



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

DIEGO GAZOLA

**PRÁTICAS CULTURAIS E COMPOSTOS SECUNDÁRIOS NO
MANEJO DA COCHONILHA *Phenacoccus manihoti* MATILE-
FERRERO (HEMIPTERA:
PSEUDOCOCCIDAE) EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

Londrina
2017

DIEGO GAZOLA

**PRÁTICAS CULTURAIS E COMPOSTOS SECUNDÁRIOS NO
MANEJO DA COCHONILHA *PHENACOCCUS MANIHOTI*
MATILE-FERRERO (HEMIPTERA:
PSEUDOCOCCIDAE) EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Co-orientador: Dr. Rudiney Ringenberg

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Gazola, Diego.

Práticas culturais e compostos secundários no manejo da cochonilha phenacoccus manihoti matile-ferrero (hemiptera: pseudococcidae) em genótipos de mandioca / Diego Gazola. - Londrina, 2017.

147 f. : il.

Orientador: Claudemir Zucareli.

Coorientador: Rudiney Ringenberg.

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.

Inclui bibliografia.

1. Composto fenólico - Tese. 2. Insetos praga - Tese. 3. Mecanismo de defesa - Tese. 4. Manihoti esculenta - Tese. I. Zucareli, Claudemir. II. Ringenberg, Rudiney. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

DIEGO GAZOLA

**PRÁTICAS CULTURAIS E COMPOSTOS SECUNDÁRIOS NO MANEJO DA
COCHONILHA *Phenacoccus manihoti* MATILE-FERRERO (HEMIPTERA:
PSEUDOCOCCIDAE) EM GENÓTIPOS DE MANDIOCA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Claudemir Zucareli
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dra. Vanda Pietrowski
Universidade Estadual do Oeste do Paraná -
UNIOESTE

Dra. Clara Beatriz Hoffmann-Campo
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -
Embrapa

Prof^a. Dra. Viviane Sandra Alves
Universidade Estadual do Norte do Paraná -
UENP

Prof. Dr. Vagner Nascimento
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 24 de março de 2017.

Dedico este trabalho à
minha mãe Ineli, que apesar das dificuldades
encontradas, sempre lutou para me
proporcionar o melhor;
minha irmã Gislaine, pelo apoio e conselhos
valiosos;
meus avós Ângelo e Adelaide (*in memorium*)
pela confiança depositada e aprendizado
passado.

AGRADECIMENTO(S)

A minha mãe Ineli Arsego pelo amor, confiança, dedicação, pelas noites perdidas de sono torcendo pela minha vitória, me apoiando nos momentos difíceis.

A minha Irma Gislaine Gazola, que nunca mediu esforços para me ajudar em todos os momentos difíceis que passei ao longo dessa jornada.

Ao meu avô Ângelo Arsego e meus tios Kuki e Angela, pelo carinho e luta para proporcionar condições para que fosse possível realizar meus estudos.

Ao meu Orientador e amigo, Claudemir Zucareli, que sempre me aconselhou tanto profissionalmente como pessoalmente, e que apesar das broncas e das cobranças, sempre me incentivou a buscar o melhor e por aceitar o desafio de realizar pesquisas com a cultura da mandioca.

Ao meu co-orientador Rudiney Ringenberg, pelo apoio durante os experimentos, pelos conselhos e conhecimentos repassados e, pela amizade firmada durante esses anos.

A minha amiga/irmã de longa data Carla F. Horing, por me dar suporte na realização dessa tese, apoio, incentivo e pela amizade verdadeira.

Aos novos amigos da Embrapa soja: Tatiana E. Ueda, Mariana Salvador, Tamires, Jeferson, por me ajudarem na condução de experimentos, pelos conselhos e pelos momentos de descontração.

Ao meu novo irmão, de coração, José Perez da Graça, a todo o apoio e suporte dado durante a realização dos experimentos. As vezes quando menos esperamos, amigos verdadeiros surgem no momento que mais precisamos. Te agradeço pela ajuda, incentivo e claro pelas ideias, pois sem você, a realização deste trabalho não seria possível.

A Dona Neiva, pela ajuda durante a preparação das amostras, pelo carinho de uma segunda mãe, amizade sincera e por sempre se preocupar comigo, com minhas plantinhas de mandioca e cochonilhas.

Aos técnicos do Laboratório de ecologia química da Embrapa soja João e Giovani pela ajuda nos ajustes metodológicos utilizados na extração das amostras.

A pesquisadora da Embrapa soja Clara Beatriz Hoffman-Campo, pela disponibilização do laboratório, pelos ensinamentos, paciência nas explicações e pelo acolhimento.

A Pesquisadora Estela Nunes, pelas risadas, pelo mate quente nas manhãs frias e o mais importante, pela amizade e conhecimento repassado.

A Maria Cristina, pela paciência, ajuda, e por fazer o impossível na realização dos testes estatísticos no menor tempo possível.

Ao pesquisador Marco Antônio Sedrez Rangel, pelo apoio na realização dos experimentos, ensinamentos passados e amizade ao longo dessa jornada.

A todos os demais funcionários da Embrapa soja que colaboraram com as pesquisas realizadas na montagem, condução e avaliação dos experimentos.

A Universidade Estadual de Londrina – UEL, e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a produção dessa tese.

Muito obrigado!

"Há duas coisas infinitas: o Universo e a tolice dos homens. Mas não tenho certeza do que afirmo sobre a questão do universo."

(Albert Einstein)

“Os tolos e os fanáticos estão sempre seguros de si, mas os sábios são cheios de dúvidas”.

(Bertrand Russell)

Qualquer tolo inteligente pode fazer coisas grandes, mais complexas e mais violentas. Contudo, é preciso um toque de gênio e muita coragem para se mover na direção oposta.

(Ernst Friedrich Schumacher)

GAZOLA, DIEGO. **Práticas culturais e compostos secundários no manejo da cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) em genótipos de mandioca.** 141 f. Tese de doutorado em agronomia – Universidade Estadual de Londrina.

RESUMO

O trabalho teve como objetivos gerais avaliar o efeito da poda, da adubação nitrogenada e os compostos químicos secundários presentes em genótipos de mandioca industrial no manejo da cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). O primeiro experimento teve como objetivo específico avaliar o efeito de diferentes formas de poda e de manejos da parte aérea da mandioca sobre a incidência da cochonilha *P. manihoti* no segundo ciclo da cultura e na produção e renda de raízes tuberosas. O experimento foi conduzido nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR, sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos: poda total, rente ao solo sem permanência de material vegetal na parcela; poda total, rente ao solo com permanência do material vegetal na parcela; poda convencional (15 cm do solo) sem permanência do material vegetal na parcela; poda convencional com permanência do material vegetal na parcela; poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela, com retirada do terço superior da planta; poda convencional, com a retirada da parte mediada da parcela e permanência do terço superior da planta; testemunha - sem poda. Foi realizado o acompanhamento da incidência da praga, a cada 15 dias por 2 meses, atribuindo-se uma nota de dano. As avaliações foram realizadas em quatro pontos ao acaso em zigue e zague em 16 plantas. No momento da colheita foram avaliados a produtividade e a renda de raízes tuberosas. O segundo experimento teve como objetivo avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada sobre a produção de compostos secundários ao longo do tempo. O experimento foi realizado em casa de vegetação semiclimatizada da Embrapa Soja em Londrina/PR, com cultivo das plantas em vasos, em esquema fatorial 2x4x3, com 5 repetições. Foram utilizados dois genótipos de mandioca (Baianinha e Caiuá) e quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), com avaliações aos 15, 30 e 45 dias após a adubação. A adubação nitrogenada foi realizada com ureia, 60 dias após o plantio das manivas. Nas folhas apicais foram avaliados os teores de rutina e de ácidos caféico, p-cumárico e ferúlico em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC). O terceiro experimento teve como objetivo identificar e quantificar compostos secundários, bem como as alterações nos teores destes, em folhas apicais e basais, de cultivares de mandioca ao longo do tempo após a infestação com a cochonilha da parte aérea *P. manihoti*. Para cada, foram realizados dois ensaios, ambos sob delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O primeiro ensaio deste foi esquema fatorial 3x2x2, sendo três cultivares de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, suscetível, moderadamente resistente e resistente a *P. manihoti*, respectivamente, duas partes da planta (apical e basal) com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado). O segundo ensaio deste, foi realizado em esquema fatorial 3x2x5, sendo três genótipos de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado com o inseto), cinco coletas de folhas ao longo do tempo (24, 48, 72, 96 e 120 h) após infestação do inseto. As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para cinco litros de solo em casa de vegetação. Para a infestação, folhas contendo cinco ninfas de primeiro para segundo instar, oriundas de criação massal, foram acomodadas no ápice das plantas por 24 h. As folhas apicais e basais de cada planta foram coletadas em cada tempo e congeladas em N líquido. Os

extratos foliares obtidos foram levadas ao cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC), onde foram identificados e quantificados os teores de ácido caféico, p-cumárico, ferúlico, gálico e rutina. Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade, análise de variância e comparação de médias (Tukey 5%), e dados de doses, de tempo de infestação e N ao teste de regressão. A cochonilha da parte aérea da mandioca *P. manihoti* tem maior incidência e causa maior dano quando não é realizada a poda da cultivar Caiuá. Os danos causados pelas cochonilhas e os tipos de poda e manejo da parte aérea da planta não afetam a produtividade e renda de raízes tuberosas na variedade de mandioca Caiuá. A cultivar Caiuá apresenta maior teor de ácido ferúlico. O teor de ácido caféico diminui ao longo do tempo após a aplicação de N. O teor de rutina nas cultivares de mandioca Baianinha e Caiuá são aumentam com o acréscimo das doses de nitrogênio. As cultivares de mandioca Baianinha, Santa Helena e IAC 12 expressam ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico em folhas apicais e basais. Folhas basais apresentam maior concentração de ácido caféico que folhas apicais de mandioca. Folhas basais apresentam maior teor de ácido ferúlico nas cultivares Baianinha e Santa Helena. A presença de *P. manihoti* aumenta a produção de ácido ferúlico até as 65 h e p-cumárico até as 75 h, na cultivar Baianinha e reduz linearmente o teor de ácido p-cumárico na cultivar IAC 12. Plantas de mandioca apresentaram maiores teores de rutina as 24 h de coleta na região apical, independente da presença de *P. manihoti*. A presença de *P. manihoti* aumentou a produção de rutina em folhas apicais da cultivar de mandioca Baianinha as 24 h. Os maiores teores de rutina são observados na cultivar Baianinha, e os menores na IAC 12. A cultivar Santa Helena infestada com *P. manihoti* apresenta acréscimo linear na concentração de rutina ao longo do tempo e as cultivares Baianinha e Santa Helena não infestadas apresentaram acréscimo na produção de rutina até 99 e 114 h, respectivamente.

Palavras-chave: Composto fenólico. Insetos praga. Mecanismo de defesa. Manejo da poda. *Manihoti esculenta*.

GAZOLA, DIEGO. **Cultural practices and secondary compounds in the management of *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) in genotypes of cassava.** 141 p. PhD thesis in agronomy - State University of Londrina.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of pruning, nitrogen fertilization and secondary chemical compounds present in industrial cassava genotypes in the management of *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). The first experiment had as objective to evaluate the effect of different forms of pruning and manioc management on the incidence of *P. manihoti* cochineal in the second crop cycle and in the production and yield of tuberous roots. The experiment was conducted in the municipalities of Nova Londrina and Diamante do Norte/PR, under a randomized block design with four replications and seven treatments: total pruning, close to the soil without permanence of plant material in the plot; Total pruning, close to the soil with permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning (15 cm of the soil) without permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning with permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning, with the middle part of the plant in the plot, with removal of the upper third of the plant; Conventional pruning, with the removal of the mediated part of the plot and permanence of the upper third of the plant; Witness - without pruning. The incidence of the pest was monitored every 15 days for 2 months, assigning a damage note. The evaluations were carried out in four random points in zigzag and zag at 16 plants. At the time of harvest, productivity and yield of tuberous roots were evaluated. The second experiment had as objective to evaluate the effect of doses of nitrogen fertilization on the production of secondary compounds over time. The experiment was carried out in a greenhouse of Embrapa Soja in Londrina/PR, with potted plants cultivation, in a 2x4x3 factorial scheme, with 5 replicates. Two cassava genotypes (Baianinha and Caiuá) and four nitrogen doses (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹) were used, with evaluations at 15, 30 and 45 days after fertilization. Nitrogen fertilization was carried out with urea, 60 days after the planting of the roots. In the apical leaves, the levels of rutin and of coffee, p-coumaric and ferulic acids were evaluated in a high performance liquid chromatograph (HPLC). The third experiment had as objective to identify and quantify secondary compounds, as well as the changes in their contents, in apical and basal leaves, of cassava cultivars over time after infestation with the *P. manihoti* shoot. For each, two trials were performed, both under a completely randomized design with five replicates. The first experiment was a 3x2x2 factorial design, with three manioc cultivars: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, susceptible, moderately resistant and resistant to *P. manihoti*, respectively, two parts of the plant (apical and basal) with and without Presence of *P. manihoti* (infested and non-infested). The second trial was carried out in a 3x2x5 factorial scheme, with three cassava genotypes: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, with and without *P. manihoti* (infested and not infested with the insect), five leaves (24, 48, 72, 96 and 120 h) after infestation of the insect. The plants were grown in pots with a capacity of five liters of soil in a greenhouse. For infestation, leaves containing five nymphs from first to second instar, originating from mass rearing, were accommodated at the apex of the plants for 24 h. The apical and basal leaves of each plant were collected at each time and frozen in liquid N. The leaf extracts obtained were submitted to high performance liquid chromatography (HPLC), where the levels of coffee, p-coumaric acid, ferulic acid, gallic acid and rutin were identified and quantified. The data were submitted to analysis of homogeneity and normality, analysis of variance and comparison of means (Tukey 5%), and data of doses, time of

infestation and N to the regression test. The *P. manihoti* cassava mealybug have a higher incidence and cause greater damage when pruning of the Caiuá cultivar is not performed. The damages caused by the mealybug and the types of pruning and management of the aerial part of the plant do not affect the productivity and income of tuberous roots in the variety of cassava Caiuá. The cultivar Caiuá presents higher content of ferulic acid. The content of caffeic acid decreases over time after the application of N. The rutin content in the cassava cultivars Baianinha and Caiuá are increased with the addition of nitrogen doses. Baianinha, Santa Helena and IAC 12 cassava cultivars express caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid and gallic acid in apical and basal leaves. Basal leaves have a higher concentration of caffeic acid than mandioca apical leaves. Basal leaves present higher ferulic acid content in Baianinha and Santa Helena cultivars. The presence of *P. manihoti* increases the production of ferulic acid up to 65 h and p-coumaric up to 75 h in the Baianinha cultivar and linearly reduces the content of p-coumaric acid in cultivar IAC 12. Cassava plants presented higher levels of rutin The 24 h of collection in the apical region, independent of the presence of *P. manihoti*. The presence of *P. manihoti* increased routine yield on apical leaves of the Baianinha cassava cultivar at 24 h. The highest levels of rutin are observed in the Baianinha cultivar, and the lowest in the IAC 12. The cultivar Santa Helena infested with *P. manihoti* presents a linear increase in the rutin concentration over time and the non-infested cultivars Baianinha and Santa Helena presented an increase in Production of rutin up to 99 and 114 h, respectively.

Key words: Phenolic compound. Insect pest. Defense mechanism. Pruning management. *Manihoti esculenta*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Cochonilha da mandioca - *Phenacoccus manihoti*. A) folha com infestação elevada e B) vista dorsal e ventral do inseto, respectivamente. Foto do autor 32
- Figura 2** – Características morfológicas de *Phenacoccus manihoti*. Ilustrado por COX & WILLIAMS, 1981, modificado pelo autor 33
- Figura 3** - A) Ovissaco, na parte posterior do abdômen e B) Ovos de coloração amareladas, de *Phenacoccus manihoti* em mandioca. Fotos do autor 34
- Figura 4** - Ninfas da cochonilha *Phenacoccus manihoti*, no momento da troca de instar, eliminando a exúvia. Foto do autor 35
- Figura 5** - Dano indireto causado pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* em plantas de mandioca: A) fumagina em folhas apicais de mandioca e B) fumagina sobre os pecíolos. Fotos do autor 36
- Figura 6** - Danos diretos causados pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* em mandioca. A) Incidência severa na parte apical, inibindo a produção de folhas pela planta. B) Dano tipo encarquilhamento, após poda. C) Necrose e morte do ponteiro e D) Redução dos entrenós do caule. Fotos do autor..... 36
- Figura 7** – A) *Phenacoccus manihoti* em brotos de ramas de mandioca para plantio e B) ovisacos de *Phenacoccus manihoti* em ramas armazenadas. Fotos do autor..... 38
- Figura 8** - A) Larva de crisopídeo alimentado-se de *Phenacoccus manihoti*. B) Joaninha, em planta de mandioca. C) *Anagyrus lopezi* parasitando a *Phenacoccus manihoti*. D) QR-Code para a visualização do vídeo da vespinha no momento do parasitismo. Foto/vídeo do autor..... 39
- Figura 9** - Estrutura química do flavonoide rutina (C₂₇H₃₀O₁₆)..... 46
- Figura 10** - Estrutura molecular dos ácidos cinâmicos e seus derivados..... 49

CAPÍTULO I

- Figura 1** - Dados pluviométricos decendiais para as regiões de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR, durante a condução dos experimentos nos meses de agosto a novembro de 2014 70

Figura 2 -	Manejos de poda utilizados nos experimentos nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR. (1) SP – sem poda, (2) RSM - poda rente ao solo sem material vegetal na parcela, (3) RCM – poda rente ao solo com material vegetal na parcela, (4) CCM - poda convencional (15 cm do solo) com material vegetal na parcela, (5) CSM - poda convencional sem material vegetal na parcela, (6) CSA - poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela e retirada da região apical da planta, (7) CCA - poda convencional, com a retirada da parte mediada da planta da parcela e permanência da região apical da planta	71
Figura 3 -	Notas de danos causados pela cochonilha <i>Phenacoccus manihoti</i> em plantas de mandioca. 1 – sem danos e sem presença de cochonilha, 2 – sem danos, com a presença de cochonilhas, 3 – dano baixo (25%), 4 – danos mediano (50%), 5 – dano alto (75%), 6 – dano severo (100%) e 7 – dano severo mais necrose do ponteiro. Fotos do autor	72
Figura 4 -	Intensidade das notas de dano, causados por <i>P. manihoti</i> , em plantas de mandioca da cultivar Caiuá, ao longo do tempo, em Nova Londrina (A) e Diamante do Norte (B)	76

CAPÍTULO II

Figura 1-	Teores de ácido ferúlico em folhas da cultivar de mandioca Caiuá, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016	91
Figura 2 -	Média dos teores de ácido caféico em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha e Caiuá, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016	92
Figura 3 -	Teores de ácido p-cumárico em folhas apicais da cultivar de mandioca Baianinha, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.....	94
Figura 4 -	Teores de Rutina em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha (A) e Caiuá (B), submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.....	95

CAPÍTULO III

- Figura 1** - Ácido caféico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo de infestação..... 111
- Figura 2** – Ácido p-cumárico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após a infestação..... 113
- Figura 3** – Ácido ferúlico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após a infestação..... 114

CAPÍTULO IV

- Figura 1** - Rutina em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após infestação. 133

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

- Tabela 1** - Quadrado médio para as notas do dano de *Phenacoccus manihoti* aos 30 e 45 dias, produtividade (kg ha^{-1}) e renda de raízes (g), em resposta a diferentes tratamentos de poda e manejos da parte aérea da mandioca e locais de cultivo..... 74
- Tabela 2** - Intesidade de danos ocasionada pela cochonilha *P. manihoti* após 30 e 45 dias dos diferentes manejos da poda da cultura da mandioca cultivada nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR. Ano 2014..... 74
- Tabela 3** - Produtividade, t ha^{-1} , e renda de raízes tuberosas, g, em Nova Londrina e Diamante do Norte 78
- Tabela 4** - Coeficientes de Correlação de Pearson para renda de raízes tuberosas e produtividade em função dos danos ocasionados por *P. manihoti*, aos 15, 30, 45 e 60 dias..... 79

CAPÍTULO II

- Tabela 1** - Quadrados médios para as variáveis rutina, ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico em cultivares de mandioca em função de doses de N, em diferentes tempos de coleta após a adubação nitrogenada..... 90
- Tabela 2** - Teores de ácido ferúlico em folhas apicais de mandioca das cultivares Baianinha e Caiuá. Londrina, 2016..... 90
- Tabela 3** - Teores de ácido caféico de folhas apicais em cultivares de mandioca em diferentes tempos após a aplicação de adubação nitrogenada..... 91
- Tabela 4** - Teores de ácido p-cumárico e rutina em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha e Caiuá, em função de diferentes doses de nitrogênio e tempos de coleta 93

CAPÍTULO III

- Tabela 1** - Quadrados médios das concentrações dos compostos fenólicos em extratos de folhas, na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*..... 108

Tabela 2 - Interação entre cultivares (Baianinha, Santa Helena e IAC 12) e região apical e basal de plantas, para os compostos secundários ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de mandioca	109
Tabela 3 - Quadro de análise de variância das variáveis ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico em genótipos de mandioca infestados e não infestados com <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após a infestação.....	110
Tabela 4 - Ácido caféico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após a infestação.....	111
Tabela 5 - Ácido p-cumárico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após a infestação	112
Tabela 6 - Ácido ferúlico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após a infestação.....	113

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Quadro de análise de variância do composto rutina em extratos de folhas, na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com <i>Phenacoccus manihoti</i>	127
Tabela 2 – Rutina ($\mu\text{g g}^{-1}$) extraída na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com <i>Phenacoccus manihoti</i>	127
Tabela 3 - Quadro de análise de variância para a variável rutina em genótipos de mandioca com <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após infestação.....	130
Tabela 4 - Rutina ($\mu\text{g g}^{-1}$) em cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha <i>Phenacoccus manihoti</i> , ao longo do tempo após a infestação.....	130

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	19
1 REVISÃO DE LITERATURA	22
1.1 A CULTURA DA MANDIOCA.....	22
1.1.1 Importância e Mercado	22
1.1.2 Estrutura da Planta e Morfologia	24
1.1.3 Exigências Climáticas e Épocas de Plantio.....	25
1.1.4 Genótipos de Mandioca	26
1.1.4.1 Santa Helena (Fécula branca)	27
1.1.4.2 Baianinha	28
1.1.4.3 Caiuá (Olho junto)	28
1.1.4.4 IAC 12.....	29
1.2 ASPECTOS FITOSSANITÁRIOS	29
1.3 COCHONILHAS EM MANDIOCA.....	31
1.3.1 Identificação e morfologia da <i>Phenacoccus manihoti</i>	32
1.3.2 Aspectos biológicos	33
1.3.3 Danos causados por <i>Phenacoccus manihoti</i>	35
1.3.4 Disseminação e controle	37
1.4 MANEJO DA CULTURA NO CONTROLE DE PRAGAS	39
1.4.1 Poda da Parte Aérea das Plantas	39
1.4.2 Adubação	41
1.5 RESISTÊNCIA DE PLANTAS	42
1.5.1 Compostos Secundários na Resistência de Plantas.....	43
1.5.1.1 Flavonoide rutina	46
1.5.1.2 Ácidos hidroxicinâmicos	48
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

3.	CAPÍTULO I - PODA E MANEJO DA PARTE ÁEREA DA MANDIOCA COMO ESTRATÉGIA DE CONTROLE DA COCHONILHA <i>Phenacoccus manihoti</i> MATILE-FERRERO (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)	66
3.1	RESUMO	66
3.2	ABSTRACT	66
3.3	INTRODUÇÃO	67
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	69
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
3.6	CONCLUSÃO	80
3.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
4.	CAPÍTULO II - ADUBAÇÃO NITROGENADA NOS TEORES DE COMPOSTOS SECUNDÁRIOS EM CULTIVARES DE MANDIOCA	85
4.1	RESUMO	85
4.2	ABSTRACT	85
4.3	INTRODUÇÃO	86
4.4	MATERIAL E MÉTODOS	88
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.6	CONCLUSÃO	97
4.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
5.	CAPÍTULO III - COMPOSTOS FENÓLICOS EM FOLHAS APICAIS E BASAIS DE CULTIVARES MANDIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INFESTAÇÃO COM <i>Phenacoccus manihoti</i> MATILE-FERRERO (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)	102
5.1	RESUMO	102
5.2	ABSTRACT	102
5.3	INTRODUÇÃO	103
5.4	MATERIAL E MÉTODOS	105
5.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	107
5.6	CONCLUSÃO	115
5.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

6.	CAPÍTULO IV - RUTINA EM FOLHAS APICAIS E BASAIS DE CULTIVARES MANDIOCA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE INFESTAÇÃO COM <i>Phenacoccus manihoti</i> MATILE-FERRERO (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)	121
6.1	RESUMO.....	121
6.2	ABSTRACT	121
6.3	INTRODUÇÃO	122
6.4	MATERIAL E MÉTODOS	124
6.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	126
6.6	CONCLUSÃO.....	134
6.7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	134
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	141

INTRODUÇÃO

O crescente aumento da taxa de natalidade em todo mundo, principalmente em países em desenvolvimento, tem pressionado constantemente o setor agrícola a aumentar a produção de alimentos. Nesse contexto, a mandioca destaca-se como uma planta versátil, podendo ser utilizada na alimentação humana e animal (*in natura*) e industrialmente.

Tradicionalmente o cultivo da mandioca é considerado como agricultura de subsistência, cultivada em quintais e/ou pequenas áreas, mas com um papel importante na segurança alimentar, principalmente na região Norte e Nordeste do Brasil. Na região Centro-Sul, o cultivo da mandioca também possui um papel importante na agricultura familiar, no entanto, na última década ocorreram mudanças no sistema de cultivo e comumente observa-se grandes extensões de plantio implantados em monocultivo para fins de produção de fécula de mandioca ou farinha. Entretanto, os investimentos em pesquisas, públicas ou privadas, visando solucionar os gargalos tecnológicos observados neste novo cenário não foram suficientes e não ocorreram na intensidade necessária. Por conseqüência as produções obtidas nestas áreas estão aquém da capacidade produtiva da cultura, desestimulando novos plantios e agroindústrias nas formulações de insumos para aplicação na cultura.

Outro fator limitante ao acréscimo na produtividade da cultura é a incidência de pragas. Na região centro-sul do Brasil, além do mandarová *Erinnyis ello* Linneaus (Lepidoptera: Sphingidae), ocorrem espécies de mosca branca como a *Bemisia tuberculata* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae) e *Aleurothrixus aepim* Goeldi (Hemiptera: Aleyrodidae), percevejos de renda: *Vatiga manihotae* Drake (Hemiptera: Tingidae) e *Vatiga illudens* Drake (Hemiptera: Tingidae), cochonilhas da parte aérea: *Phenacoccus herreni* Cox; Williams (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae), mosca-do-broto: *Neosilba perezi* Romero; Ruppell (Diptera: Lonchaeidae) e, recentemente, o besouro congo *Migdolus fryanus* Westwood (Coleoptera: Vesperidae), causando danos de grande proporção à cultura da mandioca (SCHMITT, 2002; PIETROWSKI et al. 2010).

A população de cochonilha da parte aérea da mandioca (*P. manihoti*) teve aumento significativo em todo o território nacional, principalmente na região do Noroeste paranense, trazendo prejuízos aos mandiocultores pela elevada incidência e pela falta de conhecimento sobre seus hábitos. Este inseto prejudica o crescimento normal da mandioca na brotação de segundo ciclo, que ocorre após a poda, principal época de incidência da praga à

campo. É um inseto sugador dos vasos do floema, que debilita a planta ao alimentar-se de sua seiva, causando sintoma semelhante ao de deficiência nutricional. A toxicidade de sua saliva causa deformações em ponteiros, além de causar danos indiretos, como o crescimento de fumagina nas folhas, diminuindo a taxa fotossintética da planta (FARIAS, 2005; PIETROWSKI et al. 2010; BELLOTTI et al., 2012).

A poda, é o principal manejo realizado na cultura para a produção industrial, normalmente durante o período outono/inverno, na região centro-sul do Brasil, visando facilitar os tratamentos culturais, a coleta de ramas e, ainda um acréscimo na produção de amido por meio do aumento do ciclo da cultura de um ano para dois. A poda também pode ser utilizada como uma medida profilática para altas infestações de pragas e doenças (FARIAS et al., 2006). Neste sentido, o manejo da poda pode influenciar a ocorrência de *P. manihoti* no campo, pois quando a parte aérea da cultura é retirada o foco de infestação de insetos que se alimentam das manivas e/ou folhas é removido, e por consequência, há uma diminuição dos mesmos na cultura.

A utilização de variedades resistentes é outra estratégia de controle de pragas da mandioca, pois apresenta baixo custo e mantém a população do inseto abaixo do nível de dano econômico, além de reduzir perdas no rendimento. A presença de compostos secundários em genótipos de mandioca podem agir como mecanismos de defesa a insetos pragas. Estes compostos variam de acordo com as condições climáticas (temperaturas, déficit e excesso hídrico), condições do solo e disponibilidade de nutrientes. Esses mecanismos abrangem uma série de substâncias químicas (alcalóides, esteróides, flavonóides, taninos, glucosinolatos, e compostos cianogênicos), que podem torná-la repelente, tóxica ou não atrativa para insetos-praga. Dentre esses compostos, a rutina (quercetina 3-*O*-rutinosídeo) tem sido associada à resistência de insetos sugadores em mandioca, como *P. manihoti* (CALATAYUD, 2000; CALATAYUD; MÚNERA, 2002), assim como, a insetos desfolhadores em soja (HOFFMANN-CAMPO et al., 2006; PIUBELLI et al., 2005), entre outras plantas.

A síntese de compostos secundários em vegetais pode ser influenciada por práticas culturais, como a utilização de fertilizantes e por fatores sazonais, como oscilações de temperatura e chuvas (WATERMAN; MOLE, 1989; VETTER, 2000). Entre os fertilizantes comumente utilizados em grandes culturas, o nitrogênio, geralmente, é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, tendo inúmeras funções, como estimular a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, aumentar a vegetação e os teores de

proteínas. Além disso, é componente estrutural de aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas e vitaminas, pigmentos e outros produtos secundários. Além de ser responsável pela síntese de compostos secundários e aminoácidos em vegetais, e na cultura da mandioca sua maior disponibilidade no solo também favorece a síntese de glicosídeos cianogênicos (MALAVOLTA et al. 1997).

As informações sobre o manejo e controle da cochonilha *P. manihoti* são insuficientes para reduções de populações desse inseto na região centro-sul, principalmente no segundo ciclo da cultura quando atingem altos índices de infestação os quais são agravados em períodos de seca prolongada. Normalmente o principal método de controle para pragas é aplicação de produtos químicos, contudo para o controle da *P. manihoti* na cultura da mandioca não existem produtos registrados e, praticamente são nulas as pesquisas para avaliação de eficiência dos mesmos para esta praga.

Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da poda, da adubação nitrogenada e os compostos químicos secundários presentes em genótipos de mandioca industrial no manejo da cochonilha *P. manihoti*.

1. REVISÃO DE LITERATURA

1.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA MANDIOCA

A mandioca *Manihot esculenta* Crantz é uma planta perene e arbustiva, pertencente a família Euforbiácea, que se caracteriza pelo desenvolvimento de vasos laticíferos, responsáveis por secretarem uma substância leitosa. O gênero *Manihot* é encontrado em todas as regiões tropicais do globo, entre as latitudes 30°N e 30°S (CEBALLOS; DE LA CRUZ, 2002; CARVALHO, 2006; FAO, 2013).

Todas as espécies de *Manihot* são nativas das regiões tropicais, especialmente Brasil e México (FAO, 2013). Segundo Carvalho (2006) há quatro centros de diversidade para essas espécies. Dentre essas, acredita-se que a Amazônia seja a região do mundo onde a mandioca apresenta o maior número de formas de aproveitamento ou utilização. Esses aspectos têm levado alguns pesquisadores a considerarem como sendo o local de origem e domesticação dessa cultura (ALBUQUERQUE; CARDOSO, 1983, FAO, 2013).

As razões de sua difusão para o restante do mundo se devem, indubitavelmente, à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de clima e solo (estresse hídrico, tolerância a acidez, etc.) à facilidade de cultivo, ao seu rendimento e as suas variadas formas de utilização, além de sua rusticidade, alta capacidade de regeneração e resistência a herbívoros (compostos cianogênicos) (FAO, 2013).

1.1.1 Importância e Mercado

A mandioca é a principal fonte de carboidratos para mais de 800 milhões de pessoas no mundo, especialmente nos países em desenvolvimento (FAO, 2013). A cultura da mandioca tem um importante papel no Brasil, tanto como fonte de energia para alimentação humana e animal, quanto como geradora de emprego e renda, notadamente nas áreas pobres da região Nordeste (CARDOSO; SOUZA, 2002).

Além do consumo *in natura*, as raízes da mandioca podem ser transformadas em produtos básicos como é o caso da farinha de mesa e da fécula (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005). Porém, pode ser utilizada em produtos industrializados como em frigoríficos, indústria de papel e papelão e em massas alimentícias como bolachas, biscoitos, panificação e pão de queijo. Destaque-se o setor da indústria alimentícia, que vem crescendo e

certamente demandará maiores volumes, em especial ao do polvilho azedo. No cenário internacional, o Brasil apresenta dados insignificantes na produção de fécula, pois exporta menos de 2% de sua produção (GROXKO, 2015).

A aplicação do amido de mandioca alcança mais de 800 usos. Sua maior utilização ocorre no campo industrial, como ingrediente de qualidade na indústria têxtil, de papéis, colas, tintas, embutidos de carne, cervejarias, cosméticos, produtos de confeitaria, na indústria petrolífera - neste caso, no preparo de pastas para resfriamento de brocas de perfuração em altas temperaturas e, mais recentemente, como embalagens biodegradáveis em substituição aos derivados do petróleo (MOTTA, 2015).

Apesar da sua importância, a mandioca apresenta produtividade média de 15,2 t ha⁻¹, valor considerado baixo e, que tem se mantido com pequenas oscilações nos últimos 40 anos (CONAB, 2016). Esse valor é muito inferior ao potencial produtivo da cultura, de 90 t ha⁻¹, em dois ciclos de cultivo e em condições favoráveis sobmonocultivo (SEDIYAMA et al., 2007).

Segundo a Organização das Nações unidas para agricultura e alimentação - FAO (2015), a produção de mandioca continua crescendo em ritmo acelerado. Dentre os continentes, a África, com uma produção de 158 milhões de toneladas, é o maior produtor mundial, seguido pela Ásia com 89,9 milhões e América do Sul com 28,8 milhões. Entre os países latino americanos, o Brasil é o maior produtor, com 21,2 milhões de toneladas produzidas na última safra (FAO, 2015).

O cultivo da mandioca está presente em todos os estados brasileiros, porém a sua concentração maior é na Região Norte, com valores superiores a 33,7% da produção nacional, seguida pelo Nordeste com 25,9% e Sul, com 24,8%. A Região Sul, além de importante produtora de raiz, conta com o maior número de indústrias, principalmente as de fécula, consideradas em sua maioria de médio e grande porte (GROXKO, 2015).

Segundo pesquisa realizada em 2011 pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA/ESALQ), o parque industrial feculeiro teve um crescimento de 31,3%, no período de 2004 a 2011, passando de 14.063 para 18.467 toneladas/dia de mandioca em raiz. Este aumento na capacidade instalada foi atribuído ao número de novas indústrias e também pela ampliação da capacidade de moagem. A maioria das indústrias de fécula localiza-se no Estado do Paraná, com cerca de 40 unidades instaladas, correspondendo a 56% do parque nacional. Na sequência estão os estados do Mato Grosso do Sul, São Paulo e Santa Catarina. Ainda segundo o mesmo levantamento, o Noroeste Paranaense, ou Região de

Paranavaí, concentra a maior capacidade de processamento com 6.365 toneladas/dia de raiz (GROXKO, 2010). No Paraná, o cultivo da mandioca mais representativo se destina ao consumo industrial, com cerca de 70% da produção e se localiza especialmente nas Regiões Norte, Oeste e Noroeste (SEAB, 2016).

Diante da evolução da capacidade instalada no país, evidentemente a produção brasileira de fécula também vem apresentando significativo aumento nos últimos anos. Nos últimos 6 anos a produção brasileira de fécula estabilizou-se na faixa de 550 mil toneladas, porém se comparando o período de 1990 com 2011, a evolução foi de 204% (SEAB, 2016). Destaca-se o Estado do Paraná como o líder da produção brasileira de fécula, tendo atingido no ano de 2011 um volume de 366 mil toneladas, ou seja, 71% do total nacional (GROXKO, 2015). Atualmente, possui uma área plantada de mandioca de apenas 128.000 hectares, considerada a menor dos últimos anos. Isto, provavelmente causará uma disputa mais acentuada pela matéria prima entre as fecularias e as farinheiras, resultando na elevação dos preços e a volta às importações de fécula de outros países (SEAB, 2016).

1.1.2 Estrutura da Planta e Morfologia

A mandioca é uma planta heliófila, perene e arbustiva e, sua alta heterozigosidade, favorecida pelos cruzamentos naturais intraespecíficos, resultou em grande número de variedades com diferentes características morfológicas, permitindo sua adaptação às condições variadas de clima e solo, bem como resistência e/ou tolerância a pragas e doenças (LORENZI, 2003; ALVES, 2006).

As plantas de mandioca obtidas pela reprodução sexuada apresentam uma raiz primária resultante da abertura da testa das sementes, que faz um ângulo de 90° e se aprofunda no solo, e que ao atingir um centímetro de comprimento, origina quatro ou mais raízes secundárias (CARVALHO; FUKUDA, 2006). Já nas plantas propagadas por estaca (manivas), ocorre o modelo pseudo fasciculado tuberoso. As raízes tuberosas são ricas em fécula, apresentando variadas formas. Seu número é variável, podendo ocorrer de 5 a 20, oscilando em média entre 5 a 12 por planta, a depender da cultivar (CONCEIÇÃO, 1987; MATTOS et al., 2006).

O caule apresenta gemas axilares na região do nó que permitem a propagação vegetativa (DALLAQUA; CORAL, 2002). A filotaxia típica observada no caule de mandioca

é de 2/5, isto significa que as folhas são formadas em espiral em torno do caule (CEBALLOS; DE LA CRUZ, 2002).

As folhas são decíduas e duram de um a dois meses. São constituídas por pecíolo e limbo (CARVALHO; FUKUDA, 2006), com lobos que apresentam variação quanto a cor, formato, número e tamanho, podendo variar do verde claro ao verde escuro até o roxo, geralmente são em número de 5 a 7. Os lóbulos podem medir em 4 a 20 cm de comprimento e 1 a 6 cm de largura. O lobo mediano é sempre mais desenvolvido. O número total de folhas produzidas pela planta, sua longevidade e capacidade fotossintética são características varietais, influenciadas pelas condições ambientais (MATTOS, et al., 2006).

As flores da mandioca são uma inflorescência, onde as flores masculinas ficam no ápice, e as femininas na região basal. A polinização é cruzada, realizada geralmente por ação de insetos. O fruto é uma cápsula deiscente e triocular, de forma ovóide e globular, medindo de 1 a 1,5 cm (CEBALLOS; DE LA CRUZ, 2002; MATTOS et al., 2006). Contudo, a mandioca é multiplicada vegetativamente, usando segmentos do caule denominados manivas. O uso de sementes botânicas é restrito aos programas de melhoramento genético (SEDIYAMA et al., 2007).

A raiz de mandioca é rica em amido e apresenta a seguinte composição química média: 60 a 65% de umidade; 21 a 33% de amido; 1,0 a 1,5% de proteínas; 0,7 a 1,06% de fibras; e 0,6 a 0,9% de cinzas (potássio, cálcio, fósforo, sódio e ferro). Essa composição pode variar conforme as condições ambientais, o cultivar utilizado e a idade da planta. Contudo, a raiz é pobre em proteína, possui baixa quantidade de fibras e elevado coeficiente de digestibilidade (BUTOLO, 2002).

