag highly susceptible to the insect. Like, that IAC 90, IAC Capora, IAC 12, IAC 06-01, IAC 576-70, IAC 189-01 and ECU 72 genotypes of behavior demonstrated resistance to *P. manihoti*.

KEYWORDS: Defense plant, biology, life table and fertility.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior produção de mandioca do continente sul americano, com uma área plantada de 1,787 milhões de ha, para uma produção de 26 milhões de toneladas na safra 2011/2012, equivalente a 11% do total da produção mundial de mandioca, ocupando a 2º colocação no ranking mundial (IBGE, 2012; SEAB, 2012; GROXKO, 2012).

A cultura da mandioca está sujeita ao ataque de pragas em todas as fases do seu desenvolvimento, com reflexos no rendimento e qualidade das raízes. Dentre as diferentes espécies de pragas, *Phenacoccus manihoti* se tornou uma praga importante, devido intensa exposição da cultura à pressão populacional desse inseto e seu alto potencial de dano (SCHULTHESS *et al.*, 2009; PIETROWSKI, 2009; BELLOTTI *et al.*, 2012).

A cochonilha da parte aérea da mandioca (*P. manihoti*) também conhecida como pioho farinhento ou pulverulento está distribuída na América Latina, África e mais recentemente na Ásia (BELLOTTI *et al.*, 2012) e pela sua alta frequência tornou-se praga chave na cultura da mandioca em todas as regiões produtoras, causando a debilitação da planta, pela sucção da seiva, a deformações nas brotações em consequência da toxidez da saliva e o desenvolvimento de fumagina, pela eliminação de *honeydew* o que favorece o crescimento de fungos, colaborando assim, para menor atividade fotossintética e redução da qualidade das raízes (FARIAS, 1991, BENTO *et al.*, 2002; FARIAS, 2005; BELLOTTI *et al.*, 2012).

Além disso, na região Centro-Sul do Brasil, as condições edafoclimáticas favoráveis, a monocultura em extensas áreas plantadas e as aplicações inadequadas de inseticidas contribuíram para o aumento populacional desta espécie.

O controle de *P. manihoti* na mandioca tem sido realizado com o uso de inseticidas químicos, que além de serem agressivos ao meio ambiente, muitas vezes ineficientes, também não são registrados para a cultura (AGROFIT, 2013). Na busca por alternativas de controle, o uso de genótipos resistentes é uma estratégia para subsidiar o manejo da praga.

A mandioca apresenta elevada diversidade genética que tem sido à base dos programas de melhoramento genético visando melhor padrão culinário, adaptação

às diversas condições de cultivo e clima, bem como, com resistência as principais pragas e doenças (FARIAS *et al.*, 2006).

Estudos demonstram que fatores bioquímicos podem estar envolvidos na resistência da mandioca às cochonilhas e desempenham papel importante no atraso de desenvolvimento e crescimento destes indivíduos, além de afetar sua reprodução e metabolismo (CALATAYUD, 2000). Assim, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência de genótipos de mandioca à cochonilha *P. manihoti*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Criação dos insetos

A população inicial de cochonilhas foi obtida a partir de coletas realizadas em áreas infestadas do município de Paranavaí/PR e mantidas em criação massal no laboratório de Controle Biológico da Unioeste. A espécie foi confirmada pela Dra. Maria del Pilar Hernandez, do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira/Colômbia.

A criação foi mantida sob condições controladas em sala semi-climatizada (temperatura de 25 ± 3 °C, fotoperíodo de 14 h e $80\pm 2\%$ de umidade relativa do ar). Como hospedeiro, foram utilizadas plantas de mandioca variedade Espeto, considerada mansa (OTSUBO *et al.*, 2002) e suscetível a pragas de mandioca (RHEINHEIMER *et al.*, 2009), a qual não foi utilizada na comparação nos experimentos com genótipos, para se evitar o efeito de adaptação do hospedeiro.

As plantas da criação, assim como as utilizadas no experimento, foram cultivadas em vasos de 4 L contendo Latossolo vermelho Eutroférico e 10% de composto orgânico (restos vegetais e resíduos de animais), em casa de vegetação (Figura 1) e irrigadas diariamente (500 mL de água). As ramas para plantio foram provenientes da área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), localizado no distrito de Porto Mendes, município de Marechal Cândido Rondon/PR ($24^{\circ}29'13.24''$ S, $54^{\circ}18'31.68''$, altitude de 243m). As manivas foram plantadas na posição vertical e as plantas utilizadas para a criação apresentavam oito folhas completamente desenvolvidas. A cada 15 dias, novas plantas foram infestadas transferindo-se para estas ovissacos com auxílio de pincel, conforme metodologia descrita por Rheinheimer (2010).



Figura 1. Disposição das plantas de mandioca cultivadas em vasos para manutenção da criação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon - PR, 2012.

2.2 Genótipos testados

Os parâmetros biológicos da cochonilha *P. manihoti* foram avaliados sobre oito genótipos cultivados na região Centro-Sul do Brasil, sendo essas: Cascuda, Olho Junto, Fécula Branca, Baianinha, Corrente, IAC 14, IAC 90 e IAC Capora obtidas junto à estação experimental do IAPAR, em Marechal Cândido Rondon. Além destas, foram avaliados também os genótipos B36/2007, B125/2007, 525/2007, 553/2007, 737/2007, 586/2007, 859/2007, 913/2007 e 1030/2007 obtidos de cruzamentos, dentro do programa de melhoramento genético do IAPAR e os genótipos IAC 12, IAC 15, IAC 06/01, IAC 9/96, IAC 48/98, IAC 118/95, IAC 184/97, IAC 189/01 e IAC 576/70 obtidos no banco de germoplasma e do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Foi avaliado o genótipo Equador 72 (MEcu 72), considerado resistente a mosca-branca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae) (BELLOTTI *et al.*, 2002) e o genótipo Peru 334 ambos obtidos junto ao Banco de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

2.3 Parâmetros biológicos de *Phenacoccus manihoti* sobre os diferentes genótipos

Visando avaliar a presença de fatores de resistência nos genótipos, foram acompanhados os seguintes parâmetros biológicos da cochonilha *P. manihoti*: duração do período embrionário; duração dos 1^o, 2^o e 3^o ínstarés; período total do ciclo ninfal; períodos de pré-oviposição e de oviposição; fecundidade; longevidade; ciclo biológico e viabilidade dos ovos.

O experimento foi conduzido sob condições controladas em sala semi-climatizada (temperatura de 25 ± 3 °C e fotoperíodo de 14 h) segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado com 28 genótipos e 12 repetições, sendo cada folha contendo um inseto considerada uma repetição.

Para acompanhamento da biologia de *P. manihoti*, fêmeas foram separadas em bandejas (29 x 20,5 x 10 cm de comprimento x largura x altura), para oviposição e coleta dos ovos com idade conhecida. Estes foram transferidos, em média 20 ovos por folha, para as quatro folhas apicais das plantas de mandioca, devidamente identificadas. Após a eclosão dos ovos foram eliminadas as ninfas excedentes deixando apenas uma por folha, para acompanhamento do seu desenvolvimento.

Os indivíduos foram mantidos nas folhas com auxílio de gaiolas confeccionadas com tubo de mangueira transparente (1 cm de altura x 2,5 cm de diâmetro) envoltas por tela antiáfídica e presas as plantas com auxílio de presilhas (Figura 2).



Figura 2. Gaiola utilizada para acompanhar o desenvolvimento de *Phenacoccus manihoti* em folhas de plantas de mandioca. Marechal Cândido Rondon - PR, 2012.

Diariamente, e sempre no mesmo horário, as cochonilhas foram observadas até completarem seu ciclo de vida, anotando-se as ecdises e mortalidade. Quando

as fêmeas atingiram a fase adulta, permaneceram nas folhas, sendo a fecundidade obtida através da retirada e contagem diária dos ovos com o auxílio de microscópio estereoscópico, com aumento de 80 vezes. Os ovos foram mantidos em placas de Petri descartáveis (2 cm de altura x 5 cm de diâmetro) e incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas até a eclosão para se obter a duração do período embrionário e porcentagem de viabilidade dos ovos.

2.4 Tabela de vida e fertilidade

A partir dos dados de sobrevivência e oviposição de cada fêmea, foi elaborada a tabela de vida e fertilidade conforme descrito por Silveira Neto *et al.* (1976).

Para realizar a tabela de vida e fertilidade calculou-se o número de descendentes produzidos por fêmea (m_x) em cada data de oviposição (x), considerando o total de fêmeas de cada geração, o índice de sobrevivência acumulado de fêmeas (l_x) e o número de descendentes que atingiram a idade x na geração seguinte ($l_x.m_x$). Com base nestas informações foram estimados os seguintes parâmetros para cada genótipo:

- Taxa líquida de reprodução (R_0): estimativa do número médio de fêmeas gerado por fêmea ao longo do período de oviposição, que chegarão a geração seguinte. Este parâmetro indica quantas vezes a população cresceu no intervalo de uma geração.
- Intervalo entre gerações (T): tempo médio entre a oviposição de uma geração e a da geração seguinte (intervalo de ovo a ovo);
- Taxa intrínseca de crescimento (r_m): fator relacionado com a velocidade da população, quanto maior seu valor maior é o crescimento da população;
- Tempo médio para duplicar (TD): o tempo necessário para a população duplicar em número.

Os parâmetros da tabela de vida e fertilidade foram calculados pelas seguintes fórmulas (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976):

$$R_0 = \sum m_x.l_x$$

$$T = \frac{\sum mx.lx.x}{\sum mx.lx}$$

$$rm = \frac{LN(R0)}{T}$$

$$TD = \frac{LN(2)}{rm}$$

2.5 Índice de Adaptação (IA)

Para estimar a adaptação de *P. manihoti* sobre os diversos genótipos, foi utilizado o índice de adaptação (IA) ajustado por Boregas *et al.* (2013) para verificar a adaptação do inseto nos genótipos avaliados. O IA foi calculado utilizando a fórmula:

$$IA = (SBL * FDA) / (PDL)$$

Em que: IA= índice de adaptação, SBL= sobrevivência da fase ninfal, FDA=fecundidade dos adultos e PDL=período de desenvolvimento ninfal.

2.6 Índice de resistência

Para classificar as variáveis avaliadas quanto à resistência a *P. manihoti* adotou-se o índice de seleção desenvolvido por Mulamba e Mock (1978). Para isso foram selecionados parâmetros biológicos e da tabela de vida que apresentavam maior caracterização de resistência dos genótipos. Os parâmetros selecionados foram fecundidade, taxa líquida de reprodução (R_0) e taxa intrínseca de crescimento (r_m). Foram atribuídos notas a estas variáveis de forma crescente de acordo com as características desejáveis para o genótipo.

2.7 Avaliação dos aspectos bioquímicos da planta

2.7.1 Obtenção das amostras

Visando conhecer algumas respostas bioquímicas da interação da planta com *P. manihoti* foram avaliadas, nos diferentes genótipos de mandioca, a atividade de peroxidases e de polifenoloxidase, e quantificados os aminoácidos totais e açúcares redutores em folhas de plantas infestadas e não infestadas com a cochonilha.

Foram utilizadas plantas com 90 dias de idade, sendo o experimento instalado em esquema fatorial 19 x 2, onde o primeiro fator foi formado pelos genótipos e o segundo fator formado pela infestação ou não de cochonilhas nas plantas. Para cada genótipo foram utilizadas cinco plantas de mandioca, cada uma considerada uma repetição, totalizando cinco repetições/tratamento. O experimento foi conduzido sob condições controladas em sala semi-climatizada (temperatura de 25±3 °C e fotoperíodo de 14 h).

Para a infestação das plantas foram colocados discos foliares contendo cerca de 10 ninfas de 3^o ínstar em todas as folhas de cada planta, permitindo-se a migração e fixação nas folhas pelo período de 48 horas. Após este período foi realizada a contagem de ninfas presentes em cada planta mantendo o mesmo número de indivíduos por planta pelo período de 10 dias, sendo em seguida, as folhas colhidas, homogeneizadas e imediatamente armazenadas em freezer até o momento da determinação das variáveis analisadas.

A avaliação bioquímica não foi realizada sobre os genótipos obtidos no banco de germoplasma do IAC, em função da reduzida quantidade de manivas obtidas do material enviado pelo Instituto.

2.7.2 Obtenção da preparação enzimática

As amostras das folhas dos genótipos de mandioca foram homogeneizadas em 4 mL de tampão de fosfato de sódio 0,01 M (pH 6,0) (tampão de extração) e maceradas com auxílio de nitrogênio líquido em almofariz de porcelana previamente resfriado em freezer por cinco minutos. O homogeneizado foi centrifugado a 20000g durante 20 minutos. O sobrenadante obtido, considerado como a fração contendo as proteínas solúveis, foi armazenado a 4°C para posterior análise bioquímica, conforme metodologia descrita por Lusso e Pascholati (1999).

2.7.3 Atividade de peroxidase

A atividade de peroxidase (POX) foi determinada a 30°C, através do método espectrofotométrico direto (HAMMERSCHMIDT *et al.*, 1982). A mistura consistiu em 2,9 mL do substrato para enzima (306 µL de peróxido de hidrogênio p.a., 12,5 mL de guaiacol 2% alcoólico e 87,5 mL de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0)) e 0,1 mL da preparação enzimática. A cubeta de referência continha 3 mL do substrato para enzima. A reação foi seguida em espectrofotômetro a 470 nm, pelo período de 2 minutos, com as medidas de densidade óptica tomadas a cada 15 segundos, iniciando-se logo após a adição da preparação enzimática ao substrato. A atividade foi determinada pela variação ocorrida entre os valores extremos situados na faixa de incremento linear, e expressa em variação (Δ =delta) de unidade de absorvância (abs) $\text{min}^{-1} \text{mg tecido fresco}^{-1}$.

2.7.4 Atividade de polifenoloxidase

A atividade das polifenoloxidasas (PPO) foi determinada utilizando-se metodologia adaptada por Kuhn (2007). O ensaio consistiu em mensurar a oxidação do catecol convertido em quinona, reação esta mediada pela enzima polifenoloxidase. O substrato foi composto por catecol com 0,1101 g dissolvido em 50 mL de tampão fosfato de sódio 100 mM (pH 6,8), formando uma solução de catecol 0,02 M. A reação se desenvolveu misturando-se 900 µL de substrato e 100 µL da preparação enzimática. A temperatura da reação foi de 30°C e as leituras, em espectrofotômetro a 420 nm, foram realizadas de forma direta por um período de 2 minutos. O diferencial entre o aumento constante da leitura da absorvância (a cada 15 segundos) foi utilizado para determinação da atividade. A atividade foi expressa em Δ de abs. $\text{min}^{-1} \text{mg tecido fresco}^{-1}$.

2.7.5 Determinação de açúcares redutores

A determinação dos açúcares redutores foi realizada pelo método de Lever (1972). A reação envolveu 500 μL de extrato adicionando-se 1,5 mL de solução de hidrazida do ácido p-hidroxibenzóico 1% em NAOH (HAPH). A mistura foi mantida em água de ebulição sob banho-maria por 5 minutos e resfriada, determinando-se então a absorbância a 410 nm. As leituras de absorbância foram plotadas em curva padrão para glicose e o resultado expresso em mg de glicose g^{-1} de tecido fresco.

2.7.6 Determinação dos aminoácidos totais

A dosagem dos aminoácidos totais ocorreu em tubos de ensaio contendo 0,1 mL de extrato, 1,0 mL de uma solução tamponada a pH 5,0 contendo 0,2 mol.L^{-1} de citrato, 1,0 mL do reagente de ninhidrina (KCN 0,1 mmol.L^{-1} e ninhidrina 5% em methoxy etanol) e 4,0 mL de água destilada. Os tubos, hermeticamente fechados, foram acondicionados em banho-maria, a 90 °C, por 15 min. A reação foi interrompida mediante contato dos tubos de ensaio com água a 2 °C. As leituras foram feitas em espectrofotômetro, a 520 nm. O resultado expresso em mg de aminoácido g^{-1} de tecido fresco.

2.7.7 Determinação de íons de cianeto

Em função da falta de manivas de alguns dos genótipos testados o teor de cianeto foi determinado somente nestes: Cascuda, Olho Junto, Fécula Branca, Baianinha, IAC 14, IAC 90, B39/2007, 913/2007, MEcu 72 e Peru 334. Para a determinação foram utilizadas plantas com 60 dias de idade. O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado. Para cada tratamento, foram utilizadas cinco plantas de mandioca, cada uma considerada uma repetição, totalizando cinco repetições/tratamento.

As amostras das folhas de mandioca foram homogeneizadas e maceradas em almofariz de porcelana previamente resfriado em freezer por cinco minutos, utilizando-se nitrogênio líquido. Posteriormente, a amostra recebeu 12 mL de água

deionizada e posterior agitação. Os homogeneizados foram centrifugados em tubos fechados a 10000 g durante 15 min, o sobrenadante utilizado como extrato. Os teores de íons cianetos livres foram então estimados pelo teste colorimétrico Microquant (Merck) segundo metodologia descrita por Essers *et al.* (1993).

2.8 Análise estatística

Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk's ($p < 0,05$) para testar a normalidade do conjunto de dados, utilizando-se o software Action (2011). Quando necessário, os dados foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$ e submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Scott-Knott ($P \leq 0,05$), utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Versão 5.0) (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros biológicos de *Phenacoccus manihoti* sobre s diferentes genótipos .

Os parâmetros biológicos de *P. manihoti* nos diferentes genótipos são apresentados nas tabelas 1 e 2, onde se pode dividir os genótipos em grupos.

A duração média do período embrionário foi afetada pelos diferentes genótipos de mandioca, variando de 6,83 dias, para Fécula Branca à 10,42 dias para IAC 189-01. Para o genótipo Olho Junto, conhecidamente suscetível a campo, a duração foi de 7,41 dias. Este parâmetro foi maior nos insetos alimentados no grupo dos genótipos IAC 12, IAC 06-01, IAC 90, IAC Capora, MEcu 72, IAC 576-70, Peru 334, IAC 189-01, Corrente, IAC 118-95, IAC 184-97, Baianinha, IAC 14, 913/2007, 586/2007 e B36/2007, quando comparadas aos demais genótipos que formaram um grupo (Tabela 1).

Além de existirem poucos estudos sobre resistência de genótipos de mandioca a *P. manihoti*, os trabalhos realizados não avaliaram o efeito dessas na duração do período embrionário do inseto. Porém, estudos avaliando o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento de *P. manihoti* na variedade Bonoua (utilizada na África e considerada “mansa”), constataram média de 7,25 dias para o período embrionário de *P. manihoti* em temperatura de 25°C (MINKO, 2009) e de 7,8 dias na variedade Mpembé (suscetível ao inseto) (LE RÜ e FABRES, 1987). Resultados inferiores aos obtidos na presente pesquisa nas mesmas condições de temperatura (25°C).

No presente estudo, 16 genótipos se destacaram por provocarem um alongamento do período embrionário quando comparados ao padrão de suscetibilidade do genótipo Olho Junto, o que pode indicar resistência. Por outro lado, os demais genótipos provocaram uma duração do referido período semelhante ao obtido no genótipo Olho Junto, indicando suscetibilidade. Dessa forma a exposição dos insetos a possíveis fatores de resistência presentes nas folhas dos genótipos estudados interferiu sobre o desenvolvimento embrionário de sua progênie. Essa hipótese explicaria o efeito dos genótipos: IAC 12, IAC 06-01, IAC 90, IAC Capora, MEcu 72, IAC 576-70, Peru 334, IAC 189-01, 913/2007, Corrente,

IAC 118-95, IAC 184-97, 586/2007, B36/2007, Baianinha e IAC 14 na duração do período embrionário do inseto.