Segundo Takahashi; Gonçalo (2005), a planta de mandioca em comparação às outras culturas anuais, apresenta um desenvolvimento mais lento que pode ser dividido em ciclos. A cultura de um ciclo varia de 8 a 12 meses a de dois ciclos de 15 a 24 meses. Ainda segundo estes autores, o limite entre um ciclo e outro é a redução da atividade fotosintética da planta no inverno com a queda das folhas. Caso a colheita não seja efetuada no final do segundo ciclo, a planta volta a brotar e prossegue o seu crescimento.

1.1.3 Exigências Climáticas e Épocas de Plantio

A cultura da mandioca é cultivada na faixa compreendida entre 30 graus de latitude Norte e Sul, com maior concentração entre 15° N e 15° S e, em altitudes que variam

desde o nível do mar até 2300 m, sendo a faixa até 800 m de altitude mais adequada (MATTOS et al., 2006).

A época de plantio é o principal fator relacionado a produção de raízes tuberosas, independente da variedade ou de qualquer outra prática cultural que possa ser adotada, e depende da região produtora. No Noroeste do Paraná o plantio inicia-se após o inverno e início do verão. As melhores épocas de plantio para a mandioca, também estão relacionadas à disponibilidade de ramas maduras e às condições climáticas que favoreçam a brotação e a formação de raízes (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005). O plantio é realizado em covas ou sulcos na posição horizontal entre 5 a 10 cm de profundidade (FONSECA JÚNIOR et al., 2002).

A mandioca desenvolve-se melhor em climas quentes e úmidos. Temperaturas abaixo de 10°C e acima de 40°C limitam o seu crescimento, sendo a faixa de temperatura ideal entre 25 e 30°C, com alta luminosidade (SEDIYAMA et al., 2007). Em baixas temperaturas (<16°C), a brotação da maniva é lenta, a taxa de produção de folhas e a massa seca das raízes são reduzidas (ALVES, 2006).

O fotoperíodo ótimo para a mandioca está em torno de 12 horas, com prováveis diferenças varietais com relação ao fotoperíodo crítico. Dias longos promovem o crescimento da parte aérea e diminuem o desenvolvimento das raízes de reserva, enquanto dias curtos aumentam o desenvolvimento das raízes de reserva e reduzem o crescimento da parte aérea, sem influenciar na massa seca total (ALVES, 2006). Já a redução na radiação solar aumenta o comprimento dos internódios e diminui a área foliar (SEDIYAMA et al., 2007).

A faixa mais adequada de precipitação pluviométrica está compreendida entre 1000 e 1500 mm/ano, bem distribuídos. Entretanto, a cultura se desenvolve em locais com índices de até 4000 mm por ano, desde que o solo seja bem drenado e, em regiões semiáridas, com chuvas de 500 a 700 mm por ano ou menos, sendo importante neste caso não ocorrer deficiência de água nos cinco primeiros meses após o plantio. Deficiências hídricas após este período não causam grandes reduções de produção, pois as plantas já formaram as raízes tuberosas (SOUZA; SOUZA, 2000).

1.1.4 Genótipos de Mandioca

Existem uma grande quantidade de variedades de mandioca, com diferentes características morfológicas e fisiológicas, estruturas genéticas e adaptabilidade a adversos

ambientes. Grande parte desse material é oriundo de seleções efetuadas por produtores. (SEDIYAMA et al., 2007). De acordo com a FAO (2013), o gênero *Manihot* contem de 10 a 100 espécies selvagens, dependendo da classificação adotada. Em levantamento realizado pelo CIAT (International Center for Tropical Agriculture) na Colômbia, é estimado em mais de 5.500 acessos de mandioca, enquanto no Brasil esse número é de aproximadamente 2.900.

De acordo com a utilização as cultivares podem ser classificadas em três grupos: mandioca para indústria, para mesa e para forragem. As características de cada grupo variam quanto à porcentagem de matéria seca, amido, teor de ácido cianídrico (HCN), facilidade de cozimento, sabor, qualidade da massa etc. (SEDIYAMA et al., 2007).

Para a indústria, as cultivares devem apresentar alta produção e qualidade do amido e da farinha. Além disso, é importante que as cultivares apresentem raízes com polpa de coloração branca ou amarela, córtex branco, ausência de cintas nas raízes, película fina e raízes grossas e bem conformadas (FUKUDA; OTSUBO, 2003). As cultivares de mandioca diferem quanto à produtividade da parte aérea e das raízes, o que permite sua seleção de acordo com a finalidade a que se destinam (MOURA; COSTA, 2001).

A mandioca é cultivada em todos os Estados brasileiros e diversas cultivares são utilizadas, fato que demanda a obtenção de informações específicas a respeito daquelas mais populares, no que se refere a espaçamento entre plantas, adequação ao plantio mecanizado, manejo de poda, tratos culturais e produtividade. A ampla variabilidade genética presente no germoplasma da mandioca é fundamental ao desenvolvimento de cultivares produtivas e resistentes ou tolerantes a estresses biológicos e ambientais (ALBUQUERQUE et al., 2009).

Para que a cultura da mandioca alcance seu máximo potencial produtivo, faz-se necessário a seleção de genótipos superiores em termos de produtividade e com estabilidade diante de variações ambientais e práticas agrícolas (ANDRADE JÚNIOR, 2006).

1.1.4.1 Santa Helena (Fécula Branca)

É uma cultivar com parte aérea ereta ou ramificada dependendo da época de plantio e da fertilidade do solo. Se plantada de setembro em diante ou em solos mais férteis, tende a não ramificar. As raízes tuberosas são compridas com baixos teores de ácido cianídrico (TAKAHASHI et al., 2002) e uma grande quantidade de massa seca quando comparada à outras cultivares (VIDIGAL FILHO et al., 2000). A cultivar é tolerante ao

superalongamento e a bacteriose, mas suscetível a antracnose (VIDIGAL FILHO et al., 2000; TAKAHASHI et al., 2002).

Os melhores resultados com esta cultivar podem ser obtidos se a colheita for efetuada com dois ciclos (15 a 24 meses) podendo alcançar, em lavouras bem conduzidas e com solos mais férteis, produções acima de 50 toneladas por hectare. Já foi uma das cultivares mais cultivadas no oeste do Paraná, chegando a 80% da área plantada (TAKAHASHI et al., 2002).

Vidigal Filho et al. (2000), comparando a produtividade de IAC 12, IAC 13, IAC 14, Santa Helena (Fécula Branca), Espeto, Branca de Santa Catarina e Fibra, verificaram maiores produtividades de raízes tuberosas para as cultivares Espeto, Fibra e Santa Helena.

1.1.4.2 Baianinha

A cultivar baianinha é oriunda da região Oeste paranaense. Adapta-se melhor em solos mais férteis e argilosos, embora também possa ser plantada em terrenos arenosos, desde que bem manejados, e pode ser colhida com um ou dois ciclos. A parte aérea é ramificada, não muito vigorosa e as folhas apresentam lóbulos bem estreitos, não cobrindo muito bem o solo (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005; IAPAR, 2014).

Cultivares que se ramificam, como a baianinha, podem apresentar menor rendimento, em espaçamentos mais adensados, pois necessitam de maior espaço para desenvolver suas ramas e, conseqüentemente, expressar seu potencial de produção de fotoassimilados (RÓS, et al., 2011). É tolerante a bacteriose, antracnose e ao superalongamento, contudo é mais sensível aos insetos pragas como o percevejo de renda e a mosca branca (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005).

1.1.4.3 Caiuá (Olho junto)

A cultivar Caiuá possui parte aérea ereta e gemas muito próximas (ANDRAFE JÚNIOR, 2006). É considerada “brava” pelo seu alto conteúdo de glicosídeos cianogênicos. É comumente cultivada no Noroeste do Paraná, devido principalmente ao elevado conteúdo de matéria seca ao longo das diferentes épocas de colheita, com elevado teor de amido. Apresenta elevada susceptibilidade à bacteriose e a antracnose e não deve ser plantada como única variedade da lavoura pelos riscos que oferece (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005).

Pode atingir produtividades de até 50 t ha⁻¹, com dois ciclos, chegando a teores de 38,3% em matéria seca e 33,6% em amido (ANDRAFE JÚNIOR, 2006). É indicada para solos arenosos, principalmente na área de abrangência do Arenito Caiuá (Paraná, Mato Grosso do Sul e São Paulo). É tardia, com colheita preferencial após 15 meses de ciclo e proporciona bom desempenho na obtenção de fécula e farinha. Devido ao elevado teor de ácido cianídrico, é inapropriada para consumo fresco (IAPAR, 2014).

No campo é possível verificar que esta variedade possui alta suscetibilidade a cochonilha *P. manihoti* apresentando explosões de populações principalmente no segundo ciclo de cultivo (RHEINHEIMER, 2013).

1.1.4.4 IAC 12

Cultivar 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 da mesma seja realizada em dois ciclos para obter melhores rendimentos. Possui boa produção de raízes, tolerante ao complexo ácaro-tripes, parte aérea ramificada, alta densidade foliar sendo indicadas em regiões secas e quentes e onde ocorram grandes infestações de plantas indesejáveis (LORENZI, 2003).

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, e à *P. manihoti*, em laboratório (FUKUDA; OTSUBO, 2003; RHEINHEIMER, 2013).

1.2 ASPECTOS FITOSSANITÁRIOS

De acordo com Pietrowski et al., (2010), até final da década de 1990, a grande preocupação dos agricultores com pragas na cultura da mandioca era com o mandarová (*E. ello*), contudo nos últimos anos tem-se acompanhado um crescente aumento na população de pragas principalmente de moscas brancas, cochonilhas e percevejos de renda.

Em geral, as pragas são mais prejudiciais à cultura da mandioca durante a época seca do que nos períodos chuvosos (BELLOTTI et al., 1999), com exceção das moscas brancas (PIETROWSKI et al. 2010). É importante conhecer tanto as pragas principais como aquelas de menor importância, o que varia de região para região, de modo que seja possível

estabelecer uma estratégia de controle adequada e viável para os agricultores (FARIAS; BELLOTTI, 2006). Explorações feitas na cultura da mandioca na região Neotropical indicam que o complexo de pragas não é geograficamente uniforme (BELLOTTI et al., 2002).

Nas Américas, existe uma estimativa de 200 espécies de artrópodes que se alimentam na cultura da mandioca. Essas espécies podem ser classificadas de acordo com o modo que ocorre sua distribuição na planta em: pragas de parte aérea (mandarová, tripses, formigas cortadeiras, mosca-do-broto, percevejo-de-renda, mosca branca, cochonilhas, mosca-das-frutas, mosca das galhas e ácaros); pragas de ramas (brocas, cochonilhas); pragas de raiz (cochonilhas, percevejo, coró, besouro congo e cupim) e; pragas de produtos armazenados (coleópteros, lepidópteros e ácaros) (SCHMITT, 2002; PIETROWSKI, et al. 2010).

O complexo de pragas de mandioca ainda pode ser dividido em dois grupos: (1) aqueles que provavelmente co-evoluíram com a mandioca, que é a sua principal ou única hospedeira, e de origem Neotropical; e (2) insetos generalistas ou pragas recém-adaptadas, que podem atacar a cultura da mandioca esporadicamente ou de maneira oportunista, e muitas vezes são limitados na distribuição geográfica. O primeiro grupo (1) inclui o complexo de ácaros do gênero *Mononychellus* (Acari: Tetranychidae); cochonilhas: *P. herreni* e *P. manihoti*; o mandarová: *E. ello*; os percevejos-de-renda: *V. illudens* e *V. manihotae*; moscas brancas: *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae), *A. aepim*, *Trialeurodes variabilis* Quaintance (Homoptera: Aleyrodidae), *B. tuberculata*; brocas: *Chilomima clarkei* Amsel (Lepidoptera: Pyralidae), *Pappista granicollis* Pierci (Coleoptera, Curculionidae); tripses: *Frankliniella williamsi* Hood (Thysanoptera: Thripidae); mosca-das-frutas: *Anastrepha pickeli* Lima (Diptera, Tephritidae), *Anastrepha manihoti* Lima (Diptera, Tephritidae); e moscas: *N. perezii*, *Silba pendula* Bezzi (Diptera: Lonchaeidae), e *Jatrophia brasiliensis* Rubsaamen (Diptera: Cecidomyiidae) (BELLOTTI et al. 2010; BELLOTTI et al. 2012). Já o segundo grupo (2), ainda segundo esses autores, estão as espécies generalistas, que se alimentam de mandioca entre outras plantas, e espécies que adaptaram-se a mandioca, que incluem várias espécies de ácaros *Tetranychus* (especialmente na Ásia), certas espécies de mosca branca: *B. tabaci*, *Aleurodicus dispersa* Russell (Hemiptera: Aleyrodidae); um complexo de pragas de solo (Coleoptera: Scarabaeidae); cochonilhas, cupins, lagartas, gafanhotos, formigas cortadeiras, brocas e outros.

Temperaturas mais altas e mudanças nos padrões de chuvas podem ter impactos substanciais sobre o complexo de pragas da mandioca. O aumento do monocultivo

de mandioca pode resultar em altos surtos de pragas, reduzindo os rendimentos e/ou aumentando o uso de pesticidas. Pragas, tais como ácaros, cochonilhas, percevejos-de-renda e tripes, são mais prejudiciais para a mandioca durante as estações secas (POLANIA et al., 1999; BELLOTTI et al., 2012). As temperaturas mais elevadas também podem ter um efeito sobre o ciclo de desenvolvimento das pragas agrícolas. Sabe-se que a taxa intrínseca de crescimento para ácaros, mosca branca, mandarová e cochonilhas é mais rápida com o aumento da temperatura (HERRERA et al., 1989; BELLOTTI et al., 1999; MESA et al., 1990; HOLGUÍN et al., 2006).

Um inseto praga que vem se destacando nos últimos anos devido ao seu alto potencial de dano é a cochonilha. Dois grupos principais podem ser descritos, com base em caracteres morfológicos e biológicos: cochonilhas de cauda curta e de cauda longa. Espécies de cauda curta tem filamentos de cera que não são maiores do que um quarto do corpo e sua postura é protegida por ovisacos cerosos. Cochonilhas de cauda longa apresentam filamentos abdominais longos, produção de ninfas vivas e não depositam ovisacos (BELLOTTI et al., 2012; GRAZIOSI et al., 2016).

1.3 COCHONILHAS EM MANDIOCA

Segundo Bellotti et al. (2002) existem mais de 15 espécies de cochonilhas alimentando-se de mandioca distribuídas pela África e América Latina, contudo apenas as espécies *P. herreni* e *P. manihoti* tem importância econômica, sendo ambas de origem tropical. A cochonilha *P. herreni* encontra-se distribuída no Norte da América do Sul e no Nordeste do Brasil, onde populações elevadas podem causar perdas consideráveis. *P. herreni* e *P. manihoti* são espécies que apresentam semelhanças taxonômicas e nos sintomas de seus danos, mas diferem na biologia. Enquanto a primeira necessita de machos para a reprodução, a segunda é partenogenética (BELLOTTI et al., 2012).

A espécie *P. manihoti* é considerada uma das mais graves pragas de mandioca no mundo (PARSA, et al., 2012). É nativa da América do Sul, foi registrada pela primeira vez no Paraguai em 1980, de onde provavelmente dispersou para países vizinhos como Bolívia e Brasil, porém, sem causar danos econômicos. Contudo, ao ser introduzida na África, a partir de material vegetativo oriundo da América do Sul, causou danos de até 80% em diversos países. Mais recentemente foi detectada causando danos econômicos nos Estados do Paraná,

São Paulo, Bahia e Pernambuco (BELLOTTI et al., 1999; BENTO et al., 2002; BELLOTTI et al., 2012).

Até 2008, a *P. manihoti* não estava disseminada na Ásia, quando foi detectada pela primeira vez na Tailândia. Desde aquele ano, ela se espalhou de forma agressiva por toda região de cultivo de mandioca deste país, e também para outros países vizinhos, como Indonésia, Camboja e Vietnã (PARSA et al., 2012).

Na região Centro-Sul do Brasil, os problemas com cochonilha iniciaram-se em 2007 nas regiões noroeste do Paraná e sudoeste de São Paulo (PIETROWSKI et al., 2010). Essa praga é da família Pseudococcidae, popularmente conhecida como piolho farinhento ou pulverulento, devido à secreção cerosa que cobre o corpo dos insetos (Figura 1). É olígofa, sugadora de floema, 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) (FARIAS, 2001; CALATAYUD; LE RÜ, 2006).

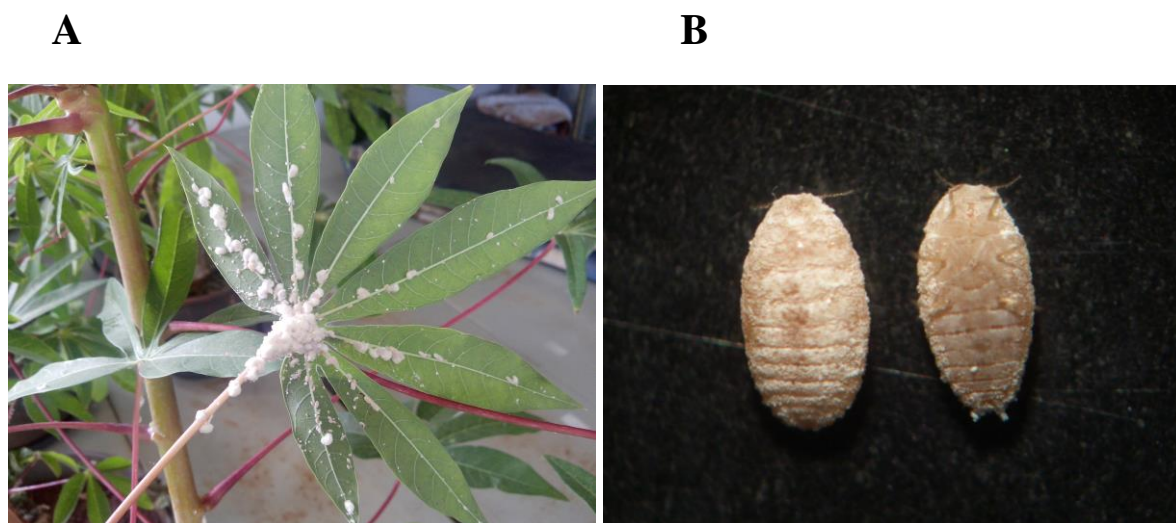


Figura 1. Cochonilha da mandioca - *Phenacoccus manihoti*. A) folha com infestação elevada e B) vista dorsal e ventral do inseto, respectivamente. Foto do autor.

1.3.1 Identificação de *Phenacoccus manihoti*

A cochonilha *P. manihoti* tem um corpo em forma oval medindo 2,60 mm de comprimento e 1,40 mm de largura (KARYANI 2015; WARDANI 2015). Possui três segmentos corporais com a parte mais larga no Mesotórax e 3 pares de patas desenvolvidos

com o mesmo comprimento (WILLIAMS; GRENARA 1992). A cabeça tem um par de antenas com 9 segmentos, em adultos, e 6 em ninfas (PARSA et al. 2012).

Segundo Le Ru et al. (1995), a *P. manihoti* (Figura 2) utiliza as antenas e seu aparelho bucal (lábio) para identificar a planta hospedeira, como muitos hemípteros. Possui, pelo menos, 15 pares de sensilas distribuídos simetricamente em ambos os lados do lábio, 10 pares de sensilas tricóides (pêlos) distribuídas uniformemente sobre todos os segmentos do lábio e 5 pares de sensilas são localizados na ponta labial. Estes autores concluíram que a cochonilha da mandioca tem um sistema sensorial sobre a ponta do lábio que lhe permite detectar substâncias químicas presentes na superfície da planta pelo olfato e por contato. E ainda, afirmaram que a preferência deste inseto pelo gênero *Manihot* sugere que compostos químicos específicos do hospedeiro podem estar envolvidos, como substâncias secundárias, que transmitem as principais informações sobre a qualidade química da planta.

Como os demais indivíduos da subordem Sternorrhyncha, *P. manihoti* apresenta uma disposição singular de seu tubo digestivo, que consiste na presença da “câmara filtro”. Esta característica permite que o excesso de líquido sugado passe imediatamente e quase totalmente, da porção anterior do tubo digestivo a porção terminal, sendo expelida pelo ânus. Assim, é possível a sucção contínua de seiva pelo inseto, aproveitando um suco alimentar concentrado, de fácil absorção (GALLO et al., 2002).

DORSAL	VENTRAL	→	Antena
			Olho
			Poros ventrais
			Espiráculo

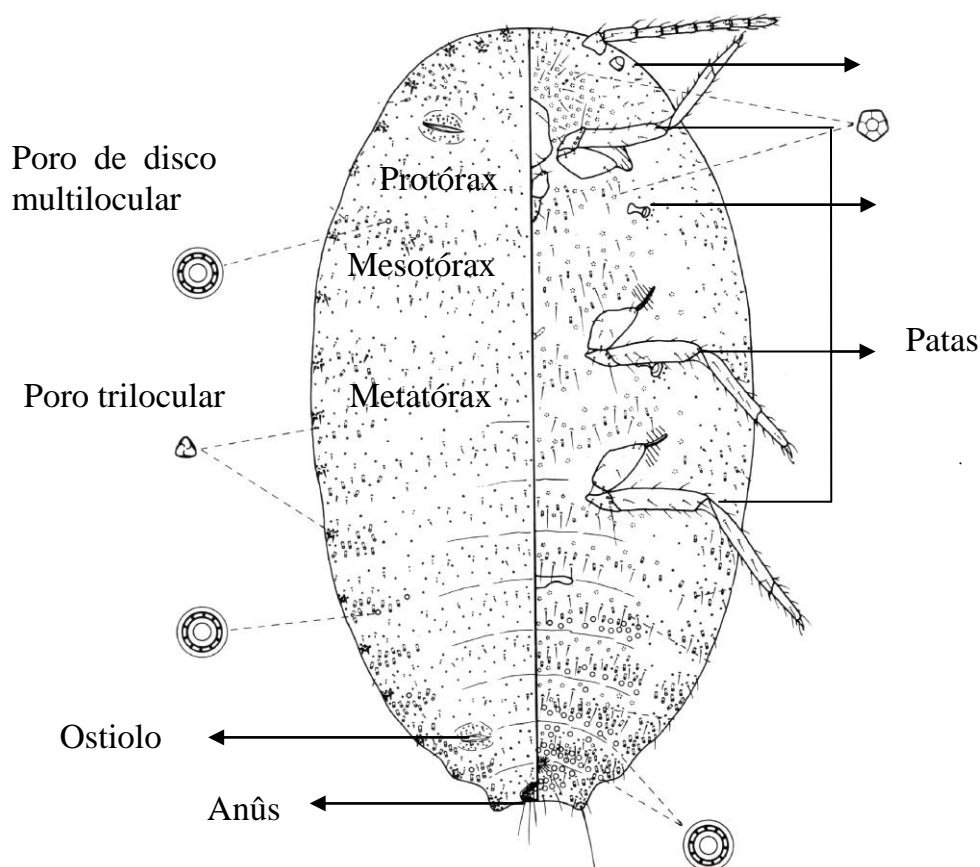


Figura 2. Características morfológicas de *Phenacoccus manihoti*. Ilustrado por COX & WILLIAMS, 1981, modificado pelo autor.

As ninfas de primeiro instar tem um comprimento de 0,40-0,75 mm, com uma largura de 0,20-0,30 mm. As de segundo instar tem um comprimento de 0,60 mm, com uma largura de 0,20 mm e terceiro instar o comprimento do corpo com 0,80 mm e uma largura de 0,26 mm (WILLIAMS; GRENNARA 1992; ADRIANI 2015).

1.3.2 Aspectos biológicos

As cochonilhas são encontradas na face inferior das folhas e brotações tanto em sua fase jovem como na fase adulta. As fêmeas do gênero *Phenacoccus* desenvolvem uma estrutura chamada ovissaco na parte posterior do abdômen pelo qual ovipositam seus ovos, estes ficam depositados na face inferior das folhas desenvolvidas ou na região apical da planta. Os ovos são amarelados, com aproximadamente 1 mm de comprimento, de formato ovoidal (Figura 3).

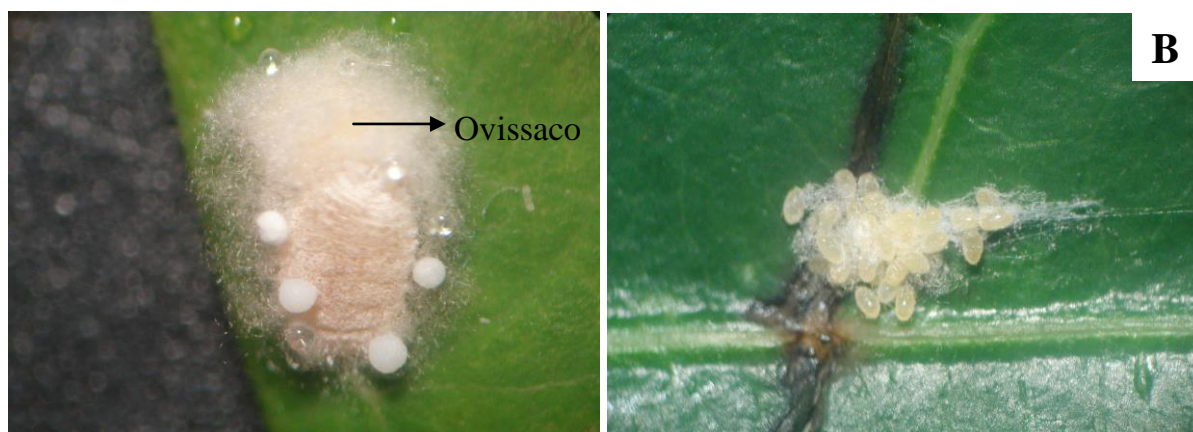


Figura 3. A) Ovissaco, na parte posterior do abdômen e B) Ovos de coloração amareladas, de *Phenacoccus manihoti* em mandioca. Fotos do autor.

Os ovissacos são pegajosos facilitando a aderência e a dispersão da cochonilha a longa distância. Ao eclodirem, as ninfas podem se espalhar sobre a planta ou serem transportadas pelo vento para plantas vizinhas (PARSA et al., 2012).

As ninfas migram em busca de local adequado para a alimentação, onde permanecem durante os estádios ninfaís, exceto se houver necrose ou outro fator que estimule a migração do inseto (FARIAS, 1991). Espécies desse gênero se desenvolvem em temperaturas entre 15 a 35 °C, sendo a temperatura ótima em torno de 28 °C (HERREN; NEUENSCHWANDER, 1991). Na temperatura de 25 °C os insetos apresentam três ínstaras com duração média de 6,5; 5,0 e 5,5 dias para 1°, 2° e 3° ínstar, respectivamente. Apresentam uma exúvia branca (Figura 4), que pode ser observada após a mudança de ínstar (MINKO, 2009).

Barilli et al. (2014) concluíram que a *P. manihoti*, desenvolvida na cultivar de mandioca Santa Helena (Fécua Branca) a 25 °C, apresentou ciclo de vida de 45 dias. A duração da fase de ovo, 1°, 2° e 3° instar foram de 7,7; 6,9; 4,9 e 5,7 dias, respectivamente. Ainda segundo esses autores, mais de 90% dos ovos foram viáveis e a fecundidade média por fêmea foi superior a 240 ovos. Entretanto, segundo Iheagwam; Eluwa (2008), para *P. manihoti*, a duração do desenvolvimento de cada fase diminui com o aumento de temperatura, tendo como limite mínimo a temperatura de 14 °C.

Minko (2009) concluiu que o aumento da temperatura foi o principal fator responsável pelo rápido desenvolvimento da cochonilha. Ainda segundo o autor, o conhecimento da bioecologia é importante pois desta forma, é possível prever os surtos da praga a campo. Isso permite a implementação de estratégias eficazes em momentos específicos do ano.



Figura 4. Ninfa da cochonilha *Phenacoccus manihoti*, no momento da troca de instar, eliminando a exúvia. Foto do autor.

Pouca informação está disponível sobre as características biológicas de *P. Manihoti* no Brasil, e estudos são necessários para se obter maiores informações sobre as variedades de mandioca cultivadas e como estas interagem com a cochonilha (BARILLI et al., 2014). Já Previsões de mudanças climáticas indicam que determinadas áreas agrícolas vão receber menor quantidade de chuvas no futuro, e com isso acelerar o desenvolvimento e infestação de novas áreas com *P. manihoti* (PARSA, et al. 2012);

1.3.3 Danos causados por *Phenacoccus manihoti*

A *P. manihoti* causa um dano mecânico direto, com a introdução do estilete ao sugar a seiva, e com a toxicidade da saliva, e outro indireto, ao produzir uma substância com alto conteúdo de açúcar que serve como meio de crescimento para fungos como a fumagina que podem cobrir as folhas e os pecíolos (Figura 5 A e B), afetando a fotossíntese (LOZANO et al., 1985; BELLOTTI et al., 2012).

Ainda, nas partes mais jovens da planta, causam deformação das brotações que ficam encarquilhadas, com aspecto de repolho, encrespamento e queda precoce das folhas (Figura 6 A e B). Em populações elevadas, causam necrose dos tecidos apicais e consequente morte dos ponteiros. A haste da planta deforma e apresenta entrenós mais curtos, podendo ocorrer ramificações excessivas (Figura 6 C e D).

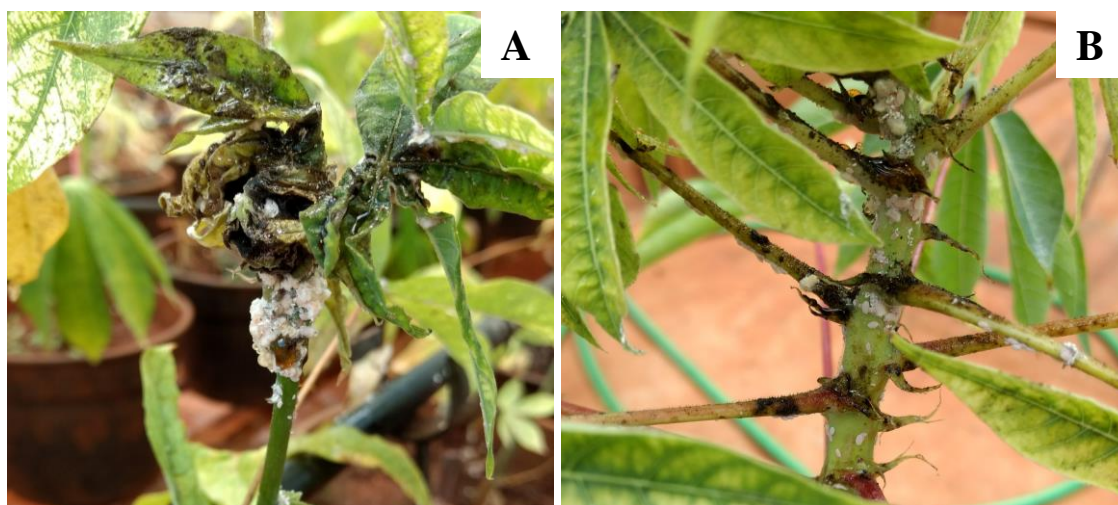


Figura 5. Dano indireto causado pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* em plantas de mandioca: A) fumagina em folhas apicais de mandioca e B) fumagina sobre os pecíolos.

Fotos do autor.

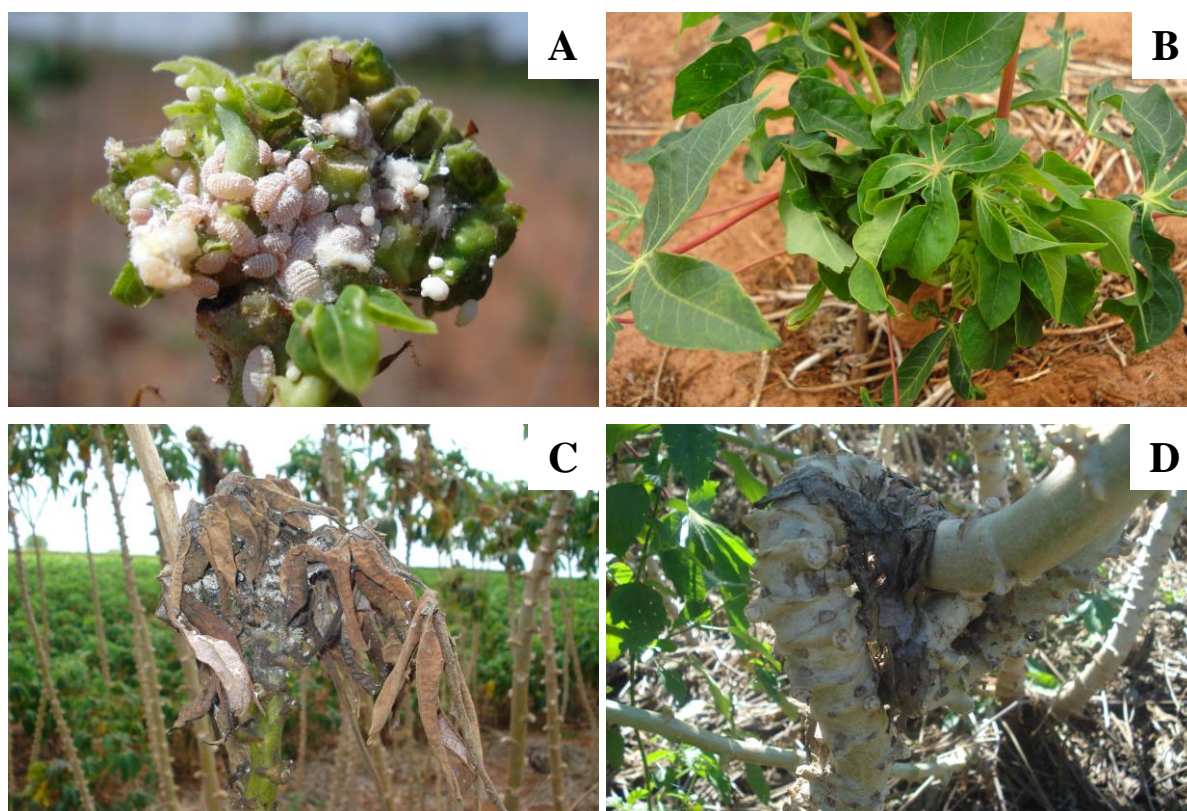


Figura 6. Danos diretos causados pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* em mandioca. A) Incidência severa na parte apical, inibindo a produção de folhas pela planta. B) Dano tipo encarquilhamento, após poda. C) Necrose e morte do ponteiro e D) Redução dos entrenós do caule. Fotos do autor.

Estes danos além de diminuir a taxa fotossintética também podem reduzir a qualidade das raízes (FARIAS, 1991; BELLOTTI et al., 1999; BENTO et al., 2002; FARIAS, 2005; TAKAHASHI; GONÇALO, 2005). Além disso, em plantas atacadas, observa-se redução 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).

Os danos da cochonilha em mandioca nas regiões do Paraná e São Paulo têm sido intensos no início das brotações, principalmente em cultivos de segundo ciclo (após poda) e em períodos de estiagem prolongada. A intensidade dos danos em período de seca tende a ser maior, pois plantas em estresse hídrico ou períodos de seca favorecem o desenvolvimento e a reprodução desses insetos, uma vez que a seiva está mais concentrada em aminoácidos. O início das chuvas sazonais reduz a população deste inseto e os seus danos nas plantas, permitindo a recuperação da cultura (PIETROWSKI et al., 2010; BELLOTTI et al., 2012).

1.3.4 Disseminação e controle

A detecção precoce e rápida de *P. manihoti* é uma maneira de evitar sua propagação em mandiocais. Contudo, esse período de detecção é curto, pois este inseto se dissemina de maneira rápida. Na África, por exemplo, a cochonilha da mandioca espalhou-se a uma taxa de 150 km/ano, contrastando com menos de 30 km/ano para outros hemípteros. Da mesma forma, na Tailândia, *P. manihoti* espalhou-se amplamente e causou perdas de rendimento de até 50%, resultando em um prejuízo de US\$ 30 milhões, dentro de dois anos da primeira detecção (FRISON; FELIU 1991; LIEBHOLD; TOBIN 2008; WINOTAI et al., 2010; BELLOTTI et al., 2012)

A disseminação destes insetos ocorrem principalmente por mecanismos antropogênicos, como o movimento de ramas contaminadas para plantio, onde as cochonilhas sobrevivem na rama, podendo alimentar-se, de brotos, se presentes (Figura 7). Assim, a imersão de estacas em uma solução aquosa de tiametoxam (0,2 g/L), imidaclopride (0,8 g/L) ou dinotefurano (8 g/L) pode ser uma tática eficaz para retardar a infestação do inseto (PARSA et al., 2012). Contudo, deve-se salientar que essa recomendação é para países asiáticos. No Brasil ainda não há produtos registrados para controle desta praga.

Gazola et al. (2014) ao aplicarem diferentes doses de bioinseticida (0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 e 0,5%) a base de azadiractina, sobre *P. manihoti*, concluíram que a dose 0,43%,

proporcionou mortalidade de 64% das cochonilhas, em mandioca. Uma alternativa de manejo da *P. manihoti* é a rotação de culturas, visto que mantem a área livre de hospedeiro da praga por um certo período de tempo. Contudo, devem-se evitar espécies de plantas que sirvam como hospedeiras alternativas para a espécie, tais como, citros e soja (SCHMITT, 2002, CALATAYUD e LE RÜ, 2006).

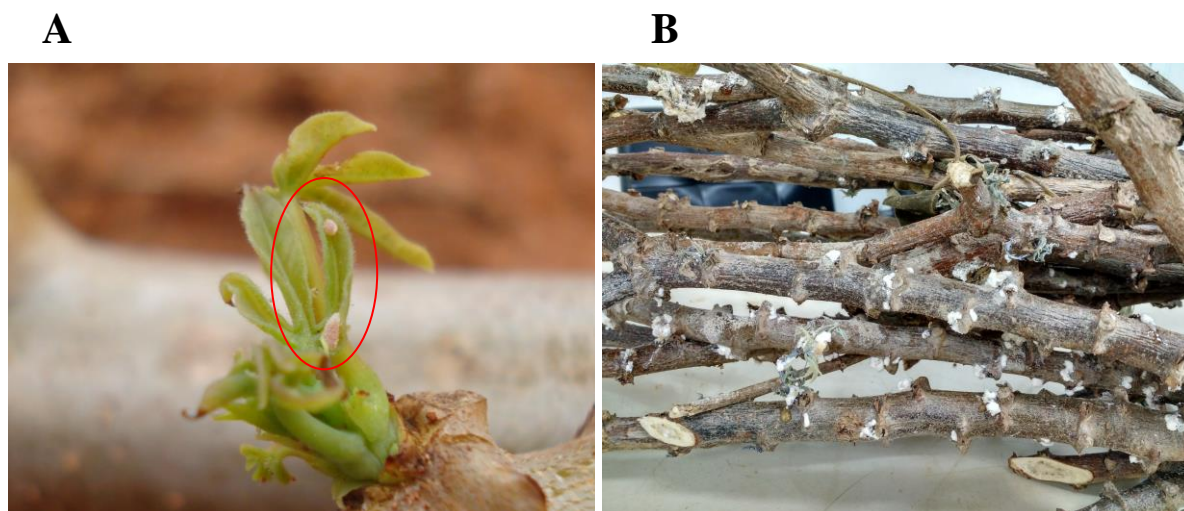


Figura 7. A) *Phenacoccus manihoti* em brotos de ramas de mandioca para plantio e B) ovisacos de *Phenacoccus manihoti* em ramas armazenadas. Fotos do autor.

Naturalmente, em nível de campo, vários agentes de controle biológico têm sido associados a esse inseto, como crisopídeos, joaninhas e parasitoides (Figura 8). Dentre esses, se destaca a vespinha *Anagyrus lopezi* De Santis (Hymenoptera: Chalcidoidea) (PIETROWSKI et al., 2010).

Vários países africanos e asiáticos iniciaram programas de controle biológico da cochonilha, a partir da introdução do parasitoide *A. Lopezii* e apresentaram resultados positivos (HERREN; NEUENSCHWANDER, 1991; BELLOTTI et al., 2012). 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 (BALE et al. 2009).