Os genótipos tiveram ação na duração do desenvolvimento dos ínstar de *P. manihoti*. No primeiro ínstar a maior duração foi observada para ninfas criadas nos genótipos IAC 90 e 859/2007 (9,00 e 8,25 dias, respectivamente). Já o segundo ínstar teve duração variando de 5,08 a 7,41 dias sendo maior nos genótipos Fécula Branca, IAC 90, Cascuda e IAC 184-97 (7,41; 7,25; 6,92 e 6,67 dias, respectivamente) formando um grupo diferindo dos demais grupos de genótipos. A duração do terceiro ínstar foi maior no grupo do genótipo B125/2007 (13,50 dias). Este mesmo genótipo pertence a um grupo heterogêneo aos demais apresentando o maior valor quando se considera a duração total da fase de ninfa, levando em média 26,75 dias para completar a fase ninfal (Tabela 1). Para os insetos criados sobre o genótipo Olho Junto, considerado dentre as genótipos cultivados na região Centro-Sul do Brasil, o mais suscetível à cochonilha, a duração foi de 23,08 dias. A menor duração no desenvolvimento da fase de ninfa foi observada para aquelas criadas sobre o genótipo IAC-12, com 15,42 dias.

Tabela 1. Duração (dias) (média ± EP) do período embrionário, dos ínstar (1^o, 2^o e 3^o ínstar) e fase de ninfa de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Período embrionário	1 ^o ínstar	2 ^o ínstar	3 ^o ínstar	Fase de ninfa
Cascuda	7,25 ± 0,52 b ^{1,2}	6,75 ± 0,36 c	6,92 ± 0,34 a	8,25 ± 0,14 c	21,92 ± 0,55 c
Olho Junto	7,41 ± 0,45 b	7,58 ± 0,33 b	6,25 ± 0,28 b	9,25 ± 0,30 c	23,08 ± 0,65 b
Fécula Branca	6,83 ± 0,22 b	6,25 ± 0,72 d	7,41 ± 0,16 a	7,75 ± 0,49 d	21,42 ± 0,68 c
Baianinha	8,75 ± 0,71 a	6,83 ± 0,29 c	6,08 ± 0,21 b	6,92 ± 0,23 d	19,83 ± 0,43 d
Corrente	9,17 ± 0,44 a	6,42 ± 0,36 d	5,92 ± 0,33 c	6,33 ± 0,34 e	18,67 ± 0,56 d
IAC 14	9,75 ± 0,28 a	6,50 ± 0,28 d	5,83 ± 0,23 c	7,08 ± 0,18 d	19,42 ± 0,39 d
IAC 90	8,92 ± 0,49 a	9,00 ± 0,23 a	7,25 ± 0,47 a	5,41 ± 0,25 f	21,67 ± 0,62 c
IAC Capora	9,00 ± 0,64 a	7,00 ± 0,47 c	6,17 ± 0,38 b	7,67 ± 0,28 d	20,83 ± 0,85 c
B 36 / 2007	9,17 ± 0,57 a	6,50 ± 0,34 d	6,25 ± 0,86 b	6,50 ± 0,38 e	19,25 ± 1,01 d
B125 / 2007	8,58 ± 0,65 b	6,67 ± 0,23 c	6,58 ± 0,58 b	13,50 ± 1,21 a	26,75 ± 1,31 a
525 / 2007	8,25 ± 0,52 b	6,00 ± 0,29 d	5,83 ± 0,26 c	6,33 ± 0,44 e	18,17 ± 0,52 d
553 / 2007	8,00 ± 0,39 b	6,17 ± 0,20 d	6,08 ± 0,29 b	8,83 ± 0,43 c	21,08 ± 0,58 c
737 / 2007	7,92 ± 0,43 b	6,17 ± 0,26 d	5,42 ± 0,39 c	9,41 ± 0,47 c	21,00 ± 0,41 c
586 / 2007	8,75 ± 0,64 a	7,00 ± 0,21 c	5,17 ± 0,36 c	6,42 ± 0,45 e	18,58 ± 0,52 d
859 / 2007	7,83 ± 0,23 b	8,25 ± 0,28 a	5,83 ± 0,25 c	9,25 ± 0,28 c	23,33 ± 0,51 b
913 / 2007	8,92 ± 0,34 a	6,17 ± 0,38 d	5,58 ± 0,36 c	6,58 ± 0,56 e	18,33 ± 0,73 d
1030 / 2007	8,50 ± 0,45 b	4,83 ± 0,41 e	5,08 ± 0,25 c	11,17 ± 0,31 b	21,08 ± 0,51 c
IAC 12	9,58 ± 0,51 a	5,33 ± 0,23 e	5,42 ± 0,25 c	4,67 ± 0,16 f	15,42 ± 0,27 f
IAC 15	8,42 ± 0,43 b	6,08 ± 0,23 c	6,25 ± 0,19 b	6,67 ± 0,24 e	19,00 ± 0,35 d
IAC 06-01	9,42 ± 0,53 a	6,50 ± 0,29 d	6,25 ± 0,15 b	5,67 ± 0,16 f	18,25 ± 0,24 c
IAC 9-96	8,17 ± 0,47 b	5,92 ± 0,17 d	6,17 ± 0,35 b	6,17 ± 0,35 e	18,25 ± 0,61 d
IAC 48-98	8,42 ± 0,45 b	5,83 ± 0,24 d	5,58 ± 0,28 c	5,92 ± 0,23 f	17,33 ± 0,47 e
IAC 118-95	9,75 ± 0,59 a	7,67 ± 0,26 b	6,17 ± 0,35 b	9,50 ± 0,31 c	23,33 ± 0,54 b
IAC 184-97	10,33 ± 0,66 a	5,92 ± 0,23 d	6,67 ± 0,24 a	5,92 ± 0,21 f	18,50 ± 0,80 d
IAC 189-01	10,42 ± 0,21 a	6,17 ± 0,18 d	6,42 ± 0,45 b	9,58 ± 0,21 c	22,17 ± 0,58 c
IAC 576-70	8,75 ± 0,47 a	5,00 ± 0,16 e	5,83 ± 0,18 c	5,17 ± 0,18 f	16,00 ± 0,37 f
MEcu 72	9,25 ± 0,63 a	5,25 ± 0,33 e	5,83 ± 0,32 c	7,16 ± 0,26 d	18,25 ± 0,47 d
Peru 334	9,25 ± 0,72 a	6,83 ± 0,51 c	4,83 ± 0,26 c	5,50 ± 0,28 f	17,17 ± 0,51 e
CV (%)	9,05	7,28	8,74	7,71	4,76

¹Dados originais apresentados. Para análise foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$;

²Médias ± EP seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

São escassos os trabalhos na literatura que avaliam a resistência de genótipos de mandioca a *P. manihoti* e os trabalhos realizados não indicam efetivamente o efeito dessas em cada estágio de desenvolvimento do inseto. Neste sentido, os resultados obtidos nesta pesquisa foram comparados a trabalhos que avaliaram a ação da temperatura nos estágios de desenvolvimento do inseto.

Os valores obtidos neste trabalho para a duração do 1^o, 2^o, 3^o ínstar e total da fase de ninfa, considerando as variações entre os genótipos, estão próximas as reportados por Minko (2009), para *P. manihoti*, sendo de 7,25; 6,5; 4,9; 5,5 e 16,9 dias para os mesmos períodos respectivamente. Se comparado estes valores ao genótipo Olho Junto, mais atacado pela cochonilha a campo, todos os valores são inferiores aos obtidos neste trabalho. Esperava-se que esse genótipo fosse nutricionalmente adequado ao desenvolvimento da cochonilha e conseqüentemente reduzisse seu ciclo, fato este não observado, pelo contrário, a duração da fase de ninfa foi a terceira mais longa dentre os genótipos estudados. Portanto, pode-se inferir que a suscetibilidade ou não do genótipo não esteja ligado ao fator encurtamento do ciclo de desenvolvimento.

Para cochonilhas desta espécie criadas sobre a variedade Mpembé (suscetível), Le Rü e Fabres (1987) observaram uma duração de 20,1 dias para o período ninfal, quando utilizaram temperatura constante de 25°C. Para a temperatura de 20°C, o período se estendeu para 40,3 dias e quando submeteram a cochonilha a temperatura de 30°C, obtiveram período ninfal de 14,2 dias. Esses resultados ressaltam a influência da temperatura e do hospedeiro no desenvolvimento da cochonilha.

Tertuliano (1994) verificou que hospedeiros resistentes alongaram o ciclo ninfal de *P. manihoti*. Esta resposta pode caracterizar resistência do tipo antibiose (LARA, 1991; VENDRAMIN e GUZZO, 2009), mas no presente trabalho este evento não ficou demonstrado. Porém, é importante destacar que o genótipo IAC 90 foi o único genótipo que provocou um significativo aumento na duração dos estágios de 1^o e 2^o ínstar em comparação ao padrão de suscetibilidade. Isso indica que este genótipo possivelmente tenha fatores de resistência que atuam na biologia do inseto promovendo um alongamento no tempo de desenvolvimento destes estágios da fase imatura. Esses possíveis efeitos podem ser reforçados pela ação negativa do genótipo IAC 90 na duração do período embrionário.

A duração do período de pré-oviposição também foi afetado pelos genótipos testados. A duração deste período foi maior no genótipo Fécula branca (13,25 dias) e menor para IAC 48-98 e Baianinha (4,92 e 5,33 dias, respectivamente) (Tabela 2). O período de pré-oviposição de *P. manihoti* é influenciado pela ação dos hospedeiros (TERTULIANO *et al.*, 1993). Segundo estes autores este período é alongado em genótipos resistentes com ação de antibiose ao inseto, porém estes autores consideraram o período de ovo a período reprodutivo do inseto. A resistência parece não estar ligada ao período de pré-oviposição nos genótipos testados no presente estudo.

Da mesma forma que para os estádios de desenvolvimento de *P. manihoti* à falta de estudos que avaliem o efeito de genótipos de mandioca sobre o período de pré-oviposição de *P. manihoti*, os resultados da presente pesquisa também estão sendo comparados com estudos que avaliaram o efeito da temperatura sobre este parâmetro. No que se refere a este período nesta pesquisa, os valores estão próximos aos encontrados na literatura. Le Rü e Fabres (1987), para a mesma espécie, observaram uma variação no período de pré-oviposição de 15,8; 7,3 e 4,7 dias nas temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C, respectivamente. A amplitude de variação (4,92 a 13,25 dias) obtida nos genótipos estudados foi maior neste trabalho.

Já o período de oviposição formou sete grupos e os valores variaram de 7,92 a 25,42 dias entre os genótipos avaliados, sendo que para Olho Junto esse período foi de 23,17 dias. A maior duração foi observada no genótipo IAC 14, que formou um grupo diferente dos demais. Em seguida têm-se os genótipos Olho Junto e Fécula Branca (22,17 dias), formando um grupo e diferindo dos demais. O menor período de oviposição foi observado para cochonilhas criadas sobre 859/2007 (Tabela 2).

A duração do período de oviposição não parece estar envolvida na resistência de hospedeiros a *P. manihoti* (TERTULIANO *et al.*, 1993). Segundo estes autores a duração deste período não difere significativamente entre genótipos suscetíveis e resistentes, apresentando valores de 16,0 a 23,6 dias para *P. manihoti* sobre diferentes genótipos de mandioca. Nesta pesquisa houve grande variação na duração deste período sobre os genótipos avaliados, porém, este parâmetro parece não estar ligado a fatores de resistência das plantas.

Tabela 2. Duração (dias) (média \pm EP), dos períodos de pré-oviposição e de oviposição, longevidade, ciclo biológico, fecundidade (número de ovos por fêmea) e viabilidade (%) de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Períodos		Longevidade	Ciclo Biológico	Fecundidade	Viabilidade ovos
	Pré-oviposição	Oviposição				
Cascuda	8,42 \pm 0,34 d ^{1,2}	18,00 \pm 0,85 c	26,42 \pm 0,92 d	55,58 \pm 1,03 d	200,33 \pm 4,70 e	93,90 \pm 0,32 f
Olho Junto	8,92 \pm 0,47 d	23,17 \pm 0,52 b	32,08 \pm 0,56 b	62,58 \pm 0,69 b	183,67 \pm 2,00 d	93,80 \pm 0,52 f
Fécua Branca	13,25 \pm 0,57 a	22,17 \pm 1,11 b	37,42 \pm 1,06 a	65,67 \pm 0,98 a	224,92 \pm 5,11 f	91,03 \pm 0,38 d
Baianinha	5,33 \pm 0,49 f	18,50 \pm 0,59 c	23,83 \pm 0,71 e	52,42 \pm 1,04 e	265,17 \pm 6,52 g	94,64 \pm 0,30 f
Corrente	15,25 \pm 0,73 b	10,25 \pm 0,39 f	23,50 \pm 0,95 e	51,33 \pm 1,02 e	144,08 \pm 6,61 c	90,17 \pm 0,60 d
IAC 14	6,33 \pm 0,24 e	25,42 \pm 1,12 a	31,75 \pm 1,21 b	60,92 \pm 1,43 c	302,50 \pm 4,01 h	90,62 \pm 0,56 d
IAC 90	9,83 \pm 0,63 e	16,00 \pm 0,34 d	25,83 \pm 0,21 d	56,42 \pm 0,77 d	111,08 \pm 3,87 b	90,49 \pm 0,59 d
IAC Capora	7,92 \pm 0,33 d	17,58 \pm 0,68 c	25,50 \pm 0,77 d	55,33 \pm 1,60 d	114,17 \pm 4,75 b	88,59 \pm 0,53 c
B 36 / 2007	8,08 \pm 0,28 d	15,50 \pm 0,68 d	23,58 \pm 0,70 e	52,00 \pm 1,46 e	222,17 \pm 7,34 f	94,74 \pm 0,37 f
B125 / 2007	8,08 \pm 0,38 d	10,83 \pm 0,71 f	18,92 \pm 0,84 g	54,25 \pm 1,41 d	189,83 \pm 10,67 e	92,96 \pm 0,48 e
525 / 2007	9,83 \pm 0,47 c	16,25 \pm 0,60 d	26,08 \pm 0,86 d	52,50 \pm 1,06 e	438,17 \pm 4,99 i	83,92 \pm 0,71 a
553 / 2007	8,67 \pm 0,36 d	15,58 \pm 0,30 d	24,25 \pm 0,47 e	53,33 \pm 0,82 e	283,50 \pm 4,25 h	89,29 \pm 0,65 c
737 / 2007	8,67 \pm 0,43 d	18,42 \pm 0,40 c	27,08 \pm 0,66 d	56,00 \pm 1,18 d	180,67 \pm 3,95 d	91,76 \pm 0,75 d
586 / 2007	8,33 \pm 0,36 d	16,33 \pm 0,54 d	24,67 \pm 0,58 e	52,00 \pm 0,88 e	227,08 \pm 6,26 f	90,99 \pm 0,36 d
859 / 2007	9,83 \pm 0,38 c	7,92 \pm 0,31 g	17,75 \pm 0,47 g	48,92 \pm 0,80 f	200,75 \pm 3,50 e	94,00 \pm 0,47 f
913 / 2007	8,58 \pm 0,38 d	13,50 \pm 0,43 e	22,03 \pm 0,64 c	49,33 \pm 1,12 f	175,50 \pm 12,24 d	92,64 \pm 0,55 e
1030 / 2007	10,25 \pm 0,34 c	18,00 \pm 0,20 c	28,25 \pm 0,41 d	57,83 \pm 0,88 c	307,58 \pm 4,80 h	92,79 \pm 0,25 e
IAC 12	6,83 \pm 0,20 e	15,50 \pm 0,43 d	22,33 \pm 0,42 f	47,33 \pm 0,71 f	86,92 \pm 3,05 a	86,67 \pm 0,91 b
IAC 15	11,08 \pm 0,34 c	22,42 \pm 0,65 b	33,50 \pm 0,60 b	60,92 \pm 0,88 c	210,33 \pm 3,56 e	90,92 \pm 0,46 d
IAC 06-01	7,83 \pm 0,20 d	17,17 \pm 0,64 d	25,00 \pm 0,62 e	52,67 \pm 1,05 e	105,05 \pm 5,60 b	89,05 \pm 0,61 c
IAC 9-96	9,17 \pm 0,32 d	16,92 \pm 0,55 d	26,08 \pm 0,68 d	52,50 \pm 1,18 e	214,75 \pm 12,18 f	88,74 \pm 1,32 c
IAC 48-98	4,92 \pm 0,36 f	17,67 \pm 0,50 c	22,58 \pm 0,54 f	48,33 \pm 0,95 f	258,25 \pm 2,36 g	92,01 \pm 0,40 d
IAC 118-95	8,92 \pm 0,25 d	17,92 \pm 0,23 c	26,83 \pm 0,19 d	60,08 \pm 0,94 c	203,42 \pm 4,04 e	91,85 \pm 0,47 d
IAC 184-97	10,33 \pm 0,24 c	17,75 \pm 0,29 d	27,08 \pm 0,49 d	55,92 \pm 0,80 d	227,33 \pm 2,51 f	94,24 \pm 0,26 f
IAC 189-01	9,42 \pm 0,36 c	18,42 \pm 0,28 c	27,83 \pm 0,20 d	60,42 \pm 0,66 c	174,83 \pm 2,12 d	92,43 \pm 0,37 e
IAC 576-70	10,25 \pm 0,25 c	19,92 \pm 0,54 c	30,16 \pm 0,47 c	54,92 \pm 0,85 d	135,00 \pm 14,27 c	88,99 \pm 0,89 c
MEcu 72	8,50 \pm 0,34 d	18,17 \pm 0,51 c	26,67 \pm 0,63 d	54,17 \pm 0,80 d	127,58 \pm 5,03 c	90,65 \pm 0,95 d
Peru 334	6,83 \pm 0,32 e	14,08 \pm 0,54 e	20,92 \pm 0,55 c	47,33 \pm 1,11 f	140,42 \pm 7,18 c	84,82 \pm 0,74 a
CV (%)	6,73	5,21	4,24	3,08	5,79	1,11

¹Dados originais apresentados. Para análise foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$;

²Médias \pm EP seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Analisando a longevidade de *P. manihoti* obtida neste trabalho, nota-se que esta foi maior quando criadas em Fécula Branca (37,42 dias) e menor em 859/2007 e B125/2007 (17,75 e 18,92 dias, respectivamente), sendo superiormente ou inferiormente que as demais grupos de genótipos (Tabela 2). A influência dos hospedeiros sobre a longevidade dos adultos de *P. manihoti* também foi observada por Tertuliano (1994). Os autores verificaram que em hospedeiros resistentes, o inseto apresentava menor período de longevidade quando comparado a hospedeiros suscetíveis. Porém, o mesmo não ocorreu no presente trabalho.

A duração do ciclo biológico também foi afetada pelos genótipos em que os indivíduos foram criados (Tabela 2). A maior duração média obtida foi de 65,67 dias obtida sobre Fécula Branca, formando um grupo com valor superior aos demais. As menores médias de duração deste período foram observadas no grupo formado pelos genótipos IAC 12, Peru 334, IAC 48-98, 859/2007 e 913/2007 (47,33; 47,33; 48,33; 48,92 e 49,33, respectivamente) (Tabela 2). Genótipos com suscetibilidade a insetos geralmente promovem o encurtamento do ciclo biológico dos mesmos (LARA, 1991; VENDRAMIN e GUZZO, 2009), porém, para os genótipos testados no presente trabalho isso parece não ser verdadeiro já que o genótipo Olho Junto considerado suscetível a *P. manihoti* apresentou a 2^o maior duração deste período.

A fecundidade das fêmeas criadas nos diferentes genótipos foi o fator que apresentou elevadas variações. A maior fecundidade foi observada no grupo formado pelo genótipo 525/2007 com 438,17 ovos, diferente dos demais grupos, seguido pelo grupo formado pelos genótipos 1030/2007, IAC 14 e 553/2007 (307,58; 302,50 e 283,50 ovos, respectivamente). Já as menores fecundidades foram obtidas nas fêmeas criadas no grupo formado pelo genótipo IAC 12 com apenas 86,92 ovos, seguido pelo grupo formado pelos genótipos IAC 06-01, IAC 90 e IAC Capora (105,50; 111,08 e 114,17 ovos, respectivamente), salientando a baixa fecundidade das cochonilhas criadas sobre os genótipos oriundos do programa de melhoramento do IAC. Le Rü e Fabres (1987) obtiveram fecundidade de fêmeas de *P. manihoti* variando de 282 a 487 ovos em função da temperatura e umidade a qual eram expostas, dentro dos valores obtidos neste trabalho.