A escassez de produtos químicos e biológicos para o controle de insetos pragas associados a cultura da mandioca é um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores. O controle das pragas é efetuado sem nenhuma assistência técnica e na maioria das vezes com produtos sem registro. Assim o uso indiscriminado dos inseticidas pode selecionar populações de insetos resistentes aos princípios ativo das formulações, além de

potencializar a severidade das injúrias causadas pelos insetos-praga à cultura (SILVA et al., 2012).

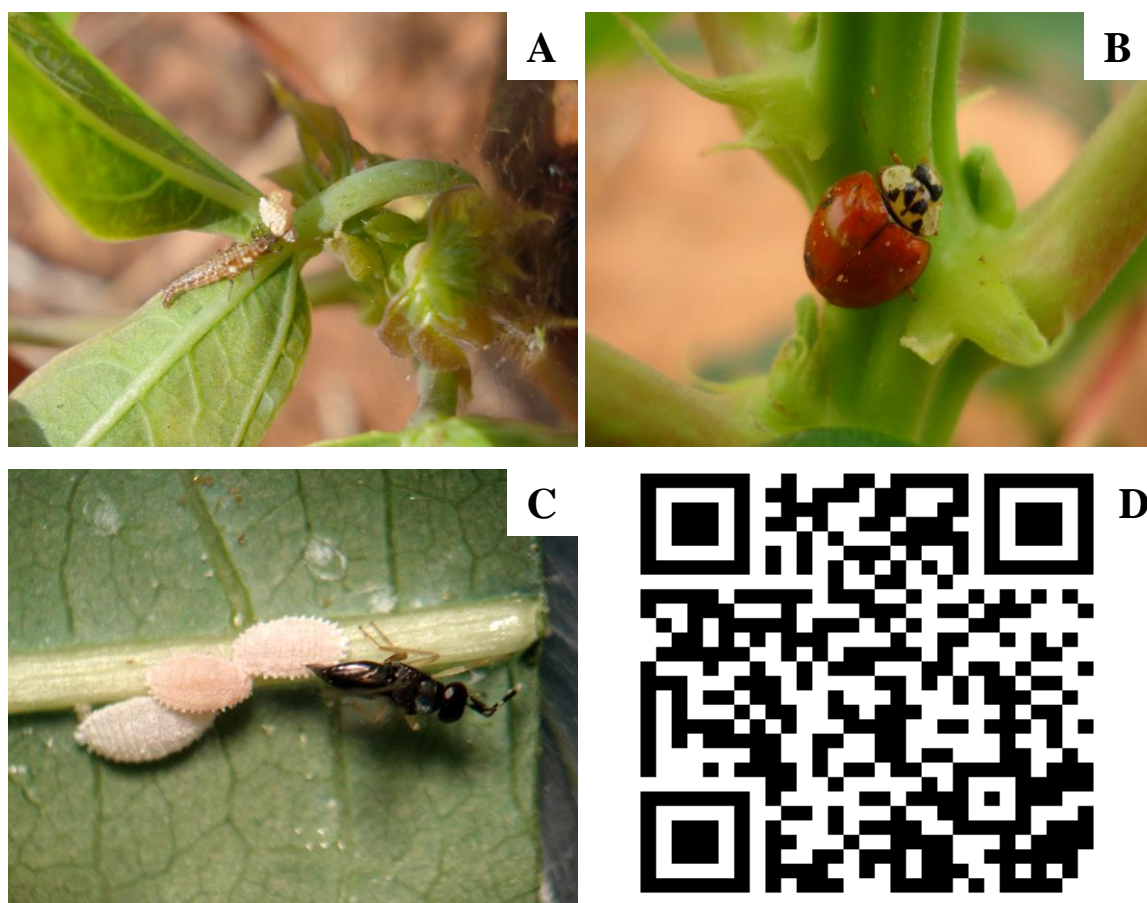


Figura 8. A) Larva de crisopídeo alimentado-se de *Phenacoccus manihoti*. B) Joaninha, em planta de mandioca. C) *Anagyrus lopezi* parasitando a *Phenacoccus manihoti*. D) QR-Code para a visualização do vídeo da vespinha no momento do parasitismo. Foto/vídeo do autor.

1.4 MANEJO DA CULTURA NO CONTROLE DE PRAGAS

1.4.1 Poda da Parte Aérea da mandioca

A poda da parte aérea da mandioca consiste na retirada total ou parcial da rama (parte aérea) para novos plantios, para alimentação animal ou para armazenamento, em regiões que estão sujeitas a baixas temperaturas. A poda justifica-se também para facilitar a capina e o transito de máquinas agrícolas e como medida profilática no caso de alta infestação de pragas ou doenças (FARIAS et al., 2006; MATTOS et al., 2006). Ainda, a poda

geralmente é realizada de acordo com a situação do mercado (como o preço pago pela tonelada); disponibilidade de mão-de-obra e de recursos de apoio (SOUZA; FIALHO, 2003).

A poda deve ser efetuada no início do período chuvoso (na região Norte e Nordeste) ou período de inverno (Centro-Sul) a uma altura de 10 a 15 cm da superfície do solo e em plantas com 10 a 12 meses de idade. Mandioca submetidos a poda devem aguardar de 4 a 6 meses para que sejam colhidos, de modo que haja maior acúmulo/reposição de amido nas raízes tuberosas (SOUZA; FIALHO, 2003; FARIAS et al., 2006).

Takahashi et al. (2002) recomendam que as lavouras devem ser podadas antes do inverno, deste modo terão menores problemas de brotação. A resposta da produção de raízes devido á poda é muito variável e está na dependência de uma série de fatores, como clima, condições da planta, fertilidade do solo, cultivar e a época em que esta é efetuada (TAKAHASHI; GUERINI, 1998; FAO, 2013).

Segundo Andrade et al. (2011), quando as plantas de mandioca são podadas durante o período de maio a julho (repouso fisiológico) produzem mais raízes tuberosas, apresentam maior massa seca de raízes e menor rendimento de farinha, ao final do ciclo. Ainda segundo esses autores, a maior produtividade de parte aérea e menor produtividade de raízes tuberosas de mandioca foi obtida nas plantas podadas durante o período de maior crescimento vegetativo.

No estado da Bahia Oliveira et al. (2010) concluíram que apesar de reduzir a produtividade das raízes tuberosas, a poda da parte aérea não afetou características importantes para a industrialização, como a porcentagem de matéria seca e de amido e o rendimento de farinha. No estado do Acre, Moura; Costa (2001) verificaram que o aumento da frequência de podas e o intervalo entre a poda e a colheita resultaram na diminuição do rendimento de raízes. Já na Bahia, há relatos de que a poda da parte aérea resulta em elevação da produção de raízes, após dois ciclos da cultura, apesar das raízes tornarem-se mais fibrosas (OLIVEIRA et al., 2010).

A poda da parte aérea das plantas de mandioca pode ser constituída como uma estratégia aparentemente eficiente e viável, embora seja necessário o refinamento de estudos sobre a interação desta prática com as características agroclimáticas locais e com os genótipos utilizados, para a recomendação técnica (ANDRADE et al., 2011).

As diferenças climáticas nas diferentes regiões de produção podem causar efeitos contraditórios ao desenvolvimento da mandioca após a poda, visto que nas regiões do

Norte do Brasil o repouso vegetativo depende da disponibilidade hídrica enquanto no sul do Brasil é regida também pelas baixas temperaturas (SEDIYAMA et al., 2007).

O manejo da cultura como uma medida profilática torna-se essencial para o controle pragas e pela saúde do agroecossistema mandiogueiro, visto que 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).

1.4.2 Adubação

A mandioca é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente exporta tudo o que foi absorvido. As raízes tuberosas são destinadas à produção de farinha, fécula e outros produtos, bem como para a alimentação humana e animal; a parte aérea (manivas e folhas), para novos plantios, alimentação humana e animal (MATTOS; BEZERRA, 2003).

A ordem decrescente de absorção de nutrientes pela mandioca é a seguinte: $K > N > Ca > P > Mg$. Com relação aos micronutrientes, esses são extraídos em menores quantidades, mas têm grande importância para a produção (ALVES et al., 2009).

As respostas à adubação principalmente a nitrogênio, fósforo e potássio dependem dos teores existentes nos solos, sendo as recomendações baseadas na análise de fertilidade realizada em laboratório. A mandioca tem apresentado respostas pequenas à aplicação de nitrogênio, mesmo em solos com baixos teores de matéria orgânica. Possivelmente, este fato deve-se à presença de bactérias diazotróficas fixadoras de nitrogênio atmosférico no solo (MATTOS et al., 2006). Ainda segundo esses autores, em doses adequadas, o nitrogênio favorece o bom desenvolvimento da planta. Entretanto, quando aplicado em excesso, provoca redução na porcentagem de amido e o consequente aumento de proteína. Em solos de mata recém-desbravada, o excesso de nitrogênio, produzido pela extrema riqueza de matéria orgânica, pode induzir exagerado desenvolvimento da parte aérea em detrimento da produção de raízes de reserva (ALVES et al., 2009).

Maior importância adquire a aplicação de fósforo, embora não seja extraído em grandes quantidades pela mandioca, pois os solos brasileiros em geral, e em particular os cultivados com mandioca, normalmente classificados como marginais, são pobres neste

nutriente. Por esta razão, é grande a resposta da cultura à adubação fosfatada. Quanto ao potássio, nutriente extraído em maior quantidade pela mandioca, seu esgotamento é atingido rapidamente, após 2 a 4 cultivos sucessivos na mesma área. Embora a resposta à adubação potássica seja baixa, torna-se evidente após cultivos sucessivos na mesma área (MATTOS; BEZERRA, 2003).

Em trabalho realizado por Fidalski (1999), ao avaliar a resposta da cultura de mandioca à adubação mineral NPK e à calagem no noroeste do Paraná, concluiu-se que a adubação fosfatada aumentou a produção de raízes e os teores de P no solo após o cultivo de mandioca. Ainda, segundo esses autores, a calagem, a adubação nitrogenada e potássica não aumentaram a produção de raízes de mandioca.

Alves et al. (2012) com o objetivo avaliar a produtividade de mandioca com a aplicação de diferentes doses de NPK, na formulação comercial 10:28:20, em Latossolo Amarelo no Pará, concluíram que a variedade de mandioca utilizada (Paulozinho) respondeu linearmente às doses crescentes de adubação mineral.

Além dos efeitos no crescimento, desenvolvimnto e desemepnho produtivo da mandioca, segundo Vetter (2000), a maior disponibilidade de nitrogênio no solo favorece a síntese de compostos de defesa nesta espécie. A síntese de compostos secundários envolve os aminoácidos, e há evidências de que o metabolismo do nitrogênio está relacionado ao teor de ácido cianídrico nas plantas de mandioca (SOLOMONSON; BARBER, 1990). Oliveira et al. (2012) concluíram que o teor de ácido cianídrico (HCN), na cultivar Aciolina, respondeu de forma quadrática a doses crescentes de nitrogênio em cobertura. As doses de N entre 219 e 241 kg ha⁻¹ determinaram os maiores acúmulos de HCN na planta.

A correção e adubação adequada do solo são importantes para reduzir o impacto da cochonilha, já que em solos de baixa fertilidade verifica-se maior população da praga 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 do composto rutina após a infestação e consequentemente melhorando a resistência da mandioca a *P. manihoti*.

1.5 RESISTENCIA DE PLANTAS

A utilização de genótipos resistentes é uma importante estratégia de controle de pragas, pois apresenta baixo custo e mantém a população do inseto abaixo do nível de dano econômico, além de reduzir perdas no rendimento, podendo ser incluída como uma ferramenta no Manejo Integrado de Pragas (MIP) (BELLOTTI et al. 1999). Segundo Burbano et al. (2003) os pais selvagens de *M. esculenta* são fontes de resistência a insetos pragas. *Manihot peruviana* e *Manihot flabellifolia* tem apresentado níveis moderados e altos de resistência ao ácaro verde (*M. tanajoa*) e a mosca branca (*A. socialis*), respectivamente.

A resistência de plantas a insetos é definida como sendo a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta, as quais influenciam o resultado do grau de dano que o inseto causa (PAINTER, 1951). Os mecanismos de defesa da planta abrangem uma série de características morfológicas e também um complexo de substâncias químicas, que podem torná-la repelente, tóxica ou, de algum modo, inadequada para os insetos-praga (PIUBELLI, 2004).

Segundo Painter (1951) existem três tipos de resistência: (1) não-preferência: quando uma planta ou cultivar é preterida pelo inseto para alimentação, oviposição ou abrigo; (2) antibiose: quando a planta exerce efeito adverso sobre a biologia do inseto; e (3) tolerância: quando a planta sofre menos danos em relação às outras, em igualdade de condições, ou seja, sob um mesmo nível de infestação de determinada espécie de inseto, sem afetar o comportamento deste ou sua biologia.

Os genótipos que apresentam o tipo de resistência não preferência ou antibiose, afetam negativamente os insetos, causando alterações no metabolismo que se refletem na duração do ciclo, fecundidade e sobrevivência. Aliadas às características morfológicas, as substâncias químicas das plantas podem afetar o comportamento da praga, principalmente na seleção do hospedeiro para alimentação e oviposição (VENDRAMIM; CASTIGLIONI 2000).

1.5.1 Compostos Secundários na Resistência de Plantas

A resistência a insetos está relacionada, principalmente, a substâncias químicas (aleloquímicos) presentes nas plantas hospedeiras, tais como alcalóides, flavonoides, terpenóides, esteróides, etc. (KUBO; HANKE 1986). Em condições naturais, as plantas estão expostas a inúmeros inimigos que podem afetar seu desenvolvimento. Em resposta ao ataque,

as plantas produzem uma série de compostos orgânicos sem aparente função no crescimento e desenvolvimento, sendo estas substâncias denominadas de metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais (TAIZ; ZEIGER, 2010).

Os aleloquímicos são definidos como metabólitos/compostos secundários, ou seja, substâncias não nutritivas, produzidas por uma espécie, e que afetam a sobrevivência, crescimento, comportamento, fecundidade ou fertilidade de indivíduos de outra espécie (KOGAN; TURNIPSEED, 1987). No reino vegetal todas as plantas compartilham o mesmo tipo de metabolismo primário, no entanto o metabolismo secundário tem sua distribuição restrita a algumas plantas, sendo alguns metabólitos secundários encontrados apenas em algumas ou em uma única espécie vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2010).

A síntese de compostos secundários na planta é influenciada por práticas culturais (fertilizantes, aplicação de estrume e queimadas) e por fatores sazonais. De fato, a síntese de compostos nitrogenados secundários (alcalóides, glicosídeos cianogênicos e glucosinolatos) aumentam com o tratamento com fertilizantes nitrogenados, enquanto a síntese dos compostos fenólicos aumenta quando a planta é cultivada em um solo pobre em N (GERSHENZON, 1984; WATERMAN; MOLE, 1989).

Para insetos que se alimentam do floema, a ação dos compostos secundários depende muito da sua localização no interior da planta. A presença de compostos estritamente localizado no mesófilo só pode ter um efeito deterrente durante a penetração do estilete, enquanto se localizado no floema influenciará de maneira antibiótica (GIVOVICH et al., 1992). Os metabólitos secundários são divididos em três grupos quimicamente distintos: terpenos, componentes contendo nitrogênio e compostos fenólicos (VIZZOTTO et al., 2010).

O grupo dos terpenos abrangem aproximadamente 35.000 compostos formados por unidade de carbono (C₅) e sintetizados a partir da via do ácido mevalônico. Terpenos (1) apresentam-se de forma tóxica ou deterrente na alimentação de muitos insetos herbívoros e mamíferos (VIEGAS JÚNIOR, 2003; VEITCH et al., 2008; PAVARINI et al., 2012).

Os componentes contendo nitrogênio (2) são sintetizados pela via comum dos aminoácidos, dentre esses destacam-se os glicosídeos cianogênicos e os alcalóides, sendo este o maior grupo com aproximadamente 15.000 metabólitos (TAIZ; ZEIGER, 2010; DEVIKA; OILPILLAI, 2012).

Já os compostos fenólicos (3) apresentam uma hidroxila ligada a um anel aromático em sua composição química, e quatro são sintetizados a partir da via do ácido chiquímico, com a maioria das classes de compostos formados a partir da fenilalanina na rota

dos fenilpropanoides, que após a remoção da molécula de amônia dá origem ao ácido cinâmico. Cerca de 10000 compostos fenólicos são conhecidos e muitos são relacionados com a defesa contra herbívoros e patógenos (ARTLIP; WISNIEWSKI, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2010). Os compostos fenólicos como lignina, flavonoides e taninos encontram-se entre as classes de metabólitos secundários de plantas com reconhecida atividade inseticida, sendo que tais compostos são conhecidos por conferirem proteção à planta contra a herbivoria (SCHALLER, 2008).

Os compostos fenólicos encontrados em folhas e raízes de mandioca pertencem a dois grupos: flavonoides e hidroxycoumarinas. São importantes grupos para a defesa da planta contra artrópodes herbívoros e patógenos. O Flavonoide rutina e o kamferol foram identificados em folhas de mandioca (PINTO-ZEVALLOS et al., 2016). Embora a maioria dos estudos baseia-se em folhas, flavonoides de proteção também foram encontrados em outras partes da planta, tais como as raízes e tegumentos. A atividade inseticida dos flavonoides é obtido através de vários mecanismos, através processos anbióticos e de não preferencia sobre o inseto (GOULD; LISTER 2006).

Pesquisas sobre o efeito antinutricional dos flavonoides em insetos têm se concentrado em pragas na agricultura, para determinar como estes compostos podem lhes conferir resistência (HARBORNE; GRAYER 1993).

Os flavonoides constituem uma grande classe de substâncias fenólicas e estão presentes na maioria dos tecidos vegetais, desempenhando as mais variadas funções, tais como: proteção à radiação ultravioleta, à insetos, a doenças causadas por fungos, bactérias e vírus; atraentes para polinização; dispersantes de sementes; controlador hormonal; estimulantes à produção de nódulos pelos rizóbios; inibidores enzimáticos, antioxidantes e agentes aleopáticos. Apesar do termo flavonoide derivar do latim *flavus*, que significa amarelo, observa-se que os grupos flavonóis e flavonas são incolores e que a classe das antocianinas possuem substâncias que variam no seu espectro de coloração do verde ao azul. Estruturalmente, os flavonoides constituem substâncias aromáticas com 15 átomos de carbono (C_{15}) no seu esqueleto básico, sendo compostos fenólicos, que possuem nessa estrutura anéis aromáticos $C_6-C_3-C_6$. O esqueleto C_{15} dos flavonoides é biogeneticamente derivado do fenilpropano (C_6-C_3) e três unidades de acetato (C_6) (HARBONE, 1967; MARKHAM 1982; 1989; LOPES et al., 2000; KUSKOSKI et al., 2004; VOLP et al., 2008).

Os flavonoides são subclassificados em seis subgrupos principais: flavonas, (como por exemplo, apigenina e lupeolina), flavonóis (quercetina, rutina e miricetina),

catequinas ou flavanóis (epicatequina e galocatequina), flavanonas (naringenina e hesperitina), antocianinas (cianina e pelargonina) e isoflavonas (genisteína e daidzeína) (VOLP et al., 2008). Os flavonoides podem estar na forma livre ou como glicosídeos. A estrutura de suas agliconas consiste de dois anéis aromáticos conectados por um anel pirano. A existência de uma grande diversidade estrutural dos flavonoides é explicada pelas modificações que esses compostos podem sofrer, tais como: hidroxilação, metilação, acilação, glicosilação, entre outras (KOES et al., 1994).

Em experimento realizado por Carabali et al. (2010) os autores concluíram que houve um declínio significativo no potencial de crescimento da população *A. socialis* quando alimentados com dois acessos selvagens de mandioca (TST-18 e TST-26) e o genótipo resistente (MEcu72), com diminuição de 47, 46 e 40%, respectivamente, quando comparados ao genótipo suscetível (CMC-40). Da mesma forma, o tempo necessário para *A. socialis* duplicar sua população foi significativamente prolongado por 3 a 7 dias quando foram alimentadas com o *Manihot tristis* e a MEcu72, quando comparada com a CMC-40. Os autores sugerem que as substâncias encontradas entre os acessos de espécies silvestres de mandioca são provavelmente os responsáveis pelos efeitos observados.

Em condições de campo, experimentos mostraram que as alterações importantes na população de pragas foi observada ao longo das estações do ano, que pode ser explicado, em parte, pelas variações sazonais nos níveis de compostos secundários do floema da planta (TERTULIANO et al., 1999).

1.5.1.1 Flavonoide rutina

Muitos flavonoides podem agir como deterrente, repelente, tóxicos e até atrativos para insetos fitófagos, em concentrações relativamente baixas (HARBORNE; GRAYER 1993; SIMMONDS, 2001), dentre esses destaca-se a rutina. A rutina (3-o-rutinosídeo-quercetina), flavonoide da classe dos flavonóis (Figura 9), é tradicionalmente empregada como potente antioxidante, na prevenção ou tratamento da insuficiência venosa ou linfática e da fragilidade ou permeabilidade capilar, e também na prevenção aos danos causados pela radiação ultravioleta (VELASCO et al., 2008).

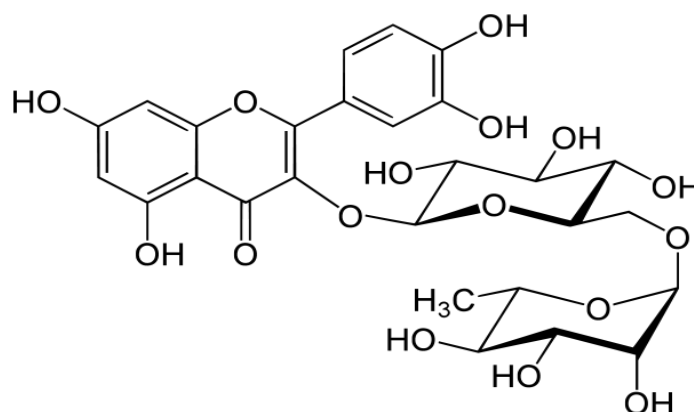


Figura 9. Estrutura química do flavonoide rutina ($C_{27}H_{30}O_{16}$).

A rutina pode agir de forma diferente no mesmo inseto, podendo ser estimulante alimentar para *M. Sexta*, enquanto a quercetina 3-rhamnosídeo (forma anglicona da rutina) que possui menor quantidade de açúcar em relação a rutina age como deterrente (BOER; HANSON 1987).

Dados obtidos por Calatayud et al. (1994) comprovam que a infestação de *P. manihoti*, é sensível aos níveis de rutina independente do genótipo de mandioca utilizado no ensaio, dando suporte a hipótese de que a rutina está ligada a resistência da planta de mandioca a essa cochonilha. Os autores encontraram níveis de rutina entre 7800 a 15600 μg^{-1} em plantas infestadas e 900 a 7800 μg^{-1} em plantas não infestadas. Essa informação é relevante pois, quando comparado a outras culturas, a mandioca se destaca pela alta concentração de rutina. Examinando compostos secundários em mandioca, Le Ru; Calatayud (1994), observaram correlação positiva entre grau de resistência antibiótica e seu conteúdo de rutina, contribuindo para a resistência à *P. manihoti*. Ainda segundo estes autores, o acréscimo de rutina após a infestação da cochonilha, induziu o mecanismo de defesa da planta.

Contudo, a resposta do inseto em relação a rutina pode variar conforme a concentração testada. Em concentrações maiores que 10^{-3} molar é deterrente para *Heliothis zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) no final do estágio larval, mas em concentrações menores que 10^{-4} molar estimula a alimentação desses insetos (SIMMONDS 2001).

A Rutina é responsável pelo prolongamento no ciclo de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (GAZZONI et al., 1997; HOFFMANN et al., 2006) e alta

mortalidade, em populações da lagarta suscetíveis e resistentes ao baculovírus (PIUBELLI et al., 2006). Entretanto, dependendo da concentração e da espécie de inseto, a rutina pode ser estimulante alimentar, como no caso do gafanhoto *Schistocerca americana* Drury (Orthoptera: Acrididae) (BERNAYS; RAUBENHEIMER, 1991).

Nos genótipos menos resistentes o conteúdo de rutina diminui durante a estação seca, quando o estresse (de infestação de insetos e do déficit hídrico) foram predominantes, enquanto que o teor de cianeto (fagoestimulante) de genótipos testados aumentaram nesse período (CALATAYUD, 1993).

Sabe-se que a rutina não afeta somente o crescimento e o metabolismo de *P. manihoti*, mas também organismos simbiotes, como bactérias intestinais (DREYER; JONES, 1981; MBAYE, 1989). Calatayud; Múnera (2002) concluíram que a rutina, acrescentada à dieta artificial, afetou o crescimento e desenvolvimento de *P. Manihoti*. Contudo, o efeito negativo da rutina sobre o inseto não é devido a uma ação tóxica da substância mas de uma ação fagoderrente. Também, em outras culturas, como a soja, observaram que rutina incorporada à dieta artificial de *A. gemmatalis*, afetou negativamente, o peso seco inicial das lagartas, o peso de pupa, o consumo e, ainda, prolongou o ciclo larval do inseto (SALVADOR et al., 2006; HOFFMANN-CAMPO et al., 2006).

Os mecanismos de defesa das plantas podem envolver um complexo de substâncias químicas e morfológicas. Deste modo, a rutina pode não ser a única substância, ou estrutura morfológica, responsável pela resistência dos genótipos de mandioca selecionados à insetos pragas (PIUBELLI, 2004).

1.5.1.2 Ácidos hidroxicinâmicos

Os ácidos fenólicos apresentam um grupo funcional carboxila e são divididos em duas classes: os ácidos hidroxibenzoicos e os hidroxicinâmicos. Os primeiros são componentes das complexas estruturas dos taninos hidrolisáveis e são menos abundantes nos vegetais consumidos pelos humanos. Os ácidos hidroxicinâmicos estão presentes em vários alimentos e bebidas de origem vegetal, como o café, erva mate, maçã, ameixa e outras frutas, crucíferas, cereais, entre outros (MANACH, et al., 2004; D'ARCHIVIO et al., 2007; OLIVEIRA; BASTOS, 2011).

O ácido cinâmico, também denominado ácido 3-fenil-2-propenóico, consiste em um ácido graxo aromático de ocorrência natural, originado de plantas superiores e

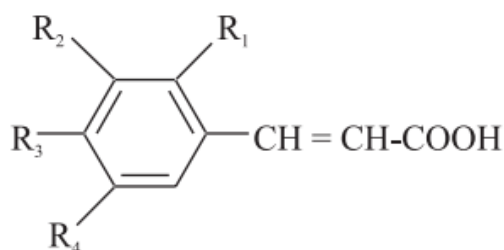
encontrado em estoraques, óleos de canela e folhas de coca. A estrutura de sua molécula é normalmente encontrada na forma trans (LIU et al., 1995). Pertencem a uma família relativamente grande de ácidos orgânicos que apresentam atividade antibacteriana, antifúngica, antiparasítica e anticancerígena (SIMONYAN, 1993; EKMEKCIOGLU et al., 1998).

Estes ácidos orgânicos são também utilizados na síntese de macromoléculas e na síntese de várias classes de polímeros, sendo especialmente relevantes os que possuem atividade fotoquímica elevada devido à presença de grupos cinamoílo (SIMONYAN, 1993).

Possuem nove átomos de carbono (C6-C3), sendo sete os mais comumente encontrados no reino vegetal como o ácido cinâmico, ácido o-cumárico, m-cumárico e p-cumárico, ácido caféico, ácido ferúlico e ácido sinápico, que podem ser encontrados em diversos produtos de origem vegetal como: em café, maçãs, frutos cítricos e cereais (CLIFFORD, 1999; SOARES, 2002) (Figura 10).

Apesar dos avanços recentes, não existe ainda um consenso sobre a biodisponibilidade relativa dos ácidos clorogênicos, ou seja, a porcentagem da quantidade ingerida que efetivamente é absorvida e metabolizada, principalmente pela falta de dados consistentes sobre seus metabólitos, mormente no que se refere à quantificação em tecidos (OLIVEIRA; BASTOS, 2011).

Dados referentes a esses ácidos são escassos, sendo encontrados apenas em mamíferos. Contudo, dados obtidos por Fernandes (2007) relatam que o efeito direto de cafeína, ácido clorogênico e ácido caféico sobre a população de ninfas de primeiro ínstar de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em plantas de café pode estar relacionado aos efeitos dos alomônios antixenóticos, deterrentes destes compostos sobre o comportamento de busca e preferência pela alimentação destes insetos.



Legenda: Ácido cinâmico: R1 = R2 = R3 = R4 = H; Ácido o-cumárico: R1 = OH; R2 = R3 = R4 = H; Ácido m-cumárico: R1 = R3 = R4 = H; R2 = OH; Ácido p-cumárico: R1 = R2 = R4 = H; R3 = OH; Ácido caféico: R1 = R4 = H; R2 = R3 = OH; Ácido ferúlico: R1 = R4 = H; R2 = OCH3; R3 = OH. Ácido sinápico: R1 = H; R2 = R4 = OCH3; R3 = OH.

Figura 10. Estrutura molecular dos ácidos cinâmicos e seus derivados.

Segundo Piubelli et al. (2005), genótipos com nível moderado de resistência a insetos, contendo compostos químicos de defesa, associado com outras táticas de controle manejo integrado de pragas, podem diminuir ou até mesmo eliminar o uso de inseticidas, contribuindo assim para a sustentabilidade ecológica de sistemas agrícolas.

Deste modo, a indução destes compostos secundários e especialmente do flavonol rutina, através do manejo adequado da cultura, pela adubação nitrogenada, ou a eliminação do foco de altas infestações de *P. manihoti*, através de práticas culturais, como a poda, podem ser estratégias de controle eficaz e viável aos mandiocultores.

2 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADRIANI E. **Preferensi, kesesuaian dan parasitisme *Anagyrus lopezi* (De Santis) (Hymenoptera: Encyrtidae) pada berbagai instar kutu putih singkong *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae).** Tese. 2016. Institut Pertanian Bogor.

ALBUQUERQUE, J. A. A.; SEDIYAMA, T.; SILVA, A. A. DA; SEDIYAMA, C. S.; ALVES, J. M. A.; NETO, F. de A. Caracterização morfológica e agrônômica de clones de mandioca cultivados no Estado de Roraima. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 4, núm. 4, outubro-diciembre, pp. 388-394, 2009.

ALBUQUERQUE, M.; CARDOSO, E. M. R. **Utilização da mandioca na Amazônia.** Belém: Embrapa-CPATU, 1983 12p.

ALVES, A. A. C. Fisiologia da mandioca. In: SOUZA, L. de S.; et al (coord.) **Aspectos socioeconômicos e agrônômicos da mandioca.** Cruz das Almas; Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

ALVES, M. C. S.; MORREIRA, M. A. B.; CHAGAS, M. S. M.; HOLANDA, J. S.; DA SILVA, J.; SOUZA LIMA, J. D. **Recomendações técnicas para a cultura da mandioca.** Natal: Embrapa Mandioca e fruticultura, 2009. 12p.

AIVES, R. N. B.; MODESTO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA, E. R. Doses de NPK na adubação de mandioca (*Manihot esculenta*) variedade paulozinho em Moju – Pará. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, volume 8, p. 65-70, 2012.

ANDRADE JÚNIOR, O. de. **Estudo da composição tecnológica e bromatológica de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dois espaçamentos.** 2006, 21p. Universidade do Oeste Paulista -Unoeste. Presidente Prudente, São Paulo.

ANDRADE, J. S.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; MATSUMOTO, S. N.; NOVAES, Q. S. Épocas de poda em mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, vol.42, n.3. pp.693-701, 2011.

ARTLIP, T.S.; WISNIEWSKI, M.E. Induction of proteins in response to biotic and abiotic stresses. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, 2002. p. 657-679.

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 2016.

BARILLI, R. D.; PIETROWSKI, V.; WENGRAT, P. G. DA S. A.; GAZOLA, D.; RINGENBERG, R. 2014. Biological characteristics of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Colombiana de Entomología**. v. 40, n.1, p.21-24, 2014.

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.; ARIAS, V. B.; VARGA, O. H.; REYES, J. A. Q.; GUERRERO, J. M. Insetos and mites tha attack the cassava, and their control. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H. (ED.) **Cassava in the third millennium**. Cali: CIAT, 2012. p. 213-250.

BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S. L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**. v. 44, p. 343-370. 1999.

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

BELLOTTI, A.C.; ARIAS, B.; VARGAS, O.; REYES, J.A.; GUERRERO, J.M. Insectos y ácaros dañinos a la yuca y su control. In: OSPINA, B.; CEBALLOS, H., ed. **La yuca en El tercer milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali, Colombia: 2002, p.160-203.

BELLOTTI, A.C.; HERRERA, C. J.; HERNÁNDEZ, M. D. P.; ARIAS, B.; GUERRERO, J. M.; MELO, E. L. **Three major cassava pests in Latin America, Africa and Asia**. In: HOWELER, R. H. (ed) *A new future for cassava in Asia: its use as food, feed and fuel to benefit the poor*. Proceedings of the Eighth Regional Workshop held in Vientiane, NAFRI/CIAT. The Nippon Foundation. 2010, p. 544–577.

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: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

BERNAYS, E. A. & RAUBENHEIMER D. Dietary Mixing in Grasshoppers: Changes in Acceptability of Different Plant Secondary Compounds Associated With Low Levels of Dietary Protein (Orthoptera: Acrididae). **Journal of Insect Behavior**. v.5, p. 545-556, 1991.

BOER, G.; HANSON, F.E. Feeding responses to solanaceous allelochemicals by larvae of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.45, p. 123-131, 1987.

BURBANO M.; CARABALÍ, A.; MONTOYA-LERMA, J.; BELLOTTI, A.C. Resistencia natural de espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae) a *Mononychellus tanajoa*, (Acariformes), *Aleurotrachelus socialisy Phenacoccus herreni* (Hemiptera). **Revista Colombiana de Entomologia**. v. 33. p.110–115, 2003.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agros Comunicação, 2002. 420p.

CALATAYUD P. A. **Etude des relations nutritionnelles de la cochenille du manioc avec sa plante hôte**, Tese of Doctorat, Universite de Lyon, 1993.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. n.26. p.81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A., RAHBE, Y., DELOBEL, B., KHUONG- HUU, F., TERTULIANO, M., & RÜ, B. Influence of secondary compounds in the phloem sap of cassava on expression of antibiosis towards the mealybug *Phenacoccus manihoti*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 72, n. 1, p. 47-57, 1994.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de la yuca a las plagas e artrópodos. In: OSPINA, B. CEBALLOS, H. **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT, 2002. p. 250-254.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de la yuca a las plagas y artrópodos. In: OSPINA, B. I. A.; CEBALLOS, H(ed). **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT/CLAYUCA, n.327. 2002. 586p.

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

CARABALÍ A.; BELLOTTI, A. C.; MONTOYA-LERMA, J.; FREGENE, M. 2010. Resistance to the whitefly, *Aleurotrachelus socialis*, in wild populations of cassava, *Manihot tristis*. **Journal of Insect Science** 10:170. 2010.

CARDOSO, C. E. L.; SOUZA, J. da S. Importância, potencialidades e perspectivas do cultivo da mandioca na América Latina. In: CEREDA, M. et al. (coord.). **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas** São Paulo: fundação Cargill, 2002. 540p.

CARVALHO, P. C. L. de. Biossistemática de Manihot. In: SOUZA, L. de S.; et al (coord.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas; Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

CARVALHO, P. C. L. de; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. SOUZA, L. de S.; et al (coord.) Cruz das Almas; Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

CEBALLOS, H.; DE LA CRUZ, G. A. **Taxonomía y morfología de la yuca**. In: La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. 2002, p16-32.

CLIFFORD, M. N. Chlorogenic acids and other cinnamates - nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. v. 79, p. 362-372, 1999.

COMPANHIA NACIONAL DE ANASTECIMENTO – CONAB (2016). **Conjuntura trimestral: Mandioca**. Disponível em: <<
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_26_17_19_26_mandioca_-_jun_2016_-_sureg_pe.pdf>>. Acesso em 14 de jan. de 2017.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987, 382 p.

COX, J. M, WILLIAMS, D. J. An account of cassava mealybugs (Hemiptera: Pseudococcidae) with a description of a new species. **Bull Entomology Research** n.71. p.247–258, 1981.

DALLAQUA, M. A. de; CORAL, D. J. Morfo-anatomia. In: CEREDA, M. et al. (eds.). **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: fundação Cargill, 2002. 540p.

D'ARCHIVIO, M.; FILESI, C.; DI BENEDETTO, R.; GARGIULIO, R.; GIOVANNINI, C.; MASELLA, R.; ANN. IST. **Super Sanità**. V.43, p. 348, 2007

DREYER, D. L. & K. C. JONES. **Feeding deterrency of flavonoids and related phenolics towards *Schizaphis graminum* and *Myzus persicae*: aphid feeding**, 1981.

EKMEKCIOGLU, C.; FEYERTAG, J.; MARKTL, W. Cinnamic acid inhibits proliferation and modulates brush border membrane enzyme activities in Caco-2 cells. **Cancer Lett.** v. 128, p. 137-144, 1998.

FAO, 2013. **Cassava: a guide for sustainable production intensification**. Disponível em: << <http://www.fao.org/3/a-i3278e.pdf>>>. Acesso em 10 de abr. de 2017.

FAO. Agriculture. **Statistics division**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 22 de mar. de 2016.

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

FARIAS, A. R. N. **Pragas da mandioca e seu controle**. Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF, 2001. 39p.

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

FARIAS, A.R.N.; BELLOTTI, A.C. Pragas e seu controle. In: SOUZA, L. da S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P. de; FUKUDA, W.M.G. (Ed.). **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. Cap. 20. p.591-671.

FERNANDES, F.; L. **Efeito de nitrogênio e de potássio na interação entre *Coccus viridis* e *Coffea arabica***. 2007, 48p. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, Minas Gerais.

FIDALSKI, J. Respostas da mandioca à adubação NPK e calagem em solos arenosos do noroeste do paraná. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. v.34, n.8, p.1353-1359. 1999.

FONSECA JÚNIOR, N. S.; GROXKO, M.; RODANTE, A.; TAKAHASHI, M.; PEQUENO, M. G.; VIDIGAL FILHO, P. S. **Cadeia produtiva da mandioca no Paraná: diagnóstico e demandas atuais**. Londrina: IAPAR, 2002.

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). Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mandioca/mandioca_centrosul/cultivares.htm. Acesso em 19 de nov. de 2016.

FRISON, E. A.; FELIU, E. **Technical guidelines for the safe movement of cassava germplasm**. Rome: FAO/IBPGR. 1991, 48 p.

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

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; BARILLI, D. R.; WENGRAT, A. P. G. S.; UEMURA-LIMA, D. H.; PIETROWSKI, V.; RINGENBERG; R. Eficiência de produto a base de azadiractina sobre a cochonilha (*Phenacoccus manihoti*) em mandioca. **Cadernos de Agroecologia**. Resumos do I Congresso Paranaense de Agroecologia – Curitiba/PR, 2014.

GAZZONI, D. L., A. HULSMEYER & C.B. HOFFMANN-CAMPO. Efeito de diferentes doses de rutina e quercitina na biologia de *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.32, p. 673- 681, 1997.

GERSHENZON J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress, 18, 273-320. In **Phytochemical Adaptations to Stress, Recent Advances in Photochemistry**. ED. TIMMERMANN, B. N.; STEELINK, C.; LOEWUS, F. A. Plenum: New York, 1984.

GIVOVICH, A.; MORSE, S.; CERDA, H.; NIEMEYER, H.M.; WATTEN, S. D.; EDWARDS, P. J. Hydroxamic acid glucosides in the honeydew of aphids feeding on wheat. **Journal of Chemical Ecology**. n.18. p. 841-846. 1992.

GOŁAWSKA, S.; SPRAWKA, I.; ŁUKASIK, I.; GOŁAWSKI, A. Are naringenin and quercetin useful chemicals in pest-management strategies? **Journal of Pest Science** n. 87 p.173–180. 2013.

GOULD K.S. & LISTER C. **Flavonoid functions in plants. In Flavonoids. Chemistry, Biochemistry and Applications**. Ed Ø.M. ANDERSEN & K.R. MARKHAM. CRC Press: Boca Raton, USA, 2006, p.397–441.