Os insetos criados sobre Olho junto, genótipo utilizado como padrão suscetível nesta pesquisa, foram 111% mais fecundos que o genótipo IAC 12 e diminuíram sua fecundidade em 58% quando comparados a 525/2007. Se compararmos estes valores aos maiores e menores valores de fecundidade dos

genótipos plantados na região Centro-Sul percebe-se que a variação não é tão grande, sendo que o genótipo Olho Junto reduziu em 39% a fecundidade de *P. manihoti* quando comparado ao genótipo IAC 14 (302 ovos por fêmea) e incrementou a fecundidade em 65% quando comparada ao genótipo IAC 90 (111, 08 ovos por fêmea).

A fecundidade foi o fator que indicou mais consistentemente a suscetibilidade e resistência dos genótipos avaliados. Esses valores indicam suscetibilidade de boa parte dos genótipos avaliados, em especial os genótipos 525/2007, 1030/2007, IAC 14 e 553/2007. Por outro lado, os resultados indicam ainda que quando os insetos se desenvolveram nos genótipos IAC 12, IAC 06-01, IAC 90 e IAC Capora seu desenvolvimento foi afetado de tal maneira que os adultos provenientes destes não tiveram condição de expressar sua fecundidade máxima. É importante ressaltar que o genótipo IAC 12 não afetou negativamente os parâmetros biológicos do inseto, com exceção da duração do período embrionário.

Alguns dos principais fatores relacionados com a antibiose de plantas a insetos são toxinas, inibidores de crescimento, desequilíbrio nutricional e fatores estruturais (LARA, 1991). Como o genótipo IAC 12 não causou mortalidade e nem afetou o tempo de desenvolvimento da fase ninfal de *P. manihoti*, é possível que este genótipo apresente desequilíbrio nutricional ou fagodeterrência capaz de afetar negativamente a fecundidade de fêmeas provenientes das fases imaturas alimentadas neste. Assim, não é possível classificar a resistência deste genótipo em antibiose ou não-preferência (antixenose) visto que o consumo alimentar não foi avaliado para se excluir o efeito de não-preferência.

A viabilidade dos ovos foi superior a 80% para todas os genótipos testados, sendo menor no grupo formado pelos genótipos 525/2007 e Peru 334 com 83,92 e 84,82% dos ovos viáveis, respectivamente (Tabela 2).

3.2 Tabela de vida e fertilidade

Os dados da tabela de vida e fertilidade elaborada para *P. manihoti* indicou que houve variações entre os genótipos no tocante a dinâmica de aumento populacional. As taxas líquidas de reprodução (R_0) observadas variaram de 97,70 vezes, para a genótipo IAC 12 a 480,92 vezes para 525/2007 a cada geração

(Tabela 3). Este resultado indica o quanto o genótipo pode contribuir ou reduzir o crescimento populacional desta praga no campo. Considerando a média entre os genótipos para esta variável, de 217,70 vezes verifica-se que o genótipo 525/2007 tem capacidade de aumentar em 121% a mais por geração que a média geral e que o genótipo IAC 12 tem capacidade de reduzir a população em 55%.

A mesma tendência observada na avaliação dos genótipos sobre a fecundidade dos adultos também foi constatada nos valores de R_0 , sendo que nesse último parâmetro foi possível uma maior diferenciação entre os grupos de genótipos. Tertuliano *et al.* (1993) observaram que hospedeiros resistentes a *P. manihoti* apresentavam baixo valor de R_0 quando comparado a hospedeiros suscetíveis. Este autor verificou que o valores semelhantes de R_0 para cochonilha criada sobre *Euphorbia pulcherrima* Willd e sobre o genótipo Faux-caoutchouc de mandioca variou de 129,8 a 401,0, respectivamente.

O valor da R_0 para as cochonilhas criadas sobre o genótipo Olho Junto foi de 204,11 vezes, 109% superior ao menor valor e 42% inferior ao maior valor. Além disso, comparando os valores de R_0 do genótipo Olho Junto com os maiores e menores valores obtidos nos genótipos plantados na região Centro-Sul verifica-se que este genótipo foi 68% superior ao genótipo IAC 90 (121,25 vezes) e 34% inferior ao genótipo IAC 14 (307,92 vezes). Comparativamente, os dados de Le Rü e Fabres (1987), também trabalhando com genótipo suscetível de mandioca, nas mesmas condições de temperatura, obtiveram uma taxa líquida de reprodução de 412 vezes por geração, 49,5 vezes superior a obtida para o genótipo conhecidamente suscetível utilizado neste trabalho (Olho Junto). Tais resultados não corroboram com a explosão populacional que se tem observado a campo desta praga nesse genótipo.

O baixo valor de R_0 observado no presente trabalho para o genótipo IAC 12 pode ser atribuído principalmente ao baixo número de ovos depositados pelas fêmeas de *P. manihoti* neste genótipo (86,67 ovos) conforme observado na Tabela 2. Assim como, o elevado valor de R_0 em 525/2007 pode ser atribuído a superior fecundidade (438,17 ovos) das fêmeas criadas sobre este hospedeiro (Tabela 2). Demonstrando assim que o genótipo IAC 12 desfavoreceu a fecundidade das fêmeas de *P. manihoti* e conseqüentemente a sua taxa líquida de reprodução.

O tempo médio de uma geração (T) de *P. manihoti* variou em razão do genótipo utilizado (Tabela 3). A menor duração de uma geração foi verificada no

genótipo Peru 334 (38 dias) e a maior para o genótipo Fécula Branca (53,6 dias), com uma diferença de 16,6 dias, que no computo de um ano gera uma diferença de 2,8 gerações a mais no genótipo Peru 334 (9,6 gerações) em comparação a Fécula Branca (6,8 gerações), considerando que a mesma tenha condições de se reproduzir o ano todo. Esses valores são diferentes dos observados por Tertuliano (1994) em diferentes hospedeiros (29,2 a 41,1 dias) e por Le Rü e Fabres (1987) com genótipo de mandioca suscetível submetido a diferentes temperaturas e umidade relativa (27,9 a 68,1 dias). O genótipo Olho Junto apresentou o terceiro maior tempo (48,6 dias) com 7,5 gerações no ano.

A taxa intrínseca de crescimento populacional indicou que houve aumento populacional em todos os genótipos testados, sendo esse menor para Fécula Branca (0,102) tendo em vista o seu tempo de geração ser mais longo (53,6 dias). Já a maior taxa de intrínseca de crescimento populacional foi observada em 525/2007 (0,146) que obteve a maior taxa líquida de reprodução (480,92) (Tabela 3). Considerando a média geral de 0,120 verifica-se que o genótipo 525/2007 foi 21% maior que média geral e que o genótipo Fécula Branca foi 15% menor quando comparado a média geral. No genótipo Olho Junto a taxa de aumento foi de 0,109, com o quarto menor aumento. Comparando os genótipos plantados na região Centro-Sul ao genótipo Olho Junto, percebe-se que a taxa intrínseca de aumento foi 15% menor em Olho Junto quando comparado ao IAC 14 (0,129) e 4% maior quando comparado ao IAC 90 (0,105). O maior valor de taxa intrínseca de crescimento populacional foi semelhante aos obtidos por Le Rü e Fabres (1987), para *P. manihoti* criada sobre genótipo de mandioca suscetível nas mesmas condições de temperatura do presente experimento (0,147).

A taxa intrínseca de aumento populacional de *P. manihoti* é influenciada pela ação dos hospedeiros do qual o inseto se alimenta (TERTULIANO *et al.*, 1993). Segundo estes autores este parâmetro é menor em hospedeiros resistentes com ação de antibiose ao inseto, observando variação de 0,133 a 0,160 neste parâmetro sobre genótipos com diferentes níveis de resistência do tipo antibiose a *P. manihoti*.

O tempo necessário para a população se duplicar (TD) foi maior Fécula Branca (6,78) e menor no genótipo 525/2007 (4,76), ou seja, considerando estes valores no espaço de um ano há potencial para que na Fécula Branca a população se duplique 53,83 vezes, enquanto que em 525/2007 duplique 76,68 vezes, 22,84

vezes a mais que no primeiro genótipo e 13,31 vezes a mais quando comparado a média geral (63,37 vezes).

Tabela 3. Tabela de vida e fertilidade de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Taxa líquida de reprodução (R_0)	Tempo médio (dias) de uma geração (T)	Taxa intrínseca de aumento (r_m)	Tempo necessário (dias) para a população se duplicar (TD)
Cascuda	213,87	44,5	0,120	5,75
Olho Junto	204,11	48,6	0,109	6,33
Fécua Branca	240,03	53,6	0,102	6,78
Baianinha	296,07	42,5	0,134	5,18
Corrente	197,40	43,9	0,120	5,76
IAC 14	307,92	44,5	0,129	5,39
IAC 90	121,25	45,7	0,105	6,60
IAC Capora	131,55	46,8	0,104	6,65
B 36 / 2007	292,86	40,3	0,141	4,91
B125 / 2007	256,73	44,6	0,124	5,57
525 / 2007	480,92	42,4	0,146	4,76
553 / 2007	325,19	43,8	0,132	5,25
737 / 2007	200,08	46,2	0,115	6,05
586 / 2007	249,30	42,3	0,130	5,32
859 / 2007	253,34	43,8	0,126	5,49
913 / 2007	194,09	40,1	0,131	5,27
1030 / 2007	330,22	46,7	0,124	5,58
IAC 12	97,70	39,4	0,116	5,96
IAC 15	217,42	47,4	0,113	6,11
IAC 06-01	112,70	40,9	0,115	6,00
IAC 9-96	230,48	43,0	0,126	5,48
IAC 48-98	273,53	38,9	0,144	4,80
IAC 118-95	217,97	49,2	0,109	6,33
IAC 184-97	232,25	45,3	0,120	5,76
IAC 189-01	179,47	46,8	0,111	6,25
IAC 576-70	142,35	43,9	0,112	6,13
MEcu 72	138,10	41,3	0,119	5,80
Peru 334	155,85	38,0	0,133	5,21
Média	217,70	43,9	0,120	5,76

Quando se observa a taxa de oviposição de *P. manihoti* ao longo dos dias de vida da fêmea, é possível notar que ocorreu uma mudança no padrão de acordo com o genótipo em que o inseto se desenvolveu (Figura 3). Nos genótipos IAC 12, IAC 06-01, IAC Capora, IAC 576-70, Corrente, 737/2007, Olho Junto, IAC 15, IAC 118-95, B125/2007 e B36/2007 a oviposição ocorreu de maneira contínua não apresentando picos elevados, o que poderia influenciar positivamente os inimigos naturais no campo, tendo em vista que, no campo, a população de inimigos naturais aumenta em função do aumento de seu hospedeiro/presa e este aumento de população geralmente ocorre de forma mais lenta quando comparado ao aumento da praga. Nos demais genótipos, geralmente o ritmo de oviposição se elevou

consecutivamente até atingir o pico reprodutivo com posterior queda acentuada até o término da oviposição (Figura 3).

Os insetos que se desenvolveram no genótipo Corrente apresentavam já no 5º dia o pico de oviposição, sobre 859/2007 no 7º dia, nos genótipos IAC 12 e IAC 576/2007 no 8º dia, nos genótipos B36/2007 e IAC 15 no 9º dia e no genótipo IAC 90 no 10º dia. Sobre os demais genótipos o pico de oviposição variou entre o 11º e o 15º dia se mantendo na média.

O genótipo 859/2007 proporcionou o menor período de oviposição entre todos os estudados (Tabela 2), com 50% do total de ovos colocados até 7º dia de oviposição. Para os insetos alimentados com os demais genótipos, este valor foi atingido entre o 10º e 16º dia.

A taxa de sobrevivência das fêmeas variou entre os genótipos sendo que no geral a mortalidade deu início no 18º dia após o início da oviposição, reduzindo drasticamente nos dias subsequentes (Figura 3). Porém, nos genótipos 859/2007 e B125/2007 a sobrevivência das fêmeas foi diminuída aos 8 e 9 dias, respectivamente. Já sobre os genótipos IAC 15, Fécula Branca, IAC 14 e Olho Junto o maior tempo com 100% de sobrevivência das fêmeas com foi de 22, 23, 24 e 25 dias, respectivamente (Figura 3).

Em função da escassez de estudos que avaliem o efeito de genótipos de mandioca nos parâmetros ritmo de oviposição e sobrevivência de adultos de *P. manihoti*, os resultados da presente pesquisa estão sendo comparados com estudos básicos de biologia e estudos que avaliaram a influência da temperatura sobre estes parâmetros. No que se refere ao pico de oviposição dos adultos na presente pesquisa, considerando a média (11º ao 15º dia) os valores são superiores dos encontrados na literatura. Minko (2009), avaliando o efeito de diferentes temperaturas no ritmo de oviposição de *P. manihoti*, em genótipo suscetível, constataram, a 27°C pico de oviposição no 9º dia. Valor um pouco inferior, foram ainda encontrados em estudo com o genótipo Fécula Branca nas mesmas condições (BARILLI *et al.*, 2014, encaminhados para publicação).

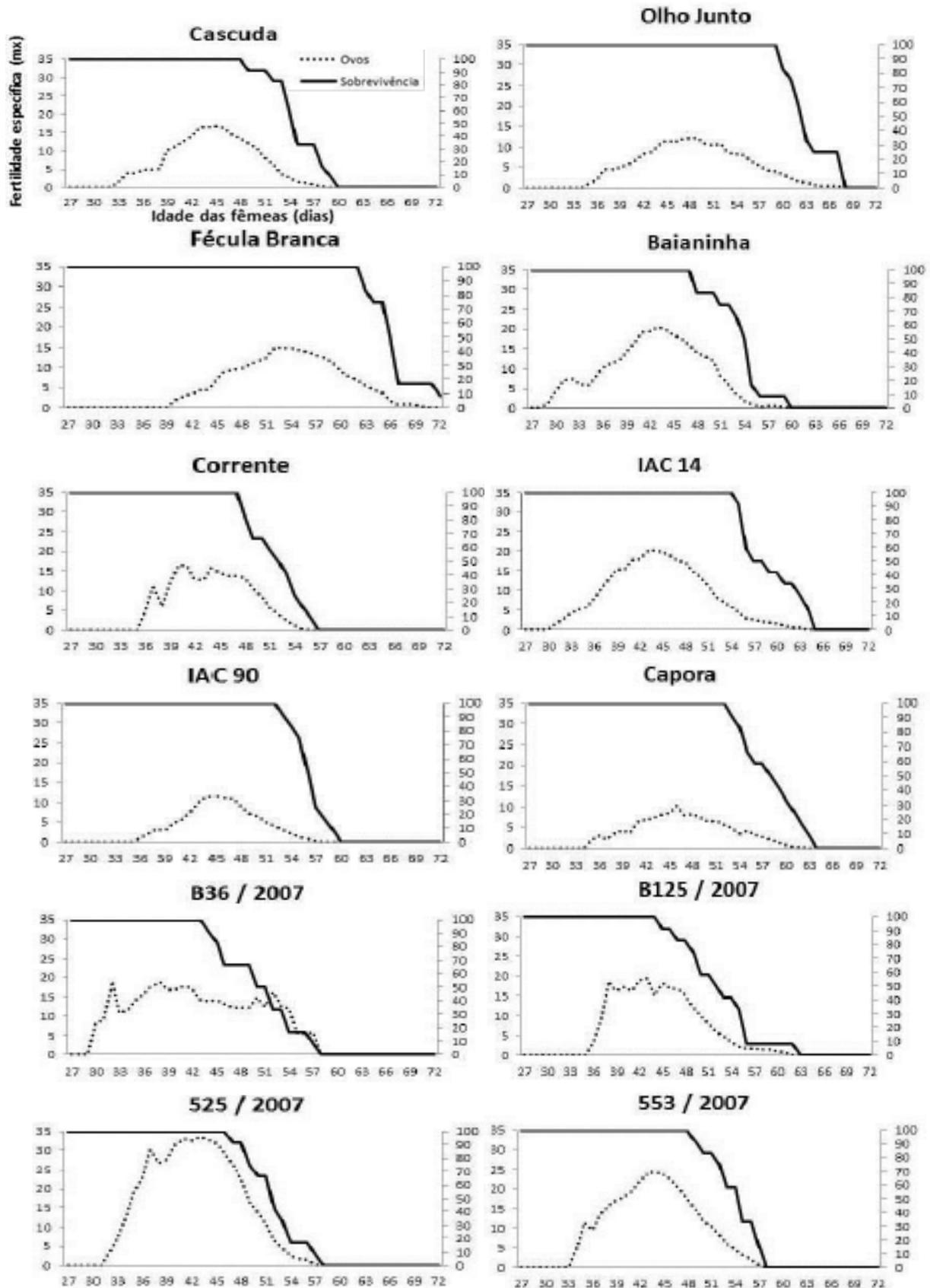


Figura 3. Ritmo de oviposição e sobrevivência (%) de fêmeas de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

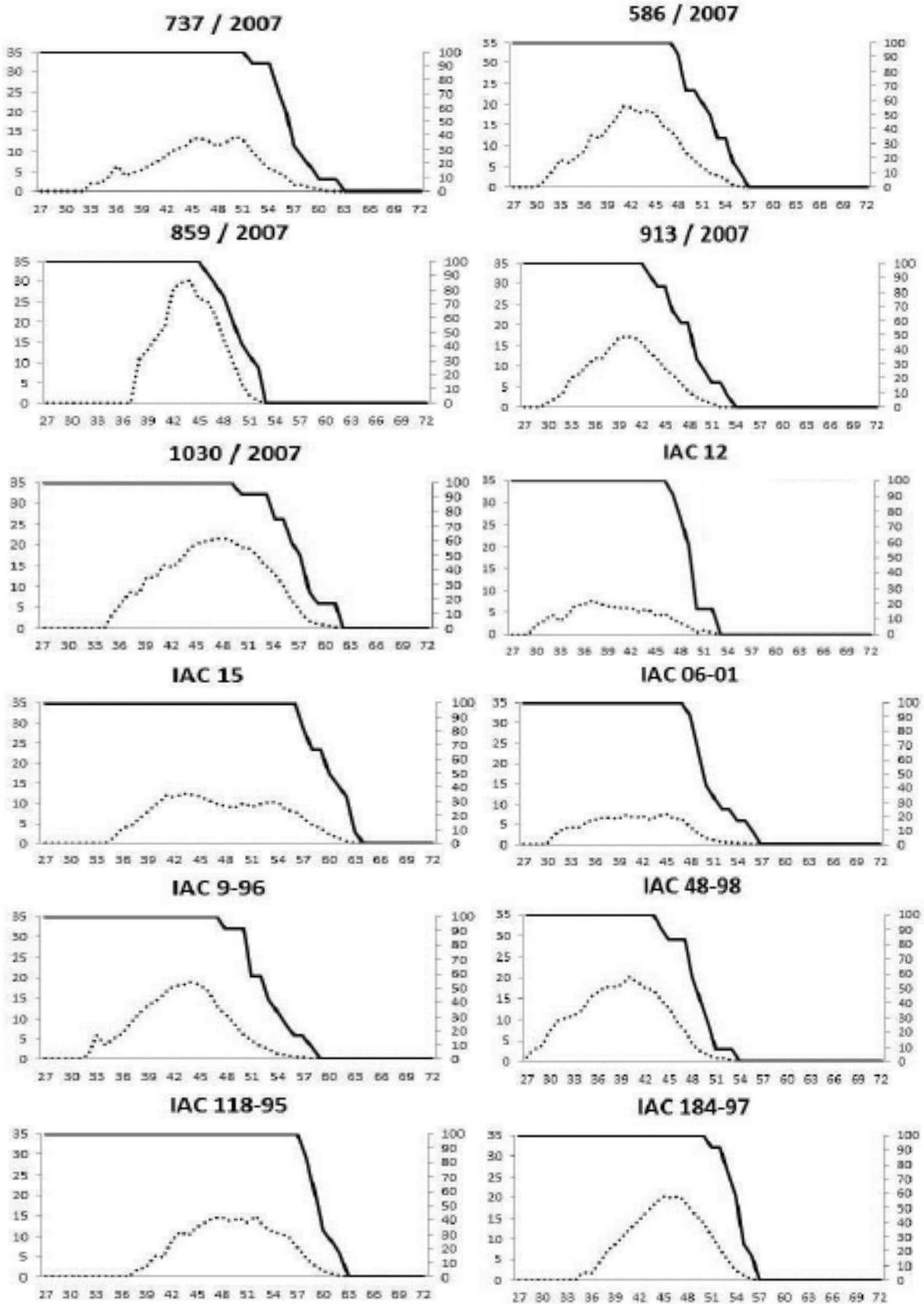


Figura 3. Ritmo de oviposição e sobrevivência (%) de fêmeas de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