GRAZIOSI, I.; MINATO, N.; ALVAREZ, E.; NGO, D. T.; HOAT, T. X.; AYE, T. M.; PARDO, J. M.; WONGTIEM, P.; WYCKHUYS, K. A. G. Emerging pests and diseases of South-eastAsian cassava: a comprehensive evaluation of geographic priorities, management options and research needs. **Pest Management Science**. Online. 2016.

GROXKO, M. **Análise da conjuntura agropecuária mandioca - safra 2015/16**, 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em 20 de maio de 2016.

GROXKO, M. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2009/10 mandioca**. Curitiba: Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, 2010, 16p. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br>>. Acesso em 20 de maio de 2016.

HARBORNE, J.B. **Comparative biochemistry of the flavonoids**. London, Academic Press, 1967.294p.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. Flavonoids and insects. In: HARBORNE, J.B (Ed) **The flavonoids advances in research since, 1986**. Chapman & Hall, London, 1993. Cap.14, p.589-618.

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.

HERRERA C.J.; VAN DRIESCHE R. G.; BELLOTTI A. C. Temperature dependent growth rates for the cassava mealybug, *Phenacoccus herreni*, and two of its encyrtid parasitoids, *Epidinocarsis diversicornis* and *Acerophagus coccois* in Colombia. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.50, p.21–27, 1989.

HOFFMANN-CAMPO, C.B.; RAMOS NETO J.A; OLIVEIRA M.C; OLIVEIRA L.J. Detrimental effect of rutina on *Anticarsia gemmatalis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 41, p.1453-1459, 2006.

HOLGUÍN C. A.; CARABALÍ A.; BELLOTTI A. C. Tasa intrínseca de crecimiento de *Aleurotrachelus sociales* (Hemiptera: Aleyrodidae) en yuca, *Manihot esculenta*. **Revista Colombiana de Entomología**. v.32, n.2, p.140–144, 2006.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO PARANAENSE. **Iapar registra cultivares de mandioca**. 2014. Disponível em:
<<http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=1569>> Acesso em 20 de set. de 2016.

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.

KARYANI, R. D. **Pengujian kesesuaian inang parasitoid *Anagyrus lopezi* De Santis (Hymenoptera: Encyrtidae) terhadap kutu putih yang berasosiasi dengan ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz)**. Tese, 2015. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

KOES, R. E.; QUATTROCCHIO, F.; Mol, J. N. M. The flavonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. **Bioessays**, v.16, p.123-13, 1994.

KOGAN, M.; TURNIPSEED, S.G. Ecology and management of soybean arthropods. **Annual Review Entomology**, v.32, p. 507-538, 1987.

KUBO, I.; F.G. HANKE. Chemical methods for isolating and identifying phytochemicals biologically active in insects. In: MILLER, J.R.; MILLER, T.A. (eds.), **Insect-plant interactions**. New York, Spring-Verlag, p. 225-249, 1986, 374p.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; GARCÍA-PARILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M.; FETT, R. Atividade antioxidante de pigmentos antociânicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.24, n.4, p 691-693, 2004.

LE RU, B.; CALATAYUD, P. A. Interactions between cassava and arthropd pests. **African Crop Science Journal**. v.2, n.4, p 385-390, 1994.

LE RÜ, B.; RENARD, S.; ALLO, M. R.; LE LANNIC, J. ROLLAND, J. P. Ultrastructure of sensory receptors on the labium of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile Ferrero. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 77, n. 1, p. 31-36, 1995.

LIEBHOLD, A. M.; TOBIN, P. C. Population Ecology of Insect Invasions and Their Management. **Annual Review of Entomology**. n.53: p.387–408. 2008.

LIU, L.; HUDGINS, W. R.; SCHAK, S.; YIN, M. Q.; SAMID, D. Cinnamic acid: a natural product with potential use in cancer intervention. **International Journal of Cancer**. v. 62, n. 3, p. 345-350, 1995.

LOPES R. M.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T.J; PINTO, A. S. Flavonoides: farmacologia de flavonoides no controle hiperlipidêmico em animais experimentais. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. V.3, n.17, p18-22, 2000.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. (Boletim Técnico, n.245).

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.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMENEZ, L.; AM. J. **Clinical Nutrition**. V.79, p. 727, 2004.

MARKHAM, K.R. Flavones, flavonols and their glycosides. In: DEY P.M.; HARBONE J.B. (eds.), **Methods in plant biochemistry**. London: Academic Press, p. 197-235, 1989, 552p.

MARKHAM, K.R. **Techniques of flavonoid identification. Biological Techniques Series**. London: Academic Press, 1982, 113p. MBAYE, D., 1989. **Etude des mecanismes de defense confErant au manioc la resistance aux *Xanthomonas***. Eng. Thesis, UniversitE catholique de Louvain (BEL), 1989, 120p.

MATTOS, P. L. P.; BEZERRA, V. S. **Cultivo da mandioca para o estado do Amapá**. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção. Versão eletrônica Jan/2003.

MATTOS, P. L. P.; FARIAS, A. R. N.; FERREIRA FILHO, J. R. **O produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 176p.

MESA N. C.; BELLOTTI A. C.; BRAUN A. R. A comparison of *Mononychellus progresivus* and *Tetranychus urticae* as prey for five species of phytoseiid mites. **Experimentalis Applicata Acarology** v.9, p.159–168, 1990.

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**. v. 27, n. 1, p. 21-25, 2009.

MOTTA, J. da S. **Mandioca, a raiz do Brasil**. Disponível em: <<
<http://www.agrosoft.org.br/agropag/26880.htm>>>. Acesso em 20 de nov. de 2015.

MOURA, G. de M. e COSTA, N. de L. Efeito da frequência e altura de poda na produtividade de raízes e parte aérea em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 08, p. 1053-1059, 2001.

OLIVEIRA, D. M. de. BASTOS, D. H. M. Disponibilidade de ácidos fenólicos. **Química Nova**. V.14. N.6. p.1051-1056, 2011.

OLIVEIRA, N. T.; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. de A. de; SOUZA, E. D.; Melville, C. C. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.47, n.10, p.1436-1442. 2012.

OLIVEIRA, S. P.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARDOSO JÚNIOR, N. dos S.; SEDIYAMA, T.; SÃO JOSÉ, A. R. Efeito da poda e de épocas de colheita sobre características agronômicas da mandioca. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 01, p. 99-108, 2010.

PAINTER, R.H. **Insect Resistance in Crop Plants**, McMillan, New York. 520 p. 1951.

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

PAVARINI, D.P.; PAVARINI, S.P.; NIEHUESA, M.; LOPESA, N.P. Exogenous influences on plant secondary metabolite levels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 176, p. 5-16, 2012.

PIETROWSKI, V. RINGENBERGER, R. RHEINHEIMER, A. R. BELLON, P. P. GAZOLA, D. MIRANDA, A. M. **Insetos-Praga na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Candido Rondon. 1. ed., p. 20-23, 2010.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; PAREJA, M.; AMBROGI, B. G. Current knowledge and future research perspectives on cassava (*Manihoti esculenta* Crantz) chemical defenses: an agroecological view. **Phytochemistry**, xxx. p1-12. 2016.

PIUBELLI, G.C. **Bioatividade de genótipos de soja resistentes a *A. gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e interações de suas substâncias químicas com inimigos naturais**. 2004. 152p. Tese Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

PIUBELLI, G.C.; HOFFMANN-CAMPO, C.B.; MOSCARDI, F.; MIYAKUBO, S.H.; NEVES, M.C. DE Are chemical compounds important for soybean resistance to *Anticarsia gemmatalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v.31, n.7, p.1515-1531, 2005.

POLANÍA M. A.; CALATAYUD, P.A.; BELLOTTI A. C. Comportamiento alimenticio del piojo harinoso *Phenacoccus herreni* (Sternorrhyncha: Pseudococcidae) e influencia del déficit hídrico en plantas de yuca sobre su desarrollo. **Revista Colombiana de Entomología**. v.26 p.1-9, 1999.

RHEINHEIMER, A. R. **Resistencia de variedades de mandioca à cochonilha *Phenacoccus manihoti* (Matle-Ferrero) e sua influência sobre o parasitoide *Anagyrus lipezi* (De Santis)**. 2013, 109p. Tese de doutorado: Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Unioeste: Marechal Cândido Rondon, Paraná.

RÓS, A. R.; HIRATA, A. C. S.; ARAUJO, H. S.; NARITA, N. Crescimento, fenologia e produtividade de cultivares de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v. 41, n. 4, p. 552-558, 2011.

SALVADOR, M.C.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; HOFFMANN-CAMPO, C.B; NEVES, M.C.; SILVA, S.H.; GRAÇA, J.P.; ABRÃO, M.Z.; PITTA, R.M. Atividade biológica de *Anticarsia gemmatalis* em dieta artificial com diferentes concentrações de caseína e rutina. **Biológico**. v.68, Suplemento, p.452-455, 2006.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Hardcover: Springer, 2008. 464p.

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

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**. v. 66, n. 3, p. 211-222, 1997.

SEAB. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. **Mandioca: Retrospectiva 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em 20 de set, de 2016.

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

SILVA, A.S.; KASSAB, S. O.; GAONA, J. C. Insetos-pragas, produtos e métodos de controle utilizados na cultura de mandioca em Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Revista Verde**, v.7, n.1, p. 19 – 23. 2012.

SIMMONDS, M.S.J. Effects of isoflavonoids from Cicer on larvae of *Helicoverpa armigera*. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p. 965-977, 2001.

SIMONYAN, A. V. Antioxidants. **Pharmaceutical Chemistry Journal**. 27. 2. 92-100, 1993.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, v. 15, p. 71-81, 2002.

SOLOMONSON, H.P.; BARBER, J.M. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.**, Palo Alto, v. 41, p. 225-253, 1990.

SOUZA, L. D.; SOUZA, L. S. Clima e solo. In: MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C. (Org.). **O cultivo da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa mandioca e fruticultura, 2000. p. 7-10. (Circular técnica, 37).

SOUZA, L. DA S.; FIALHO, J. DE F., **Cultivo da Mandioca para Região do Cerrado**, Sistemas de Produção, v.8 (versão eletrônica), 2003.

SOUZA, L. de S.; FARIAS, A. R. N.; MATTOS, P. L. P. de; FUKUDA, W. M. G. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782 p.

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

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 14, n. 4, p. 489-494, 1998.

TAKAHASHI, M.; JÚNIOR, F.; DA SILVA, N. **Mandioca no Paraná: antes, agora e sempre**. Curitiba: IAPAR, 2002. Circular técnica 123, 209p.

TERTULIANO, M.; CALATAYUD, P. A.; LE RU, B. P. Seasonal changes of secondary compounds in the phloem sap of cassava in relation to fertilisation and to infestation by the cassava mealybug. **Insect Science Applicata**. V.19, N.1, p.91-98, 1999.

THIMANN, K. V. The Auxins. IN: WILKINS, M. B. **Physiology of plant growth and development**. McGraw-Hill, London, p. 2-45, 1969.

VELASCO, M. V. R.; BALOGH, T. S.; PEDRIALI, C. A.; SARRUF, F. D.; PINTO, C. A. S. O.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R. Associação da rutina com p-metoxicinamato de octila e benzofenona-3: avaliação in vitro da eficácia fotoprotetora por espectrofotometria de refletância. **Latin American Journal of Pharmacy**. v.27, n.1, p.23-7,2008.

VEITCH, G.E.; BOYER, A.; LEY, S.V. The Azadirachtin Story. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 47, n. 49, p. 9402-9429, 2008.

VENDRAMIM, J.D.; CASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. In: J.C. GUEDES, I.D. COSTA; E. CASTIGLIONI (eds). **Bases e técnicas do manejo integrado de insetos**. Santa Maria, UFSM/CCR/DFS, Pallotti, p. 113-128. 2000, 248p.

VETTER, J. **Plant cyanogenic glycosides**. *Toxicon*, v.38, p.11- 36, 2000.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

VIDIGAL FILHO, P.S.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIDIGAL, M.C.G.; MAIA, R.R.; SAGRILO, E.; SIMÓN, G.A.; LIMA, R.S. Avaliação de cultivares de mandioca na Região Noroeste do Paraná. **Bragantia**, v. 59, n.1, p.69-75. 2000.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 316. 16 p. 2010.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Flavonoides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

WARDANI, N. **Kutu putih ubi kayu *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae), hama invasif baru di Indonesia**. Dissertação, 2015. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

WATERMAN P. G. AND MOLE S. **Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants**. In **Insect-Plant Interactions**, V.1, ED. BERNAYS, E. A. CRC Press: USA. 1989, p107-134.

WILLIAMS, D.J.; GRANARA, W. M. C. **Mealybug of Central and South America**. Wallingford Oxon: CAB International Publ, 1992. 635p.

WINOTAI, A.; GOERGEN, G.; TAMÒ, M.; NEUENSCHWANDER, P. Cassava mealybug has reached Asia. **Biocontrol News Information**. n.31: p10–11. 2010.

WOBETO, C.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; ABREU, J. R. Nutrients in the cassava (*Manihot esculenta* Crantz) leaf meal at three ages of the plant. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 4, p. 865-869, 2006.

3. CAPÍTULO I

Poda E Manejo Da Parte Aérea Da Mandioca Como Estratégia De Controle Da Cochonilha *Phenacoccus Manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae)

3.1 RESUMO

Como alternativa aos produtos químicos, ainda não registrados no Brasil, porém comumente utilizados na cultura da mandioca para o manejo de pragas, o controle da cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) pode ser realizado através da poda e do manejo da parte aérea da planta. Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes formas de poda e de manejos da parte aérea da mandioca sobre a incidência da cochonilha *P. manihoti* no segundo ciclo da cultura e na produção e renda de raízes tuberosas. O experimento foi conduzido nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte, no Paraná, em áreas com histórico de ocorrência da praga, com a variedade de mandioca Caiuá no estágio de primeiro para segundo ciclo. O experimento foi conduzido sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos: poda total, rente ao solo sem permanência de material vegetal na parcela; poda total, rente ao solo com permanência do material vegetal na parcela; poda convencional (15 cm do solo) sem permanência do material vegetal na parcela; poda convencional com permanência do material vegetal na parcela; poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela, com retirada do terço superior da planta; poda convencional, com a retirada da parte mediada da parcela e permanência do terço superior da planta; testemunha - sem poda. Foi realizado o acompanhamento da flutuação populacional das cochonilhas a cada 15 dias, durante 2 meses. Para a incidência da praga foi atribuída uma nota de dano. As avaliações foram realizadas em quatro pontos ao acaso em zigue e zague, e neste foram avaliadas quatro plantas, totalizando 16 plantas. No momento da colheita foram avaliados a produtividade e a renda de raízes tuberosas. Os dados foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade, análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). A produtividade, renda de raízes tuberosas e notas de danos foram correlacionadas pelo teste de Pearson. A cochonilha da parte aérea da mandioca *Phenacoccus manihoti* tem maior incidência e causa maior dano quando não é realizada a poda da cultivar Caiuá, em ambos locais. A intensidade de danos ocasionados pela *Phenacoccus manihoti* varia de acordo com o tipo de poda/manejo da parte aérea empregado e com local de cultivo. A poda convencional com a permanência do terço superior da planta na parcela resulta em maior intensidade de dano aos 30 dias em Nova Londrina-PR. Os danos causados pelas cochonilhas e os tipos de poda não afetaram a produtividade e a renda de raízes tuberosas na variedade de mandioca Caiuá.

Palavras chave: inseto praga, nota de dano, produtividade, raízes tuberosas, *Manihoti esculenta*.

3.2 ABSTRACT

As an alternative to chemical products, not yet registered in Brazil, but commonly used in cassava cultivation for pest management, control of *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) can be accomplished by pruning and management of the aerial part of the plant. This work aims to evaluate the effect of different forms of pruning and

manioc management on the incidence of *P. manihoti* cochineal in the second crop cycle and in the production and yield of tuberous roots. The experiment was conducted in the municipalities of Nova Londrina and Diamante do Norte, in Paraná, in areas with a history of occurrence of the pest, with the cassava variety Caiuá in the first to second cycle stage. The experiment was conducted under a randomized block design with four replications and seven treatments: total pruning, close to the soil without permanence of plant material in the plot; Total pruning, close to the soil with permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning (15 cm of the soil) without permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning with permanence of the vegetal material in the plot; Conventional pruning, with the middle part of the plant in the plot, with removal of the upper third of the plant; Conventional pruning, with the withdrawal of the mediated part of the plot and upper endowment of the plant; Witness - without pruning. The monitoring of the population fluctuation of the scales was carried out every 15 days, during 2 months. For the incidence of the pest a damage score was assigned. The evaluations were carried out in four random points in zigzag and zag, in which four plants were evaluated, totaling 16 plants. At the time of harvest, productivity and yield of tuberous roots were evaluated. Data were submitted to analysis of homogeneity and normality, analysis of variance and comparison of means by Tukey's test (5%). Productivity, tuber root yield and damage scores were correlated by the Pearson test. The *P. manihoti* have higher incidence and cause greater damage when pruning of the Caiuá cultivar is not performed in both locations. The intensity of damage caused by *P. manihoti* varies according to the type of pruning that is maintained in the aerial part of the area used and cultivated. Conventional pruning with the presence of the upper third of the plant in the plot results in a greater intensity of damage at 30 days in Nova Londrina-PR. The damages caused by the mealybugs and the types of pruning did not affect the productivity and the income of tuberous roots in the Caiuá cassava variety.

Key words: pest insect, damage level, productivity, tuberous roots, *Manihoti esculenta*.

3.3 INTRODUÇÃO

O cultivo da mandioca está presente em todos os estados brasileiros, porém a sua concentração maior é na Região Norte, seguida pela Nordeste e Sul. A produção brasileira, por sua vez, estagnou-se na última década na faixa de 22 milhões de toneladas (CONAB, 2016). Contudo, o manejo inadequado da cultura é o principal fator limitante no acréscimo da produtividade, que gira em torno de 15,2 t ha⁻¹ (CONAB, 2016). Segundo Sedyama et al. (2007), a cultura tem potencial produtivo de 90 t ha⁻¹, em condições favoráveis sob monocultivo. Porém, por ser uma cultura tradicionalmente atribuída à agricultura de subsistência as informações técnicas a respeito do manejo e tratos culturais em áreas extensivas são insuficientes e/ou desatualizadas (SOUZA et al., 2006), incluindo o manejo de insetos pragas associados a cultura.

Na mandioca estima-se que, somente nas Américas, existam mais de 200 espécies de artrópodes associados à cultura da mandioca (SCHMITT, 2002). Dentre essas,

destaca-se a cochonilha da parte aérea da mandioca (*P. manihoti*) que ocasiona danos significativos ao desenvolvimento e desempenho produtivo da cultura nas principais regiões produtoras do mundo (PARSA, et al., 2012). Este inseto é oligófago, sugador de floema, e coloniza principalmente a região apical de plantas do gênero *Manihot*, sendo facilmente reconhecido pelo fato de apresentar uma cobertura branca, com aspecto pulverulento (FARIAS, 2001).

O ataque da cochonilha causa dano direto e indireto; o dano direto é ocasionado pela sucção da seiva e toxidez da saliva, causando deformações das brotações (encarquilhamento/dano tipo repolho) e em populações elevadas, causam necrose dos tecidos apicais e consequente morte dos ponteiros. O dano indireto é ocasionado pelo crescimento de um fungo saprófita de coloração negra, a fumagina. Estes danos são ocasionados principalmente no início da brotação do segundo ciclo da cultura, por cochonilhas que migram das ramas presentes no solo, após a realização da poda (FARIAS, 1991; BELLOTTI et al., 1999, 2002; BENTO et al., 2002; PIETROWSKI et al., 2010). Entretanto, poucas informações foram geradas sobre o controle de cochonilhas na cultura da mandioca e as práticas atualmente utilizadas pelos produtores são ineficientes, tendo como agravante a falta de inseticidas registrados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (FARIA; WRAIGHT, 2001; PIETROWSKI et al. 2010).

Como alternativa aos produtos químicos comumente utilizados na agricultura para o controle de pragas, o manejo da cochonilha pode ser realizado através do uso de variedades resistentes, rotação de culturas e pelo controle biológico (SCHMITT, 2002; BELLOTTI et al., 2012; RHEIMREIMER, 2013). Além disso, a utilização da poda e o manejo da parte aérea da planta após a poda pode ser um método promissor para o manejo cultural da cochonilha da parte aérea, pois umas das principais vias de disseminação da *P. manihoti* é através de material vegetativo infestado (BELLOTTI et al. 1999; FARIAS, 2005).

A poda, comumente realizada na cultura no período de outono/inverno, visa principalmente facilitar os tratos culturais, como aplicação de herbicidas, a coleta de ramas para novos plantios e, ainda acréscimo na produção de amido por hectare, pois aumenta o ciclo da cultura de um para dois anos. Adicionalmente, a poda também pode ser utilizada como uma medida profilática para altas infestações de pragas e doenças (CONCEIÇÃO, 1987; FARIAS et al., 2006).

O manejo da poda pode influenciar na infestação e no desenvolvimento da *P. manihoti* a campo, visto que estas preferencialmente alimentam-se do floema do ápice das

plantas de mandioca. Quando a parte aérea da cultura é retirada, principalmente a região apical, parte da população de insetos que se alimentam das manivas e/ou folhas é removida, e por consequência, há uma diminuição ou até mesmo eliminação dos mesmos na cultura. A altura da poda também pode interferir na incidência a longo prazo do inseto, já que na poda convencional (15 cm do solo) a planta apresenta taxa de crescimento da parte aérea mais acelerada, enquanto na poda baixa (rente ao solo) o desenvolvimento é mais lento. No entanto, os efeitos da poda no desempenho agrônômico são variáveis e, estão na dependência de uma série de fatores como clima, condições da planta, fertilidade do solo, cultivar e a época em que esta é efetuada (CONCEIÇÃO, 1987; TAKAHASHI, 1998; LORENZI, 2003).

Deste modo, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes formas de poda e de manejos da parte aérea da planta sobre a incidência da cochonilha *P. manihoti* no segundo ciclo da cultura e na produção e renda de raízes tuberosas em mandioca.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área comercial de mandioca no Noroeste Paranaense, em áreas localizadas nos municípios de Nova Londrina (22° 45' 57" S 52° 59' 06" O) e Diamante do Norte (22° 39' 21" S 52° 51' 36" O) no estado do Paraná, de agosto de 2014 a fevereiro de 2015. O plantio foi realizado de forma mecanizada sem a realização de adubação. A região apresenta solos derivados do arenito Caiuá, caracterizados por apresentarem textura superficial franco-arenosa e baixos teores de matéria orgânica (SANTOS, et al., 2006). Os dados de precipitação pluviométrica durante a realização das avaliações, e temperaturas médias históricas, para ambas regiões podem ser observadas na figura 1.

A variedade de mandioca utilizada foi a Caiuá (popularmente conhecida como Olho Junto). Segundo Takahashi & Gonçalo (2005), essa variedade é comumente cultivada no Noroeste do Paraná, devido principalmente ao elevado conteúdo de matéria seca ao longo das diferentes épocas de colheita, com elevado teor de amido. É indicada para solos arenosos, principalmente na área de abrangência do Arenito Caiuá (IAPAR, 2014).

As parcelas foram constituídas de 10m de largura por 16m de comprimento (160m²), totalizando uma área experimental de 4.480m². Foi considerada como parcela útil a área central (8,2m x 14,2m), excluindo duas linhas laterais de cada lado da parcela, com 254

plantas por parcela. O espaçamento utilizado foi de 0,7m entre plantas e 0,90m entre linhas, totalizando 15.873 plantas por hectare.

No momento da instalação do experimento as plantas encontravam-se com cerca de 10 meses de idade, no estágio de repouso fisiológico, possibilitando a realização da poda, para o início do segundo ciclo. As duas áreas apresentavam histórico de ocorrência de cochonilhas, e no momento da instalação do experimento foi observado a presença dos insetos nas plantas.

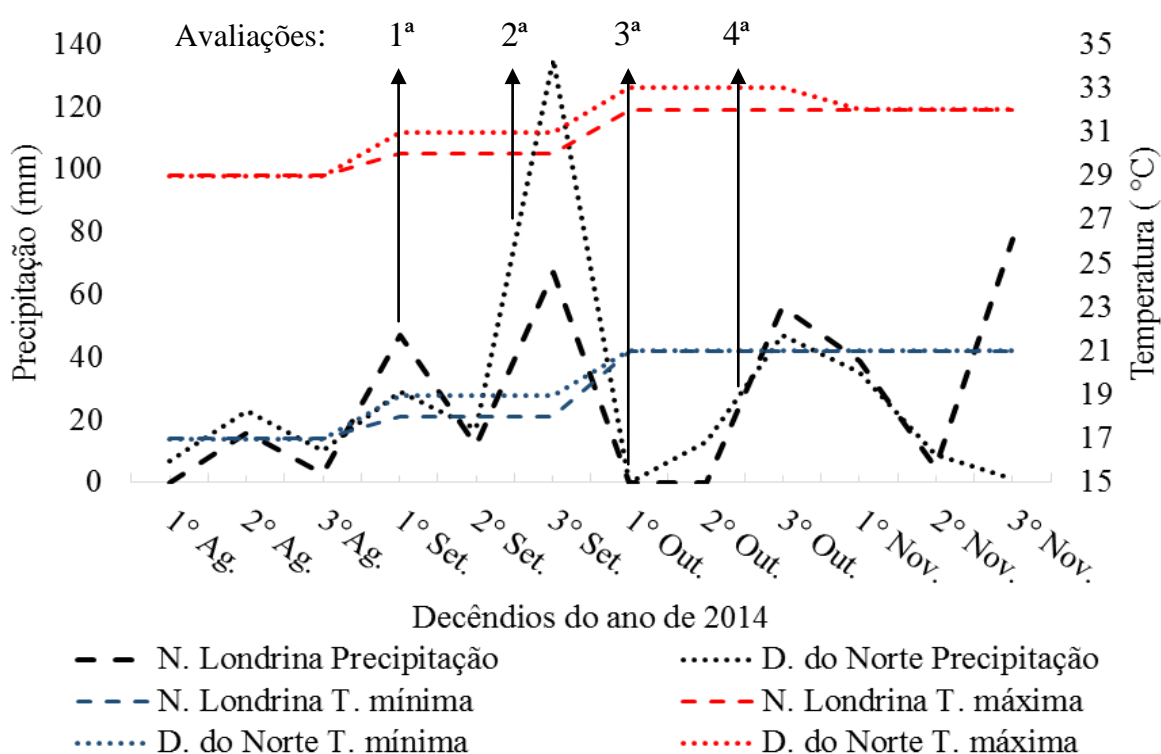


Figura 1. Dados pluviométricos decendiais e temperaturas médias históricas, para as regiões de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR, durante a condução dos experimentos nos meses de agosto a novembro de 2014.

O experimento foi conduzido sob o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e sete tratamentos: (1) SP – sem poda, (2) RSM - poda rente ao solo sem material vegetal na parcela, (3) RCM – poda rente ao solo com material vegetal na parcela, (4) CCM - poda convencional (15 cm do solo) com material vegetal na parcela, (5) CSM - poda convencional sem material vegetal na parcela, (6) CSA - poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela e retirada da região apical da planta, (7) CCA - poda convencional, com a retirada da parte mediada da planta da parcela e permanência da região apical da planta (Figura 2).

Os tratamentos foram instalados no dia primeiro de setembro de 2014, com o auxílio de um facão; comumente utilizado para a realização da poda na cultura. A rebrota ocorreu entre cinco a sete dias após a poda. Para o controle de plantas daninhas foi realizado capina durante a condução do experimento, após um mês da instalação do experimento. Não foram utilizados produtos químicos para controle de doenças e de insetos pragas.

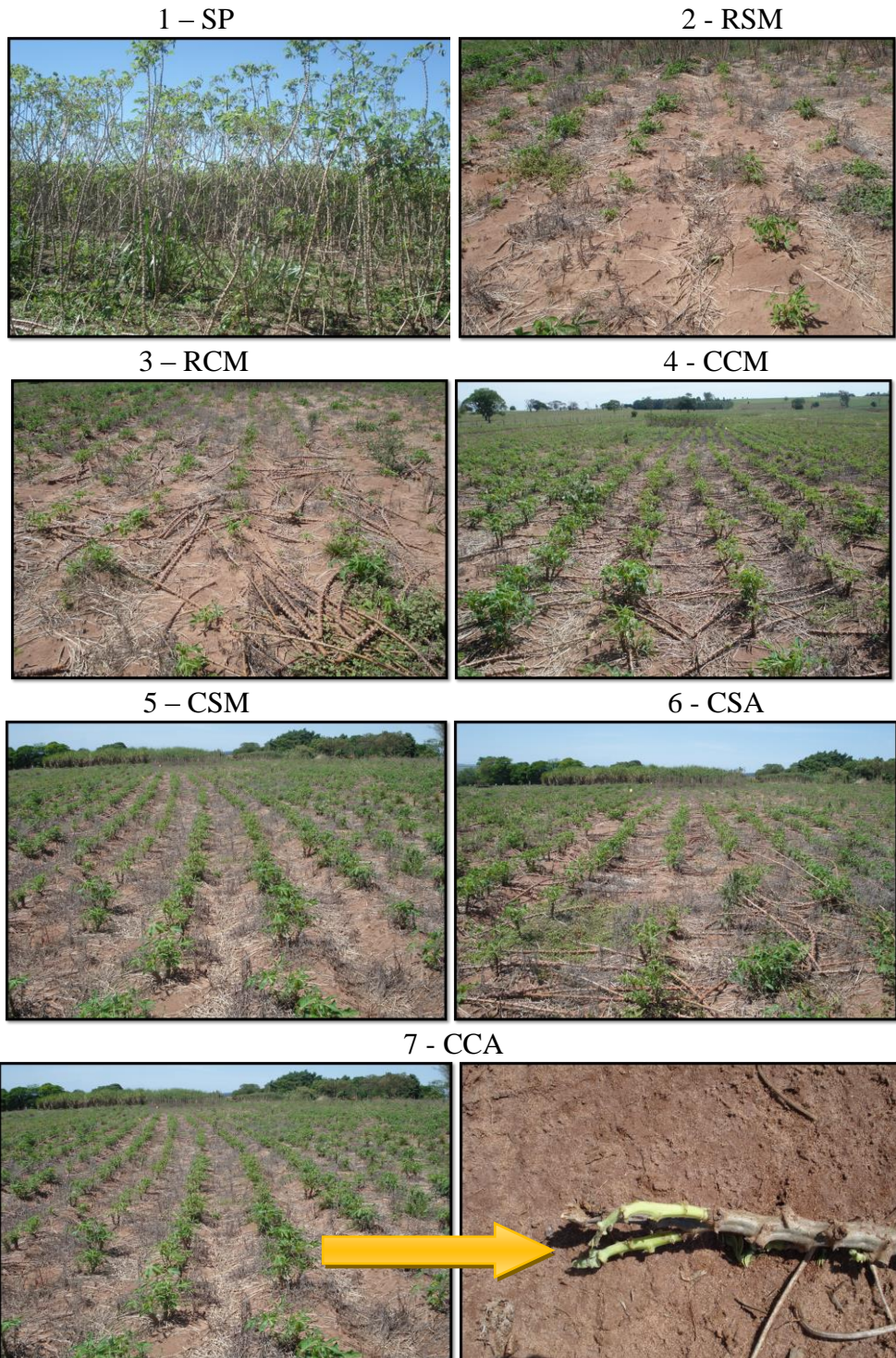


Figura 2. Manejos de poda utilizados nos experimentos nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR. (1) SP – sem poda, (2) RSM - poda rente ao solo sem material vegetal na parcela, (3) RCM – poda rente ao solo com material vegetal na parcela, (4) CCM - poda convencional (15 cm do solo) com material vegetal na parcela, (5) CSM - poda convencional sem material vegetal na parcela, (6) CSA - poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela e retirada da região apical da planta, (7) CCA - poda convencional, com a retirada da parte mediada da planta da parcela e permanência da região apical da planta.

Após a poda, foi realizado o acompanhamento da flutuação populacional das cochonilhas aos 15, 30, 45 e 60 dias. Para a avaliação, foi avaliada a intensidade do dano causado à cultura, onde foi considerada a ocorrência e o grau de encarquilhamento/encrespamento da parte apical das plantas de mandioca. Para isso foi elaborado uma tabela de intensidade de dano, do seguinte modo: Nota 1 – sem danos e sem presença de cochonilha; Nota 2 – sem danos aparente, mas com a presença de cochonilhas; Nota 3 – dano baixo (25%), Nota 4 – danos mediano (50%); Nota 5 – dano alto (75%); Nota 6 – dano severo (100%) e Nota 7 – dano severo mais necrose do ponteiro (Figura 3).

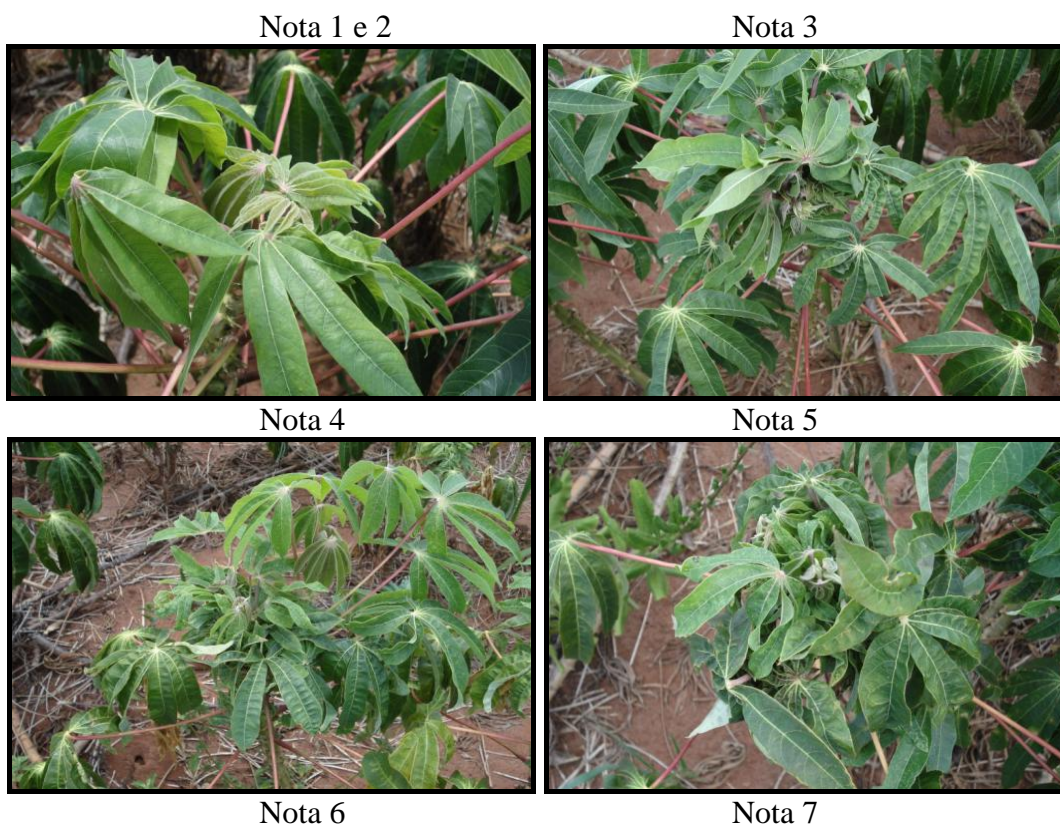




Figura 3: Notas de danos causados pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* em plantas de mandioca. 1 – sem danos e sem presença de cochonilha, 2 – sem danos, com a presença de cochonilhas, 3 – dano baixo (25%), 4 – danos mediano (50%), 5 – dano alto (75%), 6 – dano severo (100%) e 7 – dano severo mais necrose do ponteiro. Fotos do autor.

Para a avaliação de danos, em cada parcela foram tomados quatro pontos ao acaso em zigue e zague, e nestes foram avaliadas quatro plantas, totalizando 16 plantas avaliadas por parcela. A cada avaliação utilizava-se um ponto de entrada distinto na parcela.

No momento da colheita foram avaliados: (A) Produtividade de raízes tuberosas - determinada pela pesagem em Kg das raízes tuberosas, em duas linhas centrais de 10m em cada parcela (28 plantas). (B) Renda de raízes tuberosas (amido) - foram amostradas, identificadas e transportadas à fecularia da Cooperativa Agroindustrial do Noroeste Paranaense - COPAGRA. O método utilizado foi da balança hidrostática, proposto por Grossmann; Freitas (1950), onde foi pesado 5 kg de raízes tuberosas frescas em água. O resultado foi expresso em gramas (g).

Os dados das variáveis intensidade de dano, produtividade e renda de raízes tuberosas foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). Após análise dos pressupostos estatísticos, foi realizada a análise conjunta dos experimentos para os dois locais de cultivo. Com os dados de notas de danos, produtividade (kg ha^{-1}) e renda de raízes tuberosas, foram realizados o teste de correlação linear de Pearson. O programa estatístico utilizado foi o pacote SAS-Statistical Analysis System, versão 9.2 (2009).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância indicou efeito significativo para o local de cultivo, para as variáveis produtividade e renda de raízes tuberosas, de tratamentos (poda e manejo da parte aérea) para a intensidade de danos aos 30 e 45 dias, e da interação entre os tratamentos e o local de cultivo, aos 30 dias para as notas de dano (Tabela 1). Para os 15 e 60 dias não foi possível realizar a comparação dos dados, pois os mesmos não se enquadravam nos pressupostos estatísticos de normalidade e homogeneidade.

Em Nova Londrina (NL), aos 30 dias observou-se que o tratamento sem poda (SP) e a poda convencional, sem a parte mediana da planta e com a região apical na parcela (CCA) não diferiram estatisticamente entre si, com níveis de danos superiores aos demais tratamentos (Tabela 2). Ao deixar o ápice da planta na área ou na própria planta (tratamento SP), provavelmente as cochonilhas ficaram presentes durante todo o ciclo de avaliação da cultura, resultando em maiores danos, causando em algumas plantas necrose dos ponteiros.

Tabela 1. Quadrado médio para as notas do dano de *Phenacoccus manihoti* aos 30 e 45 dias, produtividade (kg ha^{-1}) e renda de raízes (g), em resposta a diferentes tratamentos de poda e manejos da parte aérea da mandioca e locais de cultivo.

	GL	Nota de danos 30 dias	Nota de danos 45 dias	Produtividade (kg ha^{-1})	Renda de raízes (g)
Bloco	3	0,0099 ^{n/s}	0,5884 ^{n/s}	7433,4*	341,3*
Local	1	0,2633 ^{n/s}	1,1977 ^{n/s}	94325,5*	188,4*
Tratamento	6	2,0895*	1,5411*	856,5 ^{n/s}	33,8 ^{n/s}
Local X Trat.	6	0,5382*	0,4075 ^{n/s}	979,8 ^{n/s}	10,6 ^{n/s}
CV (%)		17,51	34,96	18,22	5,12
Média		1,56	1,60	31,3	647,0

Legenda: GL - Graus de liberdade, CV - coeficiente de variação. * - significativo a 5% pelo teste de Tukey. ^{n/s} - Não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Intensidade de danos ocasionada pela cochonilha *Phenacoccus manihoti* após 30 e 45 dias dos diferentes manejos da poda da cultura da mandioca cultivada nos municípios de Nova Londrina e Diamante do Norte/PR. Ano 2014.

Tratamento	30 dias		45 dias	
	N. Londrina	D. do Norte	N. Londrina	D. do Norte
SP	2,60aA	2,34aA	2,50aA	2,50aA
RSM	1,00bA	1,15bA	1,07bB	2,00aA
RCM	1,09bA	1,04bA	1,14bA	1,32aA
CCM	1,45bA	1,25bA	1,15bA	1,39aA

CSM	1,26bB	2,04aA	1,08bB	1,98aA
CSA	1,47bA	1,20bA	1,34abA	1,37aA
CCA	2,52aA	1,40bB	1,90abA	1,67Aa

Legenda: SP – sem poda, RSM - poda rente ao solo sem material vegetal da parcela, RCM – poda rente ao solo com material vegetal na parcela, CCM - poda convencional (15 cm do solo) com material vegetal da parcela, CSM - poda convencional sem material vegetal na parcela, CSA - poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela sem a região apical da planta, CCA - poda convencional, com a retirada da parte mediada da planta da parcela e com a região apical planta. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Contudo no tratamento poda convencional com material (CCM) e poda rente ao solo com material (RCM) o material vegetativo também ficou presente na parcela, o que supostamente deveria apresentar um maior dano, visto que o foco do inseto não foi eliminado (Figura 2). Nesta situação, o fato da planta de mandioca apresentar um caule semilenhoso, com grande retenção de água (DALLAQUA; CORAL, 2002), o que ocasionou maior tempo de sobrevivência desse material após a poda. Deste modo, as cochonilhas não sofreram danos imediatos, como na CCA, retardando sua necessidade de migrar em busca de alimento. Com isso, o atraso na migração dos insetos é positiva, já que quando a mesma ocorrer as plantas estarão mais desenvolvidas, tolerando, portanto, maior incidência de cochonilhas e/ou expressando menos danos. Aos 45 dias, para o município de NL, apenas o tratamento SP diferiu dos demais, apresentando maior intensidade de danos.