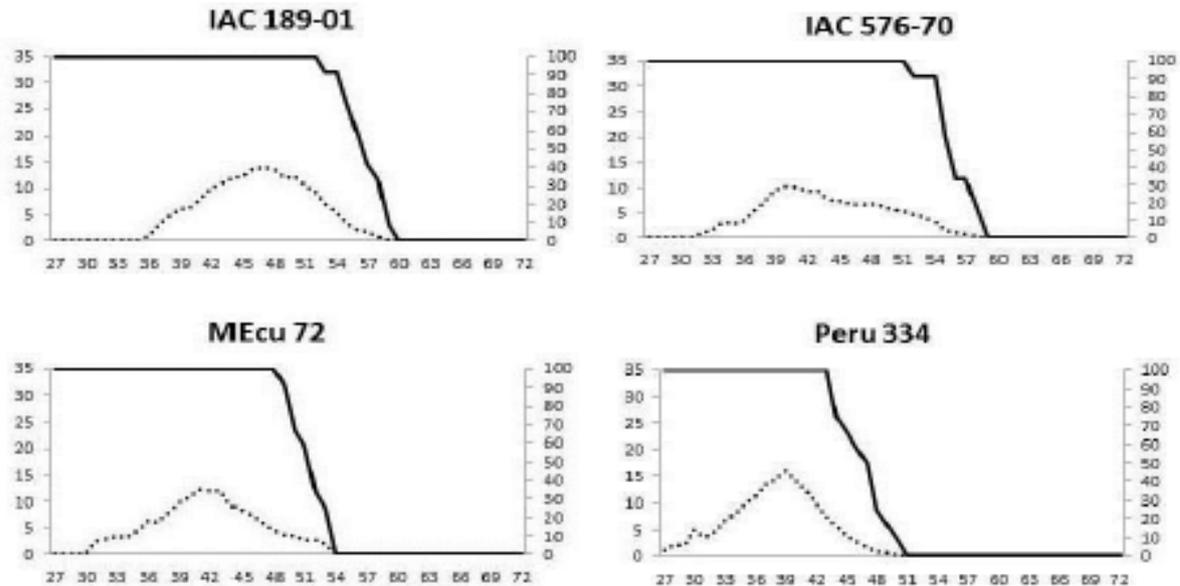


Figura 3. Ritmo de oviposição e sobrevivência (%) de fêmeas de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

A taxa de sobrevivência dos adultos na presente pesquisa, considerando que na maioria dos genótipos *P. manihoti* apresentaram 100% de sobrevivência nos primeiros 17 dias, está próxima aos encontrados, para essa espécie, por Barilli *et al.* (2014, encaminhados para publicação), que verificaram uma taxa de sobrevivência de fêmeas sobre a genótipo Fécula Branca de 92 a 82% nos primeiros 18 dias após o início da oviposição com queda drástica nos dias subsequentes.

3.3 Índice de adaptação e de resistência

Os 28 genótipos nos quais foram avaliados o índice de adaptação (IA) fornecem condições adequadas para o desenvolvimento de *P. manihoti* uma vez que em todas elas a sobrevivência ninfal foi de 100%. Pode-se inferir que, entre os genótipos de mandioca selecionados para este estudo, considerando o IA, todos foram aptos ao desenvolvimento e reprodução de *P. manihoti*. Porém, com diferentes níveis de resistência e suscetibilidade.

Já, através do índice de resistência, foi possível reunir os genótipos analisados em quatro grupos, classificados como resistente, moderadamente resistente, suscetível e altamente suscetível (Tabela 4). De acordo com as soma dos parâmetros das variáveis fecundidade, R_o e r_m verifica-se que os genótipos IAC 90, IAC Capora, IAC 12, IAC 06-01, IAC 576-70, MEcu 72 e IAC 189-01 foram

classificadas como resistentes a *P. manihoti*, enquanto que os genótipos B36/2007, IAC 14, 1030/2007, IAC 48-98 e Baianinha, 553/2007 e 525/2007 são altamente suscetíveis ao inseto. Ressalta-se que o genótipo Olho Junto utilizado como padrão suscetível demonstrou ser, nesta classificação, moderadamente resistente, com a 8ª menor nota (28), sendo 211% maior quando comparado ao menor índice observado, obtido para o genótipo IAC 90 (9) e 200% menor quando comparado a maior nota, obtida em 525/2007 (84). Essas diferenças de resistência em laboratório e no campo, para a genótipo Olho Junto podem ser em função de fatores ambientais que podem interferir na expressão do genótipo.

Tabela 4. Índice de resistência estimado pela fecundidade, taxa líquida de reprodução (R_o) e taxa intrínseca de aumento (r_m) de *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Fecundidade	(R_o)	(r_m)	Soma	Classificação
IAC 90	3	3	3	9 a ¹	Resistente
IAC Capora	4	4	2	10 a	Resistente
IAC 12	1	1	11	13 a	Resistente
IAC 06-01	2	2	9	13 a	Resistente
IAC 576-70	6	6	7	19 a	Resistente
MEcu 72	5	5	12	22 a	Resistente
IAC 189-01	9	8	6	23 a	Resistente
Olho Junto	12	12	4	28 b	Moderadamente resistente
Corrente	8	10	13	31 b	Moderadamente resistente
737 / 2007	11	11	10	32 b	Moderadamente resistente
IAC 118-95	16	15	5	36 b	Moderadamente resistente
Peru 334	7	7	24	38 b	Moderadamente resistente
IAC 15	17	14	8	39 b	Moderadamente resistente
Fécua Branca	20	18	1	39 b	Moderadamente resistente
913 / 2007	10	9	22	41 b	Moderadamente resistente
Cascuda	14	13	14	41 b	Moderadamente resistente
B125 / 2007	13	21	16	50 c	Suscetível
IAC 9-96	18	16	18	52 c	Suscetível
IAC 184-97	21	17	15	53 c	Suscetível
859 / 2007	15	20	19	54 c	Suscetível
586 / 2007	22	19	21	62 c	Suscetível
B 36 / 2007	19	23	26	68 d	Altamente Suscetível
IAC 14	26	25	20	71 d	Altamente Suscetível
1030 / 2007	27	27	17	71 d	Altamente Suscetível
IAC 48-98	23	22	27	72 d	Altamente Suscetível
Baianinha	24	24	25	73 d	Altamente Suscetível
553 / 2007	25	26	23	74 d	Altamente Suscetível
525 / 2007	28	28	28	84 d	Altamente Suscetível

¹Médias seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$). CV= 30,15%.

Os estudos dos aspectos biológicos revelaram que houve variação no desempenho da cochonilha *P. manihoti* em função dos 28 genótipos de mandioca sobre a qual foi criada. Os parâmetros da cochonilha demonstraram que os genótipos IAC 14, IAC 48-98 e Baianinha, 553/2007 B36/2007, 525/207 e

1030/2007, foram os hospedeiros mais adequados para o desenvolvimento e, principalmente, reprodução de *P. manihoti*, apresentando comportamento altamente suscetível ao inseto.

Dos genótipos plantados na região Centro-Sul a Baianinha foi o mais adequado ao desenvolvimento da cochonilha e o IAC 90 o menos adequado. O genótipo Olho Junto apresentou comportamento de resistência intermediária como hospedeira de *P. manihoti* no presente estudo, ao contrário do que pode ser observado no campo, indicando que os genótipos de mandioca possam ser influenciados de forma significativa por fatores ambientais. Neste sentido, são necessários nos estudos de resistência de genótipos de mandioca a *P. manihoti* avaliações da flutuação populacional no campo, bem como, os aspectos que podem influenciar no comportamento da praga.

Os genótipos IAC 90, IAC Capora, IAC 12, IAC 06-01, IAC 576-70, MEcu 72 e IAC 189-01 embora tenham apresentado duração do ciclo total de desenvolvimento inferiores a 61 dias parecem apresentar um forte componente de resistência, especialmente reprodutivo sobre *P. manihoti* em condições de laboratório, indicando que estes materiais podem ter potencial para serem utilizados como fonte de resistência à cochonilha.

Vários aspectos da planta hospedeira poderiam ser responsáveis pela variação no desempenho da cochonilha nos diferentes genótipos. Segundo Calatayud e Le Rü (2006), a qualidade da planta hospedeira é responsável pela resistência do tipo antibiose a *P. manihoti* em função do nível de aminoácidos e compostos secundários que influenciam o desenvolvimento das cochonilhas. Porém, a pesquisa não esclarece se a resistência observada nos genótipos testados seja do tipo antibiose, pois fatores antixenóticos, que não foram excluídos na presente pesquisa e que segundo Lara (1991) também podem através da deterrência alimentar, causar alterações na biologia e reprodução dos insetos. Nesse sentido, são necessários estudos mais detalhados das características da resistência dos genótipos para se entender os fatores de resistência observados em genótipos a *P. manihoti*.

3.4 Aspectos bioquímicos

A atividade das enzimas relacionadas à resistência como peroxidase e polifenoxidase foi influenciada pelos diferentes genótipos e pela presença ou não da cochonilha na planta (Tabela 5).

Ns genótipos não infestados formou-se dois grupos, um formado apenas pelo genótipo 737/2007 apresentando o maior valor médio (1,009) quando comparado ao outro grupo de genótipos. A maioria dos genótipos mostrou tendência a aumentar a atividade da peroxidase com a infestação das cochonilhas com exceção dos genótipos 859/2007, 525/2007 e IAC 14 que não apresentaram aumento neste valor. Os maiores valores de atividade de peroxidase nos genótipos infestados foram observados em IAC 90 (2,438) e 737/2007 (2,373) formando um grupo separado dos demais, seguido pelo grupo formado apenas pelo genótipo MEcu 72 (1,984) (Tabela 5). Pode-se inferir que a resistência dos genótipos IAC 90, MEcu 72 e 737/2007 à *P. manihoti* (Tabela 4) pode ser em função da alta atividade da peroxidase nestas após a infestação do inseto tendo em vista a ação negativa desta enzima na nutrição do inseto. Este evento não ocorreu com o genótipo IAC Capora também considerado resistente a *P. manihoti* (Tabela 4).

A atividade de polifenoxidases comportou-se de forma semelhante a peroxidase, sendo que a infestação de *P. manihoti* nas plantas proporcionou aumento significativo desta enzima, a exceção nos genótipos Baianinha, IAC 14, 737/2007, 1030/207 e 525/2007. Ressalta-se que com exceção de 737/2007 a atividade de polifenoxidase não aumentou nos genótipos considerados altamente suscetíveis a *P. manihoti* (Tabela 4). Porém observa-se que os genótipos B36/2007, 859/2007 e B125/2007 considerados suscetíveis a *P. manihoti* (Tabela 4) demonstraram o 2º maior valor de atividade das polifenoxidases pertencendo ao mesmo grupo dos genótipos IAC 90, Peru 334, Corrente, Olho Junto e Cascuda, consideradas resistentes ao inseto (Tabelas 4). Maiores atividades de polifenoxidases foram observados no grupo formado pelos genótipos IAC Capora (0,321) e MEcu 72 (0,295) (Tabela 5). Embora IAC Capora e MEcu 72 não tenham apresentado elevados valores de peroxidase, observa-se que a resistência apresentada por estes genótipos a *P. manihoti* (Tabela 4) pode estar envolvida com a atividade de polifenoxidase nas mesmas após a infestação das plantas com o inseto, com redução da qualidade nutricional na alimentação dos insetos e consequente diminuição da taxa reprodutiva.

Polifenoloxidase e peroxidase têm sido relacionadas ao mecanismo de defesa de plantas contra herbívoros e patógenos, pois podem oxidar compostos fenólicos quando o tecido sofre stress biótico ou abiótico. Além disso, a peroxidase pode aumentar a tenacidade de folhas, agir negativamente na alimentação dos insetos e ainda, produzir toxinas que reduzem a digestibilidade da planta. A polifenoloxidase apresenta também importante ação anti-nutritiva a insetos por alquilar proteínas reduzindo assim, a disponibilidade de aminoácidos (FELTON *et al.*, 1992). Especialmente para *P. manihoti* os aminoácidos alquiláveis lisina, cisteína e metionina são essenciais e quando ausentes afetam negativamente o peso corporal e desenvolvimento do inseto (CALATAYUD *et al.*, 2002). Níveis elevados de Peroxidase e Polifenoloxidase têm sido relacionados à resistência de plantas a insetos em diversos trabalhos (TSCHARNTKE *et al.*, 2001; CHEN *et al.*, 2006; HUAND *et al.*, 2007; ZHANG *et al.*, 2008; GULSEN *et al.*, 2010; USHA *et al.*, 2010; HE *et al.*, 2011; TAGGAR *et al.*, 2012).

Tabela 5. Atividade de peroxidase e polifenoloxidase em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*, com e sem infestação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon/PR, Setembro 2013.

Genótipos	Peroxidase (Var. Abs ⁻¹ mg tecido fresco ⁻¹)		Polifenoloxidases (Var. Abs ⁻¹ mg tecido fresco ⁻¹)	
	Não infestada	Infestada	Não infestada	Infestada
Cascuda	0,012 bB	1,371 cA	0,054 aB	0,214 bA
Olho Junto	0,004 bB	1,736 cA	0,048 aB	0,231 bA
Fécula Branca	0,095 bB	1,262 cA	0,024 aB	0,138 cA
Baianinha	0,004 bB	0,803 dA	0,019 aA	0,026 dA
Corrente	0,008 bB	1,106 dA	0,017 aB	0,238 bA
IAC 14	0,006 bA	0,241 eA	0,021 aA	0,065 dA
IAC 90	0,004 bB ¹	2,438 aA	0,019 aB	0,235 bA
IAC Capora	0,006 bB	0,584 eA	0,035 aB	0,321 aA
B 36 / 2007	0,004 bB	1,450 cA	0,025 aB	0,205 bA
B125 / 2007	0,035 bB	1,790 cA	0,059 aB	0,251 bA
525 / 2007	0,004 bA	0,364 eA	0,011 aA	0,015 dA
553 / 2007	0,005 bB	0,459 eA	0,011 aB	0,113 cA
737 / 2007	1,009 aB	2,373 aA	0,114 aA	0,174 bA
586 / 2007	0,006 bB	1,583 cA	0,014 aB	0,132 cA
859 / 2007	0,035 bA	0,390 eA	0,067 aB	0,199 bA
913 / 2007	0,005 bB	0,616 eA	0,038 aB	0,152 cA
1030 / 2007	0,006 bB	0,956 dA	0,021 aA	0,072 dA
MEcu 72	0,004 bB	1,984 bA	0,017 aB	0,295 aA
Peru 334	0,007 bB	0,507 eA	0,026 aB	0,178 bA
CV (%)	48,24		58,37	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Os diferentes padrões das atividades de peroxidase e polifenoloxidase nos diversos genótipos testados podem ser devido a diferenças nos níveis de defesa das

mesmas contra herbívora. Os maiores níveis de atividade destas enzimas foram observados em genótipos que tiveram ação negativa no desenvolvimento e reprodução de *P. manihoti* (Tabelas 1 e 2). Estes resultados indicam que a atividade destas enzimas teve ação sobre *P. manihoti*, resultando em resistência, especialmente afetando a reprodução deste inseto possivelmente em função da qualidade nutritiva das mesmas que são diretamente afetadas pelas enzimas.

Em relação aos aminoácidos e açúcares redutores, seus teores foram influenciados pelas diferentes genótipos avaliados e pela infestação ou não de cochonilhas (Tabela 6).

Em todos os genótipos houve elevação dos níveis de aminoácidos quando *P. manihoti* foi colocada nas plantas, sendo que nessas plantas os valores variaram de 1,842 a 1,984 mg g⁻¹ de tecido fresco. Porém, nas plantas infestadas observou-se apenas um grupo com todos os genótipos para este fator (Tabela 6).

Tabela 6. Teor de aminoácidos totais e açúcares redutores em tecido de diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*, com e sem infestação de *Phenacoccus manihoti*. Marechal Cândido Rondon/PR, Setembro 2013.

Genótipos	Aminoácidos totais (mg g ⁻¹ tecido fresco)		Açúcares redutores (mg g ⁻¹ tecido fresco)	
	Não infestada	Infestada	Não infestada	Infestada
Cascuda	1,928 aB	2,050 aA	0,884 bB	1,194 bA
Olho Junto	1,979 aB	2,060 aA	1,266 aA	1,441 bA
Fécua Branca	1,908 bB	2,049 aA	1,048 aA	1,215 bA
Baianinha	1,957 aB	2,066 aA	1,111 aB	1,411 bA
Corrente	1,896 bB	2,064 aA	1,316 aA	1,254 bA
IAC 14	1,942 aB	2,033 aA	1,314 aB	1,718 aA
IAC 90	1,962 aB ¹	2,063 aA	1,142 aB	1,547 aA
IAC Capora	1,933 aB	2,057 aA	1,119 aB	1,673 aA
B 36 / 2007	1,964 aB	2,092 aA	0,924 bB	1,266 bA
B125 / 2007	1,932 aB	2,032 aA	0,819 bB	1,144 bA
525 / 2007	1,842 bB	2,017 aA	0,950 aB	1,713 aA
553 / 2007	1,930 aB	2,029 aA	1,101 aA	1,191 bA
737 / 2007	1,900 bB	2,066 aA	1,256 aA	1,516 aA
586 / 2007	1,914 bB	2,062 aA	1,128 aA	1,337 bA
859 / 2007	1,984 aB	2,059 aA	0,994 aB	1,511 aA
913 / 2007	1,933 aB	2,058 aA	1,385 aA	1,415 bA
1030 / 2007	1,865 bB	2,028 aA	1,314 aB	1,768 aA
MEcu 72	1,925 aB	2,038 aA	0,953 aB	1,570 aA
Peru 334	1,899 bB	2,076 aA	1,265 aA	1,486 bA
CV (%)	2,17		14,38	

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Em relação aos teores de açúcares redutores, a presença da cochonilha alterou os valores em alguns genótipos, não alterando em outras. A infestação com

P. manihoti elevou o teor de açúcares redutores em 11 genótipos, não alterando em oito dos genótipos avaliados. Os níveis de açúcares redutores variaram nas plantas sem a cochonilha de 0,819 a 1,385 mg g⁻¹ de tecido fresco. Já nas plantas infestadas variou de 1,1411 a 1,768 mg g⁻¹ de tecido fresco (Tabela 6). Elevação dos níveis de açúcares redutores é descritos por outros autores em plantas infestadas por insetos (MADALENO, 2010; MIRANDA *et al.*, 2013) e doenças (KUNH, 2007; MAZARO *et al.*, 2012).