Para o município de Diamante do Norte (DN), aos 30 dias, a maior intensidade de dano foi observada também para o tratamento SP, contudo este não diferiu da CSM. Os demais tratamentos apresentaram níveis baixos de danos pela cochonilha e não diferiram entre si. Já aos 45 dias não houve diferença significativa entre os tratamentos.

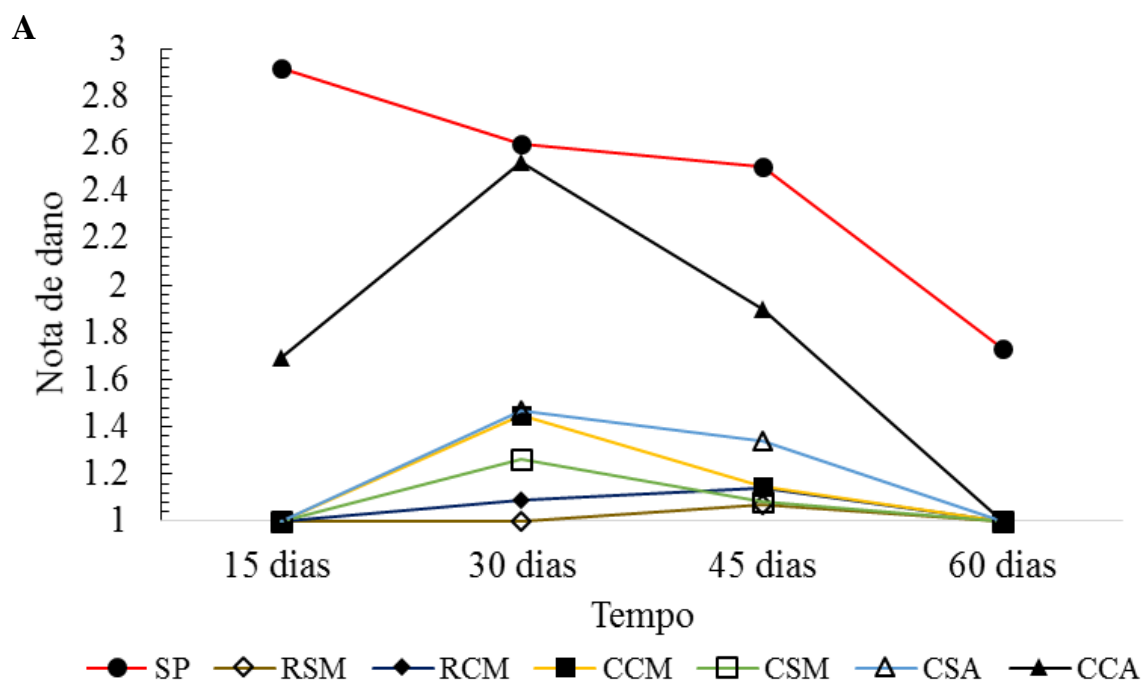
Entre as regiões analisadas, aos 30 dias, a CSM foi inferior em NL, já o tratamento CCA foi superior. Aos 45 dias, RSM e CSM apresentaram maiores danos em DN. A cochonilha *P. manihoti* é mais prejudicial para a cultura da mandioca durante as estações secas e, temperaturas mais altas e mudanças nos padrões de chuvas podem ter impactos substanciais sobre o desenvolvimento desse inseto (POLANIA et al., 1999; BELLOTTI et al., 2012). Desta forma, a diferença entre os locais podem ser explicadas pelas condições climáticas, já que a intensidade das chuvas foram diferentes nas regiões analisadas (Figura 1).

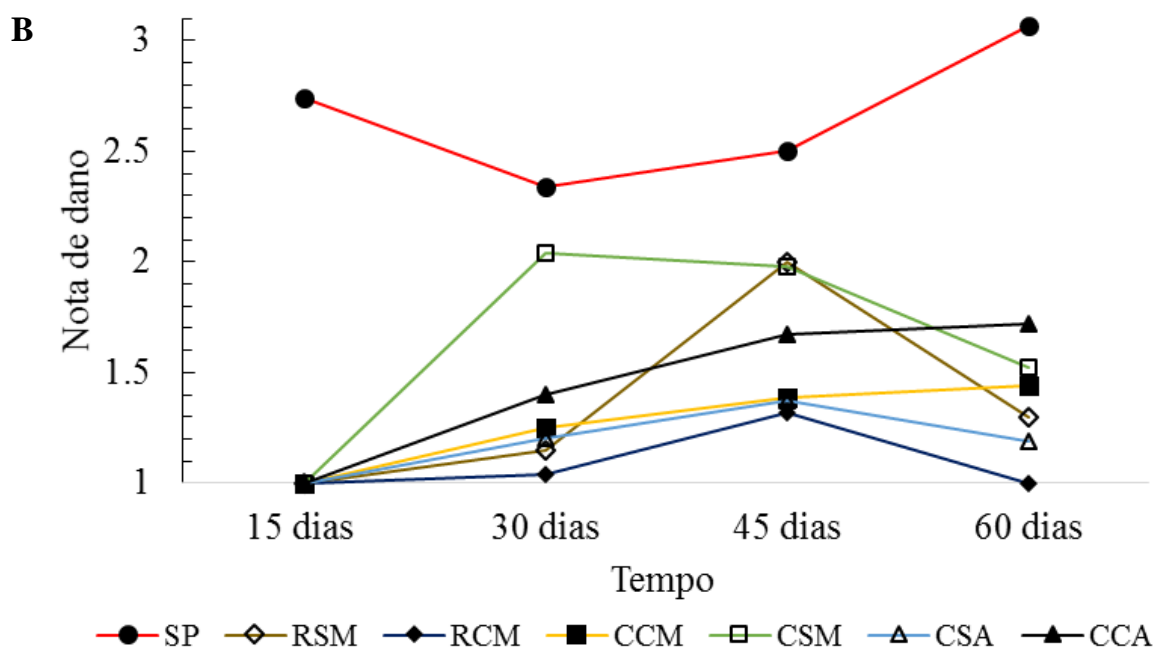
A intensidade dos danos em período de seca tende a ser maior, pois plantas em estresse hídrico favorecem o desenvolvimento e a reprodução das cochonilhas, uma vez que a seiva está mais concentrada em aminoácidos (CALATAYUD et al. 2002). Os danos da cochonilha nas regiões do Paraná e São Paulo têm sido intensos no início das brotações, principalmente em cultivos de segundo ciclo e em períodos de estiagem prolongada

(PIETROWSKI et al., 2010). Contudo, no tratamento SP não houve diferenças entre os locais, o que pode ser explicado ao fato da planta não sofrer o estresse ocasionado pela poda, favorecendo o inseto mesmo em condições adversas. Assim, com a manutenção do fluxo dos vasos do floema pela planta, os insetos continuaram se alimentando de forma contínua nas plantas.

A intensidade dos danos causados pelas cochonilhas em NL e DN ao longo do tempo podem ser observados na figura 4 (A e B), respectivamente. O tratamento RSM apresentou as menores notas de danos do inseto em NL. Provavelmente devido ao fato de todo o material ser retirado da área, e o corte realizado no momento da poda ser ao nível do solo, resultando em menor chance do inseto sobreviver, já que não possuía maneira de se alimentar. Em DN, os menores danos ocorreram no RCM.

O tratamento SP apresentou os maiores danos durante o tempo de avaliação do experimento para ambas as áreas. É possível observar uma tendência de acréscimo de dano até os 30 dias em NL e até aos 45 dias em DN, com exceção ao tratamento SP, indicando que a precipitação que ocorreu nas áreas (Figura 1) afetou o aumento da população do inseto.





Legenda: SP – sem poda, RSM - poda rente ao solo sem material vegetal na parcela, RCM – poda rente ao solo com material vegetal na parcela, CCM - poda convencional (15 cm do solo) com material vegetal na parcela, CSM - poda convencional sem material vegetal na parcela, CSA - poda convencional, com a parte mediana da planta na parcela e retirada da região apical da planta, CCA - poda convencional, com a retirada da parte mediada da planta da parcela e permanência da região apical da planta. Níveis de danos: 1 – sem dano e sem presença de cochonilha, 2 – sem dano, com a presença de cochonilhas, 3 – dano baixo, 4 – danos mediano, 5 – dano alto, 6 – dano severo e 7 – dano severo mais necrose do ponteiro.

Figura 4. Intensidade das notas de dano, causados por *P. manihoti*, em plantas de mandioca da cultivar Caiuá, ao longo do tempo, em Nova Londrina (A) e Diamante do Norte (B).

No período entre a primeira e a segunda avaliação, as chuvas foram mais intensas em NL, quando comparadas a DN. Já entre a segunda e a terceira avaliação o maior volume de precipitação ocorreu em DN quando comparado a NL. Segundo Bellotti et al. (2012), o início das chuvas sazonais reduz sua população e danos nas plantas, permitindo a recuperação da cultura. A CCA e CSM em NL e DN, respectivamente, aumentaram rapidamente a ocorrência de danos causados pelas cochonilhas.

Aos 60 dias, pode-se observar redução nos danos de todos os tratamentos para a região de NL, enquanto que em DN os tratamentos SP, CCA e CCM continuaram a aumentar. Na área experimental de NL, havia grande quantidade de inimigos naturais, como aranhas, crisopídeos e parasitoides devido a proximidade a uma área de mata, o que pode ter contribuído para a redução da intensidade de danos, enquanto em DN a área era circundada por pastagem. Além disso, outros fatores como o estado nutricional da planta, disponibilidade hídrica, injúria por insetos e até a própria poda, podem induzir a formação de compostos secundários de defesas da planta (HERREN; HENNESSEY 1983). Segundo Calatayud

(2000), genótipos com altas concentrações do composto rutina apresentam potencial em programas de melhoramento de mandioca, pois podem inibir o ataque de insetos. Calatayud; Múnera, (2002) concluíram que a rutina, acrescentada à dieta artificial, reduziu o crescimento e o desenvolvimento da cochonilha, *P. manihoti*.

De acordo com Parsa et al. (2012) a disseminação de *P. manihoti* ocorrem principalmente por mecanismos antropogênicos, como o movimento de estacas/ramas contaminadas para plantio, onde as cochonilhas sobrevivem alimentando-se de brotos. De maneira geral a retirada do material infestado da área diminui o foco de infestação do inseto, por consequência, diminuirá seu dano nas plantas. Chakupurakal et al. (1994) concluíram que a frequência de formigas em áreas de mandioca na Zâmbia, aumentou com a densidade populacional de *P. manihoti*, desta forma, é possível que estes insetos estejam associados a dispersão da cochonilha entre plantas de mandioca. Em alguns países asiáticos, onde há pequenas áreas cultivadas de mandioca a retirada do terço superior de plantas infestadas com cochonilhas é uma prática comum. Contudo, devido as grandes áreas cultivadas no Brasil, tal manejo se realizado de forma manual torna-se inviável pelo alto custo de mão de obra, sendo necessário a utilização de máquinas para realizar esta operação.

Para a produtividade e renda de raízes tuberosas houve efeito significativo das regiões de cultivo (Tabela 3). A região de DN apresentou a maior média de produtividade de mandioca. Contudo, para a renda de raízes tuberosas a maior média foi obtida em NL. Segundo Andrade Júnior (2006) a cultivar Caiuá pode atingir produtividades de até 50 t ha⁻¹, em dois ciclos de cultivo. Contudo, os resultados obtidos por estes autores variaram entre 21,7 a 38,19 t ha⁻¹, para os espaçamentos de 0,8 e 0,6 m, respectivamente, em Presidente Prudente/SP. Médias semelhantes as obtidas neste trabalho, onde a produtividade média de raízes foi 25,9 e 32,1 t ha⁻¹ para NL e DN respectivamente. Já para o teor de fécula as maiores médias foram para a CCA com 711,2 e CSM, com 630,6, em NL e DN, respectivamente.

Tabela 3. Produtividade, t ha⁻¹, e renda de raízes tuberosas, g, em Nova Londrina e Diamante do Norte/PR.

LOCAL	Produtividade	Renda raízes
Nova Londrina	29.478,0 b	688,0710 a
Diamante do Norte	33.147,0 a	605.9890 b

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

Pode-se observar que a relação entre a produtividade e a renda de raízes tuberosas ocorreu de forma inversa entre as regiões (Tabela 3). Apesar de haver pouca diferença das condições climáticas entre as regiões (Figura 1), o microclima regional e a interação do genótipo com o ambiente pode ter contribuído com os dados obtidos. Sabe-se que além da precipitação pluviométrica, a alteração da temperatura influencia a produção da mandioca. Em temperaturas mais amenas e baixos índices de precipitação as plantas acumulam maiores teores de amido em suas raízes tuberosas (SRIROTH et al., 1999; SAGRILO et al., 2002), além disso, há uma diminuição na velocidade de brotação da maniva, da taxa de produção de folhas e da massa seca das raízes (ALVES, 2006).

Não houve efeito do manejo da poda entre os tratamentos realizados em cada região (Tabela 1). Takahashi; Guerini (1998) afirmam que o efeito da poda na produção da mandioca apresenta resultados discrepantes, há relatos que poda não ocasiona diferenças estatísticas na produção de raízes tuberosas, enquanto outros estudos afirmam que a poda pode proporcionar aumento na produção e no teor de matéria seca das raízes de mandioca. No Sul do Brasil, onde ocorre o repouso fisiológico da cultura durante o período de inverno, experimentos demonstraram que após a poda, as plantas de mandioca produzem mais raízes tuberosas, apresentam maior massa seca e menor rendimento de farinha, ao final do ciclo (ANDRADE et al. 2011). Já Aguiar et al. (2011) concluíram que a poda da mandioca realizada no período de repouso fisiológico não altera a massa média, o teor de matéria seca e a produtividade de raízes tuberosas.

A falta de resposta das características agrônômicas em relação à poda, pode ter ocorrido devido aos danos causados pela própria *P. manihoti* às folhas, com a sucção do floema, fazendo com que a planta acumule menos fotoassimilados em razão da diminuição da área foliar fotossinteticamente ativa e de despende energia (fotoassimilados) na recomposição das folhas encarquilhadas (FIALHO et al., 2009). A *P. manihoti* já foi identificada como fator limitante na produção em diversos países asiáticos, podendo causar danos de até 80% na cultura da mandioca (BELLOTTI et al., 1999; BENTO et al., 2002).

Não houve efeito significativo da correlação linear de Pearson entre os níveis de danos com a produtividade e renda de raízes tuberosas para NL e DN (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de Correlação de Pearson para renda de raízes tuberosas e produtividade em função dos danos ocasionados por *P. manihoti*, aos 15, 30, 45 e 60 dias.

	Dano 15 dias	Dano 30 dias	Danos 45 dias	Dano 60 dias
Renda de raízes (g)	-0.09 ^{n/s}	-0.04 ^{n/s}	-0.14 ^{n/s}	-0.16 ^{n/s}
Produtividade (kg ha ⁻¹)	-0.17 ^{n/s}	-0.04 ^{n/s}	-0.20 ^{n/s}	-0.16 ^{n/s}

* - significativo e ^{n/s} – não significativo, ao nível de $p \leq 0,05$

A ausência de correlação significativa pode ser explicada devido as condições climáticas. Visto que no ano de condução dos experimentos houve chuvas constantes em ambas regiões, apesar da diferença da intensidade, que conseqüentemente diminui a reprodução da cochonilha a campo e aumenta o suporte das plantas de mandioca ao ataque de pragas.

Embora o efeito dos diferentes tipos de poda e manejos da parte aérea da planta sobre a produção de raízes tuberosas não seja significativo, os tratamentos RCM e RSM podem afetar de forma negativa a cultura, pois diminuem a competição da planta de mandioca com plantas invasoras, acarretando em maior tempo, dependendo das condições climáticas, para que o dossel possa se desenvolver e sombrear as entrelinhas. Já o tratamento SP dificulta o manejo mecanizado durante a aplicação de herbicidas, resultando em maiores gastos com mão-de-obra. Apesar disso, a poda da parte aérea das plantas de mandioca pode ser constituída como uma estratégia aparentemente eficiente e viável, embora seja necessário o refinamento de estudos sobre a interação desta prática com as características agroclimáticas locais e com os genótipos utilizados, bem como a viabilidade de execução da retirada do material vegetativo da área, para a recomendação técnica (ANDRADE et al., 2011).

Desse modo há a necessidade de mais estudos sobre o efeito de diferentes tipos de poda, destino do material vegetal e interação destas práticas com as condições climáticas sobre a incidência da cochonilha *P. manihoti*, pois aparentemente a intensidade do dano no segundo ciclo é resultante da interação destes fatores. Além disso, a indução de compostos secundários nas plantas no momento da poda que podem agir nas características biológicas do inseto e no desenvolvimento da cultura.

3.6 CONCLUSÃO

A cochonilha da parte aérea da mandioca *P. manihoti* tem maior incidência e causa maior dano quando não é realizada a poda da cultivar Caiuá em ambos locais de cultivo.

A intensidade de danos ocasionados pela *P. manihoti* varia de acordo com o tipo de poda e manejo da parte aérea da planta empregado e o local de cultivo.

A poda convencional com a permanência da região apical da planta na parcela resulta em maior intensidade de dano aos 30 dias em Nova Londrina.

Os danos causados pelas cochonilhas e os tipos de poda e manejo da parte aérea da planta não afetam a produtividade e renda de raízes tuberosas na variedade de mandioca Caiuá.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, E. B.; BICUDO, S. J.; CURCELLI, F.; FIGUEIREDO, P. G.; CRUZ, S. C. S. Épocas de poda e produtividade da mandioca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1463-1470, 2011.

ANDRADE JÚNIOR, O. de. **Estudo da composição tecnológica e bromatológica de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em dois espaçamentos**. 2006, 21p. Universidade do Oeste Paulista -Unoeste. Presidente Prudente, São Paulo.

ANDRADE, J. S.; VIANA, A. E. S.; CARDOSO, A. D.; MATSUMOTO, S. N.; NOVAES, Q. S. Épocas de poda em mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, vol.42, n.3. p.693-701, 2011.

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

BELLOTTI, A.C.; HERRERA, C. J.; HERNÁNDEZ, M. D. P.; ARIAS, B.; GUERRERO, J. M.; MELO, E. L. Three major cassava pests in Latin America, Africa and Asia. In: HOWELER, R. H. (ed) **A new future for cassava in Asia: its use as food, feed and fuel to be nefit the poor**. Proceedings of the Eighth Regional Workshop held in Vientiane. NAFRI/CIAT. The Nippon Foundation. 2010, p. 544–577.

BELLOTTI, A.C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S.L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, v.44, p.343-370, 1999.

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: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. n.26. p.81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de layuca a las plagas e artrópodos. In: OSPINA, B. CEBALLOS, H. **La yuca em el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT, 2002. p. 250-254.

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**. v. 102, p -163–175, 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ANASTECIMENTO – CONAB (2016). **Conjuntura trimestral: Mandioca**. Disponível em: <<
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_26_17_19_26_mandioca_-_jun_2016_-_sureg_pe.pdf>>. Acesso em 14 de jan. de 2017.

CORREIA, H.; BEZAGO, J.C.E.O.; BRANDÃO, S.S.; GOMES, F.R. Efeito da poda de ramas de mandioca na produção de ramas e raízes. **Revista Ceres**, v.20, p.148-157, 1973.

CONCEIÇÃO, A. J. **A mandioca**. São Paulo: Nobel, 1987, 382 p.

CHAKUPURAKAL, J.; MARKHAM, R. H.; NEUENSCHWANDER, P.; SAKALA, M.; MALAMBO, C.; MULWANDA, D.; BANDA, E.; CHALABESA, A.; BIRD, T. HAUG, T. Biological Control of the Cassava Mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in Zambia. **Biological control**. v.4. n.3. p-254-262, 1994.

DALLAQUA, M. A. de; CORAL, D. J. Morfo-anatomia. In: CEREDA, M. et al. (eds.). **Agricultura: Tuberosas amiláceas latino americanas**. São Paulo: fundação Cargill, 2002. 540p.

FARIA, M.; WRAIGHT, S.P. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. **Crop Protection**. v.20, p.767-778, 2001.

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

FARIAS, A. R. N. **Pragas da mandioca e seu controle**. Cruz das Almas: Embrapa – CNPMF, 2001. 39p.

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

FIALHO, J. F.; VIEIRA, E. A.; PAULA-MORAES, S. V.; SILVA, M. S.; JUNQUEIRA, N. T. V. Danos causados por percevejo-de-renda na produção de parte aérea e raízes de mandioca. **Scientia Agraria**, v.10, n.2, p.151-155, 2009.

GROXKO, M. **Análise da conjuntura agropecuária mandioca - safra 2015/16**, 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em 20 de dez. de 2016.

HERREN, H. R.; HENNESSEY, R. N. **Biological control and host plant resistance to control the cassava mealybug and green mite in Africa**: Proceedings of an international workshop. Ibadan, Nigeria: IITA. 1983, 154 p.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO PARANAENSE. **Iapar registra cultivares de mandioca**. 2014. Disponível

em:<<http://www.iapar.br/modules/noticias/article.php?storyid=1569>> Acesso em 15 de jan. de 2017.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. (Boletim Técnico, n.245).

MOURA, G. M. e COSTA, N. L. Efeito da frequência e altura de poda na produtividade de raízes e parte aérea em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 08, p. 1053-1059, 2001.

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

PIETROWSKI, V. RINGENBERGER, R. RHEINHEIMER, A. R. BELLON, P. P. GAZOLA, D. MIRANDA, A. M. **Insetos-Praga na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Candido Rondon. 1. ed., p. 20-23, 2010.

POLANÍA M. A.; CALATAYUD, P.A.; BELLOTTI A. C. Comportamiento alimenticio del piojo harinoso *Phenacoccus herreni* (Sternorrhyncha: Pseudococcidae) e influencia del déficit hídrico en plantas de yuca sobre su desarrollo. **Revista Colombiana de Entomología** v.26 p.1-9, 1999.

SAGRILO, E.; VIDIGAL FILHO, P. S.; PEQUENO, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIDIGAL, M. C. G.; MAIA, R. R.; KVITSCHAL, M. V. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v. 61, n. 02, p. 115-125, 2002.

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

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

SOUZA, L. DE S.; FARIAS, A.R.N.; MATTOS, P.L.P. DE; FUKUDA, W.M.G. **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrates Polymers**. v.38, p.161-170, 1999.

TAKAHASHI, M.; GUERINI, V. L. Espaçamento para a cultura da mandioca. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v. 14, n. 4, p. 489-494, 1998.

WINOTAI, A.; GOERGEN, G.; TAMÒ, M.; NEUENSCHWANDER, P. Cassava mealybughasreachedAsia. **Biocontrol News Information**. n.31: p10-11, 2010.

4. CAPÍTULO II

Adubação Nitrogenada Nos Teores De Compostos Secundários Em Cultivares De Mandioca

4.1 RESUMO

A produção de substâncias químicas é uma estratégia de defesa das plantas ao ataque de insetos praga. A síntese de compostos secundários em plantas é influenciada pelo genótipo e pelo manejo cultural, como o uso de fertilizantes nitrogenados. Deste modo, o trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de doses de adubação nitrogenada sobre a produção de compostos secundários em duas cultivares de mandioca ao longo do tempo. O experimento foi realizado em casa de vegetação semiclimatizada da Embrapa Soja em Londrina/PR, com cultivo das plantas em vasos, em esquema fatorial 2x4x3, com 5 repetições. Foram utilizados dois genótipos de mandioca (Baianinha e Caiuá) e quatro doses de nitrogênio (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), com avaliações aos 15, 30 e 45 dias após a adubação. A adubação nitrogenada foi realizada com ureia, 60 dias após o plantio das manivas. Nas folhas apicais foram avaliados os teores de rutina e de ácidos caféico, p-cumárico e ferúlico em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC). Os dados das variáveis foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e, à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). Para os dados referentes as doses de N foi realizado estudo de regressão. A cultivar Caiuá apresenta maior teor de ácido ferúlico. O teor de ácido caféico diminui ao longo do tempo após a aplicação de N em ambas cultivares. O teor de rutina nas cultivares de mandioca Baianinha e Caiuá são aumentam com o acréscimo das doses de nitrogênio. Na dose de 90 kg ha⁻¹ as cultivares apresentam menor teor de ácido p-cumárico após os 30 dias.

Palavras-chave: ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico, compostos de defesas, *Manihot esculenta*, rutina.

4.2 ABSTRACT

The production of chemical substances is a strategy of defending plants against the attack of pest insects. Synthesis of secondary compounds in plants is influenced by genotype and cultural management, such as the use of nitrogen fertilizers. Thus, the objective of this work is to evaluate the effect of doses of nitrogen fertilizer on a production of secondary compounds in two cassava cultivars over time. The experiment was carried out in a greenhouse of Embrapa soybean in Londrina/PR, with potted plants cultivation, in a 2x4x3 factorial scheme, with 5 replications. Two genotypes of cassava (Baianinha and Caiuá) and four nitrogen doses (0, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹) were used, with actions at 15, 30 and 45 days after fertilization. A nitrogen fertilization was performed with 60% after the planting of the roots. In the apical leaves were oriented to the medicaments and to medicaments, p-coumaric and ferulic in high performance liquid chromatograph (HPLC). The data of the variables were submitted to the analysis of homogeneity and normality of the residues by Shapiro-Wilk test and, analysis of variance and comparison of means by Tukey's test (5%). For the data referring as regression study doses. A Caiuá cultivar has a higher content of ferulic acid. The caffeic acid content decreases over time after application of N in both cultivars. The rutin content in the cassava

cultivars Baianinha and Caiuá are increased with the addition of nitrogen doses. At the dose of 90 kg ha⁻¹ as cultivars presented lower content of p-coumaric acid after 30 days.

Key words: caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, compounds of defenses, *Manihot esculenta*, rutin.

4.3 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca no Brasil tem um importante papel socioeconômico, com cultivo concentrado em áreas de pequenos produtores, que se caracterizam pelo uso de poucos insumos e baixa tecnologia. Isso se deve, em grande parte, à capacidade que a mandioca tem de se desenvolver e produzir em solos de baixa fertilidade (CARVALHO; FUKUDA, 2006). A cultura absorve grandes quantidades de nutrientes e praticamente transloca tudo o que foi absorvido às raízes tuberosas (MATTOS; BEZERRA, 2003).

O nitrogênio geralmente é o nutriente mais exigido pelas culturas, tendo inúmeras funções, como estimular a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, assim como aumentar a vegetação e os teores de proteínas. Além disso, é componente estrutural de aminoácidos e proteínas, bases nitrogenadas e ácidos nucleicos, enzimas, coenzimas e vitaminas, pigmentos e alguns metabólicos secundários (MALAVOLTA et al., 1997).

Além dos efeitos no crescimento, desenvolvimento e de desempenho produtivo, é responsável pela síntese de compostos secundários e aminoácidos em vegetais. Na cultura da mandioca a maior disponibilidade de N no solo também favorece a síntese de glicosídeos cianogênicos, como linamarina e lousralina (SOLOMONSON; BARBER, 1990; VETTER 2000).

Em experimento realizado por Oliveira et al. (2012) foi possível concluir que o teor de ácido cianídrico (HCN), na cultivar Aciolina, respondeu de forma positiva a doses crescentes de nitrogênio em cobertura. A síntese de compostos secundários em vegetais é mais influenciada por práticas culturais (fertilizantes, aplicação de estrume e queimadas) do que por fatores sazonais. A síntese de alcalóides e glicosídeos cianogênicos aumentam com maior disponibilidade de fertilizantes nitrogenados, enquanto a síntese dos compostos fenólicos aumenta quando a planta é cultivada em um solo pobre em fertilizante de nitrato (GERSHENZON, 1984; WATERMAN; MOLE, 1989).

Os compostos fenólicos encontram-se entre as classes de metabólitos secundários de plantas com reconhecida atividade biológica, conferindo proteção à planta contra o ataque de insetos pragas e patógenos (LORENZI et al., 1993; SCHALLER, 2008). Esses compostos podem ainda servir como um alerta para as pragas generalistas de que a planta é intragável (ZAGROBELNY et al., 2004). Santos et al. (2008) observaram que quanto maior o teor de HCN nas raízes de mandioca, menor a incidência de ninfas e adultos de *Vatiga illudens* Drake (Hemiptera: Tingidae). Já Calatayud; Múnera (2002) concluíram que o flavonol rutina, acrescentada à dieta artificial, reduziu o crescimento e o desenvolvimento da cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae).

Na mandioca, a cochonilha da parte aérea, *P. manihoti* é uma das mais graves pragas da cultura no mundo (PARSA, et al., 2012), e devido a inexistência de métodos de controle eficientes e de produto químico registrado para o uso em mandioca, a busca de um manejo adequado e eficiente é prioridade para que a cultura alcance altas produtividades.

A campo é possível verificar que a cultivar de mandioca Caiuá (Olho junto), amplamente cultivada no noroeste paranaense, em solos arenosos, possui alta suscetibilidade a cochonilha *P. manihoti* apresentando explosões de populações principalmente no segundo ciclo de cultivo. Entretanto em laboratório, apresentou-se moderadamente resistente a este inseto. Já a cultivar Baianinha, oriunda da região oeste paranaense, com melhor adaptação em solos mais férteis e argilosos, apresentou suscetibilidade a *P. manihoti*, em laboratório, mas a campo não são observadas altas infestações do inseto (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005; RHEINHEIMER, 2013).

Esses dados controversos podem estar associados as condições de nutrição dos solos onde estas cultivares são tradicionalmente cultivadas. A adubação nitrogenada, dependendo do tempo da aplicação, pode aumentar ou reduzir a produção de compostos secundários, deixando a planta mais tolerante ou suscetível a pragas, com respostas variáveis de acordo com o genótipo.

Além de induzir vegetais a produzir compostos de defesa, a adubação nitrogenada pode reduzir as barreiras físicas naturais das plantas. Dessa forma, a indução na produção dos compostos secundários pode ser uma estratégia para o manejo da cultura, pois apresenta efeito inibitório sobre insetos pragas e mantém sua população abaixo do nível de dano econômico, além de reduzir perdas no rendimento, podendo ser incluída como uma ferramenta no manejo integrado de pragas (BELLOTTI et al., 1999; PIETROWSKI et al., 2010).

Deste modo, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da adubação nitrogenada sobre a produção de compostos do metabolismo secundário em duas cultivares de mandioca ao longo do tempo.

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação semiclimatizada da Embrapa soja em Londrina/PR (23°18'36"Sul e 51°09'46"Oeste), durante o ano de 2016, com temperatura de 25±5°C.

Para implantação do experimento foram utilizadas manivas provenientes de área agrícola comercial, da região Oeste e Noroeste Paranaense, mensuradas e cortadas com aproximadamente 10 cm contendo de cinco a sete gemas. O plantio foi realizado com as manivas na posição vertical, em vasos com capacidade para cinco litros de solo. Para o suprimento de água às plantas utilizou-se irrigação por gotejamento, realizada três vezes ao dia com um volume de 400 mL/dia/vaso.

A análise química do solo utilizado como substrato indicou os seguintes resultados: P=16,89 cmol/dm³; pH(CaCl₂)=5,5; Al=0 cmolc/dm³; H+Al=4,61 cmolc/dm³; Ca=6,99 cmolc/dm³; Mg=1,35 cmolc/dm³; K=0,85 cmolc/dm³; SB= 66,59 cmolc/dm³; CTC= 9,19; MO=3,15 g/dm³.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x4x3, com duas cultivares de mandioca (Baianinha e Caiuá), quatro doses de nitrogênio em cobertura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), e a coleta das folhas para análise em três tempos (15, 30 e 45 dias após a adubação nitrogenada) com 5 repetições cada, totalizando 120 vasos. A adubação nitrogenada foi realizada com ureia, sobre o solo úmido em cada vaso, conforme a dose estipulada, aos 60 dias após plantio das manivas. Não houve adubação de P e K, pois não havia necessidade conforme observado em análise de solo.

Para as avaliações, foram tomadas duas folhas apicais, completamente desenvolvidas, de cada repetição. As folhas foram cortadas, identificadas, envelopadas com papel alumínio e, imediatamente, congeladas em nitrogênio líquido. Em seguida, transportadas e armazenadas em ultrafreezer (-86°C) no laboratório de Ecologia Química da Embrapa Soja, em Londrina/PR.

Para a preparação das amostras, no laboratório, as folhas armazenadas foram retiradas do ultrafreezer, moídas em almofariz com nitrogênio líquido, transferidas para tubo “Falcon” de 15 mL e pesadas. Às amostras foram adicionados 5 mL de metanol (MeOH) 90%, e em seguida, os extratos foram agitados em Vortex por 10 segundos, levadas ao banho de ultrassom durante 20 minutos e, na sequência, centrifugadas a 5650 rpm por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi coletado com pipetas Pasteur e transferido para tubos de vidro e seco no vácuo.

As amostras foram ressolubilizadas em metanol 80% (1,5 mL) e centrifugadas por 10 minutos a 10000 rpm a 4°C. Após esse processo, as amostras foram filtradas em filtros-seringa “Acrodiscs” com membrana (Millipore®) de 0,45µm e transferidas para os "vials" do auto-injetor, do cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC, Prominence - Shimadzu). Os extratos metabólicos das amostras foram analisados utilizando-se coluna C18 fase reversa (250 mm de comprimento e 4,6 mm de diâmetro interno, partículas de 5 micra).

Alíquotas de 20µL foram injetadas automaticamente no equipamento, com controlador CBM-20A; detector SPD-20A; desgaseificador DGU 20A5; bomba LC-20AT; amostrador automático SIL-20A e forno CTO 20A. A fase móvel foi composta de dois solventes: (A) 2% de ácido acético (HOAc) e (B) uma mistura de metanol (MeOH), ácido acético e água Milli-Q® (H₂O) (MeOH:HOAc:H₂O; 18:1:1). O sistema de gradiente linear utilizado na análise partiu da condição inicial com 75% de A e 25% de B, atingindo após 40 minutos a situação inversa, ou seja, 25% de A e 75% de B, mantida por cinco minutos. Ao atingir 45 minutos voltou à condição inicial permanecendo por 5 minutos antes da próxima injeção, para a limpeza da coluna. O fluxo do solvente foi de 1 ml/m e o registro na região do ultravioleta (UV) no comprimento de onda 260 nanômetros (nm).

A identificação e quantificação dos compostos foram realizados através da comparação do tempo de retenção na coluna do HPLC e dos espectros dos picos obtidos com os dos padrões de ácidos fenólicos e flavonóides. Após a coleta das áreas de cada pico dos espectros, os mesmos foram corrigidos com peso inicial de tecido vegetal de cada amostra e transformados em µg g⁻¹.

Os dados das variáveis foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Para os dados de ácido ferúlico e p-cumárico foi realizada a transformação de dados pela equação $\sqrt{x+0,5}$. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey

(5%). Os dados de doses de N foram submetidos a análise de regressão. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR, versão 5.0.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo para a interação tripla entre os cultivares, doses de nitrogênio (N) e tempo após a aplicação de N nas concentrações de rutina, ácido p-cumárico e ferúlico. Para o ácido ferúlico a resposta significativa só foi observada para cultivares e entre a interação adubação e tempo. Já para o ácido caféico, efeito significativo foi observado para as interações entre cultivares e tempo e doses de nitrogênio e tempo (Tabela 1).

Tabela 1. Quadrados médios para as variáveis rutina, ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico em cultivares de mandioca em função de doses de N, em diferentes tempos de coleta após a adubação nitrogenada.

	G.L	Á. Ferúlico	Á. Caféico	Á. p-Cumárico	Rutina
Cultivar	1	0.00687*	0.000042*	0.01021*	2.29728*
Adubação	3	0.00036 ^{n/s}	0.000043*	0.00178*	1.88372*
C x A	3	0.00041 ^{n/s}	0.000007 ^{n/s}	0.00248*	1.00349*
Tempo	2	0.00022 ^{n/s}	0.000271*	0.00132*	0.26197 ^{n/s}
C x T	2	0.00007 ^{n/s}	0.000024*	0.00045*	1.93567*
A x T	6	0.00045*	0.000043*	0.00119*	0.62982*
C x A x T	6	0.00040 ^{n/s}	0.000007 ^{n/s}	0.00157*	1.19713*
Média		0.0160	0.0087	0.1754	1.3215
CV (%)		43.46	32.50	37,57.	29.30

* - Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. n/s - Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A cultivar Caiuá apresentou maiores concentrações de ácido ferúlico quando comparada a Baianinha (Tabela 2). Portanto, pode-se inferir que teor desse composto secundário está relacionado a fatores genéticos das plantas de mandioca, como pontua Ramos et al. (2011). Sabe-se que esse ácido está presente em tecidos vegetais e possui efeitos inibitórios no crescimento de fungos e produção de micotoxinas. Ainda, trabalhos relatam sua importância como mecanismo de autopreservação, já que reforça a resistência da parede celular e a protege de danos causados por micróbios e pela radiação do sol (EKMEKCIOGLU et al., 1998; SOUZA et al., 2010). Deste modo, genótipos com maiores teores desse composto podem ser utilizados em programas de melhoramento genético, com o intuito de selecionar materiais resistentes/tolerantes a pragas agrícolas ou fatores abióticos.

Tabela 2. Teores de ácido ferúlico em folhas apicais de mandioca das cultivares Baianinha e Caiuá. Londrina, 2016.

Cultivar	Ácido ferúlico
Baianinha	0,0086 b
Caiuá	0,0239 a

Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na interação entre a adubação e o tempo de coleta das folhas, houve ajuste quadrático apenas para 30 dias após a adubação nitrogenada (Figura 1), com mínima reposta do composto na dose de 70 kg ha⁻¹. Dados obtidos por Ramos et al. (2011) concluíram que os teores de flavonoides antioxidantes, entre eles o ácido ferúlico, no extrato etanólico e extrato aquoso quente das folhas de rosela foram influenciados significativamente pela adição de cama-de-frango (substrato rico em N) no cultivo do vegetal. Em média, houve um aumento de 18% no extrato aquoso quente e de 16% no extrato etanólico entre os dados obtidos sem e com cama-de-frango. Segundos esses autores, a adubação orgânica aumenta a CTC do solo, elevando o pH e reduzindo o teor de alumínio. Desta forma, há um aumento na disponibilidade de nutrientes aplicados por meio de fertilizantes minerais, contribuindo com a sanidade do vegetal e diversificando a produção de substâncias ativas como fenóis e de antibióticos por bactérias (KIEHL, 2008).

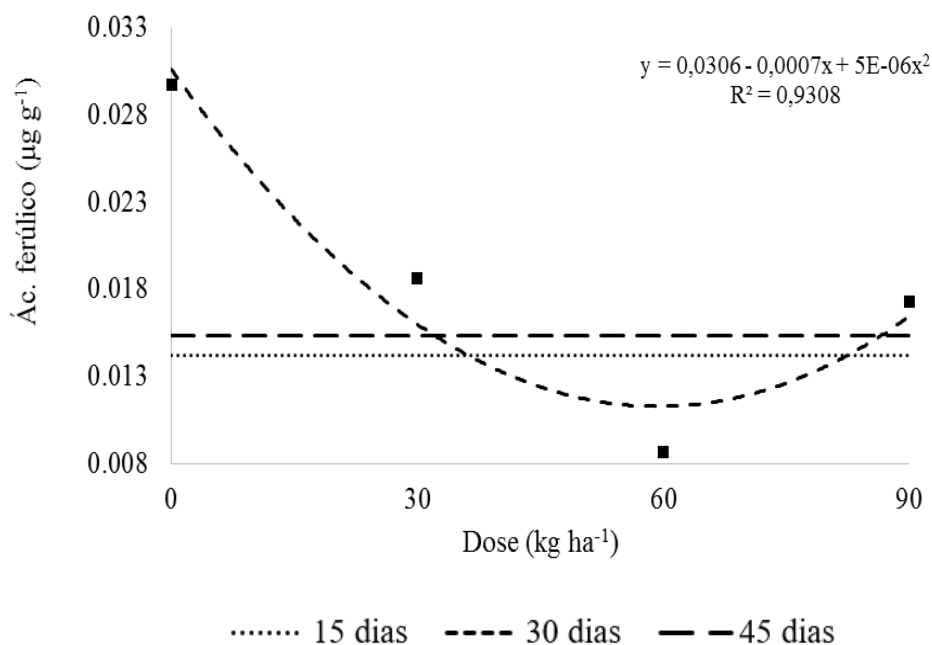


Figura 1. Teores de ácido ferúlico em folhas da cultivar de mandioca Caiuá, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.

Para o ácido caféico houve diferença significativa entre cultivares apenas aos 15 dias após a adubação nitrogenada, com os maiores valores detectados em folhas de Baianinha (Tabela 3).

Tabela 3. Teores de ácido caféico de folhas apicais em cultivares de mandioca em diferentes tempos após a aplicação de adubação nitrogenada.

Cultivar	Tempo (dias)		
	15	30	45
Baianinha	0.0126 a A	0.0094 a B	0.0062 a C
Caiuá	0.0093 b A	0.0094 a A	0.0056 a B

Letras iguais maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nessa cultivar houve redução do teor de ácido caféico com o passar do tempo, com menor valor aos 45 dias após a aplicação do N. Na Caiuá, aos 15 e 30 dias após a aplicação do N foram obtidos teores significativamente maiores de ácido caféico em relação aos 45 dias. O efeito da aplicação de N foi observado a curto prazo, não possuindo efeito ao longo do tempo. O que pode ser explicado pela forma de sua aplicação no vaso, já que após a suplementação do nutriente, houve irrigação, que favoreceu a disponibilidade do N para as plantas nesse período, contudo, a irrigação diária pode ter favorecido a lixiviação ao longo do tempo.

Sabe-se que compostos secundários em vegetais são amplamente influenciados (além de fatores genéticos) por adubação, condições ambientais, e grau de maturação da planta (RAMOS et al. 2011). Isso pode ser observado para o ácido cafeico, que independente da cultivar, apresentou efeito linear crescente em resposta as doses de N aos 15 dias após a aplicação, com o pico da substância na dose de 90 kg ha⁻¹. Para os demais tempos não houve diferenças (Figura 2). Aos 30 e 45 dias, é possível que tenha ocorrido lixiviação do nutriente do vaso, devido a irrigação diária, indisponibilizando a suplementação de N às plantas.

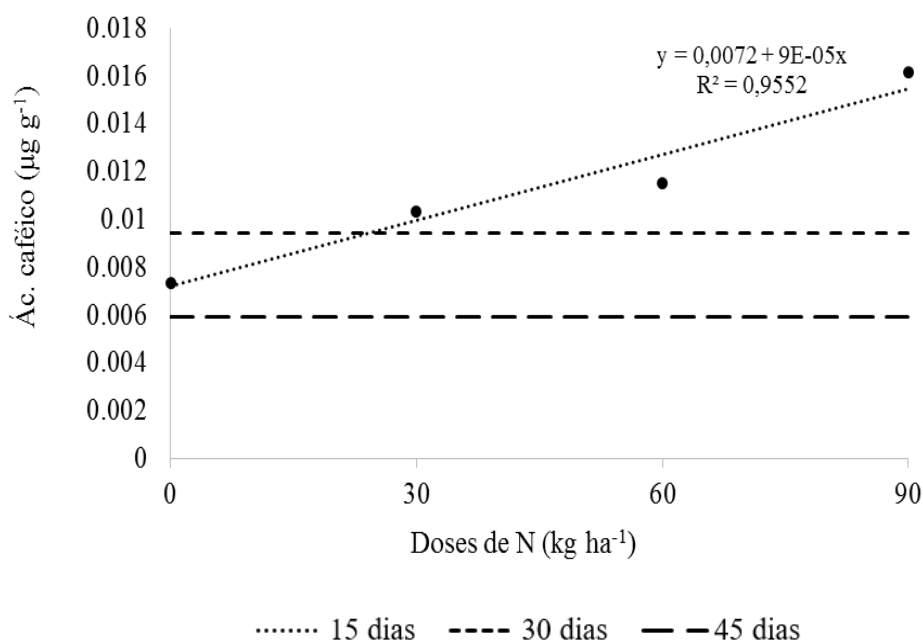


Figura 2. Média dos teores de ácido caféico em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha e Caiuá, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.

Resultados semelhantes foram obtidos por Malta et al. (2003) ao estudarem fontes e doses de N nos teores de ácidos clorogênicos em grãos de café. Segundo estes autores à medida que se aumentavam as doses de nitrogênio, aumentavam-se também os teores de ácidos clorogênicos (caféico, p-cumárico e ferúlico). Contudo, Fernandes (2007) ao avaliar as relações entre doses de N e K, concentrações de compostos fitoquímicos e ataque da cochonilha *Coccus viridis* Green (Hemiptera: Coccidae) em plantas de café, observou que o aumento de doses de N e K, 11 meses após o fornecimento de solução nutritiva as plantas, proporcionou de forma direta o aumento de N nas folhas de planta, que por sua vez resultou em diminuição de ácido caféico.

Os resultados contraditórios a este experimento podem ser explicados devido ao tempo avaliado, ou até mesmo em função a utilização da suplementação das plantas com K, além do N, que não foi realizada neste ensaio. Os maiores teores de ácido p-cumárico na cultivar Baianinha, foram observados aos 30 e 45 dias da aplicação de N com 0 kg ha⁻¹, e aos 30 dias, com 30 kg ha⁻¹ (Tabela 4). Na dose de 60 kg ha⁻¹, o maior teor foi obtido aos 15 dias após a aplicação de N. Na cultivar Caiuá não houve alterações nos teores de ácido p-cumárico nos diferentes tempos de avaliação.

Entre a cultivares não houve diferenças estatísticas para ácido p-cumárico nas doses de 0, 30 e 90 kg ha⁻¹ aos 15 dias. Já em 60kg ha⁻¹ a Baianinha apresentou a maior

concentração deste composto que a Caiuá. Aos 30 e 45 dias, a cultivar Baianinha também apresentou teores superiores do composto quando se aplicou 0, 30 e 60 kg ha⁻¹ de N. Na dose de 90 kg ha⁻¹ as concentrações do ácido nas duas cultivares não diferiram.

Tabela 4. Teores de ácido p-cumárico e rutina em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha e Caiuá, em função de diferentes doses de nitrogênio e tempos de coleta.

Tempo (dias)	Ácido p-cumárico							
	0 kg ha ⁻¹		30 kg ha ⁻¹		60 kg ha ⁻¹		90 kg ha ⁻¹	
	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá
15	0,015bA	0,014aA	0,010bA	0,010aA	0,093aA	0,007aB	0,005aA	0,015aA
30	0,035aA	0,018aB	0,054aA	0,008aB	0,046bA	0,006aB	0,009aA	0,008aA
45	0,027aA	0,003aB	0,020bA	0,003aB	0,015cA	0,009aB	0,009aA	0,009aA

Tempo (dias)	Rutina							
	0 kg ha ⁻¹		30 kg ha ⁻¹		60 kg ha ⁻¹		90 kg ha ⁻¹	
	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá	Baian.	Caiuá
15	1,813aA	1,608aA	0,683bA	1,124aA	1,235aA	1,205Aa	1,419aA	2,193aA
30	1,597aA	1,643aA	1,918aA	0,455bB	1,285aA	1,445aA	1,732aA	0,436bB
45	1,427aA	1,451aA	1,089bA	0,459bB	1,446aA	1,653aA	1,939aA	0,450Bb

Legenda: letras iguais minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. Letras iguais maiúsculas na linha (entre as cultivares dentro de cada dose) não diferem pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

A concentração de rutina, na cultivar Baianinha, nas doses de 0, 60 e 90 kg ha⁻¹ de N não diferiu ao considerar-se os tempos após a aplicação do N (tabela 4). Na dose de 30 kg ha⁻¹ o maior teor do composto foi obtido aos 30 dias após a aplicação. Para a cultivar Caiuá não houve diferença entre os tempos de avaliação na dose de 0 e 60 kg ha⁻¹. Já na dose de 30 e 90 kg ha⁻¹ de N, o maior teor do flavonoide foi observado no tempo de 15 dias, após aplicação de N.

Na comparação entre as cultivares, não houve diferença estatística na quantidade de rutina quando a dose de N foi de 0, 30 e 60 kg ha⁻¹ aos 15 dias e para o tempo de 30 e 45 dias, nas doses de 0 e 60 kg ha⁻¹. Na dose de 90 kg ha⁻¹ a cultivar Caiuá apresentou maior teor do composto, aos 15 dias. Já a Baianinha apresentou os maiores teores aos 30 e 45 dias, nas doses de 30 e 60 kg ha⁻¹. Esses resultados podem estar relacionados ao fator genético das cultivares, já que por ser melhor adaptada a solos arenosos, a Caiuá respondeu a curto prazo ao N fornecido às plantas, enquanto a Baianinha, levou um período de tempo maior para responder a adubação nitrogenada.

Na análise de regressão, o ajuste quadrático demonstrou ponto de máxima resposta, para o ácido p-cumárico, aos 30 dias na dose de 27,5 kg ha⁻¹, enquanto aos 45 dias houve ajuste linear decrescente, na cultivar baianinha. Na Caiuá não houve ajustes

significativos em resposta as doses de N (Figura 3). Sabe-se que o ácido p-cumárico está associado a microrganismos do rúmen animal, podendo ser tóxicos se consumidos em altas concentrações (CARVALHO; PIRES, 2008). Dados semelhantes foram observados por Marschner (1995), que concluiu que concentrações elevadas de N reduzem a produção de alguns compostos fenólicos, dentre eles o p-cumárico, que possuem ação fungistática, e de lignificação das folhas, diminuindo a resistência aos patógenos obrigatórios, e não apresentando ação sobre aqueles que são facultativos. Assim, o uso de genótipos com altos teores desse composto, pode ser um empecilho a mandiocultores que disponibilizam a parte aérea da mandioca na alimentação animal.

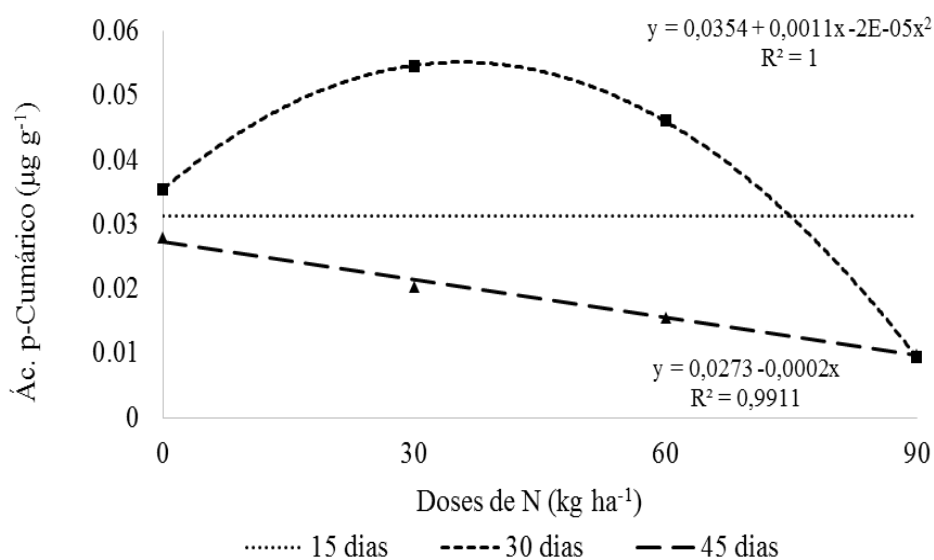


Figura 3. Teores de ácido p-cumárico em folhas apicais da cultivar de mandioca Baianinha, submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.

Para rotina na cultivar Baianinha, houve ajuste quadrático aos 15 e 45 dias com mínima resposta na dose de 43,75 e 36,25 kg ha⁻¹, com 0,9375 e 1,1000 µg g⁻¹ rotina respectivamente. Já para a Caiuá, o ajuste quadrático foi obtido aos 15 dias com ponto de mínima na dose de 38,37 kg ha⁻¹ (Figura 4).

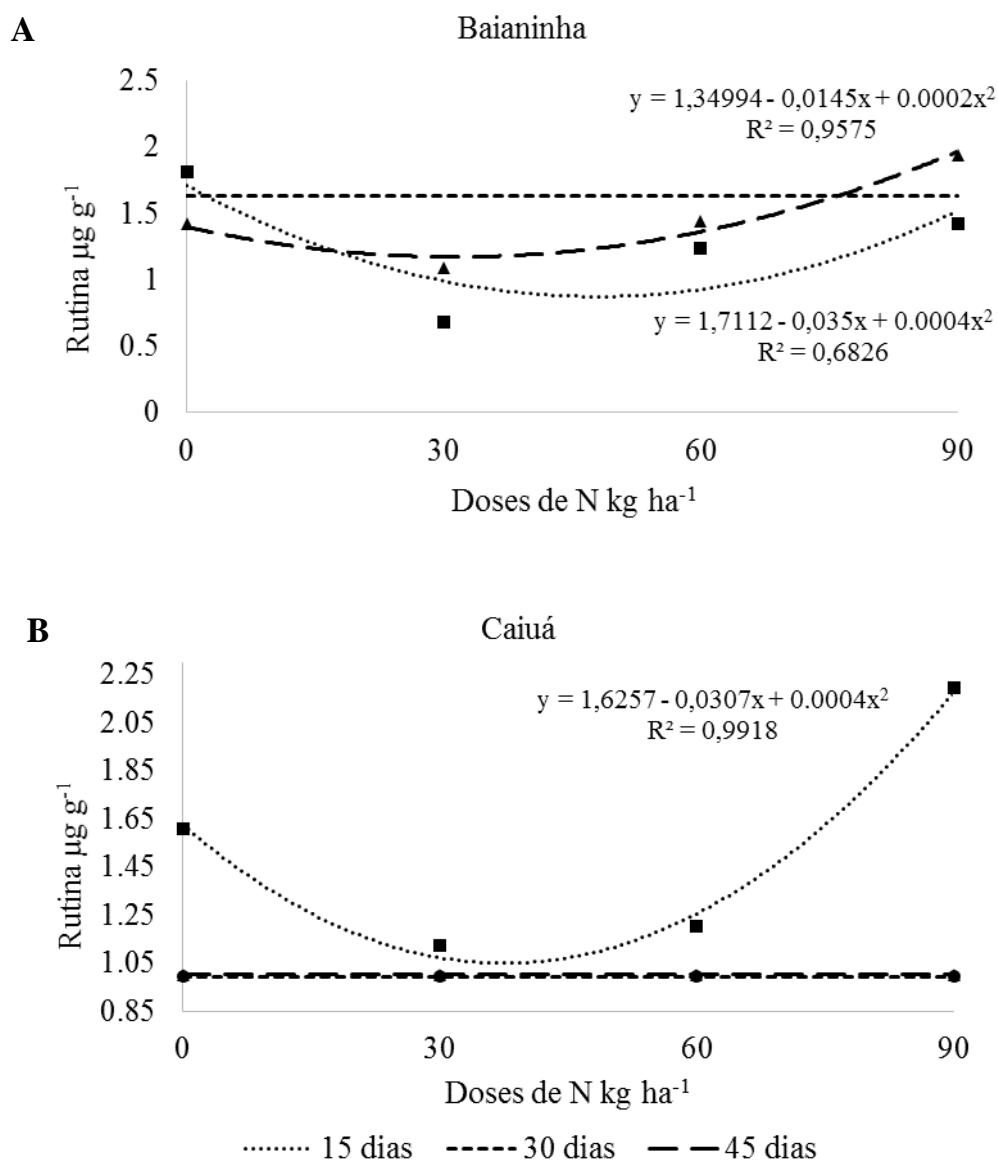


Figura 4. Teores de Rutina em folhas apicais de duas cultivares de mandioca, Baianinha (A) e Caiuá (B), submetidas à doses crescentes de nitrogênio em diferentes intervalos de avaliação. Londrina, 2016.

A diminuição no teor de rutina com o aumento da dose de N provavelmente deve-se ao metabolismo do nitrogênio, relacionado com o balanço carbono/nutriente. O maior crescimento vegetativo da parte aérea da mandioca, com a produção de folhas novas diminui a quantidade de compostos orgânicos destinados a síntese da rutina. Sabe-se também que o N altera diretamente a quantidade e qualidade dos nutrientes presentes nas plantas. Este efeito ocorre pela sua maior disponibilidade no floema, aumentando os teores de aminoácidos livres, carboidratos solúveis e lipídeos de cadeia simples, os quais constituem fonte alimentar de

fácil digestão pelos insetos fitófagos, como a *P. manihoti* (MATTSON, 1980; BUCHANAN et al., 2000; FERNADES, 2007).

Resultados semelhantes foram obtidos por Malta et al (2003), que observaram interação entre fontes e doses de nitrogênio significativa para os compostos fenólicos totais. As fontes nitrato de amônio e sulfato de amônio apresentaram efeito semelhante, havendo redução na concentração de compostos fenólicos totais, até as doses de 161 e 138 kg ha⁻¹ de N, com teores de compostos fenólicos totais, de 6,82 e 6,15%, respectivamente.

Ainda, o uso de doses elevadas de N na adubação reduz as barreiras físicas à alimentação de insetos sugadores. Barreiras estas, que em folhas são representadas pela espessura da cutícula, da epiderme e do parênquima e à rigidez das paredes das células destes tecidos, características que dificultam a introdução do aparelho bucal sugador no floema. Estas barreiras morfológicas são constituídas de ceras, carboidratos complexos e proteínas de cadeia longa cujos teores nas folhas diminuem com a aplicação de doses elevadas de nitrogênio na adubação (MARSCHNER, 1995; PHELAN et al., 1996; TAIZ; ZEIGER, 2010). Hogendorp et al. (2006) verificaram que com o incremento da adubação nitrogenada ocorreu aumento do ataque e reprodução da cochonilha do citros *Planococcus citriem* Risso (Hemiptera: Pseudococcidae) em plantas de *Coleus Solenostemon scutellarioides*. Porém, plantas que apresentam deficiência de nitrogênio podem alocar maior quantidade de carbono para a produção de compostos secundários de defesa (HERMANS; MATTSON, 1992).

A produção de compostos fenólicos, em muitos casos, está associada com a resposta aos mecanismos de interação da planta com o ambiente, que pode ser desencadeada em condições de estresse, justificando os dados obtidos neste ensaio. Dentre os fatores de estresse, a nutrição mineral é um dos mais importantes, e segundo Freitas et al. (2008) e Leite et al. (2012), a deficiência mineral pode proporcionar maior ou menor produção de compostos fenólicos. Por outro lado, o aumento dos compostos fenólicos em relação à disponibilidade de nutrientes no solo, pode variar entre as espécies de planta e com as diferentes rotas de biossíntese desses compostos (HAUKIOJA et al., 1998).

Contudo, a disponibilidade equilibrada de nutrientes é essencial para que a planta se recupere do ataque de pragas por mecanismos de crescimento compensatório. Esta compensação está relacionada ao aumento da fotossíntese devido a maior adubação nitrogenada o que possibilita a planta tolerar mais o ataque dos insetos (TRUMBLE et al., 1993). Deste modo, é necessário a realização de mais estudos em períodos maiores de tempo, para elucidar o comportamento dos compostos secundários em resposta a adubação

nitrogenada em genótipos de mandioca, bem como sua relação com o desenvolvimento da planta, mecanismos de defesas e tolerância ao ataque de insetos praga

4.6 CONCLUSÃO

A cultivar Caiuá apresenta maior teor de ácido ferúlico.

O teor de ácido caféico diminui ao longo do tempo após a aplicação de N em ambas cultivares.

O teor de rutina nas cultivares de mandioca Baianinha e Caiuá não aumentam com o acréscimo das doses de nitrogênio.

Na dose de 90 kg ha⁻¹ as cultivares apresentam menor teor de ácido p-cumárico após os 30 dias.

4.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S. L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**. v. 44, p. 343-370. 1999.

BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, 2000, 1366p.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de la yuca a las plagas e artrópodos. In: OSPINA, B. CEBALLOS, H. **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT, 2002. p. 250-254.

CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V. Organização dos tecidos de plantas forrageiras e suas implicações para os ruminantes. **Archivos de Zootecnia**. v.57. p.13-28, 2008.

CARVALHO, P. C. L.; FUKUDA, W. M. G. Estrutura da planta e morfologia. In: **Aspectos socioeconômicos e agronômicos da mandioca**. SOUZA, L. de S.; et al (coord.) Cruz das Almas; Embrapa, Mandioca e Fruticultura, 2006. 817p.

EKMEKCIOGLU, C.; FEYERTAG, J.; MARKTL, W. Cinnamic acid inhibits proliferation and modulates brush border membrane enzyme activities in Caco-2 cells. **Cancer Lett.** v. 128, p. 137-144, 1998.

FERNANDES, F.; L. **Efeito de nitrogênio e de potássio na interação entre Coccus viridis e Coffea arabica.** 2007, 48p. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, Minas Gerais.

FREITAS, M.S.M.; MONNERAT, P.H.; VIEIRA, I.J.C. Mineral Deficiency in *Passiflora alata* Curtis: vitexin bioproduction. **Journal of Plant Nutrition**, v.31, p.1844-1854, 2008.

GERSHENZON J. Changes in the levels of plant secondary metabolites under water and nutrient stress, 18, 273-320. In **Phytochemical Adaptations to Stress, Recent Advances in Photochemistry.** ED. TIMMERMANN, B. N.; STEELINK, C.; LOEWUS, F. A. Plenum: New York, 1984.

HAUKIOJA, E.; OSSIPOV, V.; KORICHEVA, J.; HONKANEN, T.; LARSSON, S.; LEMPA, K. Biosynthetic origin of carbon-based secondary compounds: cause of variable responses of woody plants to fertilization? **Chemoecology**, v.8, p.133-139, 1998.

HERMANS, D.A.; MATTSON, W. J. The dilemma of plants: to grow or to defend. **The Quarterly Review of Biology**, v.67, n.4, 1992. 478p.

HOGENDORP, B.K.; CLOYD R.A.; SWIADER, J.M. Effect of Nitrogen Fertility on Reproduction and Development of Citrus Mealybug, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae), Feeding on two colors of coleus, *Solenostemon scutellarioides* L. Codd. **Environmental Entomology**, v.35, n.2, p.201-211, 2006.

KIEHL, E.J. **Adubação orgânica** - 500 perguntas e respostas. Piracicaba: Degaspari, 2008. 227p.

LEITE, G.L.D.; SILVA, F.W.S.; GUANABENS, R.E.M.; FERNANDES, L.A.; FIGUEIREDO, L.S.; SILVA, L.F. NPK and flavonoids affecting insect populations in *Dimorphandra mollis* seedlings. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.34, p.17-22, 2012.

LORENZI, J. O. **Mandioca**. Campinas: CATI, 2003. (Boletim Técnico, n.245).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 308p.

MALTA, M. R.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Composição química, produção e qualidade do café fertilizado com diferentes fontes e doses de nitrogênio. **Ciência agrotecnológica**. V.27, n.6, p.1246-1252, 2003.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 1995, 889p.

MATTSON, W.J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review Ecology and Systematic**, v.11, p.119-161, 1980.

MATTOS, P. L. P.; BEZERRA, V. S. **Cultivo da mandioca para o estado do Amapá. Embrapa Mandioca e Fruticultura Sistemas de Produção**. Versão eletrônica Jan/2003.

OLIVEIRA, N. T. ; UCHÔA, S. C. P.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; SOUZA, E. D.; MELVILLE, C. C. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.10. 2012.

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

PHELAN, P.L.; NORRIS, K.H.; MASON, J.F. Soil-management history and hostpreference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. **Environmental Entomology**, v.25, n.6, p.1329-1336,1996.

PIETROWSKI, V. RINGENBERGER, R. RHEINHEIMER, A. R. BELLON, P. P. GAZOLA, D. MIRANDA, A. M. **Insetos-Praga na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Candido Rondon. 1. ed., p. 20-23, 2010.

RAMOS, D. D.; VIEIRA, M DO C.; FORMAGIO, A. S. N.; CARDOSO, C. A. L.; RAMOS, D. D.; CARNEVALI, T. de O. Atividade antioxidante de *Hibiscus sabdariffa* L. em função do espaçamento entre plantas e da adubação orgânica. **Ciência Rural**, 2011.

RHEINHEIMER, A. R. **Resistencia de variedades de mandioca à cochonilha *Phenacoccus manihoti* (Matle-Ferrero) e sua influência sobre o parasitoide *Anagyrus lipezi* (De Santis)**. 2013, 109p. Tese de doutorado: Universidade Estadual do Oeste do paraná – Unioeste: Marechal Candido Rondon, Paraná.

SANTOS, M. F.; PAULA-MORAES, S. V.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F. OLVEIRA, C. M.; TAKADA, S. C. S. SOUZA, A. A. C. Teor de ácido cianídrico (HCN) como parâmetro para seleção de possíveis acessos de mandioca resistentes ao percevejo de renda. In: Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2; Simpósio Nacional Cerrado, 9,2008, Brasília. DF. **Anais...** Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Hardcover: Springer, 2008. 464p.

SOLOMONSON, H.P.; BARBER, J.M. Assimilatory nitrate reductase: functional properties and regulation. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 41, p. 225-253, 1990.

SOUZA, M. M. de; OLIVEIRA, M. dos S.; ROCHA, M. da; FURLONG, E. B. Avaliação da atividade antifúngica de extratos fenólicos de cebola, farelo de arroz e microalga *Chlorella pyrenoidosa*. **Ciência e tecnologia de alimentos**. V. 30. N.3. p.680-685, 2010.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782 p.

TRUMBLE, J.T.; KOLODNY-HIRSCH, D.M.; TING, I.P. Plant compensation for arthropod herbivory. **Annual Review of Entomology**, v.38, p.93-119, 1993.

VETTER, J. Plant cyanogenic glycosides. **Toxicon**, v.38, p.11- 36, 2000.

WATERMAN P. G.; MOLE S. Extrinsic factors influencing production of secondary metabolites in plants. In **Insect-Plant Interactions**, V.1, ED. BERNAYS, E. A. CRC Press: USA. 1989, p107-134.

ZAGROBELNY, M.; BAK, S.; RASMUSSEM, A. V.; JORGENSEN, B.; NAUMANN, C. M.; MOLLER, B. L. Cyanogenic glucosides na plant-insect interactions. **Phytochemistry**. n.65, p.293-306, 2004.

5. CAPÍTULO III

Compostos Fenólicos Em Folhas Apicais E Basais De Cultivares Mandioca Em Resposta A Infestação Com *Phenacoccus Manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae)

5.1 RESUMO

Entre as pragas que causam maiores perdas a cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil encontra-se a cochonilha *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). Como estratégia de defesa à pragas, as plantas produzem uma série de metabólitos secundários. O objetivo do presente trabalho foi identificar compostos secundários, bem como as alterações nos teores destes, em folhas apicais e basais, de cultivares de mandioca ao longo do tempo após a infestação com a cochonilha da parte aérea *P. manihoti*. Foram realizado dois experimentos, ambos sob delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O primeiro foi em esquema fatorial 3x2x2, sendo três cultivares de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, suscetível, moderadamente resistente e resistente a *P. manihoti*, respectivamente, duas partes da planta (apical e basal) com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado). O segundo experimento foi realizado em esquema fatorial 3x2x5, sendo três genótipos de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, com e sem a presença de *P. manihoti* (Infestado e não infestado com o inseto), cinco coletas de folhas ao longo do tempo (24, 48, 72, 96 e 120 h após infestação do inseto). As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para cinco litros de solo em casa de vegetação. Para a infestação, folhas contendo cinco ninfas de primeiro para segundo instar, oriundas de criação massal, foram acomodadas no ápice das plantas por 24 h. As folhas apicais e basais de cada planta foram coletadas em cada tempo e congeladas em N líquido. Os extratos foliares obtidos foram levados ao cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC), onde foram identificados e quantificados os teores de ácido caféico, p-cumárico, ferúlico e gálico. As cultivares de mandioca Baianinha, Santa Helena e IAC 12 expressam ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico em folhas apicais e basais. Folhas basais apresentam maior concentração de ácido caféico que folhas apicais de mandioca. Folhas basais apresentam maior teor de ácido ferúlico nas cultivares Baianinha e Santa Helena. A presença de *P. manihoti* aumenta a produção de ácido ferúlico até as 65 h e p-cumárico até as 75 h, na cultivar Baianinha e reduz linearmente o teor de ácido p-cumárico na cultivar IAC 12.

Palavras-Chave: ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico ácido gálico, mecanismos de defesa, *Manihot esculenta*.

5.2 ABSTRACT

Among the pests that cause greater losses in the cassava crop in the Center-South region of Brazil is the mealybug *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae). As a pest defense strategy, plants produce a number of secondary metabolites. The objective of the present work was to identify secondary compounds as well as the changes in their

contents in apical and basal leaves of cassava cultivars over time after infestation with the *P. manihoti* shoot cochineal. Two experiments were carried out under a completely randomized design with five replicates. The first one was in a 3x2x2 factorial scheme, with three manioc cultivars: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, susceptible, moderately resistant and resistant to *P. manihoti*, respectively, two parts of the plant (apical and basal) with and without presence of *P. manihoti* (infested and non-infested). The second experiment was carried out in a 3x2x5 factorial scheme, with three manioc genotypes: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, with and without the presence of *P. manihoti* (Infested and not infested with the insect), five leaf collections along The plants were cultivated in pots with a capacity of 5 liters of soil in a greenhouse For infestation, leaves containing five nymphs from first to second instar, Were collected at the apex of the plants for 24 h, and the apical and basal leaves of each plant were collected at each time and frozen in liquid N. The leaf extracts obtained were taken to high performance liquid chromatography (HPLC) The cassian, Baianinha, Santa Helena and IAC 12 cassava cultivars express caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, and citric acid. Gallic acid in apical and basal leaves. Basal leaves have a higher concentration of caffeic acid than mandioca apical leaves. Basal leaves present higher ferulic acid content in Baianinha and Santa Helena. The presence of *P. manihoti* increases the production of ferulic acid up to 65 h and p-coumaric up to 75 h in the Baianinha cultivar and linearly reduces the content of p-coumaric acid in the cultivar IAC 12.

Key words: caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid gallic acid, defense mechanisms, *Manihot esculenta*.

5.3 INTRODUÇÃO

A mandioca é uma das principais espécies que compõem a agrobiodiversidade do Brasil, desempenhando papel chave na dieta de diversas comunidades (ADAMS et al., 2008). Seu cultivo está presente em todos os estados brasileiros, porém a sua concentração maior é na Região Norte, seguida pelo Nordeste e Sul (GROXKO, 2015).

Por estar presente em todo o território nacional várias pragas estão associadas a mandioca, dentre elas, destaca-se a cochonilha da parte aérea *P. manihoti*. A espécie é nativa da América do Sul, de onde provavelmente dispersou para países vizinhos como Bolívia e Brasil, 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). Na região Centro-Sul do Brasil, os problemas com cochonilha iniciaram-se em 2007 nas regiões noroeste do Paraná e sudoeste de São Paulo (PIETROWSKI et al., 2010).

A *P. manihoti* causa danos ao sugar a seiva da planta. Em partes jovens, causa deformação das brotações que ficam encarquilhadas. Já em populações elevadas, causam necrose dos tecidos apicais e conseqüente morte dos ponteiros. O caule deforma e apresenta entrenós mais curtos, podendo ocorrer ramificações excessivas. Ainda, pode causar dano indireto através da fumagina, um fungo que desenvolve-se sobre as folhas e diminui a taxa

fotossintética das plantas (FARIAS, 1991; BELLOTTI et al., 1999; BENTO et al., 2002; FARIAS, 2005; TAKAHASHI; GONÇALO, 2005).

Os danos da cochonilha em mandiocais nas regiões do Paraná e São Paulo têm sido intensos no início das brotações, em folhas jovens, principalmente em cultivos de segundo ciclo (PIETROWSKI et al., 2010), supostamente devido a menor concentração de compostos de defesa nessa região da planta. Contudo, em altas populações, o inseto pode estar presente em toda a planta de mandioca.

Os mecanismos de defesa das plantas ao ataque de pragas está relacionado ao genótipo, abrangem uma série de características morfológicas e também um complexo de substâncias químicas, que podem torná-la repelente, tóxica ou, de algum modo, inadequada para os insetos-praga (PIUBELLI, 2004). BURBANO et al. (2003), detectaram moderados a altos níveis de resistência a ácaros, mosca branca e cochonilha em híbridos interespecíficos de *M. esculenta* ssp. *flabellifolia*.

Estes mecanismos químicos de defesas que ocorrem nas plantas são denominados compostos fenólicos, e representam um dos maiores grupos de substâncias secundárias do reino vegetal (BOUDET, 2007). Entre os compostos fenólicos destacam-se os flavonoides, isoflavonoides, taninos, ligninas, antocianinas, fitoalexinas, flavonas, gliceolinas (BHATTACHARYA et al., 2010). O flavonol rutina tem sido associado à resistência de insetos pragas em várias culturas, sendo que tal composto é conhecido por conferir proteção à planta contra a herbivoria (SCHALLER, 2008). Do mesmo modo, Calatayud (2000) e Calatayud; Múnera (2002) já relataram o efeito desse composto em *P. manihoti*, um inseto sugador.

Porém, os mecanismos de defesa das plantas podem envolver um complexo de substâncias químicas (PIUBELLI 2004). Desse modo, a rutina pode não ser a única substância, responsável pela resistência dos genótipos de mandioca selecionados à insetos pragas. Há relatos que na mandioca várias substâncias podem ser encontradas como o ácido gálico, galocatequina, catequina, ácido clorogênico, epigalocatequina, ácido vanílico, epicatequina, ácido sirínico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido m-cumárico (DOS SANTOS, 2013).

Assim, a identificação de compostos secundários, sintetizados pelas plantas em momentos de estresse, é de suma importância para a seleção de genótipos resistentes, ou que possuam alguma tolerância ao ataque de pragas agrícolas. Sabe-se que os processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem nas plantas podem ser alterados após injúria

mecânica, herbivoria, infecção por patógenos e radiação ultravioleta (LIN; KOGAN, 1990; CONCOMI et al., 1996). Essas alterações podem resultar em mudanças na qualidade dos tecidos vegetais para os insetos fitófagos (COLEMAN; JONES, 1991).

Para insetos que se alimentam do floema, como a *P. manihoti*, o papel de tais compostos secundários depende muito da sua localização na planta. Também, a concentração desses compostos podem variar de acordo com os tecidos vegetais, bem como em função da idade e tamanho da planta, da parte coletada, da época, do local de coleta e ainda, da própria cultivar (MONTEIRO et al., 2005; SARTORI et al., 2014).

Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi identificar compostos secundários, bem como as alterações em seus teores, em diferentes partes da planta de cultivares de mandioca ao longo do tempo após a infestação com a cochonilha da parte aérea *P. manihoti*.

5.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação semi-climatizada pertencente a Embrapa Soja em Londrina/PR (23°18'36"Sul e 51°09'46"Oeste), com temperatura de 25±5°C. Os genótipos de mandioca utilizados foram Baianinha, Santa Helena (Fécua branca) e IAC-12 com manivas provenientes de área agrícola comercial. O plantio foi realizado em vasos com capacidade para cinco litros de solo. A análise química do substrato utilizado indicou os seguintes resultados: P=16,89 cmol/dm³; pH(CaCl₂)=5,5; Al=0 cmolc/dm³; H+Al=4,61 cmolc/dm³; Ca=6,99 cmolc/dm³; Mg=1,35 cmolc/dm³; K=0,85 cmolc/dm³; SB= 66,59 cmolc/dm³; CTC= 9,19; MO=3,15 g/dm³. Não foi necessário adubação mineral de pantio no substrato utilizado.

As manivas foram mensuradas e cortadas com aproximadamente 10 cm contendo de cinco a sete gemas, e plantadas na posição vertical, devido a circunferência do vaso. A irrigação por gotejamento era realizada três vezes ao dia, com aproximadamente 400 ml/vaso/dia. As plantas foram mantidas em condições de casa de vegetação por um período de 60 dias, até que atingissem cerca de 60 cm de altura, e possuíssem um número de folhas adequados (8 a 10 folhas completamente desenvolvidas) para suportar a infestação dos insetos.

Foram realizados dois experimentos, com o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O primeiro foi realizado em esquema fatorial 3x2x2, sendo

três cultivares de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, considerados suscetível, moderadamente resistente e resistente a *P. manihoti*, respectivamente (RHEINHEIMER, 2013), duas partes da planta (apical e basal) com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado).

O segundo experimento foi elaborado em esquema fatorial 3x2x5, com cinco repetições, sendo três genótipos de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, com e sem a presença de *P. manihoti* (Infestado e não infestado com o inseto), cinco coletas de folhas ao longo do tempo (24, 48, 72, 96 e 120 h após inoculação do inseto).

A população inicial de cochonilhas utilizada para a infestação foi obtida a partir de coletas realizadas em áreas do município de Paranavaí/PR e da criação massal em laboratório da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), e mantidas em sala semi-climatizada no laboratório da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Como hospedeiro para criação massal, foram utilizadas plantas de mandioca variedade olho junto, considerada suscetível. A espécie foi confirmada pela Dra. Maria del Pilar Hernandez, do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira/Colômbia.

Para a infestação das cochonilhas, foram coletadas folhas contendo cinco ninfas de primeiro para segundo instar. Com o auxílio de um estilete eram recortados pedaços de tecido foliar com cinco insetos que eram acomodados no ápice de sete plantas de mandioca de cada tratamento e deixados por 24 h para fixarem-se. Após esse período, foi verificado a migração e fixação dos insetos em cada planta. Foram escolhidas 5 plantas (vasos) onde a migração dos insetos foi bem sucedida.

Após 24 horas da fixação dos insetos na planta (48 horas após a infestação) realizou-se a coleta de duas folhas apicais, completamente desenvolvidas, de cada repetição para a análise. As coletas das folhas para análise eram realizadas sempre no mesmo horário, no período matutino, a cada 24 h, até o tempo de 120 h. Após a coleta, as folhas foram cortadas com tesoura, identificadas, envelopadas com papel alumínio e, imediatamente armazenadas em uma caixa de isopor com nitrogênio líquido. Em seguida, transportadas e armazenadas em ultrafreezer (-86°C) no laboratório de Ecologia Química da Embrapa Soja, em Londrina/PR.

Para a preparação das amostras, no laboratório, as folhas armazenadas foram retiradas do ultrafreezer, moídas em almofariz com nitrogênio líquido, transferidas para tubo "Falcon" de 15 mL e pesadas. Às amostras foram adicionados 5 mL de metanol (MeOH) 90%, e em seguida, os extratos foram agitados em Vortex por 10 segundos, levadas ao banho

de ultrassom durante 20 minutos e, na sequência, centrifugadas a 5650 rpm por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi coletado com pipetas Pasteur e transferido para tubos de vidro e seco no vácuo.

As amostras foram ressolubilizadas em metanol 80% (1,5 mL) e centrifugadas por 10 minutos a 10000 rpm a 4°C. Após esse processo, as amostras foram filtradas em filtros-seringa “Acrodiscs” com membrana (Millipore®) de 0,45µm e transferidas para os "vials" do auto-injetor, do cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC, Prominence - Shimadzu). Os extratos metabólicos das amostras foram analisados utilizando-se coluna C18 fase reversa (250 mm de comprimento e 4,6 mm de diâmetro interno, partículas de 5 micra).