Os teores de aminoácidos e de açúcares redutores se elevam quando da infestação com cochonilhas como uma resposta ao aumento da atividade metabólica das plantas após a resposta de resistência, pois os ciclos metabólicos são integrados e, com a ação de resistência, os compostos do metabolismo secundário podem afetar o metabolismo primário do carbono, como a glicólise, pentose fosfato ou ciclo do ácido cítrico (MAZARO *et al.*, 2012). Os

aminoácidos são geralmente considerados essenciais na nutrição e desenvolvimento de cochonilhas da mandioca (CALATAYUD *et al.*, 2002). Porém, neste estudo, assim como para os açúcares redutores, não foi possível verificar relação entre a resistência dos genótipos de mandioca à *P. manihoti* pelo perfil de aminoácidos totais. Resultados semelhantes foram observados por Tertuliano (1994) avaliando diferentes hospedeiros na resistência de *P. manihoti*. Calatayud *et al.* (2002) verificaram que *P. herreni* alimentadas com dieta ausente de glutamina, cisteína, triptofano, lisina, ornitina, asparagina, glicina, arginina ou metionina apresentaram diminuição significativa do peso corporal e atraso no desenvolvimento, indicando estes aminoácidos como essenciais ao desenvolvimento da cochonilha. Neste sentido, os resultados obtidos neste trabalho indicam que pode haver variação na concentração dos aminoácidos essenciais a cochonilha entre os genótipos avaliados, havendo necessidade de estudos futuros, avaliar a concentração dos aminoácidos essenciais nesses visando auxiliar na compreensão do mecanismo de resistência a cochonilha.

A concentração de cianeto nas folhas dos diferentes genótipos é apresentada na (Figura 4). A maior concentração foi observada no genótipo B36/2007 e as menores nos genótipos Peru 334, Cascuda e IAC 14. Porém, não foi possível vincular o conteúdo desta substância a resistência à *P. manihoti*. Este resultado corrobora com Tertuliano (1994), segundo os quais os teores de cianeto não estão relacionados à resistência a *P. manihoti* e sugerem ainda, que outros processos

bioquímicos podem estar envolvidos na resistência de genótipos de mandioca a *P. manihoti*, como, por exemplo, a atividade da peroxidase e polifenoloxidasas observadas neste estudo, além de outros compostos como rutina e compostos fenólicos que também tem demonstrado ação negativa no desenvolvimento de *P. manihoti* (CALATAYUD *et al.*, 1994).

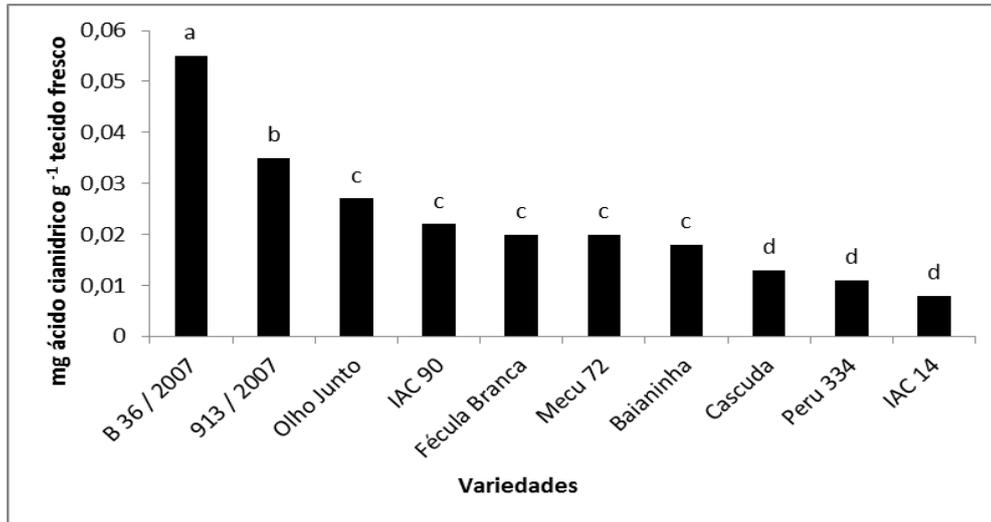


Figura 4. Concentração de íons de cianeto em tecido de diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Outubro 2013.

Diferentemente dos demais insetos, o cianeto não parece ser um composto tóxico para *P. manihoti* (TERTULIANO, 1994). Esta substância é excretada eficientemente pelo inseto, além de desempenhar papel fagoestimulante (TERTULIANO, 1994; CALATAYUD, 1993; CALATAYUD e LE RÜ, 2006). Acredita-se que bactérias presentes do intestino de *P. manihoti* hidrolisem a linamarina já que íons de cianeto livre foram encontrados no *honeydew* desta espécie (CALATAYUD *et al.*, 1994).

Os resultados obtidos no presente trabalho demonstraram que as respostas dos genótipos de mandioca ao ataque de *P. manihoti* foram resultado da atividade das enzimas polifenoloxidasas e peroxidases, que podem ter apresentado toxicidade ou interferência na digestibilidade e na alquilação de aminoácidos essenciais como lisina, cisteína e metionina comprometendo, dessa maneira, principalmente, a nutrição e conseqüente reprodução de *P. manihoti*. Assim, este estudo oferece uma perspectiva sobre a resistência dos genótipos em relação a sua interação com o inseto e fornece indicativos dos fatores que contribuem com a resistência de mandioca a *P. manihoti*

Porém, de um ponto de vista prático, a identificação de genótipos resistentes por meio da avaliação das características biológicas e bioquímicas são insuficientes no contexto de um programa de melhoramento genético. Também deve ser considerada a ação dos fatores antixenóticos, o comportamento dos genótipos no campo, a tolerância das mesmas a sequência de ataques, assim como, avaliação de outros compostos bioquímicos que podem ser relacionados à resistência e, principalmente, avaliar a interação destas com os inimigos naturais da cochonilha, tendo em vista a grande importância do controle biológico de *P. manihoti*, especialmente com o parasitoide *A. lopezi*.

4 CONCLUSÕES

Os genótipos IAC 90, IAC Capora, IAC 12, IAC 06-01, IAC 576-70, MEcu 72 e IAC 189-01 foram resistentes a *P. manihoti*.

Resistência moderada a *P. manihoti* foi observada nos genótipos Olho Junto, Corrente, 737/2007, IAC 118-95, Peru 334, IAC 15, Fécula Branca, Cascuda e 913/2007.

Os genótipos B125/2007, IAC 9-96, IAC 184-97, 859/2007 e 586/2007 foram suscetíveis a *P. manihoti* e os genótipos B36/2007, IAC 14, 1030/2007, IAC 48-98, Baianinha, 553/2007 e 525/2007 foram altamente suscetíveis.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTION. **Software de estatística**, 2011. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em 01 ago. 2013.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 10 julho 2013.

BARILLI, D. R.; PIETROWSKI, V.; WENGRAT, A. P. da S.; GAZOLA, D. Parâmetros biológicos da cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* Matile-ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Colombiana de Entomologia**. No prelo, 2014.

BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. V.; VARGAS, O. H.; REYES, J. A. Q.; GUERRERO, J. M. Insectos y acaros dañinos a la yuca y su control. In: OSPINA, B. ; CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali : CIAT/CLAYUCA, n. 327, 2002. 586p.

BELLOTTI, A. ; CAMPO, B.V.H. ; HYMAN, G. Cassava production and pest management : present and potential threats in a changing environment. **Tropical Plant Biology** (Online), v. 5, n.1, p. 39-72, 2012.

BENTO, J. M. S.; MORAES, G. J. de; MATOS, A. P. de; WARUMBY, J. F.; BELLOTTI, A. C. Controle biológico da cochonilha no nordeste do Brasil. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-PARRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds.) **Controle biológico no Brasil: Parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

CALATAYUD P. A. **Étude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte**. France, 1993. 90p. Tese (Doutorado), Institut national des sciences appliquées de Lyon, France. 1993.

CALATAYUD P. A., RAHBE Y., TJALLINGII W. F., TERTULIANO M.; B. LE RU, Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 72, n. 1, p. 219-232, 1994.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus herreni* in artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 96, n. 1, p. 81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A.; POLANIA, M. A.; GUILLAUD, J.; MUNERA, D. F.; HAMO N. C.; BELLOTTI, A. C. Role of single amino acids in phagostimulation, growth, and development of the cassava mealybug *Phenacoccus herreni*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 104, p. 363-367, 2002

CALATAYUD, P.A.; LE RÜ, B. **Cassava – Mealybug interactions**. Paris: Editora Institut de Recherche Pour le Développement (IRD), 2006. 112p.

CHEN, W.; ZHOU, Q.; LI X, H.E.G.F. Physiological responses of different rice cultivars under herbivore stress. **Acta Ecologica Sinica**, China, v. 26, n.1, p. 2161-2166, 2006.

ESSERS, S. A. J. A.; BOSVELD, M.; GRIFT, R. M. van der.; VORAGEN, A. G.J. Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Britain, v. 63, n.1, p. 287-296, 1993.

FARIAS, A. R. N. **Insetos e ácaros associados à cultura da mandioca no Brasil e meios de controle**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMPF, 1991. 47p.

FARIAS, A. R. N. **Pragas da mandioca**: instruções práticas. Cruz das Almas, BA: Embrapa – CNPMPF, 2005. 32p.

FARIAS, A. R. N.; SOUZA, L. da S.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos Socioeconômicos e Agrônômicos da Mandioca**. 1ª ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 61p.

FELTON, G. W.; DONATO, K. K.; BROADWAY, R. M.; DUFFEY, S. S. Impact of oxidized plant phenolics on the nutritional quality of dietary protein to a noctuid herbivore, *Spodoptera exigua*. **Journal of Insect Physiology**, New York, v. 38, p. 277-285, 1992.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GROXKO, M.; **Mandiocultura - Análise da conjuntura agropecuária, 2012**. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=32>>. Acesso em 10 jul. 2013.

GULSEN, O.; EICKHOFF, T.; HENG-MOSS, T.; SHEARMAN, R.; BAXENDALE, F.; SARATH, G. Characterization of peroxidase changes in resistant and susceptible warmseason turf grasses challenged by *Blissus occiduus*. **Arthropod-Plant Interact**, v. 4, p. 45-55, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11829-010-9086-3>>. Acesso em 02 set. 2013.

HAMMERSCHMIDT, T. R.; NUCLES, E. M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology** (Online), v. 20, n.1, p. 73-82, 1982.

HE, J.; CHEN, F.; CHEN, S.; LIV, G.; DENG, Y.; FANG, W. Chrysanthemum leaf epidermal surface morphology and antioxidant and defense enzyme activity in response to aphid infestation. **Journal Plant Physiology**, v. 168, p. 687-93, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2010.10.009>>. Acesso em 04 ago. 2013.

HUANG, W.; ZHIKUAN, J.; QINGFANG, H. Effects of herbivore stress by *Aphis medicaginis* Koch on the malondialdehyde contents and activities of protective enzymes in different alfalfa genotypes. **Acta Ecologica Sinica**, v. 27, p. 2177-2183,

2007. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2032\(07\)600481](http://dx.doi.org/10.1016/S1872-2032(07)600481)>. Acesso em: 03 set. 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em 15 jul. 2013.

KUHN, O. J. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acebezolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**. Piracicaba, 2007. Tese (Doutorado em Agronomia). ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 2007.

LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo, Ícone, 2 ed., 1991, 336p.

LE RÜ, B.; FABRES, G. Influence de la température et de l'hygrométrie relative sur la capacité d'accroissement et le profil d'abondance des populations de la cochenille du manioc, *Phenacoccus manihoti* (Hom., *Pseudococcidae*), au Congo. **Acta Oecologica/Oecologia Applicata** (Online), v. 8, n. 2, p. 165-174, 1987.

LEVER, M. A new reaction for colorimetric determination of carbohydrates. **Analytical Biochemistry**, New York, v.47, p.273-279, 1972.

LUSO, M. F. G.; PASCHOLATI, S. F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathological**, Campinas, v. 25, n.1, p. 244-249, 1999.

MADALENO, L. M. **Cigarrinha-das-raízes na cana-de-açúcar e qualidade do açúcar produzido**. Jaboticabal, 2010. 80p. Tese (Doutorado), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2010.

MAZARO, S. M.; DESCHAMPS, C.; GOUVEA, A. de; CITADIN, I.; WAGNER JUNIOR, A. Indução de resistência a doenças foliares e de flores em morangueiro por quitosana e acibenzolar-methyl. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.18, n.2-4, p.143-150, 2012.

MINKO, D. O. Influence des facteurs écologiques (température et hygrométrie) sur le développement de la cochenille farineuse du manioc (*Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero, Homoptera: Pseudococcidae). **Tropicicultura**, Franceville, Gabon, v. 27, n. 1, p. 21-25, 2009.

MIRANDA, L. L. D.; FRACASSO, J. V.; COSTA V. P. da; ANJOS, i. a. dos; LOPES, D. O. P. Reação de cultivares de cana-de-açúcar a broca do colmo. **Bragantia**, Campinas, v.72, n.1, p.29-34, 2013.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Giza, v.7, n. 1, p.40-51,1978.

OTSUBO, A. A.; PEZARICO, C. R. A cultura da mandioca em Mato Grosso do Sul. In: OTSUBO, A.A.; MERCANTE, F. M.; MARTINS, C. de S. (Coord.). **Aspectos do**

Cultivo da Mandioca em Mato Grosso do Sul. Dourados/Campo Grande: Embrapa Agropecuária Oeste/UNIDERP, 2002. p. 31-47.

PIETROWSKI, V. **Pragas da cultura da mandioca: percevejo de renda e cochonilhas.** 2009. Disponível em: <<<http://www.cerat.unesp.br/compendio/palestras/palestra5.pdf>>>. Acesso em 10 jul. 2013.

RHEINHEIMER, A. R. **Controle biológico e alternativo da cochonilha (*Phenacoccus manihoti*) na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ).** Marechal Cândido Rondon, 2010. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

RHEINHEIMER, A.R.; BELLON, P.P; HACHMANN, T.; MIRANDA, A.M.; SCHERER, W.A., PIETROWSKI, V.; ALVES, L.F.; PINTO JUNIOR, A.S. Biologia da mosca-branca (*Bemisia tuberculata* Bondar(Hemiptera: Aleyrodidae) em mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais** (Online), v. 5, p. 265-269, 2009.

SCHULTHESS, F.; BAUMGARTNER, J. U.; DELUCCHI, V.; GUITIERREZ, A. P. The influence of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Mat.-Ferr. (Hom., Pseudococcidae) on yield formation of cassava, *Manihot esculenta* Crantz. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.111, p. 155-165, 2009.

SEAB. **Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná.** Prognóstico agrícola. Disponível em <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em 17 jul. 2013.

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

TAGGAR, G. K.; GILL, R. S.; GUPTA, A. K.; SANDHU, J. S. Fluctuations in peroxidase and catalase activities of resistant and susceptible black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper) genotypes elicited by *Bemisia tabaci* (Gennadius) feeding. **Plant Signaling & Behavior** (Online), v.7, n.10, p.1321-1329, 2012.

TERTULIANO, M. **Résistance du manioc à la cochenille farineuse *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae): rôle de quelques composés chimiques foliaires.** Paris, 1994. 98p. Tese (Doutorado) - L'UNIVERSITE DE RENNES, Paris. 1994.

TERTULIANO, M.; DOSSOU-GBETE, S.; LE RÜ, B. Antixenotic and antibiotic components of resistance to the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae), in various host-plants. **Insect Science and Its Application**, Kenya, v. 5, p. 657-665, 1993.

TSCHARNTKE, T.; THIESSEN, S.; DOLCH, R.; BOLAND, W. Herbivory, induced resistance and interplant signal transfer in *Alnus glutinosa*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v.29, n.10, p.1025-47, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S03051978\(01\)00048-5](http://dx.doi.org/10.1016/S03051978(01)00048-5)>. Acesso em: 07 set. 2013.

USHA RANI, P.; JYOTHSNA, Y. Biochemical and enzymatic changes in rice as a mechanism of defense. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.32, n.4, p.695-701, 2010.

Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11738-009-0449-2>>. Acesso em: 10 set. 2013.

VENDRAMIM, J. D.; GUZZO, E. C Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (eds.) **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009, p. 1055-1105.

ZHANG, L.L.; WEN, D. Z. Photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme responses of invasive weed *Mikania micrantha* to *Bemisia tabaci* infestation. **Photosynthetica**, v.46, p.457-62, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11099-008-0078-9>>. Acesso em: 08 set. 2013.

CAPÍTULO 2: DESENVOLVIMENTO DE *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS) (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) SOBRE *Phenacoccus manihoti* (MATILE-FERRERO) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) ALIMENTADAS SOBRE DIFERENTES GENÓTIPOS DE MANDIOCA

RESUMO

A cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* é uma importante praga da cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes genótipos de mandioca no desenvolvimento de *Anagyrus lopezi*, parasitoide da cochonilha *P. manihoti*. Fêmeas de *A. lopezi* já acasaladas foram transferidas individualmente para gaiolas e alocadas em folhas de mandioca contendo 20 ninfas de 3^o ínstar de *P. manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca caracterizadas por apresentar diferentes níveis de resistência e suscetibilidade à praga. A cada 24 horas, a fêmea do parasitoide foi transferida para novas folhas infestadas até sua morte. Com os parâmetros biológicos de *A. lopezi* foi elaborada a tabela de vida e fertilidade do parasitoide. O desenvolvimento e reprodução de *A. lopezi* foram influenciados pela alimentação de *P. manihoti* nos genótipos avaliados. A longevidade de fêmeas de *A. lopezi* variou de 14,33 a 19,83 dias em *P. manihoti* alimentadas de diferentes genótipos de mandioca. A fecundidade foi maior no genótipo IAC 14 (127,67 ovos por fêmea) e menor em IAC 90 (95,50 ovos por fêmea). A razão sexual de *A. lopezi* teve elevada alteração em função da alimentação do hospedeiro em diferentes genótipos de mandioca, variando de 0,30 a 0,68. A duração do ciclo evolutivo de *A. lopezi*, embora tenha sido influenciada pelos genótipos onde *P. manihoti* se alimentou, não foi possível relacionar este parâmetro com características de resistência a *P. manihoti*. Porém, a fecundidade e a taxa líquida de reprodução de *A. lopezi* foram menores nos genótipos resistentes ao hospedeiro indicando que genótipos de mandioca com resistência a *P. manihoti* apresentam também efeito deletério, apesar de não tão intenso, na reprodução de fêmeas de *A. lopezi*.

PALAVRAS CHAVE: Parasitoide, biologia, tabela de vida e fertilidade.

CHAPTER 2: DEVELOPMENT OF *Anagyrus lopezi* (DE SANTIS) (HYMENOPTERA: ENCYRTIDAE) ON *Phenacoccus manihoti* (MATILE FERRERO) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) FED ON DIFFERENT GENOTYPES OF CASSAVA

ABSTRACT

The cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* is an important pest of cassava in the region Center-South of Brazil. This study aimed to evaluate the influence of different cassava genotypes in the development of *A. lopezi*, parasitoid of mealybug *P. manihoti*. Female *A. lopezi* mated already been transferred to cages and individually allocated to cassava containing 20 third instar nymphs of *P. manihoti* created in different cassava genotypes characterized by having different levels of resistance and pest susceptibility. Every 24 hours, the female parasitoid was transferred to new leaves infested until his death. With biological parameters *A. lopezi* was drawn to the table of life and fertility of the parasitoid. The development and reproduction of *A. lopezi* were influenced by feeding *P. manihoti* in genotypes. The longevity of females of *A. lopezi* ranged from 14.33 to 19.83 days with *P. manihoti* fed different genotypes cassava. The fecundity was higher at IAC 14 (127.67 eggs per female) and lowest in IAC 90 (95.50 eggs per female). The sex ratio of *A. lopezi* had high alteration due to the power of the host in different genotypes cassava, ranging from 0,30 to 0,68 . The duration of the life cycle of *A. lopezi*, although it has been influenced by genotypes where *P. manihoti* fed, it was not possible to relate this parameter with characteristics of resistance to *P. manihoti*. However, fecundity and net reproductive rate of *A. lopezi* were lower in resistant host genotypes indicating that cassava genotypes with resistance to *P. manihoti* also have deleterious effects, although not as intense in the reproduction of female *A. lopezi*.

KEYWORDS: parasitoid, biology, life and fertility table

1 INTRODUÇÃO

A cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* (Matile-Ferrero) (Hemiptera: Pseudococcidae) é uma importante praga da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Esta praga foi acidentalmente introduzida em diversos países da África e recentemente na Ásia onde causa severos danos à cultura (BELLOTTI *et al.*, 2012). Na região Centro-Sul, onde se observa a presença de *P. manihoti* também é possível constatar o parasitoide *Anagyrus lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae) (PIETROWSKI, 2009). Contudo, observa-se que o parasitoide não tem conseguido impedir o aumento da população da cochonilha (PIETROWSKI *et al.*, 2010).