Alíquotas de 20µL foram injetadas automaticamente no equipamento, com controlador CBM-20A; detector SPD-20A; desgaseificador DGU 20A5; bomba LC-20AT; amostrador automático SIL-20A e forno CTO 20A. A fase móvel foi composta de dois solventes: (A) 2% de ácido acético (HOAc) e (B) uma mistura de metanol (MeOH), ácido acético e água Milli-Q® (H₂O) (MeOH:HOAc:H₂O; 18:1:1). O sistema de gradiente linear utilizado na análise partiu da condição inicial com 75% de A e 25% de B, atingindo após 40 minutos a situação inversa, ou seja, 25% de A e 75% de B, mantida por cinco minutos. Ao atingir 45 minutos voltou à condição inicial permanecendo por 5 minutos antes da próxima injeção, para a limpeza da coluna. O fluxo do solvente foi de 1 ml/m e o registro na região do ultravioleta (UV) no comprimento de onda 260 nanômetros (nm).

A identificação e quantificação dos compostos ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico foram realizados através da comparação do tempo de retenção na coluna do HPLC e dos espectros dos picos obtidos com os dos padrões de ácidos fenólicos e flavonoides. Após a coleta das áreas de cada pico dos espectros, os mesmos foram corrigidos com peso inicial de tecido vegetal de cada amostra e transformados em µg g⁻¹.

Os dados da variáveis foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). Para os dados referentes a coleta ao longo do tempo após a infestação foi realizado estudo de regressão até segundo grau. O programa estatístico utilizado foi o SAS-Statistical Analysis System, versão 9.2 (2009).

5.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram identificados 4 compostos no cromatograma gerado pelo HPLC a partir dos extratos de folhas de mandioca, entre eles ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico. Os ácidos encontrados nas amostras analisadas pertencem a categoria dos ácidos cinâmicos, que pertencem a uma família dos ácidos orgânicos e possuem comprovada atividade antibacteriana, antifúngica, antiparasítica e anticancerígena (SIMONYAN, 1993; EKMEKCIOGLU et al., 1998). Estes compostos fenólicos, de maneira geral, são produzidos rapidamente pelas plantas, e amentam sua concentração após infecções, especialmente em variedades resistentes (HARTLEB et al., 1997).

Foi observado interação significativa entre as cultivares e a posição da folha de mandioca para os compostos ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico (Tabela 1). Com os dados dos teores de ácido gálico, após análises preliminares, não foram encontrados os pressupostos estatísticos para homogeneidade de variância e normalidade de resíduos, para a realização da análise estatística. Provavelmente devido a baixa concentração e/ou baixa detecção nos extratos analisados.

Tabela 1. Quadrados médios das concentrações dos compostos fenólicos em extratos de folhas, na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*.

	GL	Ác. Caféico	Ác. p-Cumárico	Ác. Ferúlico	Ác. Gálico
Cultivar	2	0,0047*	0,0033*	0,0192*	-
Infestação	1	0,0010*	0,00005	0,0001	-
CxI	2	0,00009	0,0001	0,0002	-
Folha	1	0,1532*	0,0004*	0,0119*	-
CxF	2	0,0035*	0,0015*	0,0027*	-
IxF	1	0,0005	0,00003	0,00006	-
CxIxF	2	0,0004	0,00008	0,00008	-
Média		0,0562	0,0211	0,0366	-
CV (%)		28,47	38,02	27,82	-

Legenda: * - Significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Não houve diferenças entre as cultivares de mandioca para as concentrações de ácido caféico nas folhas da região apical das plantas (Tabela 2). Já na porção basal, a cultivar Baianinha apresentou as maiores concentrações do composto, com $0,1481 \mu\text{g g}^{-1}$, seguido pela IAC 12 com $0,1109 \mu\text{g g}^{-1}$ e Santa Helena com $0,884 \mu\text{g g}^{-1}$.

Quando comparadas as partes das plantas em cada cultivar, os extratos de folhas coletados na região basal da planta, apresentaram maiores concentrações que a apical. Isso deve-se ao fato que as folhas da região basal são mais velhas, e provavelmente possuem uma maior concentração de substâncias químicas acumuladas ao longo do tempo.

O ácido *p*-cumárico foi detectado em maior concentração nos extratos provenientes das folhas apicais da cultivar IAC 12, quando comparado às folhas basais. Nas demais cultivares não houve diferença estatística nos teores do composto independente da parte da planta que foram coletadas as folhas.

Tabela 2. Interação entre cultivares (Baianinha, Santa Helena e IAC 12) e região apical e basal de plantas, para os compostos secundários ácido caféico, ácido *p*-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de mandioca.

Composto	Cultivares	Posição da folha	
		Apical	Basal
Ácido caféico	Baianinha	0,0125 aB	0,1481 aA
	Santa Helena	0,0091 aB	0,0884 cA
	IAC 12	0,0040 aB	0,1109 bA
Ácido <i>p</i> -cumárico	Baianinha	0,0313 aA	0,0386 aA
	Santa Helena	0,0078 bA	0,0104 bA
	IAC 12	0,0335 aA	0,0072 bB
Ácido ferúlico	Baianinha	0,0490 aB	0,1082 aA
	Santa Helena	0,0173 bB	0,0409 bA
	IAC 12	0,0084 bA	0,0171 cA
Ácido gálico	Baianinha	0,0073	0,0008
	Santa Helena	0,0028	0,0011
	IAC 12	0,0015	0

Legenda: letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o ácido ferúlico, a cultivar Baianinha apresentou as maiores concentrações em folhas de ambas partes das plantas de mandioca em relação as demais cultivares. A Santa Helena e IAC 12 não diferiram entre si na parte apical, contudo, na basal, a Santa Helena possuiu média superior a IAC 12. Entre as partes da planta, a Baianinha e Santa Helena apresentaram os maiores teores em folhas basais e, na IAC 12, não houve diferenças significativas entre as posições das folhas na planta.

Sabe-se que os ácidos *p*-cumárico e ferúlico são de grande importância na defesa de organismo de animais. Tem forte capacidade antioxidante, e em vegetais, conferem proteção contra infecções por fitopatógenos, estresse hídrico e variações sazonais de temperatura e luminosidade (BRAY et al., 2000; BULBOVAS et al., 2005; KUK et al., 2003; ARGOLO et al., 2004).

Em experimento realizado com soja, por Pratt; Birac (1979), foram identificados também quatro ácidos cinâmicos em grãos, farinha desengordurada, concentrado e isolado protéico de soja. Os autores observaram que os ácidos clorogênico, caféico, *p*-

cumárico e ferúlico possuíram atividade antioxidante significativa. Esse fato foi também observado em nove cultivares de soja produzidos no Brasil, entre os quais o UFV 5 cuja concentração desses ácidos fenólicos foi maior em relação aos demais genótipos; dentre esses ácidos, o ferúlico apresentou a maior atividade antioxidante (NAGEM *et al.*, 1992).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes na dieta diária, pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Contudo, estes estudos estão restritos aos efeitos em mamíferos, em especial na espécie humana. O efeito desses compostos em insetos ainda precisa ser melhor elucidado. Os compostos fenólicos encontrados em folhas e raízes de mandioca pertencem a dois grupos: flavonoides e hidroxycoumarinas. Estes são importantes grupos para a defesa da planta contra artrópodes herbívoros e patógenos em concentrações relativamente baixas (PINTO-ZEVALLOS, et al., 2016). Podem agir como deterrente, repelente, tóxicos e até atrativos para insetos fitófagos (HARBORNE; GRAYER 1993; SIMMONDS 2001).

Houve efeito significativo da interação tripla entre cultivar, tempo de coleta de folhas e infestação com a cochonilha *P. manihoti*, para ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico (Tabela 3).

Tabela 3. Quadrado de análise de variância das variáveis ácido caféico, ácido p-cumárico e ácido ferúlico em genótipos de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após a infestação.

	GL	Ác. Caféico	Ác. p-Cumárico	Ác. Ferúlico
Cultivar	2	0.0006*	0.0067*	0.0223*
Tempo	4	0.0001*	0.0004*	0.0001*
C x T	8	0.00009*	0.0003*	0.0001*
Infestação	1	0.0000 ^{n/s}	0.0001 ^{n/s}	0.0001 ^{n/s}
C x I	2	0.00007 ^{n/s}	0.00001 ^{n/s}	0.0004*
T x I	4	0.0001*	0.0003*	0.0003*
C x T x I	8	0.0001*	0.0003*	0.0003*
Média		0.0087	0.0207	0.0223
CV (%)		72.31	50.83	32.20

Legenda: * - Significativo a 5% pelo teste de Tukey.^{n/s} – Não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

A concentração de ácido caféico foi semelhante em plantas infestadas e não infestadas com *P. manihoti* em todas as cultivares as 24, 48 e 96 h (Tabela 4). Em 72 h, a presença do inseto nas plantas de mandioca da cultivar Baianinha resultou em acréscimo no teor de ácido caféico. As 120 h, para a mesma cultivar, os resultados foram inversos, com maior teor do composto em plantas sem a presença dos insetos.

Os teores de ácido caféico não diferiu entre cultivares em plantas infestadas nos tempos de 24 e 120 h. Contudo, em plantas não infestadas, a cultivar Baianinha apresentou concentração superior à observado em IAC 12. Diferenças significativas também foram observadas em 72 h após infestação, onde a cultivar Baianinha apresentou concentrações de ácido caféico superior as demais cultivares. Já no tempo de 48 e 96 h não houve diferenças significativas entre as cultivares tanto em plantas infestadas, como em não infestadas.

Tabela 4. Ácido caféico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após a infestação.

Tempo (h)	<i>P. manihoti</i>	Ácido Caféico		
		Cultivares		
		Baianinha	Santa Helena	IAC 12
24	Infestado	0.0107 aA	0.0060 aA	0.0078 aA
	Não Infestado	0.0143 aA	0.0072 aAB	0.0003 aB
48	Infestado	0.0074 aA	0.0031 aA	0.0071 aA
	Não Infestado	0.0128 aA	0.0099 aA	0.0057 aA
72	Infestado	0.0363 aA	0.0064 aB	0.0064 aB
	Não Infestado	0.0114 bA	0.0076 aA	0.0092 aA
96	Infestado	0.0074 aA	0.0071 aA	0.0037 aA
	Não Infestado	0.0104 aA	0.0099 aA	0.0044 aA
120	Infestado	0.0070 bA	0.0069 aA	0.0100 aA
	Não Infestado	0.0167 aA	0.0107 aAB	0.0066 Ab

Legenda: letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Para o teor de ácido caféico não houve ajustes significativos em função do tempo para as cultivares estudadas (Figura 1).

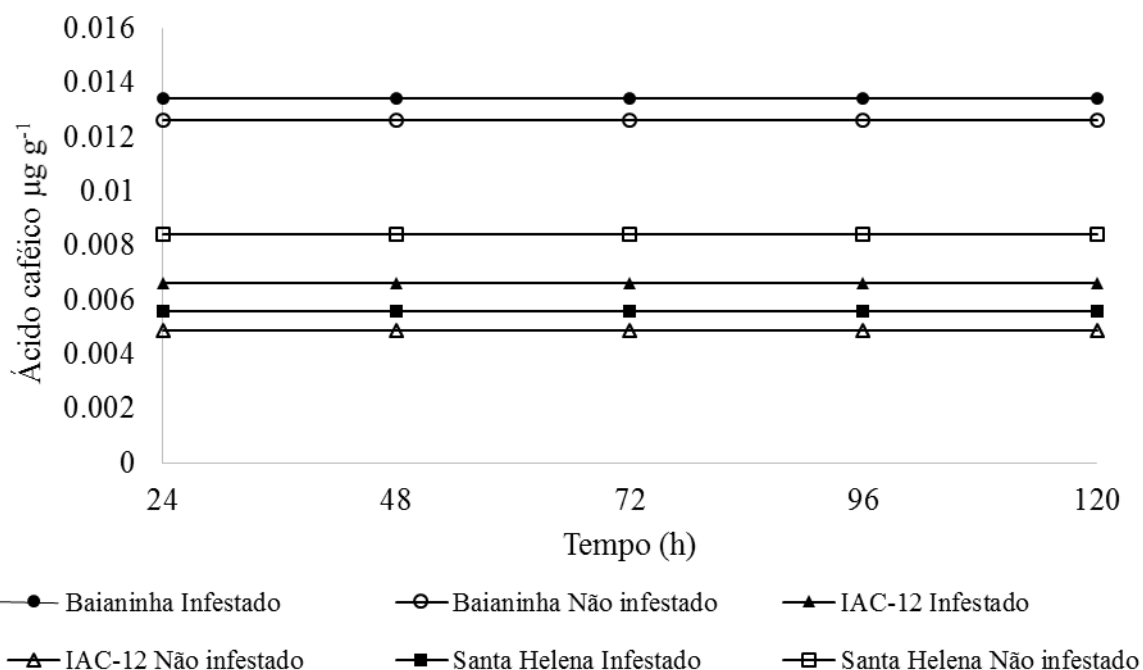


Figura 1. Ácido cafêico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo de infestação.

Trabalhos relatando o efeito do ácido cafêico em insetos sugadores são bem escassos, porém, Fernandes (2007) relatam que o efeito direto de cafeína, ácido clorogênico e ácido cafêico sobre a população de ninfas de primeiro ínstar de *Coccus viridis* Green (Hemiptera: Coccidae) em plantas de café, o que pode estar relacionado aos efeitos dos alomônios antixenóticos, deterrentes destes compostos sobre o comportamento de busca e preferência pela alimentação de *C. viridis*. As ninfas de primeiro ínstar foram mais afetadas devido ao fato de ser neste estágio que estes insetos se movimentam à procura e escolha do alimento. Santiago et al. (2005) também relatam relação do ácido cafêico com as baixas intensidades de ataque de *Sesamia nonagrioides* Levebvre (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de milho.

As concentrações de ácido p-cumárico foram semelhantes aos obtidos para o ácido cafêico. No tempo das 24, 48 e 96 h, não houve diferenças nos teores do composto entre as plantas infestadas e não infestadas com *P. manihoti*, em todas as cultivares (Tabela 5). A presença do inseto nas plantas de mandioca da cultivar Baianinha resultou em um acréscimo no teor de ácido p-cumárico as 72 h. Às 120 h, para a mesma cultivar, os resultados foram inversos, com maior teor da substância em plantas sem a presença dos insetos.

Tabela 5. Ácido p-cumárico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após a infestação.

Tempo (h)	<i>P. manihoti</i>	Ácido p-Cumárico		
		Genótipo		
		Baianinha	Santa Helena	IAC 12
24	Infestado	0.0290 aA	0.0082 aB	0.0339 aA
	Não Infestado	0.0337 aA	0.0073 aB	0.0265 aA
48	Infestado	0.0287 aA	0.0040 aB	0.0289 aA
	Não Infestado	0.0217 aAB	0.0110 aB	0.0338 aA
72	Infestado	0.0531 aA	0.0036 aC	0.0289 aB
	Não Infestado	0.0378 bA	0.0074 aB	0.0227 aAB
96	Infestado	0.0202 aAB	0.0051 aB	0.0210 aA
	Não Infestado	0.0165 aAB	0.0061 aB	0.0274 aA
120	Infestado	0.0054 bA	0.0079 aA	0.0147 aA
	Não Infestado	0.0434 aA	0.0057 aC	0.0243 Ab

Legenda: letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Entre as cultivares, a Santa Helena apresentou o menor teor de ácido p-cumárico as 24, 48, 72 e 96 h após infestação, para as plantas com e sem a cochonilha *P. manihoti*. Contudo, às 72 h, em plantas sem a presença de *P. manihoti*, a Santa Helena não diferiu da IAC 12.

A cultivar Baianinha, infestada, apresentou ajuste quadrático em função do tempo após a infestação (Figura 2), com acréscimo no teor de ácido p-cumárico até às 65 h. Para as plantas não infestadas não houve resposta do composto ao longo do tempo. Já a cultivar IAC 12, infestada, considerada resistente a *P. manihoti*, apresentou decréscimo linear deste composto ao longo do tempo.

Já para o ácido ferúlico, não houve diferença significativa entre as plantas infestadas e não infestadas para todas as cultivares, no tempo de 24 h (Tabela 6). As 48 h, apenas a Santa Helena possui acréscimo no teor de ácido ferúlico em plantas não infestadas. Para os tempos de 72 e 96 h a Baianinha apresentou maiores teores em plantas infestadas. Porém, às 120 h ocorreu o inverso para a mesma cultivar, com maiores teores do ácido ferúlico para as plantas não infestadas com cochonilhas.

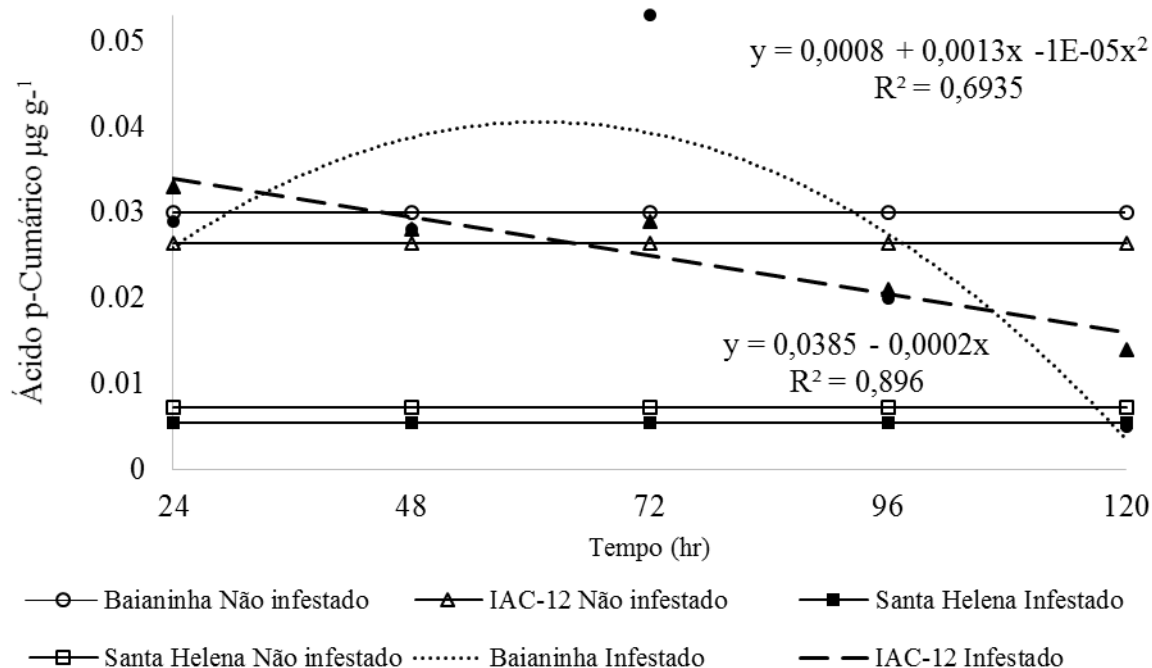


Figura 2. Ácido p-cumárico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após a infestação.

Tabela 6. Ácido ferúlico ($\mu\text{g g}^{-1}$) em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após a infestação.

Tempo (h)	<i>P. manihoti</i>	Ácido ferúlico		
		Genótipo		
		Baianinha	Santa Helena	IAC 12
24	Infestado	0.0512 aA	0.0164 aB	0.0089 aB
	Não Infestado	0.0469 aA	0.0182 aB	0.0080 aB
48	Infestado	0.0539 aA	0.0087 bB	0.0066 aB
	Não Infestado	0.0502 aA	0.0190 aB	0.0028 aC
72	Infestado	0.0810 aA	0.0157 aB	0.0042 aC
	Não Infestado	0.0403 bA	0.0146 aB	0.0041 aB
96	Infestado	0.0477 aA	0.0135 aB	0.0045 aB
	Não Infestado	0.0315 bA	0.0197 aB	0.0054 aC
120	Infestado	0.0396bA	0.0165 aB	0.0079 aB
	Não Infestado	0.0603 aA	0.0190 aB	0.0065 Ac

Legenda: letras iguais, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Entre as cultivares, tanto em plantas infestadas quanto em não infestadas a cultivar suscetível Baianinha diferiu estatisticamente das demais, apresentando as maiores concentrações de ácido ferúlico em todos os tempos.

Ao longo do tempo, houve variações significativas apenas para a cultivar Baianinha, com ajustes quadráticos, com máximo teor de rutina as 75h, em plantas com a presença do inseto e com ponto de mínima as 70h para as plantas não infestadas (Figura 3).

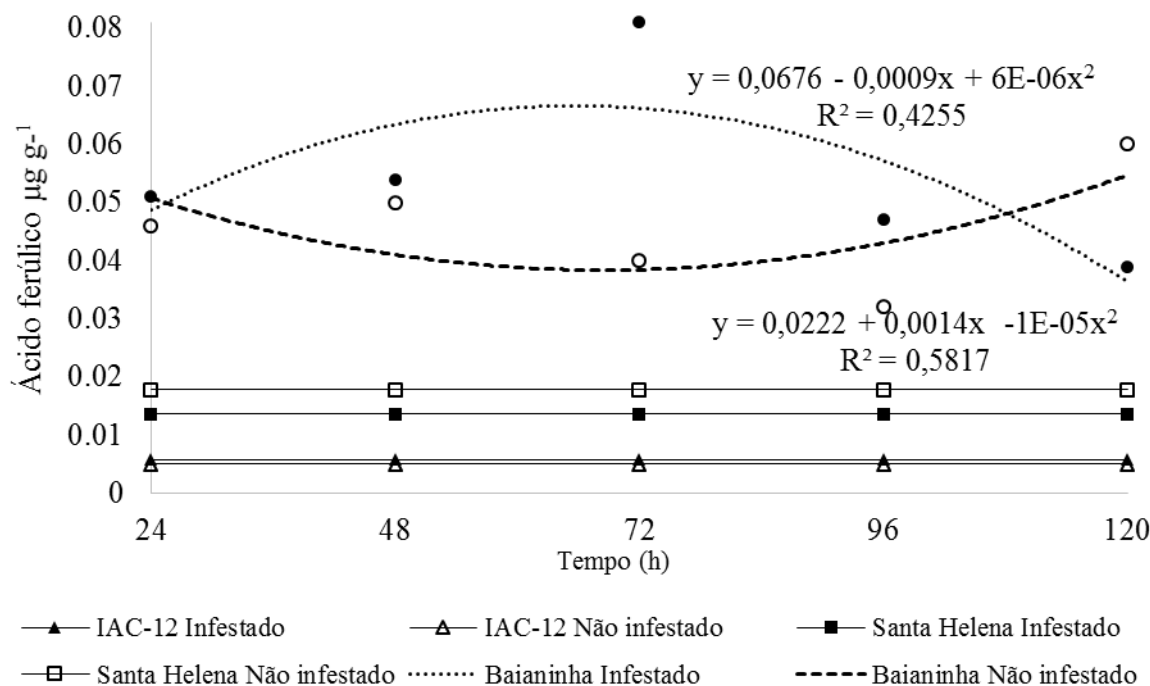


Figura 3. Ácido ferúlico em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após a infestação.

O comportamento do ácido p-cumárico e ferúlico para a cultivar Baianinha ao longo do tempo são semelhantes, o que pode estar associado a sua suscetibilidade aos insetos pragas como o percevejo de renda, a mosca branca e a cochonilha *P. manihoti* (TAKAHASHI; GONÇALO, 2005; RHEINHEIMER, 2013). Dessa forma, esses compostos podem exercer algum efeito sobre a *P. manihoti*, já que em plantas de mandiocas infestadas houve um acréscimo nas primeiras 65 a 75 horas, enquanto, em plantas não infestadas, a concentração dessa substância decresceu até as 70 h. Hartleb et al., (1997) observaram que compostos fenólicos, como os ácidos clorogênico, caféico e ferúlico, são produzidos rapidamente e acumulam-se após a infecção de patógenos. Neste estudo, os dados obtidos para os ácidos p-cumárico e ferúlico demonstram resultados semelhantes quando a *P. manihoti* alimentou-se de plantas de mandioca da cultivar Baianinha.

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes como o ácido caféico, p-cumárico e ferúlico, na dieta diária, pode produzir uma ação protetora

efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo (CERQUEIRA et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; NEVES et al., 2014). Contudo, estes estudos estão restritos aos efeitos em mamíferos, em especial na espécie humana. O efeito destes compostos em insetos ainda precisa ser melhor elucidado.

Apesar da falta de estudos científicos com os ácidos caféico, p-cumárico, ferúlico e gálico na cultura da mandioca, os resultados obtidos indicam que essas substâncias podem estar relacionadas com o mecanismo de defesa das plantas, já que sua concentração variou conforme a posição da folha na planta. Contudo, não é possível associar de maneira direta sua relação em insetos, neste caso com a *P. manihoti*.

Deste modo, mais estudos são necessários para que esses resultados possam ser melhores elucidados. A indução de compostos químicos de defesa das plantas de mandioca, com nível moderado de resistência a insetos, associado com outras táticas de controle e manejo integrado de pragas, podem ser uma alternativa a aplicação ao uso de moléculas químicas sintéticas, que são escassas e sem indicações para cultura e que muitas vezes são usadas de maneira indiscriminada, sem auxílio técnico, contribuindo assim para a sustentabilidade ecológica dos mandiocais e do ambiente em geral.

5.6 CONCLUSÃO

As cultivares de mandioca Baianinha, Santa Helena e IAC 12 expressam ácido caféico, ácido p-cumárico, ácido ferúlico e ácido gálico em folhas apicais e basais.

Folhas basais apresentam maior concentração de ácido caféico que folhas apicais de mandioca.

Folhas basais apresentam maior teor de ácido ferúlico nas cultivares Baianinha e Santa Helena.

A presença de *P. manihoti* aumenta a produção de ácido ferúlico até as 65 h e p-cumárico até as 75 h, na cultivar Baianinha e reduz linearmente o teor de ácido p-cumárico na cultivar IAC 12.

5.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, C.; MURRIETA, R.; SIQUEIRA, A.; NEVES, W.; SANCHES, R. O pão da terra: da invisibilidade da mandioca na Amazônia. In: ADAMS, C.; MURRIETA, R.; NEVES, W. (Eds.). **Sociedades caboclas amazônicas: modernidade e invisibilidade**. São Paulo: Annablume, 2008. p. 295-321.

ARGOLO, A. C. C.; SANT'ANNA, A. E. G.; PLETSCHE, M.; COELHO, L. C. B. B. Antioxidant activity of leaf extracts from *Bauhinia monandra*. **Bioresource Technology** 95: 229-233, 2004.

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.; SMITH, L.; LAPOINTE, S.L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**, v.44, p.343-370, 1999.

BENTO, J. M. S.; MORAES, G. J. de; MATOS, A. P. de; WARUMBAY, 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: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

BHATTACHARYA, A.; SOOD, P.; CITOVSKY, V. The role of plant phenolics in defence and communication during *Agrobacterium* and *Rhizobium* infection. **Molecular Plant Pathology**, v. 11, n. 5, p. 705-719, 2010.

BOUDET, A. Evolution and current status of research in phenolic compounds. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2722-2735, 2007.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERETILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES L. R. (eds) **Biochemistry & Molecular Biology of Plants**. New York: American Society of Plant Physiologists, p.1158-1203, 2000.

BULBOVAS, P.; RINALDI, M. C. S.; DELITTI, W. B. C.; DOMINGOS, M. Variação sazonal em antioxidantes em folhas de plantas jovens de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil). **Revista Brasileira de Botânica** 28: 687-696, 2005.

BURBANO M.; CARABALÍ, A.; MONTOYA-LERMA, J.; BELLOTTI, A.C. Resistencia natural de espécies silvestres de *Manihot* (Euphorbiaceae) a *Mononychellus tanajoa*, (Acariformes), *Aleurotrachelus socialisy* *Phenacoccus herreni* (Hemiptera). **Revista Colombiana de Entomologia**. v. 33. P.110–115, 2003.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances os *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. **Entomol. Exp. Applic.** n.26. p.81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de layuca a las plagas y artrópodos. In: OSPINA, B. I. A.; CEBALLOS, H(ed). **La yuca em el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT/CLAYUCA, n.327. 2002. 586p.

CERQUEIRA, F.; MEDEIROS, M.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

COLEMAN, J. S.; JONES, C. G. A phyto-centric perspective of phytochemical induction by herbivores. In: TALLAMY, D. W.; RAUPP, M. J. (Eds.). **Phytochemical induction by herbivores**. New York: Wiley, 1991. p. 3-45.

CONCOMI, A.; SMERDON, M. J.; HOWE, G. A.; RYAN, C. A. The octadecanoid signalling pathway in plants mediates a response to ultraviolet radiation. *Nature*, London, v. 383, p. 826-829, 1996.

DOS SANTOS, M.; A.; I. **Folhas de mandioca: caracterização de compostos fenólicos, atividades antioxidante e inseticida**. Lavras. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

EKMEKCIOGLU, C.; FEYERTAG, J.; MARKTL, W. Cinnamic acid inhibits proliferation and modulates brush border membrane enzyme activities in Caco-2 cells. **Cancer Lett.** v. 128, p. 137-144, 1998.

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.

FERNANDES, F.; L. **Efeito de nitrogênio e de potássio na interação entre *Coccus viridis* e *Coffea arabica*.** 2007, 48p. Dissertação de mestrado: Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, Minas Gerais.

GROXKO, M. **Análise da conjuntura agropecuária mandioca - safra 2015/16,** 2015. Disponível em <<http://www.agricultura.pr.gov.br>>. Acesso em 20 de maio de 2016.

HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J. Flavonoids and insects. In: HARBORNE, J.B (Ed) **The flavonoids advances in research since, 1986.** Chapman & Hall, London, 1993. Cap.14, p.589-618.

HARTLEB, H.; HEITEFUSS, R.; HOPPE, H. **Resistance of crop plants against fungi.** Stuttgart: G. Fischer, 544p, 1997.

KUK, Y. I.; SHIN, J. S.; BURGOS, N. R.; HWANG, T. E.; HAN, O.; CHO, B. H.; JUNG, S. Y.; GUH, J. O. 2003. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. **Crop Science** 43: 2109-2117, 2003.

LIN, H.; KOGAN, M.; FISCHER, D. Induced resistance in soybean to the Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae): comparison of inducing factors. **Environmental Entomology.** v. 19, p. 1852-1857, 1990.

MONTEIRO, J. M. et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.

NAGEN, T.J., ALBUQUERQUE, T.T.O., MIRANDA, L.C.G. Ácidos fenólicos em cultivares de soja: ação antioxidante. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.35, n.1, p.129-138, 1992.

NEVES, G. Y. S.; STROHER, G. L.; ELIAS UNIOR, A. R.; TAKASHIMA, L. C.; ASSIS, R. L. de. Avaliação do consumo de alimentos ricos em antioxidantes e do conhecimento sobre os radicais livres por parte dos acadêmicos de ciências biológicas e enfermagem da Fafiman. **Diálogos & Saberes**, v. 10, n. 1, p. 47-62, 2014.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R. et al. Vitamina C, carotenóides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

PIETROWSKI, V. RINGENBERGER, R. RHEINHEIMER, A. R. BELLON, P. P. GAZOLA, D. MIRANDA, A. M. **Insetos-Praga na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Candido Rondon. 1. ed., p. 20-23, 2010.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; PAREJA, M.; AMBROGI, B. G. Current knowledge and future research perspectives on cassava (*Manihoti esculenta* Crantz) chemical defenses: an agroecological view. **Phytochemistry**, xxx. p1-12. 2016.

PIUBELLI, G.C. **Bioatividade de genótipos de soja resistentes a *A. gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e interações de suas substâncias químicas com inimigos naturais**.2004. 152p. Tese Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

PRATT, D.E., BIRAC, P.M. Source of antioxidant activity of soybean and soy products. **Journal Food Science**, Chicago, v.44, p.1720-1722, 1979.

RHEINHEIMER, A. R. **Resistencia de variedades de mandioca à cochonilha *Phenacoccus manihoti* (Matle-Ferrero) e sua influência sobre o parasitoide *Anagyrus lipezi* (De**

Santis). 2013, 109p. Tese de doutorado: Universidade Estadual do Oeste do paraná – Unioeste: Marechal Candido Rondon, Paraná.

SANTIAGO, R.; MALVAR, R.A.; BAAMONDE, M.D.; REVILLA, P.; SOUTO, X.C.; Free phenols in maize pith and their relationship with resistance to *Sesamia nonagrioides* (Lepidoptera: Noctuidae) attack **Journal of economic entomology**, v.98, n.4, p.1349-1356, 2005.

SARTORI, C. J.; CASTRO, A. H. F.; MORI, F. A. Teores de Fens Totais e Taninos nas Cascas de Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**. v.21. n.3. p.394-400, 2014.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Hardcover: Springer, 2008. 464p.

SIMMONDS, M.S.J. Effects of isoflavonoids from *Cicer* on larvae of *Helioverpa armigera*. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p. 965-977, 2001.

SIMONYAN, A. V. Antioxidants. **Pharmaceutical Chemistry Journal**. n27. V.2. 1993, p92-100.

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

6. CAPÍTULO IV

Rutina Em Folhas Apicais E Basais De Cultivares Mandioca Em Resposta A Infestação Com *Phenacoccus Manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae)

6.1 RESUMO

A cochonilha da mandioca *Phenacoccus Manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) é um inseto sugador dos vasos do floema que causa severos danos ao desenvolvimento da planta a produção de raízes tuberosas. Compostos do metabolismo secundário das plantas, como a rutina, podem ser uma estratégia na seleção de cultivares resistentes para manejo desse inseto praga. O objetivo do trabalho foi quantificar o composto secundário rutina em folhas basais e apicais de diferentes cultivares de mandioca em plantas infestadas e não infestadas pela cochonilha da parte aérea *Phenacoccus manihoti*. Foram realizados dois experimentos. Para o ambos utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O primeiro foi em esquema fatorial 3x2x2, sendo três cultivares de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, suscetível, moderadamente resistente e resistente a *P. manihoti*, respectivamente, duas partes da planta (apical e basal) com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado). O segundo experimento foi realizado em esquema fatorial 3x2x5, sendo três genótipos de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, com e sem a presença de *P. manihoti* (Infestado e não infestado com o inseto), cinco coletas de folhas ao longo do tempo (24, 48, 72, 96 e 120 h após infestação do inseto). As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para cinco litros de solo sob condições decasa de vegetação. Foram coletadas folhas contendo cinco ninfas de primeiro para segundo instar, oriundas de criação massal. Após eram acomodadas no ápice das plantas por 24 h. As folhas do ápice de cada planta foram coletadas em cada tempo e congeladas em N líquido. Os extratos foliares obtidos foram levadas ao cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC), onde foram quantificados os teores de rutina. Plantas de mandioca apresentam maiores teores de rutina as 24 h após infestação na região apical de todas as cultivares analisadas, independente da presença de *P. manihoti*. A presença de *P. manihoti* aumenta a produção de rutina em folhas apicais da cultivar de mandioca Baianinha as 24 h. Os maiores teores de rutina são observados na cultivar Baianinha, e os menores na IAC 12. A cultivar Santa Helena infestada com *P. manihoti* apresenta acréscimo linear na concentração de rutina ao longo do tempo após a infestação. As cultivares Baianinha e Santa Helena não infestadas apresetaram acréscimo na produção de rutina até 99 e 114 h, respectivamente.

Palavras-Chave: rutina, mecanismos de defesa, *Manihot esculenta*, flavonoides.

6.2 ABSTRACT

The *Phenacoccus Manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) mealybug is a sucking insect of phloem vessels that causes severe damage to the development of the plant and the production of tuberous roots. Compounds of secondary plant metabolism, such as rutin, may be a strategy in the selection of resistant cultivars for the management of this insect

pest. The objective of the work was to quantify the secondary compound rutin in basal and apical leaves of different cassava cultivars in plants infested and not infested by the aerial cochineal *Phenacoccus manihoti*. Two experiments were carried out. For the both, a completely randomized design with five replications was used. The first one was in a 3x2x2 factorial scheme, with three manioc cultivars: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, susceptible, moderately resistant and resistant to *P. manihoti*, respectively, two parts of the plant (apical and basal) with and without presence of *P. manihoti* (infested and non-infested). The second experiment was carried out in a 3x2x5 factorial scheme, with three manioc genotypes: Baianinha, Santa Helena and IAC-12, with and without the presence of *P. manihoti* (Infested and not infested with the insect), five leaf collections along (24, 48, 72, 96 and 120 h after infestation of the insect). The plants were grown in pots with a capacity of five liters of soil under greenhouse conditions. Leaves were collected containing five nymphs from first to second instar, originating from mass rearing. After they were accommodated at the apex of the plants for 24 h. The leaves of the apex of each plant were collected at each time and frozen in liquid N. The obtained leaf extracts were taken to the high performance liquid chromatograph (HPLC), where the levels of rutin were quantified. Cassava plants presented higher levels of rutin at 24 h after infestation in the apical region of all cultivars analyzed, regardless of the presence of *P. manihoti*. The presence of *P. manihoti* increases rutin production in apical leaves of the Baianinha cassava cultivar at 24 h. The highest levels of rutin are observed in the Baianinha cultivar, and the lowest in the IAC 12. The cultivar Santa Helena infested with *P. manihoti* presents linear increase in the rutin concentration over time after the infestation. The non-infested Baianinha and Santa Helena cultivars showed an increase in routine production up to 99 and 114 h, respectively.

Key words: rutin, defense mechanisms, *Manihot esculenta*, flavonoids.

6.3 INTRODUÇÃO

Entre as pragas que causam maiores perdas a cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil encontra-se as cochonilhas. No Brasil, a espécie *P. manihoti* foi detectada causando danos econômicos em mandiocais nos Estados do Paraná, São Paulo, Bahia e Pernambuco (BELLOTTI et al., 2012). A ocorrência de danos da cochonilha têm sido intensos no início das brotações, principalmente em cultivos de segundo ciclo e em períodos de estiagem prolongada, que favorecem o desenvolvimento e a reprodução desses insetos, uma vez que a seiva está mais concentrada em aminoácidos (PIETROWSKI et al., 2010).

A *P. manihoti* causa dano mecânico direto, ao sugar a seiva, e outro indireto, ao produzir uma substância com alto conteúdo de açúcar que serve como meio de crescimento de fungos (*Capnodium* sp.), como a fumagina, que podem cobrir as folhas e os pecíolos, afetando a fotossíntese. Em população elevada, causam necrose dos tecidos apicais e consequente morte dos ponteiros, além de deformar o caule e causar encurtamento dos

entrenós (LOZANO et al., 1985; BENTO et al., 2002; FARIAS, 2005; BELLOTTI et al., 2012).

O manejo químico deste inseto na cultura da mandioca ainda não é recomendado, pois não existem moléculas registradas para seu controle (AGROFIT, 2016). A utilização de genótipos tolerantes ou resistentes é uma importante estratégia de controle de pragas, pois apresenta baixo custo e mantém a população do inseto abaixo do nível de dano econômico, além de reduzir perdas no rendimento, podendo ser incluída como uma ferramenta no manejo integrado de pragas (BELLOTTI et al., 1999).

Rheinheimer (2013) observou que a cultivar de mandioca IAC-12 apresentou resistência a *P. manihoti*, pois não favoreceu seu desenvolvimento, enquanto a Santa Helena foi moderadamente resistente e a Baianinha suscetível. Estes resultados demonstram o potencial da utilização da resistência de plantas como táticas de manejo de insetos na cultura da mandioca. No entanto, os mecanismos ou compostos que conferem esta resistência aos insetos ainda não estão totalmente elucidados para a cultura.

Em condições naturais, as plantas estão expostas a inúmeros artrópodes praga que podem afetar seu desenvolvimento (BELLOTTI et al., 2012). Em resposta ao ataque dessas pragas, as plantas produzem uma série de compostos orgânicos sem aparente função no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo estas substâncias denominadas de metabólitos secundários, produtos secundários ou produtos naturais (TAIZ; ZEIGER, 2010). Dentre essas substâncias, a rutina (quercetina 3-*O*-rutinosídeo) tem sido associada à resistência de plantas a insetos pragas em várias culturas, sendo que tal composto é conhecido por conferir proteção às plantas contra a herbivoria (SCHALLER, 2008).