No Centro-Sul do país *P. manihoti* se tornou alvo de intensa aplicação de inseticidas (observações pessoais), que além de não serem recomendados para a cultura (AGROFIT, 2013), causam riscos a saúde e ao meio ambiente e reduzem o controle biológico natural (BELLOTTI *et al.*, 2012).

A cada 4,78 dias a população de *P. manihoti* pode se duplicar (BARILLI *et al.*, 2014, encaminhados para publicação), indicando sua capacidade de aumentar rapidamente a população, causando severos danos quando introduzida em áreas onde os inimigos naturais são escassos. Tem-se como exemplo deste potencial sua introdução na África e Ásia, onde causou sérios danos (BELLOTTI *et al.*, 2012). Contudo, a praga foi suprimida e os rendimentos da cultura aumentaram após a introdução e liberação de *A. lopezi* (HERREN E NEUENSCHWANDER, 1991; BELLOTTI *et al.*, 2012).

Estudos sobre efeitos da planta hospedeira da cochonilha no desenvolvimento de *A. lopezi* são escassos na literatura, sendo que Souissi e Le Rü (1997a, b) verificaram que genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência afetam o desenvolvimento de *A. lopezi*. Porém, não afeta a busca do parasitoide por seu hospedeiro, pois, indiferentemente do nível de resistência, as plantas atacadas por *P. manihoti* liberam compostos que atraem *A. lopezi* (SOUISSI *et al.*, 1998a; SOUISSI, 1999), indicando assim que a preferência para oviposição vai depender das características do hospedeiro durante a seleção (SOUISSI e LE RÜ, 1997a).

O conhecimento das interações entre genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência a *P. manihoti* e o parasitoide *A. lopezi* pode indicar como a

resistência de plantas pode complementar a ação do parasitoide (SOUISSI *et al.*, 1998b), porém, as informações disponíveis são poucas. Neste sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar o desenvolvimento de *A. lopezi* em *P. manihoti* alimentadas sobre diferentes genótipos de mandioca.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Criação do hospedeiro *Phenacoccus manihoti*

A população inicial de *P. manihoti* foi obtida em áreas de produção comercial de mandioca no município de Paranavaí/PR, as quais deram início a criação massal do laboratório de Controle Biológico da Unioeste, mantidas sob condições controladas em sala semi-climatizada (temperatura de $25\pm 3^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 h). A espécie foi confirmada pela Dra. Maria del Pilar Hernandez, do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira/Colômbia.

Para realização do experimento, foram utilizadas como hospedeiro, diferentes genótipos de mandioca, sendo estas plantadas em vasos de 4 L contendo Latossolo vermelho eutroférico e 10% de composto orgânico (restos vegetais e resíduos de animais), em casa de vegetação e irrigadas diariamente (500 mL de água). As manivas foram plantadas na posição vertical e as plantas utilizadas para a criação apresentavam oito folhas completamente desenvolvidas. A cada 15 dias, novas plantas eram infestadas com ovissacos, os quais foram transferidos para as novas plantas com auxílio de pincel, conforme metodologia descrita por Rheinheimer (2010).

2.2 Criação dos parasitoides

Para a criação de *A. lopezi* foram oferecidas plantas contendo ninfas de 3^o ínstar de *P. manihoti* provenientes da criação de manutenção, a população do parasitoide foi criado sobre cada genótipo até a terceira geração para serem utilizados no experimento. A população de parasitoides foi mantida em sala semi-climatizada ($25\pm 3^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 14 h). No interior da sala, próximo as plantas foram disponibilizadas cartelas contendo filetes de mel para a alimentação dos adultos.

2.3 Genótipos testados

O desenvolvimento do parasitoide *A. lopezi* foi avaliado sobre cochonilhas alimentadas sobre oito genótipos cultivados na região Centro- Sul do Brasil, sendo essas: Cascuda, Olho Junto, Fécula Branca, Baianinha, Corrente, IAC 14, IAC 90 e IAC Capora, assim como, sobre os genótipos B36/2007, B125/2007, 525/2007, 553/2007, 737/2007, 586/2007, 859/2007, 913/2007 e 1030/2007 obtidos de cruzamentos, dentro do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR). Foi também avaliado a genótipo Equador 72 (MEcu 72), considerado resistente à mosca-branca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae) (BELLOTTI *et al.*, 2002) e Peru 334, ambos obtidos junto ao Banco de Germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

2.4 Parâmetros biológicos de *Anagrus lopezi* sobre *P. manihoti* alimentadas em diferentes genótipos de mandioca

Os parasitoides, na fase de pupa, foram coletados com auxílio de pincel fino da criação massal e mantidos individualmente em tubos de vidro (8 cm de altura x 1 cm de diâmetro) contendo filetes de mel para a alimentação dos adultos e mantidos a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas para emergência dos adultos. Após a emergência, casais (com menos de 24 horas de vida) foram formados e mantidos em tubos de vidro, conforme descrição anterior pelo período de 48 h, para cópula, conforme metodologia descrita por Soussi e Le Rü (1997a, b). Posteriormente, os machos foram eliminados e somente as fêmeas foram utilizadas no experimento.

O experimento foi realizado segundo o delineamento experimental inteiramente casualizado com 19 tratamentos (genótipos) e 12 repetições, cada fêmea considerada uma repetição.

Diariamente, folhas de plantas dos diferentes genótipos de mandioca foram infestados com 50 ovos de *P. manihoti*, permitindo seu desenvolvimento. Quando as ninfas entraram no 2º instar, as folhas foram envoltas por gaiolas foliares (24 cm de comprimento x 30 cm de largura) confeccionadas com tela antiafídica (Figura 1) a fim de evitar parasitismo natural por *A. lopezi*. Assim que os indivíduos atingiram o 3º instar, fase de preferência de parasitismo, 20 ninfas foram transferidas para plantas

do mesmo genótipo, deixadas por um período de 24 h para se fixarem e após esse período foram oferecidas a fêmeas já acasaladas do parasitoide (48 horas após sua emergência), conforme metodologia descrita por Souissi e Le Rü (1997a, b). Foi utilizada uma fêmea do parasitoide por folha, sendo esta mantida nas folhas por meio de gaiolas foliares (figura 1). O parasitismo foi permitido por 24 h, após o qual as fêmeas eram transferidas para uma nova folha infestada contendo novamente 20 ninfas de *P. manihoti* e assim sucessivamente até a sua morte.



Figura 1. Gaiolas foliares utilizadas para avaliação dos parâmetros biológicos de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, 2013.

As folhas contendo as cochonilhas parasitadas foram mantidas envoltas pelas gaiolas foliares por 12 dias, para o desenvolvimento do parasitoide, conforme metodologia descrita por Souissi e Le Rü (1997a). Após este período, o número de múmias foi quantificado e as mesmas foram coletadas com pincel fino e individualizadas em tubos de vidro ($25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 14 horas) até a emergência do parasitoide.

Foi determinado a duração dos períodos de oviposição e de pós-oviposição, longevidade, fecundidade, número de parasitoides emergidos porcentagem de sobrevivência, razão sexual do parasitoide e ciclo evolutivo.

2.5 Tabela de vida e fertilidade

A partir dos dados de sobrevivência e oviposição de cada fêmea, foi elaborada a tabela de vida e fertilidade conforme descrito por Silveira Neto *et al.* (1976).

Para realizar a tabela de vida e fertilidade calculou-se o número de descendentes produzidos por fêmea (m_x) em cada data de oviposição (x), considerando o total de fêmeas de cada geração, o índice de sobrevivência acumulado de fêmeas (l_x) e o número de descendentes que atingiram a idade x na geração seguinte ($l_x.m_x$). Com base nestas informações foram estimados os seguintes parâmetros para cada genótipo:

- Taxa líquida de reprodução (R_0): estimativa do número médio de fêmeas gerado por fêmea ao longo do período de oviposição, que chegarão a geração seguinte. Este parâmetro indica quantas vezes a população cresceu no intervalo de uma geração.
- Intervalo entre gerações (T): tempo médio entre a postura de uma geração e a postura da geração seguinte (intervalo de ovo a ovo);
- Taxa intrínseca de crescimento (r_m): fator relacionado com a velocidade da população, quanto maior seu valor maior é o crescimento da população;
- Tempo médio para duplicar (TD): o tempo necessário para a população duplicar em número.

Os parâmetros da tabela de vida e fertilidade foram calculados pelas seguintes fórmulas (SILVEIRA NETO *et al.*, 1976):

$$R_0 = \sum m_x.l_x$$

$$T = \frac{\sum m_x.l_x.x}{\sum m_x.l_x}$$

$$r_m = \frac{LN(R_0)}{T}$$

$$TD = \frac{LN(2)}{r_m}$$

2.6 Análise estatística

Aplicou-se o teste de Shapiro-Wilk's ($p < 0,05$) para testar a normalidade do conjunto de dados, utilizando-se o software Action (2011). Os dados foram transformados em $\sqrt{x} + 0,5$ e submetidos à análise de variância e aplicado o teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) quando pertinente, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (Versão 5.0). Foi realizada a correlação de Person entre todas as variáveis avaliadas para *A. lopezi* e *P. manihoti* (dados do capítulo 1), utilizando-se o programa estatístico SAEG 9.0 (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Parâmetros biológicos de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* alimentadas em diferentes genótipos de mandioca

A alimentação de *P. manihoti* em diferentes genótipos de mandioca influenciou o desenvolvimento e reprodução de *A. lopezi* (Tabelas 1 e 2).

A duração média do período de oviposição de *A. lopezi* foi afetada pelos diferentes genótipos de mandioca hospedeiros de *P. manihoti*. Este parâmetro formou cinco grupos e foi maior nos parasitoides desenvolvidos no grupo formado pelos genótipos 1030/2007, 525/2007 e IAC Capora (19,83; 19,33 e 19,42 dias, respectivamente) quando comparadas as demais grupos que variaram de 14,33 (MEcu72) a 18,58 dias (737/2007). Já o período de pós-oviposição não foi influenciado pelos genótipos testados, variando de 1,5 a 3,0 dias (Tabela 1).

Soussi e Le Ru (1997 a, b) verificaram que os períodos de oviposição e de pós-oviposição de *A. lopezi* não são influenciados pelo nível de resistência ou suscetibilidade dos genótipos de mandioca a *P. manihoti*. Os autores obtiveram uma duração média de 16,92 a 18,91 dias para o período de oviposição de *A. lopezi*, semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Porém, para os mesmos autores o período de pós-oviposição variou de 1,00 a 3,09 dias.

A longevidade de *A. lopezi* variou em função dos genótipos avaliados, verificando-se que a duração deste período foi maior quando seu hospedeiro foi criado no grupo dos genótipos 525/2007 (21,67 dias), 553/2007 (21,33 dias), 1030/2007 (22,25 dias), 737/2007 (21,17 dias) e IAC Capora (20,67 dias) e menor no genótipo MEcu 72 (15,83 dias) formando um grupo isolado (Tabela 1). Diferindo de resultados encontrados na literatura onde não há influência de genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência ao hospedeiro na longevidade de *A. lopezi* (SOUSSI e LE RÜ, 1997a). Para estes autores a longevidade variou de 18,89 a 21,75 dias, resultados semelhantes aos encontrados na presente pesquisa, exceto no genótipo MEcu 72 que resultou na menor duração da longevidade de fêmeas de *A. lopezi* dentre todos os genótipos avaliados (15,83 dias).

A longevidade de parasitoides é determinada, principalmente, pela dieta a qual os parasitoides são submetidos (BARBOSA *et al.*, 2011) demonstrando que a menor longevidade dos parasitoides nas cochonilhas alimentadas na genótipo MEcu

72 pode ser em função da inadequação nutricional que a mesma proporcionou a *P. manihoti* e conseqüentemente ao parasitoide.

Tabela 1. Duração (dias) (média \pm EP) dos períodos de oviposição e pós-oviposição e longevidade de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Períodos		Longevidade
	Oviposição	Pós-oviposição	
Cascuda	16,25 \pm 0,38 d ^{1,2}	2,08 \pm 0,25 a	18,33 \pm 0,61 c
Olho Junto	17,42 \pm 0,45 c	2,50 \pm 0,34 a	19,92 \pm 0,58 b
Fécua Branca	15,91 \pm 0,34 d	2,75 \pm 0,29 a	18,67 \pm 0,52 c
Baianinha	16,17 \pm 0,58 d	2,75 \pm 0,35 a	18,92 \pm 0,71 c
Corrente	17,17 \pm 0,35 c	2,92 \pm 0,30 a	20,08 \pm 1,11 b
IAC 14	18,08 \pm 0,35 b	2,33 \pm 0,24 a	20,41 \pm 0,54 b
IAC 90	17,92 \pm 0,49 b	2,75 \pm 0,34 a	20,67 \pm 0,45 b
IAC Capora	19,42 \pm 0,51 a	2,42 \pm 0,39 a	21,83 \pm 0,55 a
B 36 / 2007	16,00 \pm 0,44 d	2,42 \pm 0,15 a	18,42 \pm 0,49 c
B125 / 2007	17,17 \pm 0,60 c	2,92 \pm 0,35 a	20,08 \pm 0,60 b
525 / 2007	19,33 \pm 0,43 a	2,33 \pm 0,31 a	21,67 \pm 0,39 a
553 / 2007	18,25 \pm 0,67 b	3,08 \pm 0,25 a	21,33 \pm 0,74 a
737 / 2007	18,58 \pm 0,41 b	2,58 \pm 0,31 a	21,17 \pm 0,47 a
586 / 2007	15,58 \pm 0,31 d	2,33 \pm 0,34 a	17,92 \pm 0,55 c
859 / 2007	16,00 \pm 0,38 d	3,00 \pm 0,23 a	19,00 \pm 0,47 c
913 / 2007	17,00 \pm 0,58 c	2,58 \pm 0,31 a	19,58 \pm 0,53 b
1030 / 2007	19,83 \pm 0,27 a	2,42 \pm 0,39 a	22,25 \pm 0,40 b
MEcu 72	14,33 \pm 0,54 e	1,50 \pm 0,16 a	15,83 \pm 0,68 d
Peru 334	16,50 \pm 0,39 c	2,50 \pm 0,31 a	19,00 \pm 0,41 c
CV (%)	4,23	17,04	4,41

¹Dados originais apresentados. Para análise foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$;

²Médias \pm EP seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

A maior fecundidade e número de parasitoides emergidos foram observados no grupo formado pelo genótipo IAC 14 (127,67 ovos por fêmea com 125,92 parasitoides emergidos). Já a menor fecundidade e número de parasitoides emergidos foram obtidos nas fêmeas criadas no genótipo IAC 90 formando um grupo isolado (95,50 ovos por fêmea com 93,33 parasitoides emergidos). Destaca-se a fecundidade obtida por fêmeas de *A. lopezi* sobre cochonilha alimentada do grupo formado de genótipos 1030/2007, 859/2007 e Cascuda com elevadas taxas de fecundidade (122,00; 123,17 e 122,17 ovos por fêmea, respectivamente) (Tabela 2). Com exceção do genótipo Cascuda, os genótipos que proporcionaram maiores fecundidades de *A. lopezi* foram considerados suscetíveis a *P. manihoti* (Capítulo 1).

Também se sobressaem os genótipos 913/2007, Peru 334 e IAC Capora com os menores valores de fecundidade depois dos obtidos no genótipo IAC 90 (101,75; 101,17 e 100,25 ovos por fêmea, respectivamente). Salientando que estes genótipos tiveram comportamento de resistência a *P. manihoti* (Capítulo 1). Neste sentido, estes resultados corroboram com os encontrados por Soussi e Le Rü (1997b) que observaram que a fecundidade de *A. lopezi* sobre *P. manihoti* é significativamente maior quando o hospedeiro é alimentado em genótipo de mandioca suscetível. Estes autores encontraram valores semelhantes de fecundidade (93,7 a 128,6 ovos por fêmea) aos obtidos no presente trabalho.

As espécies de parasitoides das cochonilhas da parte aérea de mandioca permitem o desenvolvimento de seu hospedeiro mesmo após o parasitismo (CALATAYUD *et al.*, 2001) o que também pode ser constatado no presente estudo com *A. lopezi* sobre *P. manihoti*. Parasitoides cenobiontes se adaptam a expectativa de qualidade que o hospedeiro pode atingir no decorrer do parasitismo. Para assegurar o sucesso de parasitismo os parasitoides cenobiontes flexibilizam seu desenvolvimento larval de acordo com as expectativas de parasitismo (HARVEY *et al.*, 1994).

Neste sentido, é possível considerar que alterações bioquímicas da seiva podem não só influenciar o desempenho biológico do hospedeiro como também do seu parasitoide. Assim, pode se destacar que aumento da fecundidade de *A. lopezi* sobre cochonilhas alimentadas de diferentes genótipos de mandioca estão relacionados a melhores condições nutricionais das mesmas durante o desenvolvimento larval, destacando que o genótipo onde se obteve maior fecundidade de *A. lopezi* também gerou fêmeas mais fecundas de *P. manihoti*, exceto para o genótipo Cascuda (Capítulo 1).

O tamanho do hospedeiro, determinado pela qualidade nutricional do seu alimento, parece estar intimamente e positivamente relacionado com a qualidade nutricional requerida pelos parasitoides (WANG e MESSENG, 2003). Compostos secundários de defesa de plantas a herbívoros afetam também, indiretamente, os inimigos naturais, pois gera hospedeiros menores e com menos qualidade nutricional (CÔNSOLI e VINSON, 2009). Nesse sentido, Tertuliano *et al.* (1993) e Souissi e Le Rü (1998b), verificaram que *P. manihoti* alimentada de genótipos resistentes geravam indivíduos menores e conseqüentemente este fator pode influenciar no parasitoide em função da qualidade nutricional do hospedeiro durante

o desenvolvimento da forma jovem do parasitoide ou ainda, repelir a fecundidade em função da deficiência nutricional detectada pela fêmea do parasitoide durante as tentativas de parasitismo (SOUISSI e LE RÜ, 1997b).

Assim, pode inferir que a redução da fecundidade de *A. lopezi* em cochonilhas alimentadas dos genótipos IAC 90, IAC Capora e 913/2007 que apresentaram resistência a *P. manihoti* (Capítulo 1), possivelmente seja em função da nutrição inadequada que o parasitoide teve durante a fase jovem, uma vez que foi alimentada ao longo de todo seu desenvolvimento com este genótipo. Pois para avaliar a ação de genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência e suscetibilidade a *P. manihoti* na repelência de oviposição de *A. lopezi* são necessários estudos de preferência de oviposição com chance de escolha, parâmetro não avaliado nesta pesquisa.

Por outro lado, para o parâmetro a porcentagem de sobrevivência observa-se apenas um grupo entre os genótipos (Tabela 2). Este resultado pode indicar que a resposta defensiva de *P. manihoti* ao parasitismo, como o encapsulamento, foi semelhante quando a mesma foi submetida a cochonilhas alimentadas de diferentes genótipos de mandioca (Tabela 2).

A razão sexual dos parasitoides *A. lopezi* foi afetada quando os parasitoides ovipositaram sobre a cochonilha *P. manihoti* alimentadas em diferentes genótipos de mandioca. Este componente foi mais elevado, com maior número de fêmeas, quando *A. lopezi* parasitaram cochonilhas alimentadas com as plantas do grupo dos genótipos IAC 14 (0,62), 553/2007 (0,58), 1030/2007 (0,67), 586/2007 (0,68), 525/2007 (0,62), Baianinha (0,59), Olho Junto (0,61) e 913/2007 (0,62), sendo que nos demais grupos a razão sexual variou de 0,30 a 0,48, com maior proporção de machos (Tabela 2). Salientando que os genótipos que tiveram maiores proporções de fêmeas do parasitoide, com exceção dos genótipos Olho Junto e 913/2007, foram consideradas suscetíveis a *P. manihoti* (Capítulo 1).

A razão sexual de parasitoides geralmente esta relacionada com as características nutricionais e tamanho do hospedeiro detectado no momento do parasitismo. Para *A. lopezi* verifica-se que sua razão sexual está relacionada positivamente com o tamanho das ninfas de *P. manihoti* (SHULTHESS *et al.*, 1997a). Assim como, genótipos mais suscetíveis a *P. manihoti* geram indivíduos de maior tamanho (TERTULIANO *et al.*, 1993; SOUISSI e LE RÜ, 1998b), podendo indicar que os genótipos que resultaram em maiores valores de razão sexual de *A.*

lopezi e que também apresentaram comportamento suscetível a *P. manihoti* (Capítulo I), podem estar originando hospedeiros maiores influenciando, neste sentido, positivamente a proporção sexual de *A. lopezi*.

A duração do ciclo evolutivo também foi afetada pelos genótipos em que os hospedeiros de *A. lopezi* foram criados. Para esta variável formou-se dois grupos sendo que a menor duração média obtida foi no grupo formado pelos genótipos 913/2007 (19,50 dias), IAC 90 (19,75 dias), IAC Capora (20,08 dias) IAC 14 (21,17 dias), Peru 334 (21,33 dias), Fécula Branca (21,67 dias), B125/2007 (22,17 dias), Olho Junto (22,42 dias) e 859/2007 (22,50 dias) (Tabela 2), o outro grupo formado pelos demais genótipos apresentaram ciclos variando de 23,58 a 28,42 dias.

O tempo de desenvolvimento de parasitoides também é uma característica da qualidade nutricional dos hospedeiros (BOTTREL *et al.*, 1998). Assim é possível considerar que os menores tempos de desenvolvimento de *A. lopezi* sobre cochonilhas alimentadas de diferentes genótipos de mandioca estão relacionados a melhores condições nutricionais das mesmas. Porém este parâmetro biológico parece não estar envolvido com a resistência observada nos diferentes genótipos a *P. manihoti* (Capítulo 1), tendo em vista que os genótipos que demonstraram menor tempo de desenvolvimento de *A. lopezi* apresentam diferentes níveis de resistência e suscetibilidade a *P. manihoti* (Capítulo 1). Bem como não esta associada a razão sexual, onde era esperado que aquelas que tiveram uma menor proporção de fêmeas apresentassem ciclo menor, em virtude dos machos dos parasitoides geralmente levarem menos tempo para se desenvolverem, enquanto que fêmeas demandam mais tempo e mais nutrientes (ODEBIYI e BOKONON-GANTA, 1986).

Tabela 2. Média \pm EP da fecundidade (número de ovos por fêmea), número de parasitoides emergidos, porcentagem de sobrevivência dos parasitoides, razão sexual e ciclo evolutivo (dias) de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Fecundidade	N° parasitoides emergidos	Porcentagem de sobrevivência	Razão sexual	Ciclo evolutivo
Cascuda	122,17 \pm 0,90 b ^{1,2}	119,83 \pm 1,54 c	98,06 \pm 0,83 a	0,33 \pm 0,12 c	26,58 \pm 2,69 b
Olho Junto	106,58 \pm 0,97 e	104,25 \pm 0,88 f	97,82 \pm 0,37 a	0,61 \pm 0,14 a	22,42 \pm 0,79 a
Fécua Branca	111,42 \pm 1,52 d	109,92 \pm 1,43 e	98,67 \pm 0,24 a	0,36 \pm 0,09 c	21,67 \pm 1,07 a
Baianinha	112,75 \pm 0,82 d	110,75 \pm 0,90 e	98,22 \pm 0,37 a	0,59 \pm 0,15 a	25,17 \pm 2,08 b
Corrente	111,92 \pm 1,13 d	110,25 \pm 1,11 e	98,51 \pm 0,13 a	0,47 \pm 0,12 b	23,58 \pm 1,31 b
IAC 14	127,67 \pm 0,89 a	125,92 \pm 0,88 a	98,63 \pm 0,31 a	0,62 \pm 0,12 a	21,17 \pm 1,69 a
IAC 90	95,50 \pm 1,20 g	93,33 \pm 1,40 h	97,70 \pm 0,59 a	0,48 \pm 0,16 b	19,75 \pm 0,53 a
IAC Capora	100,25 \pm 1,10 f	98,42 \pm 1,01 g	98,18 \pm 0,22 a	0,36 \pm 0,14 c	20,08 \pm 1,27 a
B 36 / 2007	118,42 \pm 1,33 c	115,50 \pm 1,29 d	97,54 \pm 0,41 a	0,42 \pm 0,15 b	28,42 \pm 2,90 b
B125 / 2007	106,58 \pm 1,05 e	104,58 \pm 1,03 f	98,13 \pm 0,23 a	0,44 \pm 0,09 b	22,17 \pm 0,73 a
525 / 2007	118,25 \pm 0,89 c	116,67 \pm 0,88 d	98,66 \pm 0,13 a	0,62 \pm 0,09 a	25,92 \pm 0,77 b
553 / 2007	118,25 \pm 0,89 c	116,08 \pm 0,98 d	98,16 \pm 0,20 a	0,58 \pm 0,03 a	25,25 \pm 0,98 b
737 / 2007	105,58 \pm 1,54 e	103,58 \pm 1,61 f	98,10 \pm 0,24 a	0,37 \pm 0,09 c	24,17 \pm 1,08 b
586 / 2007	118,67 \pm 0,79 c	117,08 \pm 0,75 d	98,67 \pm 0,13 a	0,68 \pm 0,09 a	24,25 \pm 0,79 b
859 / 2007	123,17 \pm 0,97 b	121,50 \pm 0,93 b	98,65 \pm 0,19 a	0,44 \pm 0,12 b	22,50 \pm 0,56 a
913 / 2007	101,75 \pm 1,36 f	99,67 \pm 1,47 g	97,95 \pm 0,60 a	0,62 \pm 0,09 a	19,50 \pm 0,78 a
1030 / 2007	122,00 \pm 0,74 b	119,83 \pm 0,82 c	98,22 \pm 0,19 a	0,67 \pm 0,09 a	25,25 \pm 1,31 b
MEcu 72	120,33 \pm 0,64 c	118,17 \pm 0,79 c	98,19 \pm 0,34 a	0,30 \pm 0,09 c	28,42 \pm 2,40 b
Peru 334	101,17 \pm 1,26 f	99,25 \pm 1,19 g	98,10 \pm 0,34 a	0,42 \pm 0,15 b	21,33 \pm 0,81 a
CV (%)	1,60	1,73	0,61	5,71	9,47

¹Dados originais apresentados. Para análise foram transformados em $\sqrt{x + 0,5}$;

²Médias \pm EP seguidas pelas mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

3.2 Tabela de vida e Fertilidade

Os dados da tabela de vida e fertilidade elaborada para *A. lopezi* foram diferentemente influenciados pelos genótipos utilizados na alimentação de seu hospedeiro, *P. manihoti* (Tabela 3).

As taxas líquidas de reprodução (R_0) observadas para população de *A. lopezi* sobre *P. manihoti* alimentadas de diferentes genótipos de mandioca variaram de 36,09 para o genótipo IAC Capora a 81,79 vezes a cada geração para o genótipo 1030/2007 (Tabela 3). Este valor indica o quanto à alimentação de *P. manihoti* sobre os genótipos no campo podem interferir no crescimento populacional do parasitoide *A. lopezi*. Considerando a média de R_0 entre os genótipos ser de 49,73 vezes indica que *A. lopezi* sobre cochonilhas alimentadas do genótipo 1030/2007 tem capacidade de aumentar cerca de 67% a mais quando comparada a média geral, e que o genótipo IAC Capora influencia negativamente, porém de maneira baixa, este parâmetro em cerca de 27% em relação a média geral.

A mesma tendência observada para fecundidade e razão sexual de *A. lopezi* (Tabela 2) sobre cochonilhas alimentadas de diferentes genótipos foi constatada nos valores de R_0 . Nos trabalhos realizados por Souissi e Le Ru (1997b) não foi possível correlacionar a resistência ou suscetibilidade de diferentes genótipos a *P. manihoti* ao valor de R_0 de *A. lopezi*. Estes autores observaram valores diferentes para esta taxa aos encontrados no presente trabalho, relatando que este parâmetro variou de 35,7 a 54,0 vezes. Embora estes autores tenham observado valores de fecundidade semelhantes aos encontrados neste trabalho, os mesmos observaram altas taxas de inviabilidade dos ovos o que pode ter influenciado negativamente o R_0 , evento que não ocorreu neste trabalho.

O baixo valor de R_0 observado no presente trabalho para a genótipo IAC Capora pode ser atribuído principalmente a baixa razão sexual de *A. lopezi* em *P. manihoti* alimentada deste genótipo conforme observado na Tabela 2. Assim como, o elevado valor de R_0 para o genótipo 1030/2007 pode ser atribuído a elevada fecundidade das fêmeas criadas sobre *P. manihoti* alimentada deste hospedeiro, assim como, sua elevada razão sexual (Tabela 2). Este parâmetro é fortemente influenciado em *P. manihoti* quando as mesmas são alimentadas de genótipos resistentes (Capítulo 1), chegando a diminuir a taxa de reprodução em 55% em

genótipos resistentes quando comparada a média geral dos genótipos avaliados, porém para *A. lopezi* os genótipos resistentes à cochonilha não influenciaram tão intensamente a taxa de reprodução do parasitoide, chegando a diminuir apenas 27% quando comparadas a média geral.

O tempo médio de uma geração (T) de *A. lopezi* variou em razão do genótipo alimentado pelo seu hospedeiro (Tabela 3). A menor duração de uma geração foi verificado no genótipo MEcu 72 (20,5 dias) e a maior em 553/2007 (29 dias). Se considerarmos a presença do hospedeiro e seu parasitoide se reproduzindo o ano todo podemos ter 17,8 e 12,6 gerações por ano para parasitoides sobre cochonilhas alimentados dos genótipos MEcu 72 e 553/2007, respectivamente. Souissi e Le Rü (1997b) verificando o tempo médio de geração de *A. lopezi* verificaram que este parâmetro foi significativamente maior em genótipo suscetível a *P. manihoti*. Estes autores relataram tempo de desenvolvimento de 29,4 a 31,3 dias em genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência a *P. manihoti*, valores maiores aos encontrados no presente trabalho.

A taxa intrínseca de crescimento populacional de *A. lopezi* foi maior quando seu hospedeiro se alimentou do genótipo 913/2007 (0,200) tendo em vista o seu tempo de geração ser curto (20,6 dias) e o valor de R_0 elevado (63,08 vezes). Já a menor taxa de intrínseca de crescimento populacional foi observada no genótipo 737/2007 (0,140) que teve longo tempo médio de geração (26,2 dias) e baixo valor de R_0 (39,06) (Tabela 3). A taxa intrínseca de crescimento populacional de *A. lopezi* sobre cochonilhas alimentadas com o genótipo 913/2007 aumentou cerca de 20% em comparação a média geral dos genótipos avaliados, e, ao contrário, quando o hospedeiro se alimentou do genótipo 737/2007 esta taxa diminuiu apenas cerca de 15%.

Interferências semelhantes dos genótipos na taxa intrínseca de crescimento populacional também foram observadas para *P. manihoti* (Capítulo 1), indicando que este parâmetro parece influenciar igualmente o desenvolvimento da cochonilha e seu parasitoide. Os resultados da taxa intrínseca de crescimento populacional do presente trabalho foram superiores aos observados por Soissi e Le Rü (1997b) para *A. lopezi* sobre *P. manihoti* alimentada de diferentes hospedeiros.

O tempo necessário para a população de *A. lopezi* se duplicar (TD) foi maior quando seu hospedeiro se alimentou do genótipo 737/2007 (4,95 dias) e menor no em 913/2007 (3,45 dias). Considerando que a população se reproduza o ano todo, a

população de *A. lopezi* pode se duplicar 73,74 vezes quando desenvolvidas sobre hospedeiro alimentado do genótipo 737/2007, e de 105,80 vezes no em 913/2007, cerca de 30% a mais que no primeiro genótipo e apenas cerca de 17% a mais que a média geral dos genótipos avaliados (87,74 vezes).

Os resultados demonstram que este parâmetro influenciou relativamente mais o parasitoide do que seu hospedeiro, *P. manihoti* (Capítulo 1). Porém, para Soissi e Le Rü (1997b) este parâmetro não foi influenciado significativamente pelo desenvolvimento de *A. lopezi* sobre *P. manihoti* alimentadas de genótipos com diferentes níveis de resistência ao hospedeiro. Para estes autores este parâmetro foi maior e variou de 5,25 a 6,08 dias.

Tabela 3. Tabela de vida e fertilidade de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Genótipos	Taxa líquida de reprodução (R ₀)	Tempo médio (dias) de uma geração (T)	Taxa intrínseca de aumento (r _m)	Tempo necessário (dias) para a população se duplicar (TD)
Cascuda	40,31	22,3	0,165	4,19
Olho Junto	65,01	24,2	0,172	4,02
Fécula Branca	40,11	21,9	0,168	4,11
Baianinha	66,52	24,1	0,174	3,99
Corrente	52,64	21,8	0,182	3,80
IAC 14	79,15	22,7	0,193	3,60
IAC 90	44,88	24,0	0,158	4,38
IAC Capora	36,09	21,4	0,167	4,14
B 36 / 2007	49,73	24,2	0,162	4,29
B125 / 2007	46,90	25,4	0,151	4,58
525 / 2007	73,31	27,9	0,154	4,50
553 / 2007	71,43	29,0	0,147	4,71
737 / 2007	39,06	26,2	0,140	4,95
586 / 2007	80,69	26,4	0,166	4,16
859 / 2007	48,73	26,1	0,149	4,65
913 / 2007	63,08	20,6	0,200	3,45
1030 / 2007	81,79	22,9	0,192	3,61
MEcu 72	36,10	20,5	0,174	3,97
Peru 334	42,49	25,0	0,150	4,61
Média	49,73	24,1	0,166	4,16

Considerando os resultados obtidos na tabela de vida de *A. lopezi* (Tabela 3) e de *P. manihoti* (Capítulo 1) pode-se inferir que a taxa líquida de reprodução (R₀) da população de *A. lopezi* foi relativamente menor (49,73 vezes considerando a média geral dos genótipos) ao encontrado para *P. manihoti* (217,70 vezes

considerando a média geral dos genótipos) (Capítulo 1). Ou seja, quando verificamos apenas este parâmetro (R_0) a população de *P. manihoti* tem capacidade de aumentar em cerca de 337% sua população no campo quando comparada a população de *A. lopezi*. Porém, quando comparamos as médias gerais da taxa intrínseca de aumento (r_m) verificamos que este parâmetro é maior na população de *A. lopezi* sobre hospedeiros alimentados de diferentes genótipos (0,166) ao encontrado em *P. manihoti* (0,120) cerca de 38%.

Neste sentido, este valor indica que a população de *A. lopezi* tem maior capacidade inata de aumentar em número quando comparada a *P. manihoti*, conseqüentemente, considerando que cochonilha e parasitoide estejam se reproduzindo o ano todo. *A. lopezi* também pode duplicar sua população mais vezes por ano (87,74 vezes) enquanto que *P. manihoti* pode duplicar a população 63,36 vezes no mesmo período. Estes dados explicam, em parte e sob condições controladas, a eficiência do controle biológico de *P. manihoti* por *A. lopezi* onde o parasitoide foi liberado. Com estes dados é possível supor que há interferência no desenvolvimento de *A. lopezi* na região Centro-Sul do Brasil onde a mesma foi observada parasitando *P. manihoti*, pois este parasitoide, embora tenha capacidade de controlar eficientemente a cochonilha, não esta conseguindo suprir a população da praga que vem crescendo nos últimos anos (PIETROWSKI *et al.*, 2010).

As fêmeas do parasitoide *A. lopezi* apresentaram comportamento de busca e oviposição assim que foram colocadas em contato com *P. manihoti* (Figura 2). Quando se observa a taxa de oviposição de *A. lopezi* ao longo dos dias de vida da fêmea, é possível notar que ocorreu mudança no padrão de acordo com o genótipo onde o hospedeiro se desenvolveu. A maioria das fêmeas de *A. lopezi* teve pico de oviposição no 6^o dia. Porém, este período foi menor para os parasitoides sobre ninfas de *P. manihoti* alimentadas nos genótipos B36, MEcu 72 e Cascuda onde o pico de oviposição ocorreu no 4^o dia de oviposição. Assim como, para IAC 14 e Fécula Branca onde o pico de oviposição ocorreu no 5^o dia. Além disso, este período alongou-se para o 7^o dia nas fêmeas sobre hospedeiro alimentado do genótipo 525/2007 e 8^o dia quando o hospedeiro se alimentou nos genótipos 553/2007 e 859/2007.

Resultados semelhantes foram obtidos por Souissi e Le Rü (1997b), onde o pico de oviposição de *A. lopezi* ocorreu no 6^o dia na maioria dos hospedeiros avaliados, não observando diferença deste parâmetro quanto a resistência ou

suscetibilidade dos genótipos de mandioca a *P. manihoti*. Porém, estes autores verificaram que fêmeas expostas a cochonilhas alimentadas de hospedeiro alternativo (*Talinum triangulare* Willd) adiantam o pico de oviposição para o 1º dia.

Os parasitoides que se desenvolveram na maioria dos genótipos avaliados apresentaram no 7º dia mais de 50% do total de ovos, com queda contínua até o término da oviposição (Figura 2). Contudo, em cochonilhas alimentadas dos genótipos Cascuda, IAC Capora, Corrente, 737/2007, 586/2007 e 1030/2007 este período se alongou para 8º dia e nos genótipos B125/2007 e 859/2007 a marca de 50% do total de ovos só foi atingida no 9º dia. Este parâmetro parece não estar envolvido com fatores de resistência de genótipos de mandioca a *P. manihoti*. (SOUISSI e LE RÜ, 1997b). Estes autores encontraram valores semelhantes aos obtidos no presente trabalho demonstrando que a fêmea de *A. lopezi* tem capacidade de colocar 50% dos seus ovos nos primeiros sete a nove dias de oviposição em genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência e suscetibilidade a *P. manihoti* (Capítulo 1).

Na maioria dos genótipos a taxa de sobrevivência de fêmeas de *A. lopezi* se manteve constante até o 14º dia, porém, para MEcu 72 e Fécula Branca este parâmetro diminuiu a partir do 11º e 12º dia respectivamente. A taxa de sobrevivência se manteve nos genótipos Olho Junto, IAC 90 e Corrente até o 15º dia, para IAC 14 até o 16º dia, para Capora, 737/2007 e 525/2007 até o 17º dia e para 1030/2007 até o 18º dia (Figura 2). Soussi e Le Rü (1997b) observaram que em genótipos de mandioca com diferentes níveis de resistência a *P. manihoti* a taxa de sobrevivência de fêmeas de *A. lopezi* se manteve até o 13º dia, diferentemente dos resultados encontrados no presente estudo onde este período alongou-se até o 18º dia, indicando que as genótipos utilizadas no presente estudo, exceto MEcu 72 e Fécula Branca, favoreceram a sobrevivência de fêmeas de *A. lopezi*.

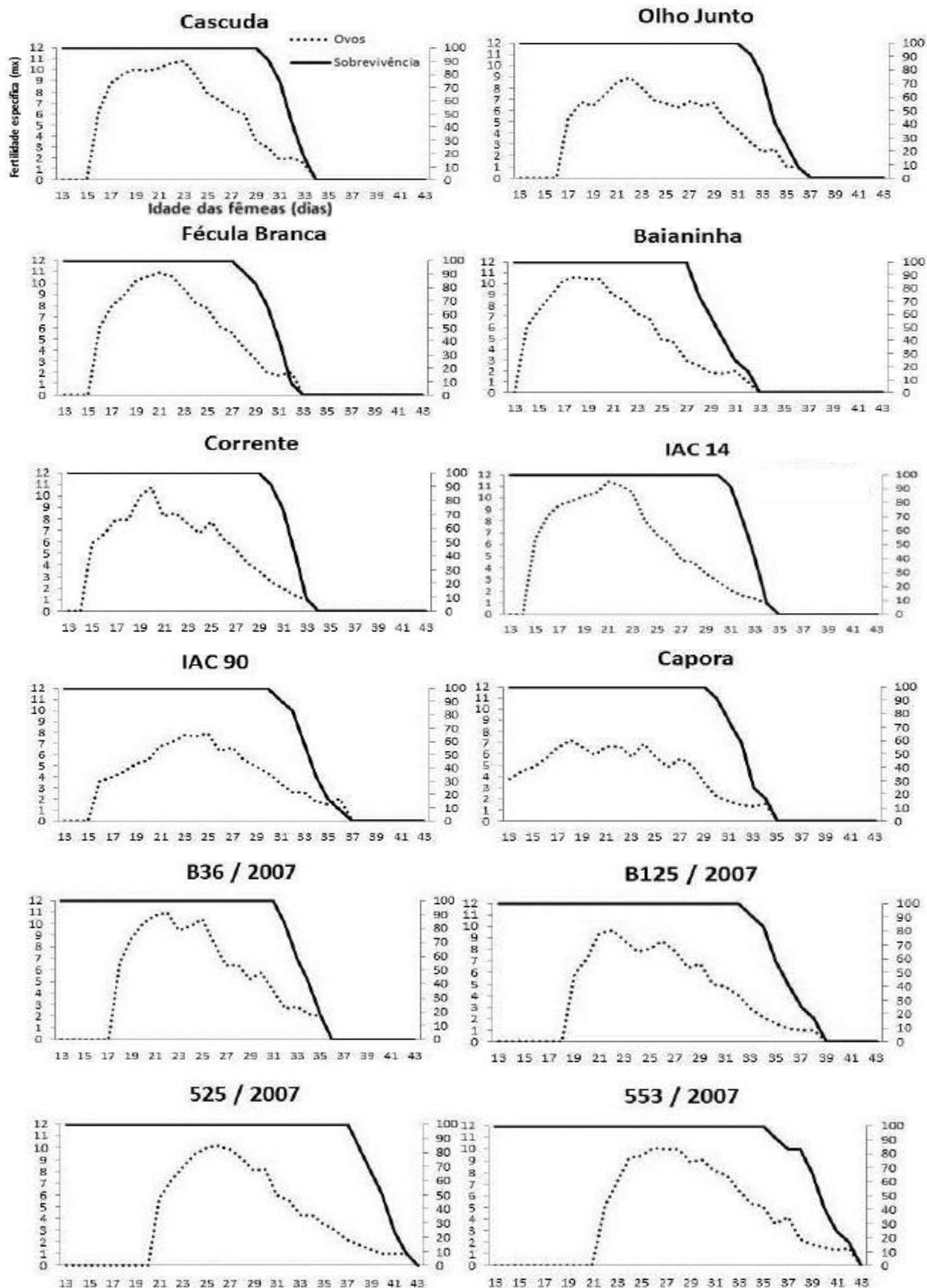


Figura 2. Ritmo de oviposição e sobrevivência de adultos (%) de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

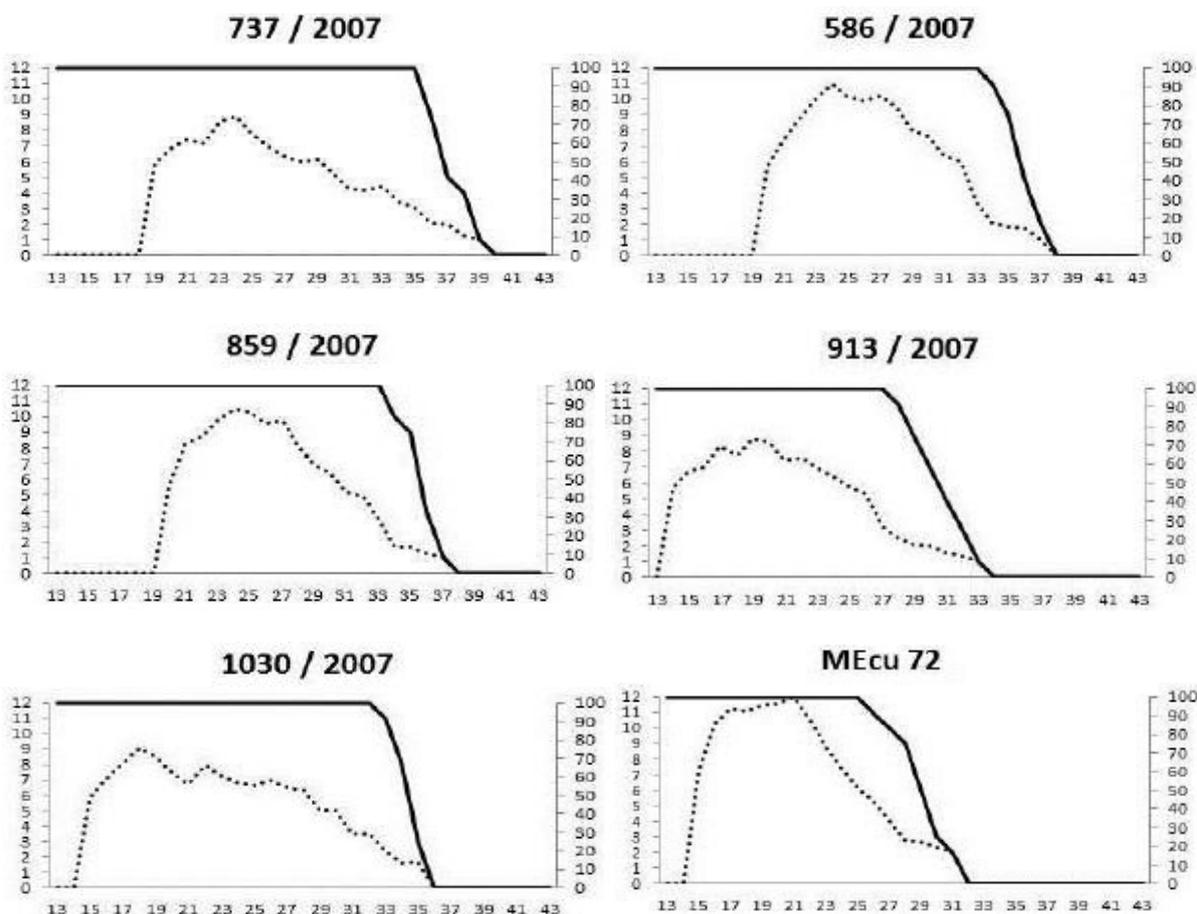


Figura 2. Ritmo de oviposição e sobrevivência de adultos (%) de *Anagyrus lopezi* sobre *Phenacoccus manihoti* criadas em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Apenas para fecundidade obteve-se significância na correlação ($P=0,0039$) entre as variáveis observadas em *A. lopezi* e *P. manihoti*. Em função do $R=0,59$ observou-se correlação positiva entre a fecundidade de *A. lopezi* e seu hospedeiro *P. manihoti*, indicando que genótipos suscetíveis à cochonilha também influenciam positivamente a fecundidade do seu parasitoide (Figura 3).

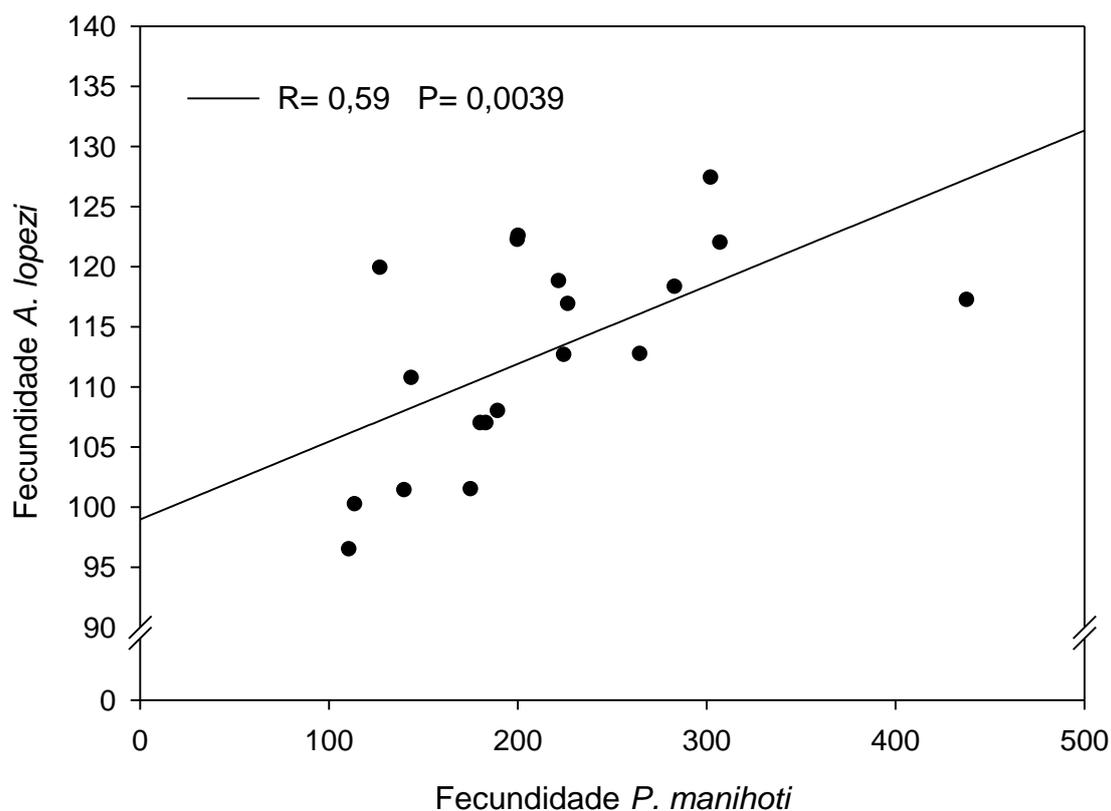


Figura 3. Correlação entre a fecundidade de *Anagyrus lopezi* e *Phenacoccus manihoti* em diferentes genótipos de mandioca, *Manihot esculenta*. Marechal Cândido Rondon/PR, Janeiro 2013.

Resultados semelhantes foram observados por Souissi e Le Rü (1997a, b) estudando a relação entre a planta hospedeira de *P. manihoti* sobre *A. lopezi*. Os autores revelaram que mandioca com alto nível de resistência do tipo antibiose apresenta também efeito deletério sobre sobrevivência e desenvolvimento de *A. lopezi*. Assim como, a resistência do tipo antibiose para *P. manihoti* se correlaciona negativamente com o tamanho de fêmeas de *A. lopezi* (SOUISSI e LE RÜ, 1998b). Neste sentido, acredita-se que *A. lopezi* seleciona seus hospedeiros em função da baixa resistência do tipo antibiose do hospedeiro de *P. manihoti* (CALATAYUD e LE RÜ, 2006).

A interação da resistência da planta a *P. manihoti* também pode ser observada sobre outros inimigos naturais. O desenvolvimento do predador *Exochomus flaviventris* Mader (Coleoptera: Coccinellidae) foi influenciado negativamente quando se alimentaram de *P. manihoti* criadas sobre genótipos com resistência do tipo antibiose, embora seu desempenho não tenha se modificado (LE RÜ e MITSIPA, 2000; LE RÜ e MITSIPA, 2002). A ação negativa da resistência de

plantas sobre no hospedeiro influenciando parasitoides e predadores são descritos em outros trabalhos (LARA *et al.*, 1997; GONÇALVES-GERVÁSIO *et al.*, 2000; SOGLIA *et al.*, 2006; PRATT, 2008; CHAPLIN-KRAMER, *et al.*, 2011; KOS, *et al.*, 2011)

Os resultados deste estudo demonstram que existe relação entre as plantas que serviram de alimento para o hospedeiro de *A. lopezi* e o desenvolvimento e reprodução deste parasitoide. Embora os resultados demonstrem que genótipos resistentes deletérios a *P. manihoti* também afetem negativamente seu parasitoide, *A. lopezi*, estes efeitos não são expressos de forma tão intensa. Além disso, a expressão do parasitismo depende de outros fatores, principalmente condições ambientais e práticas de cultivo, sendo fundamental avaliar estes e outros materiais também a campo, pois a ação de *A. lopezi* pode ser alterada.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento de *A. lopezi* foi influenciado pela alimentação de *P. manihoti* sobre os genótipos avaliados;

Genótipos resistentes a *P. manihoti*, apresentam efeito deletério na reprodução de *A. lopezi*.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACTION. **Software de estatística**, 2011. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/>>. Acesso em 01 ago. 2013.

AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 10 julho 2013.

BARBOSA, F. S.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; ARRUDA, L. N.; SANTOS, C. L. R. dos; PEREIRA, M. B. Potencial das flores na otimização do controle biológico de pragas para uma agricultura sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia** (Online), v. 6, n. 1, p. 101-110, 2011.

BARILLI, D. R.; PIETROWSKI, V.; WENGRAT, A. P. da S.; GAZOLA, D. Parâmetros biológicos da cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* Matile-ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Colombiana de Entomologia**. No prelo, 2014.

BELLOTTI, A. C.; ARIAS, B. V.; VARGAS, O. H.; REYES, J. A. Q.; GUERRERO, J. M. Insectos y acaros dañinos a la yuca y su control. In: OSPINA, B. ; CEBALLOS, H. (Eds.) **La yuca en el tercer milenio**: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. Cali : CIAT/CLAYUCA, n. 327, 2002. 586p.

BELLOTTI, A. ; CAMPO, B.V.H. ; HYMAN, G. Cassava production and pest management : present and potential threats in a changing environment. **Tropical Plant Biology** (Online), v. 5, n.1, p. 39-72, 2012.

BOTTRELL, D. G.; BARBOSA, P.; GOULD, F. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: A realistic strategy? **Annual Review Entomology** (Online), v. 43, p. 347-367, 1998.

CALATAYUD, P. A.; S ELIGMANN, C. D.; POLANIA, M. A.; BELLOTTI, A. C. A Influence of parasitism by encyrtid parasitoids on the feeding behaviour of the cassava mealybug *Phenacoccus herreni*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordresh, v.98, p.271-278, 2001.

CALATAYUD, P.A.; LE RÜ, B. **Cassava – Mealybug interactions**. Paris: Editora Institut de Recherche Pour le Développement (IRD), 2006. 112p.

CHAPLIN-KRAMER, R.; KLIEBENSTEIN, D. J.; CHIEM, A.; MORRILL, E.; MILLS, N. J.; KREMEN, C. Chemically mediated tritrophic interactions: opposing effects of glucosinolates on a specialist herbivore and its predators. **Journal Applied Ecology** (Online), v.48, p.880–887, 2011.

CÔNSOLI, F. L.; VINSON, S. B. Parasitoides (Hymenoptera). In: PANIZZI, A. R.; PARRA, R. P. (Eds.) **Bioecologia e nutrição de insetos**: base para o manejo integrado de pragas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 837-874.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GONÇALVES-GERVÁSIO, R. de C. R.; CIOCIOLA, A. I.; SANTA-CECÍLIA, L. V.; MALUF, W. R. Parasitismo de ovos de *Tuta absoluta* por *Trichogramma pretiosum* em diferentes genótipos de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1269-1274, 2000.

HARVEY, J. A.; HARVEY, I. F.; THOMPSON, D. J. Flexible larval growth allows use of a range of host sizes by parasitoid wasp. **Ecology**, Tempe, v. 75, p. 1420-1428, 1994.

HERREN, H. R.; NEUENSCHWANDER, P. Biological control of cassava pests in Africa. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 36, p. 257-283, 1991.

KOS, M.; KABOUW, P.; NOORDAM, R.; HENDRIKS, K.; VET, L.E.M.; VAN LOON, J. J. A.; DICKE, M. Prey-mediated effects of glucosinolates on aphid predators. **Ecological Entomology** (Online), v. 36, p. 377–388, 2011.

LARA, F. M.; FOSS, M. R. D. A.; BOIÇA JR., A. L.; TRIGO, J. G. Resistência de Genótipos de Sorgo a *Contarinia sorghicola* (Coq.) (Diptera: Cecidomyiidae) e *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera:Pyralidae) e Influência Sobre Parasitóides. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2 p. 327-333, 1997.

LE RÜ, B.; MITSIPA, A. Comparative life table statistics of *Exochomus flaviventris* reared on the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti*, fed on four host plants. **Insect Science and Its Application**, Kenya, v. 22, p. 175-182, 2002.

LE RÜ, B.; MITSIPA, A. Influence of the host plant of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* on life-history parameters of the predator *Exochomus flaviventris*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 95, p. 209-212, 2000.

ODEBIYI, J. A.; BOKONON-GANTA, A. H. Biology of *Epidinocarsis* [= *Apoanagyrus*] *lopezi* [Hymenoptera: Encyrtidae] an exotic parasite of cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* [Homoptera: Pseudococcidae] in Nigeria. **Entomophaga**, v. 31, n. 3, p.251-260, 1986. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02373334>>. Acesso em: 20 out. 2013.

PIETROWSKI, V. **Pragas da cultura da mandioca: percevejo de renda e cochonilhas**. 2009. Disponível em: <<http://www.cerat.unesp.br/compendio/palestras/palestra5.pdf>>. Acesso em 10 jul. 2013.

PIETROWSKI, V.; RINGENBERGER, R.; RHEINHEIMER, A.R.; BELLON, P.P.; GAZOLA, D.; MIRANDA, A.M. **Insetos-praga da cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Cândido Rondon, 40p. 2010. (Cartilha).

PRATT, C. Accumulation of glucosinolates by the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* as a defense against two coccinellid species. **Journal Chemical Ecology**, New York, v.34, p.323–329, 2008.

RHEINHEIMER, A. R. **Controle biológico e alternativo da cochonilha (*Phenacoccus manihoti*) na cultura da mandioca (*Manihot esculenta* CRANTZ).** Marechal Cândido Rondon, 2010. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

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

SOGLIA, M. C. M.; BUENO, V. H. P.; SAMPAIO, M. V.; RODRIGUES, S. M. M. S.; LEDO, C. A. S. Desenvolvimento e Parasitismo de *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) e *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Braconidae) em *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) em Duas Cultivares de Crisântemo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 364-370, 2006.

SOUISSI, R. The Influence of the Host Plant of the Cassava Mealybug *Phenacoccus manihoti* on the Plant and Host Preferences of Its Parasitoid *Apoanagyrus lopezi*. **Biological Control** (Online), v.15, n.1, p.64-70, 1999.

SOUISSI, R.; LE RÜ, B. Comparative life table statistics of *Apoanagyrus lopezi* reared on the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* fed on four host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v.85, n.2, p. 113-119, 1997a.

SOUISSI, R.; LE RÜ, B. Effect of host plants on fecundity and development of *Apoanagyrus lopezi*, an endoparasitoid of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 82, n.2, p. 235-238, 1997b.

SOUISSI, R.; NÉNON, J.P.; LE RÜ, B. Olfactory responses of parasitoid *Apoanagyrus lopezi* to odor of plants, mealybugs, and plant-mealybug complexes. **Journal of Chemical Ecology**, v.24, n.1, 1998a.

SOUISSI, R.; NÉNON, J.P.; LE RÜ, B. Tritrophic interactions between host plants, the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hom., Pseudococcidae) and its parasitoid *Apoanagyrus lopezi* (De Santis) (Hym., Encyrtidae). **Journal Applied Entomology**, Berlin, v.122, n.1, 1998b.

SCHULTHESS, F.; NEUENSCHWANDER, P.; GOUNOU, S. Multi-trophic interactions in cassava, *Manihot esculenta*, cropping systems in the subhumid tropics of West Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.66, p.211-222, 1997. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880997000959#>>. Acesso em: 02 ago 2013.

TERTULIANO, M.; DOSSOU-GBETE, S.; LE RÜ, B. Antixenotic and antibiotic components of resistance to the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Hom., Pseudococcidae), in various host-plants. **Insect Science and Its Application**, Kenya, v. 5, p. 657-665, 1993.

WANG, X. G.; MESSING, R. H. Fitness consequences of body-size-dependent host species selection in a generalist ectoparasitoid. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, New York, v. 56, p. 513-522, 2003.