Na cultura da mandioca, foi comprovado que diferentes concentrações de rutina em genótipos distintos afetaram a infestação e o desenvolvimento da cochonilha *P. manihoti*, dando suporte a hipótese de que a rutina está diretamente ligada a resistência de plantas de mandioca a esta espécie de cochonilha (CALATAYUD et al., 1994; CALATAYUD, 2000 e CALATAYUD; MÚNERA 2002). No entanto, além da rutina outros flavonoides e compostos cianogênicos podem ter efeito sobre insetos pragas na cultura (VALLE et al., 2004). Estes compostos secundários podem ter efeito repelente, tóxico ou não atrativo, e geralmente são ativados durante a exposição a estresses bióticos e abióticos (HERNÁNDEZ et al., 2009).

Para insetos que se alimentam do floema, como a *P. manihoti*, o papel de tais compostos secundários depende muito da sua localização na planta. A presença de compostos

estritamente localizado no mesofilo só pode ter um efeito deterrente durante a penetração do estilete, enquanto que, se localizado no floema, influenciará de maneira antibiótica (GIVOVICH et al., 1992). Sabe-se também que a concentração destes compostos podem variar de acordo com os tecidos vegetais, bem como em função da idade e tamanho da planta, da parte coletada, da época, do local de coleta e ainda, da própria cultivar (MONTEIRO et al., 2005; SARTORI et al., 2014).

O conhecimento dos metabólitos secundários, como a rutina, produzidos pelas plantas de mandioca, em resposta a ataques de insetos pragas é de suma importância, pois podem estar envolvidos na interação das plantas com o segundo ou terceiro nível trófico. Assim, a quantificação destes, se faz necessário visando subsidiar programas de melhoramento genético de mandioca. Portanto, o objetivo deste trabalho foi quantificar o composto secundário rutina em folhas basais e apicais de diferentes cultivares de mandioca em plantas infestadas e não infestadas pela cochonilha da parte aérea *P. manihoti*.

6.4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados em casa de vegetação semi-climatizada pertencente a Embrapa Soja em Londrina/PR (23°18'36"Sul e 51°09'46"Oeste), com temperatura de 25±5°C. Os genótipos de mandioca utilizados foram Baianinha, Santa Helena (Fécula branca) e IAC-12 com manivas provenientes de área agrícola comercial. O plantio foi realizado em vasos com capacidade para cinco litros de solo. A análise química do substrato utilizado indicou os seguintes resultados: P=16,89 cmol/dm³; pH(CaCl₂)=5,5; Al=0 cmolc/dm³; H+Al=4,61 cmolc/dm³; Ca=6,99 cmolc/dm³; Mg=1,35 cmolc/dm³; K=0,85 cmolc/dm³; SB= 66,59 cmolc/dm³; CTC= 9,19; MO=3,15 g/dm³. Não foi necessário adubação mineral de pantio no substrato utilizado.

As manivas foram mensuradas e cortadas com aproximadamente 10 cm contendo de cinco a sete gemas, e plantadas na posição vertical, devido a circunferência do vaso. A irrigação por gotejamento era realizada três vezes ao dia, com aproximadamente 400 ml/vaso/dia. As plantas foram mantidas em condições de casa de vegetação por um período de 60 dias, até que atingissem cerca de 60 cm de altura, e possuíssem um número de folhas adequados (8 a 10 folhas completamente desenvolvidas) para suportar a infestação dos insetos.

Foram realizados dois experimentos, com o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições. O primeiro, foi realizado em esquema fatorial 3x2x2, sendo três cultivares de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, considerados suscetível, moderadamente resistente e resistente a *P. manihoti*, respectivamente (RHEINHEIMER, 2013), duas partes da planta (apical e basal) com e sem a presença de *P. manihoti* (infestado e não infestado).

O segundo experimento foi elaborado em esquema fatorial 3x2x5, com cinco repetições, sendo três genótipos de mandioca: Baianinha, Santa Helena e IAC-12, com e sem a presença de *P. manihoti* (Infestado e não infestado com o inseto), cinco coletas de folhas ao longo do tempo (24, 48, 72, 96 e 120 h após inoculação do inseto).

A população inicial de cochonilhas utilizada para a infestação foi obtida a partir de coletas realizadas em áreas do município de Paranavaí/PR e da criação massal em laboratório da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), e mantidas em sala semi-climatizada no laboratório da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Como hospedeiro para criação massal, foram utilizadas plantas de mandioca variedade olho junto, considerada suscetível. A espécie foi confirmada pela Dra. Maria del Pilar Hernandez, do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira/Colômbia.

Para a infestação das cochonilhas, foram coletadas folhas contendo cinco ninfas de primeiro para segundo instar. Com o auxílio de um estilete eram recortados pedaços de tecido foliar com cinco insetos que eram acomodados no ápice de sete plantas de mandioca de cada tratamento e deixados por 24 h para fixarem-se. Após esse período, foi verificado a migração e fixação dos insetos em cada planta. Foram escolhidas 5 plantas (vasos) onde a migração dos insetos foi bem sucedida.

Após 24 horas da fixação dos insetos na planta (48 horas após a infestação) realizou-se a coleta de duas folhas apicais, completamente desenvolvidas, de cada repetição para a análise. As coletas das folhas para análise eram realizadas sempre no mesmo horário, no período matutino, a cada 24 h, até o tempo de 120 h. Após a coleta, as folhas foram cortadas com tesoura, identificadas, envelopadas com papel alumínio e, imediatamente armazenadas em uma caixa de isopor com nitrogênio líquido. Em seguida, transportadas e armazenadas em ultrafreezer (-86°C) no laboratório de Ecologia Química da Embrapa Soja, em Londrina/PR.

Para a preparação das amostras, no laboratório, as folhas armazenadas foram retiradas do ultrafreezer, moídas em almofariz com nitrogênio líquido, transferidas para tubo

“Falcon” de 15 mL e pesadas. Às amostras foram adicionados 5 mL de metanol (MeOH) 90%, e em seguida, os extratos foram agitados em Vortex por 10 segundos, levadas ao banho de ultrassom durante 20 minutos e, na sequência, centrifugadas a 5650 rpm por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi coletado com pipetas Pasteur e transferido para tubos de vidro e seco no vácuo.

As amostras foram ressolubilizadas em metanol 80% (1,5 mL) e centrifugadas por 10 minutos a 10000 rpm a 4°C. Após esse processo, as amostras foram filtradas em filtros-seringa “Acrodiscs” com membrana (Millipore®) de 0,45µm e transferidas para os "vials" do auto-injetor, do cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC, Prominence - Shimadzu). Os extratos metabólicos das amostras foram analisados utilizando-se coluna C18 fase reversa (250 mm de comprimento e 4,6 mm de diâmetro interno, partículas de 5 micra).

Alíquotas de 20µL foram injetadas automaticamente no equipamento, com controlador CBM-20A; detector SPD-20A; desgaseificador DGU 20A5; bomba LC-20AT; amostrador automático SIL-20A e forno CTO 20A. A fase móvel foi composta de dois solventes: (A) 2% de ácido acético (HOAc) e (B) uma mistura de metanol (MeOH), ácido acético e água Milli-Q® (H₂O) (MeOH:HOAc:H₂O; 18:1:1). O sistema de gradiente linear utilizado na análise partiu da condição inicial com 75% de A e 25% de B, atingindo após 40 minutos a situação inversa, ou seja, 25% de A e 75% de B, mantida por cinco minutos. Ao atingir 45 minutos voltou à condição inicial permanecendo por 5 minutos antes da próxima injeção, para a limpeza da coluna. O fluxo do solvente foi de 1 ml/m e o registro na região do ultravioleta (UV) no comprimento de onda 260 nanômetros (nm).

A identificação e quantificação do composto rutina foi realizado através da comparação do tempo de retenção na coluna do HPLC e dos espectros dos picos obtidos com os dos padrões de ácidos fenólicos e flavonóides. Após a coleta das áreas de cada pico dos espectros, os mesmos foram corrigidos com peso inicial de tecido vegetal de cada amostra e transformados em µg g⁻¹.

Os dados da variável rutina foram submetidos à análise de homogeneidade e normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk. Em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANAVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%). Para os dados referentes a coleta ao longo do tempo foi realizado estudo de regressão até segundo grau. O programa estatístico utilizado foi o SAS-Statistical Analysis System, versão 9.2 (2009).

6.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ocorreu interação tripla significativa entre as cultivares, infestação e posição da folha na planta de mandioca para o composto rutina (Tabela 1).

Em todos as cultivares infestados ou não infestados por cochonilhas, folhas apicais apresentaram os maiores teores de rutina, diferindo estatisticamente das folhas basais (Tabela 2). Entre as cultivares infestadas, a Baianinha apresentou concentração superior de rutina nas folhas apicais, seguido pela Santa Helena e IAC 12. Nas folhas basais, não houve diferenças significativas entre as cultivares quanto ao teor de rutina. Entre as cultivares não infestados, a IAC 12 apresentou a menor concentração do composto nas folhas apicais. Nos extratos de folhas basais não houve diferenças estatísticas entre cultivares.

Tabela 1. Quadro de análise de variância do composto rutina em extratos de folhas, na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*

	GL	SQ	QM	Valor F	Pr>F
Cultivar	2	2,7782	1,3891	28,62	<,0001*
Infestação	1	0,8148	0,8148	16,79	0,0002*
CxI	2	1,1085	0,5542	11,42	<,0001*
Folha	1	19,9720	19,9720	411,52	<,0001*
CxF	2	2,1818	1,0909	22,48	<,0001*
IxF	1	0,3441	0,3441	7,09	0,0106*
CxIxF	2	1,1222	0,5611	11,56	<,0001*
Média	1,0108				
CV (%)	21,79				

Legenda: GL: graus de liberdade. SQ: soma dos quadrados. QM: quadrado médio. * - Significativo a 5% pelo teste de Tukey.^{n/s} – Não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Rutina ($\mu\text{g g}^{-1}$) extraída na região apical e basal da planta de diferentes cultivares de mandioca, infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*.

Composto	Cultivares	Infestado		Não Infestado	
		Apical	Basal	Apical	Basal
Rutina	Baianinha	2,7515 aA α	0,4491 aB α	1,5445 aA β	0,3677 aB α
	Santa H.	1,5455 bA α	0,6207 aB α	1,5698 aA α	0,5441 aB α
	IAC 12	1,1925 cA α	0,3662 aB α	1,1598 bA α	0,2728 aB α

Legenda: Letras minúsculas e maiúsculas iguais na linha e na coluna, respectivamente, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. Letras gregas iguais, na comparação dos níveis de infestação para cada parte do dossel, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A maior quantidade de rutina nas folhas apicais em plantas infestadas e não infestadas por *P. manihoti*, sugere que a planta pode se utilizar este composto para proteger as brotações contra o ataque de insetos pragas. Brandão et al. (2011) e Veber et al. (2015)

quantificaram compostos fenólicos em frutos de jambolão, e encontraram quantidades maiores de compostos fenólicos em frutos jovens/imaturos quando comparados a frutos mais velhos. Corroborando com a hipótese de proteção inicial de partes jovens, para que as mesmas não sofram danos de insetos herbívoros generalistas. Contudo, de modo geral, infestações de *P. manihoti* ocorrem principalmente em brotações novas, o que pode ser explicado devido ao fato da cochonilha co-evoluir com a mandioca, minimizando o efeito da substância sobre seu desenvolvimento.

Dados obtidos por Calatayud et al. (1994) comprovaram que a infestação de *P. manihoti*, é sensível aos níveis de rutina independente do genótipo de mandioca utilizado no ensaio, dando suporte a hipótese de que a rutina está ligada a resistência da planta de mandioca a *P. manihoti*. Examinando compostos secundários em mandioca, Le Ru; Calatayud (1994), observaram correlação positiva entre o grau de resistência antibiótica e seu conteúdo de rutina, contribuindo para a resistência à *P. manihoti*. Ainda segundo esses autores, o acréscimo de rutina após a infestação da cochonilha, sugere a indução de defesa da planta, considerando-se que a atração ou rejeição dependem da concentração do metabólico na planta.

Rheinheimer (2013) após coletar dados de biologia como: duração do período embrionário; duração dos 1º, 2º e 3º ínstars; período total do ciclo ninfal; períodos de pré-oviposição e de oviposição; fecundidade; longevidade; ciclo biológico e viabilidade dos ovos além de determinar a atividade de peroxidase, atividade das polifenoloxidasas, açúcares redutores, aminoácidos totais e íons de cianeto, em diversos genótipos de mandioca, concluiu que o genótipo Baianinha é suscetível a *P. manihoti*, enquanto Santa Helena e IAC 12 são moderada e resistente, respectivamente. Assim, contrariando ao esperado, os resultados deste experimento demonstram que a Baianinha apresentou os maiores teores de rutina, enquanto a IAC 12, os menores, tanto em plantas infestadas quanto não infestadas independentemente da posição da folha na planta de mandioca.

Os mecanismos de defesa das plantas abrangem uma série de características morfológicas e, também, de um complexo de substâncias químicas (PIUBELLI, 2004). Deste modo, a rutina pode não ser a única substância química, responsável pela repelência de insetos fitófagos, justificando a não correspondência do teor de rutina obtido neste estudo com a tolerância dos genótipos relatada por Rheinheimer (2013). Golawska et al. (2013), relataram efeito prejudicial da naringenina e do flavonóide quercetina (forma aglicona da rutina) sobre o pulgão *Acyrtosiphon pisum* Harris (Hemiptera: Aphididae)

O grau de especialidade entre o inseto e a planta também pode explicar essa divergência. De acordo com HARBORNE; WILLIAMS (2000) espécies de lepidópteros especialistas são adaptados aos flavonóides presentes em sua dieta alimentar, já outras espécies generalistas são sensíveis a esses compostos. Deste modo, a rutina não teria ação tóxica ao inseto, e sim fagodeterrente.

Quando não houve infestação das cochonilhas, Baianinha e Santa Helena obtiveram médias de 1.5445 e 1.5698 $\mu\text{g g}^{-1}$ de rutina, respectivamente, diferindo da IAC 12, com 1.1598 $\mu\text{g g}^{-1}$, nas folhas apicais. Esses dados contradizem trabalhos realizados por Calatayud (2000) onde observou-se que a rutina tem efeito sobre a *P. manihoti*. Rheimheimer (2013) constatou resistência da cultivar IAC 12 a esse inseto, contudo, o mesmo não avaliou a presença do composto envolvido no mecanismo de resistência. Dessa forma, é possível inferir que outras substâncias podem estar envolvidas no mecanismo de defesa da cultivar IAC 12, e não apenas a rutina. Na parte basal não houve diferença significativa entre as cultivares.

Na comparação entre plantas infestadas e não infestadas com *P. manihoti*, apenas na Baianinha as infestadas apresentaram maiores teores de rutina, com 2,7515 $\mu\text{g g}^{-1}$, em relação à não infestadas, com 1,5445 $\mu\text{g g}^{-1}$, em folhas apicais, representando uma redução em torno de 45%. Já nas folhas basais, não houve efeito de níveis de infestação para todos as cultivares.

Estes resultados indicam que o dano causado pela *P. manihoti* ao se alimentar das plantas de mandioca desencadeou um aumento (indução) na produção rutina na parte apical da cultivar Baianinha, que é suscetível a praga. Resultados semelhantes foram descritos por Calatayud et al. (1994), que encontraram níveis de rutina entre 7800 a 15600 $\mu\text{g g}^{-1}$ em plantas infestadas e 900 a 7800 $\mu\text{g g}^{-1}$ em não infestadas.

Segundo Bonaldo et al. (2005), os mecanismos de defesa das plantas permanecem inativos ou latentes, podendo ser ativados, após serem expostos a agentes de indução. A planta ao reconhecer o agente infestante desencadeia uma série de respostas celulares que abortarão o processo de infecção e/ou colonização (LEITE et al., 1997; BARROS et al., 2010). Nos dados deste experimento não foi observado a indução de rutina nas cultivares Santa Helena e IAC 12, o que pode estar associado ao nível de tolerância e resistência, respectivamente, desses cultivares. Deste modo, é possível que o efeito da infestação nesses cultivares só possa ser observado em um período de tempo maior.

Souza (2014) também encontrou resposta de plantas à injúrias de inseto, corroborando com os resultados obtidos. Em ensaio de preferência alimentar com *Spodoptera*

frugiperda Smith (Lepidoptera: Noctuidae), o autor concluiu que a injúria prévia dessas lagartas em plantas de soja proporcionou redução na área foliar consumida em testes de preferência, com chance de escolha, em comparação às plantas não injuriadas.

Houve efeito significativo da interação tripla entre cultivar, tempo de coleta de folhas e infestação com a cochonilha *P. manihoti*, para o teor de rutina (Tabela 3). Assim como os dados do experimento anterior, no tempo de 24 h, a presença do inseto proporcionou um acréscimo significativo no teor de rutina para a cultivar suscetível Baianinha (Tabela 4), na região apical. Corroborando com a hipótese de que ao alimentar-se de plantas de mandioca, a cochonilha provavelmente desencadeou a produção de compostos de defesa da planta. Segundo Taiz; Zaiger (2010) quando as plantas são expostas a herbívoros, produzem uma série de compostos orgânicos sem aparente função no crescimento e desenvolvimento, porém, estes desempenham as mais variadas funções, tais como, proteção à radiação ultravioleta, à insetos, a doenças causadas por fungos, bactérias e vírus.

Tabela 3. Quadro de análise de variância para a variável rutina em genótipos de mandioca com *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após infestação.

	GL	SQ	QM	Valor F	Pr>F
Cultivar	2	23,1457	11.5051	62,02	<,0001*
Tempo	4	7,8960	1.9740	10,64	<,0001*
C x T	8	4,0068	0.5008	2,70	0,0130*
Infestação	1	0,7882	0.7882	4,25	0,0474*
C x I	2	0,4760	0.2380	1,28	0,2800 ^{n/s}
T x I	4	8,9091	2.2272	12,01	<,0001*
C x T x I	8	3,7335	0.4666	2,52	0,0149*
Média	1,9443				
CV (%)	22,15				

Legenda: GL: graus de liberdade. SQ: soma dos quadrados. QM: quadrado médio. * - Significativo a 5% pelo teste de Tukey. ^{n/s} – Não significativo a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 4. - Rutina ($\mu\text{g g}^{-1}$) em cultivares de mandioca infestados e não infestados com a cochonilha *Phenacoccus manihoti*, ao longo do tempo após a infestação.

Tempo de coleta (h)	<i>P. manihoti</i>	Cultivares		
		Baianinha	Santa Helena	IAC 12
24	Infestado	2,7215 aA	1,5455 aB	1,1925 aB
	Não Infestado	1,5445 bA	1,2854 aA	1,1598 Aa
48	Infestado	1,6488 bA	1,4171 bAB	0,8875 bB
	Não Infestado	2,5368 aA	2,2686 aAB	1,7711 Ab
72	Infestado	2,3179 aA	2,3583 aA	1,2318 aB
	Não Infestado	2,5888 aA	2,7965 aA	1,5329 Ab
96	Infestado	2,7983 aA	2,3127 aAB	1,8249 aB
	Não Infestado	2,7966 aA	1,7673 bB	1,3668 Ab
120	Infestado	2,0581 bA	2,5818 aA	1,1559 bB

Não Infestado	2,7388 aA	2,1801 aAB	1,9646 aB
---------------	-----------	------------	-----------

Legenda: letras iguais, minúsculas, na coluna e maiúsculas, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Vários trabalhos científicos relatam a importância da rutina como defesa da planta de mandioca contra a cochonilha *P. manihoti* (CALATAYUD et al. 1994; CALATAYUD, 2000 e CALATAYUD; MÚNERA, 2002), porém, de acordo com Kessler et al. (2004) a rutina é um flavonol que não é tipicamente induzido por insetos herbívoros. No entanto, em trabalho realizado por Vieira et al. (2016) a cultivar de soja IAC 19 apresentou concentração de rutina duas vezes e meia maior em plantas infestadas com a mosca branca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) biótipo b, no estágio V8, em comparação com plantas não infestadas.

Os dados obtidos também corroboram com os de Le Ru; Calatayudi (1994), que ao examinarem compostos secundários em mandioca, observaram um acréscimo de rutina após a infestação da cochonilha *P. manihoti*. Do mesmo modo, Schaller (2008) comprovou a atividade inseticida de tais compostos, conferindo proteção à planta contra o ataque de pragas após infestação.

No tempo de 48 h houve um efeito inverso, em todas as cultivares as plantas infestadas com a cochonilha apresentaram diminuição no teor de rutina. O que pode ser observado também no tempo de 120 h, com exceção para a variedade Santa Helena. As 72 h não houve diferença estatística para todas as cultivares avaliadas, enquanto que as 96 h a Santa Helena apresentou maior média em plantas infestadas, com 2,3127 $\mu\text{g g}^{-1}$.

Resultados semelhante foram observados por Vieira et al. (2016) em trabalhos realizados com diferentes cultivares de soja infestados com *B. tabaci* biótipo b, em que as maiores concentrações de flavonoides foram observadas na cultivar Barreiras não infestada, e diminuíram em todos os estádios de desenvolvimento da soja. Segundo esses autores, no estágio V5, o teor de rutina reduziu cinco vezes após a infestação e as ninfas alimentadas com a cultivar Barreiras, mostraram apenas um pequeno efeito negativo na emergência de adultos (70%). Sugerindo que a resistência não está relacionada somente a compostos de defesa como os flavonoides, mas certamente eles desempenham um papel sobre insetos.

Deste modo, os resultados obtidos deste experimento, podem ser explicados pelo fato que alguns herbívoros e patógenos evoluíram, explorando o efeito antagônico entre as rotas de defesa das plantas e favorecendo-os (ELZINGA et al., 2014). Ou seja, o inseto dribla os mecanismos de defesas da planta ao se alimentar da mesma, fazendo-a identificar a lesão sofrida como uma doença, e não a presença de um dano causado por inseto. Sabe-se que

a mosca branca *B. tabaci*, analisada por Vieira et al. (2016), é um inseto sugador de floema como a *P. manihoti*, que se beneficia do mecanismo de "cross-talk" entre ácido salicílico (AS) e ácido jasmônico (JA) (CAARLS et al., 2015, KOORNNEEF; PIETERSE 2008, THALER et al., 2012. Conseqüentemente, a ativação da via AS enfraquece a resistência induzida pelos JA aos herbívoros. Há evidências de que os insetos que se alimentam de floema induzem a acumulação de SA (ZHANG et al., 2009). Desse modo, a *P. manihoti* pode utilizar um mecanismo semelhante para poder se alimentar em plantas de mandioca com altos teores de rutina, induzindo a planta a produzir menor quantidade desse composto. Entretanto estudos adicionais estimando as concentrações de AS e AJ devem ser realizados com plantas de mandioca para melhor elucidar este comportamento.

A maior produção de rutina nas plantas não infestadas após as 48 h ainda sugere uma comunicação química entre elas. Sabe-se que quando insetos se alimentam de vegetais, vários voláteis são produzidos pelas plantas para orientar predadores ou parasitoides e também para "avisar" plantas vizinhas sobre o ataque de insetos herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 2010; PINTO-ZEVALLOS et al., 2013). Estudos demonstram que essas substâncias podem induzir plantas que estão nas imediações a produzirem compostos de defesas, mesmo sem a presença da praga no vegetal (DICKE et al., 2003; CHOH et al., 2006). Em milho, por exemplo, a exposição de plantas sadias a plantas atacadas por *Spodoptera littoralis* Boisduval (Lepidoptera: Noctuidae) ativa a expressão de genes de defesa e iniciam a emissão de voláteis induzidos (TON et al., 2007). Deste modo, as cultivares de mandioca infestadas com *P. manihoti* utilizadas neste experimento, podem ter induzido a produção de compostos de defesa após as 24 h, ao causar dano mecânico na planta com a introdução do estilete, ou através da toxidez da saliva, visto que as médias de rutina aumentaram após esse período em plantas não infestadas.

Quando comparadas as cultivares, no tempo de 24 h, infestados com a cochonilha *P. manihoti* a Baianinha apresentou maior teor que os demais genótipos. Quando não houve a presença dos insetos nas plantas, os teores de rutina não diferiram. Entre as cultivares estudadas, ao tempo de 48 e 96 h, com a presença de *P. manihoti*, a Baianinha obteve maiores teores. Contudo, após infestação a mesma não diferiu da Santa Helena. Com a presença da cochonilha, 48 e 96 h após infestação a Baianinha apresentou concentrações superiores as demais cultivares, não diferindo estatisticamente da Santa Helena. As 72 h, o teor de rutina foi superior na Baianinha e Santa Helena, para plantas infestadas e não infestadas. O mesmo foi observado as 120 h para plantas infestadas.

Dados obtidos por Rheinheimer (2013) enquadram a cultivar IAC 12 como resistente a *P. manihoti*. Porém, o teor de rutina para esta cultivar, foi inferior às demais. De acordo com Boer; hanson (1987) a rutina pode agir de forma diferente no mesmo inseto, funcionando como estimulante alimentar para a mariposa *Manduca sexta paphus* Linnaeus (Lepidoptera: Sphingidae), enquanto a quercetina, que é a forma aglicosídica, sem açúcar, em relação a rutina, age como deterrente. Dados obtidos por Simmonds (2001) demonstram que em concentrações maiores que 10^{-3} molar a rutina foi deterrente para *Heliothis zea* Boddie (Lepidoptera: Noctuidae) e *Helicoperva armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) no final do estágio larval, mas em concentrações menores que 10^{-4} molar estimula a alimentação .

Para os dados referentes à concentração de rutina em folhas da cultivar Santa Helena infestada por *P. manihoti*, houve ajuste linear crescente ao longo do tempo, com o máximo teor de rutina as 120 h, com $2.6367 \mu\text{g g}^{-1}$ (Figura 1). Já para a Baianinha não infestada houve ajuste quadrático em função do tempo, com ponto de máxima as 114 h. O mesmo foi observado para a Santa Helena não infestado, com ponto de máxima as 99 h. Para os demais tratamentos não houve resposta em função do tempo.

Gazola et al. (2015) ao estudarem a concentração de metabólitos secundários, em genótipos de mandioca ao longo do tempo, contudo sem infestação de insetos, concluíram que a concentração do flavonoide rutina na cultivar Santa Helena, dentre outras, aumentou dos 90 para os 180 dias.

Nos espectrogramas gerados pelo HPLC, foi possível verificar a presença de outras substâncias não identificadas nos genótipos utilizados para este ensaio. Estes compostos também podem estar relacionados com a resposta da planta ao ataque de pragas. Deste modo, faz-se necessário estudos adicionais com análises periódicas desses genótipos a fim de quantificar e correlacionar as concentrações de rutina, de outros flavonoides e de compostos como os glicosídeos cianogênicos (linamarina e loustralina) que são considerados importantes para a defesa das plantas contra insetos devido ao seu sabor amargo e capacidade de liberação de cianeto de hidrogênio tóxico (HCN) (DUFFEY, 1981; NAHSTEDT, 1988; ZAGROBELNY et al., 2004).

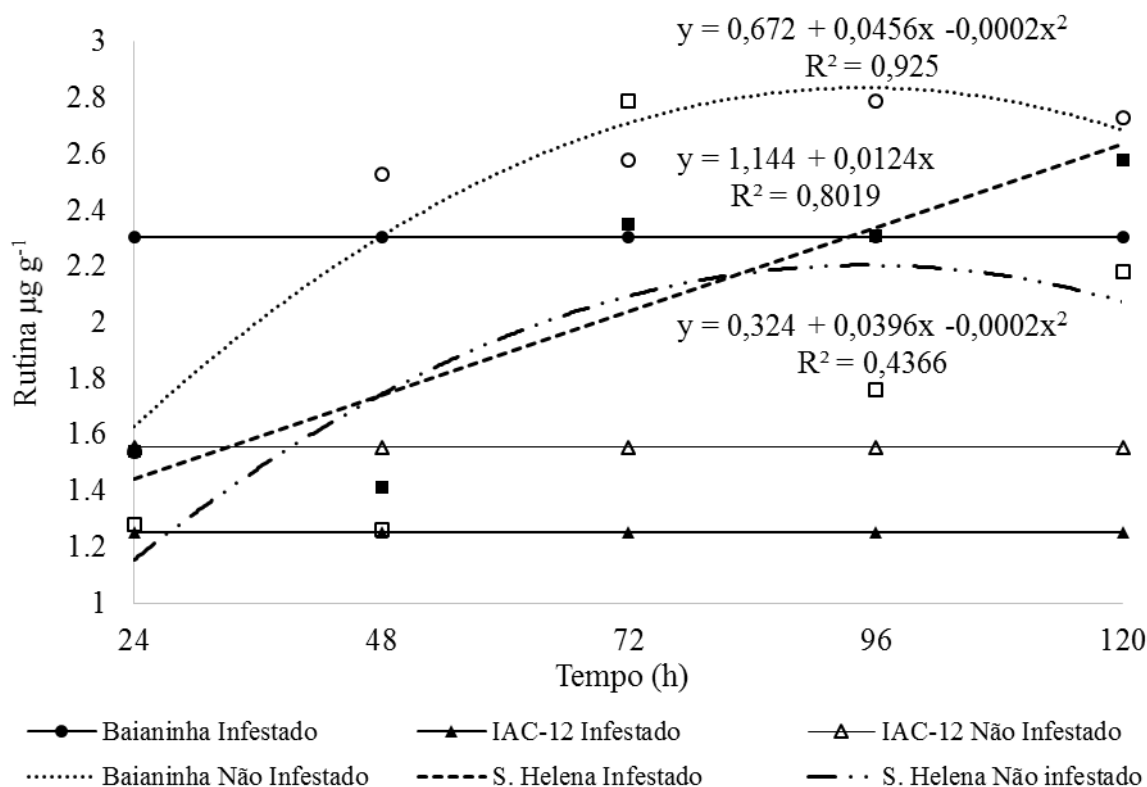


Figura 1. Rutina em folhas de cultivares de mandioca infestados e não infestados com *Phenacoccus manihoti*, em função do tempo após infestação.

Outro fator que deve ser levado em consideração é a estrutura morfológica das folhas das cultivares. Sabe-se que os tricomas são outra característica importante nos mecanismos de resistência às plantas. Estes podem interferir na oviposição, na fixação, e na alimentação de insetos associados às plantas. Ensaio realizados por Valle; Lourenção (2002), Lima; Lara (2004), Vieira et al. (2011), Valle et al. (2012), relatam a importância da presença de tricomas na resistência de cultivares de soja a mosca branca *B. tabaci* biótipo B, na atratividade e preferência para oviposição. Na cultura da mandioca é observada uma grande variação no número de tricomas, sendo relacionada a maior densidade de tricomas com maior mortalidade de mosca branca, *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hemiptera: Aleyrodidae) e maior resistência ao trips *Scirtothrips manihoti* Bondar (Thysanoptera: Thripidae) (CALATAYUD; MÚNERA, 2002; BELLOTTI et al., 2005).

Também faz-se necessário estudos do efeito dessas substâncias sobre o ciclo de desenvolvimento da *P. manihoti*, em ambiente controlado, visto que variações ambientais, como disponibilidade hídrica, temperaturas, e condições nutricionais do solo podem interferir na indução (CALATAYUD et al, 1994; CALATAYUD; MÚNERA, 2002).

6.6 CONCLUSÃO

Plantas de mandioca apresentaram maiores teores de rutina as 24 h de coleta na região apical de todas as cultivares analisadas, independente da presença de *P. manihoti*.

A presença de *P. manihoti* aumentou a produção de rutina em folhas apicais da cultivar de mandioca Baianinha as 24 h.

Os maiores teores de rutina são observados na cultivar Baianinha, e os menores na IAC 12.

A cultivar Santa Helena infestada com *P. manihoti* apresenta acréscimo linear na concentração de rutina ao longo do tempo.

As cultivares Baianinha e Santa Helena não infestadas apresentaram acréscimo na produção de rutina até 99 e 114 h, respectivamente.

6.7 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 8 de fev. 2017.

BARROS, F. C.; SAGATA, E.; FERREIRA, L. C. de C.; JULIATTI, F. C. Indução de resistência em plantas contra fitopatógenos. **Bioscience Journal**. v. 26, n. 2, p. 231-239, 2010.

BELLOTTI, A. C.; SMITH, L.; LAPOINTE, S. L. Recent advances in cassava pest management. **Annual Review of Entomology**. v. 44, 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**. v.5, n.1, p.39-72, 2012.

BELLOTTI, A.C.; TOHME, J.; DUNBIER, M.; TIMMERMAN, G. Sustainable integrated management of whiteflies through host plant resistance. In: ANDERSON, P. K. e

MORALES, F. J. (Ed.) **Whitefly and whitefly-borne virus in the tropics: building a knowledge base for global action**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), 2005. 351 p.

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: Parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 395-408.

BOER, G.; HANSON, F.E. Feeding responses to solanaceous allelochemicals by larvae of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.45, p. 123-131, 1987.

BONALDO, S.M.; PASCHOLATI, S.F., ROMEIRO, R.S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: CAVALCANTI, L.S.; DI PIERO, R.M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; RESENDE, M.L.V.; ROMEIRO, R.S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005, p.11-28.

BRANDÃO, T.S.O de, et al. Changes in enzymes, phenolic compounds, tannins, and vitamin C in various stages of jambolan (*Syzygium cumini* Lamark) development. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol.31, n.4, pp. 849-855, 2011.

CAARLS, L.; PIETERSE, C. M.; VAN WEES, S. C. How salicylic acid takes transcriptional control over jasmonic acid signaling. **Front Plant Science**. n.6 p.170, 2015.

CALATAYUD, P. A. Influence of linamarin and rutin on biological performances of *Phenacoccus manihoti* in artificial diets. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. n.26. p.81-86, 2000.

CALATAYUD, P. A., RAHBE, Y., DELOBEL, B., KHUONG- HUU, F., TERTULIANO, M., & RÜ, B. Influence of secondary compounds in the phloem sap of cassava on expression of antibiosis towards the mealybug *Phenacoccus manihoti*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 72, n. 1, p. 47-57, 1994.

CALATAYUD, P. A.; MÚNERA, D. F. Defensas naturales de la yuca a las plagas e artrópodos. In: OSPINA, B. CEBALLOS, H. **La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización**. Cali: CIAT, 2002. p. 250-254.

CHOH, Y.; KUGIMIYA, S.; TAKABAYASHI, J. Induced production of extrafloral nectar in intact lima bean plants in response to volatiles from spider mite-infested conspecific plants as a possible indirect defense against spider mites. **Oecologia**. v.147. n.3. p.455-460, 2006.

DICKE, M. AGRAWAL, A. A.; BRUIN, J. Plants talk, but are they deaf?. **Trends in plant Science**. v.8. n.9. p.403-405, 2003.

DUFFEY, S.S. Cyanide and arthropods. In: Vennesland, B., Conn, E.E., Knowles, C.J., Westley, J., Wissing, F. (Eds.), **Cyanide in Biology**. Academic Press, London, 1981pp. 385–414.

ELZINGA, D.A.; DE VOS, M.; JANDER, G. Suppression of plant defenses by a *Myzus persicae* (green peach aphid) salivary effector protein. **Mole Plant Microbe Interaction**. n. 27. p.747–756, 2010.

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

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; BARILLI, D. R.; WENGRAT, A. P. G. S.; UEMURA-LIMA, D. H.; PIETROWSKI, V.; RINGENBERG, R. Eficiência de produto a base de azadiractina sobre a cochonilha (*Phenacoccus manihoti*) em mandioca. **Cadernos de Agroecologia**. Resumos do I Congresso Paranaense de Agroecologia – Curitiba/PR, 2014.

GIVOVICH, A.; MORSE, S.; CERDA, H.; NIEMEYER, H.M.; WATTEN, S. D.; EDWARDS, P. J. Hydroxamic acid glucosides in the honeydew of aphids feeding on wheat. **Journal of Chemical Ecology**. n.18. p. 841-846. 1992.

GOŁAWSKA, S.; SPRAWKA, I.; ŁUKASIK, I.; GOŁAWSKI, A. Are naringenin and quercetin useful chemicals in pest-management strategies? **Journal of Pest Science** n. 87 p.173–180, 2013.

HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**. v. 55, p. 481-504, 2000.

HERNÁNDEZ, I.; ALEGRE, L.; VAN BREUSEGEM, F.; MUNNÉ-BOSCH, S. How relevant are flavonoids as antioxidants in plants? **Trends in Plant Science**. v.14. p.125-132, 2009.

KESSLER, A.; BALDWIN, I. T.; Herbivore-induced plant vaccination. Part I. The orchestration of plant defenses in nature and their fitness consequences in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. **Plant Journal**. n.38. p.639–649, 2004.

KOORNNEEF, A.; PIETERSE, C. M. J. Cross talk in defense signaling. **Plant Physiology**. n.146. p.839–844, 2008.

LE RU, B.; CALATAYUD, P. A. Interactions between cassava and arthropd pests. **African Crop Science Journal**. v.2, n.4, p 385-390, 1994.

LEITE, B. et al. Reconhecimento e transdução de sinais moleculares em interações plantas-fungos patogênicos. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 5, p. 235-280. Passo Fundo-RS. 1997.

LIMA, A.C.S.; LARA, F.M. Resistência de genótipos de soja à mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.33, n.1, p. 71-75, 2004.

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.

MONTEIRO, J. M. et al. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, p. 892-896, 2005.

NAHSTEDT, A. Cyanogenesis and the role of cyanogenic compounds in insects. **Ciba. Found. Symp** n.140, p131–150. 1988.

PIETROWSKI, V. RINGENBERGER, R. RHEINHEIMER, A. R. BELLON, P. P. GAZOLA, D. MIRANDA, A. M. **Insetos-Praga na cultura da mandioca na região Centro-Sul do Brasil**. Marechal Candido Rondon. 1. ed., p. 20-23, 2010.

PINTO-ZEVALLOS, D. M.; PAREJA, M.; AMBROGI, B. G. Current knowledge and future research perspectives on cassava (*Manihoti esculenta* Crantz) chemical defenses: an agroecological view. **Phytochemistry**, xxx. p1-12. 2016.

PIUBELLI, G.C. **Bioatividade de genótipos de soja resistentes a *A. gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) e interações de suas substâncias químicas com inimigos naturais**. 2004. 152p. Tese Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.

RHEINHEIMER, A. R. **Resistencia de variedades de mandioca à cochonilha *Phenacoccus manihoti* (Matle-Ferrero) e sua influência sobre o parasitoide *Anagrus lipezi* (De Santis)**. 2013, 109p. Tese de doutorado: Universidade Estadual do Oeste do paraná – Unioeste: Marechal Candido Rondon, Paraná.

SARTORI, C. J.; CASTRO, A. H. F.; MORI, F. A. Teores de Fenóis Totais e Taninos nas Cascas de Angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina*). **Floresta e Ambiente**. v.21. n.3. p.394-400, 2014.

SCHALLER, A. **Induced plant resistance to herbivory**. Hardcover: Springer, 2008. 464p.

SIMMONDS, M.S.J. Effects of isoflavonoids from Cicer on larvae of *Heliocoverpa armigera*. **Journal of Chemical Ecology**, v.27, p. 965-977, 2001.

SOUZA, B. H. S. **Fatores e mecanismos que influenciam a resistência em soja a *Anticarsia gemmatalis* Hübner e *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)**. Jaboticabal, 142 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**, 5ª edição. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2010. 782 p.

THALER, J. S.; HUMPHEY, P. T.; WHITEMAN, N. K. Evolution of jasmonate and salicylate signal crosstalk. **Trends Plant Science**. n.17. p.260–270, 2012.

TON J.; D'ALESSANDRO, M.; JOURDIE, V.; JAKAB, G.; KARLEN, D.; HELD, M.; MAUCH-MANI, B.; TURLINGS, T. C. J. Priming by airborne signals boosts direct and indirect resistance in maize. **Plant Journal**. v.49. p.16–26, 2007.

VALLE, G.E.; LOURENÇÃO, A.L. Resistência de genótipos de soja a *Bemisiatabaci*(Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v.31, n.1. p. 285-295, 2002.

VALLE, G.E.; LOURENÇÃO, A.L.; PINHEIRO, J.B. Adult attractiveness and oviposition preference of *Bemisiatabaci* biotype B in soybean with different trichome density. **Journal of Pest Science**, v.85, n. 4, p. 431-442, 2012.

VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B.; MÜHLEN, G.S.; VILLELA, O.V. Conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, v.63, p.221- 226, 2004.

VEBER, J.; PETRINI, L. A.; ANDRADE, L. B.; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Revista brasileira de plantas medicinais**. v.17 n.2. p.267-273, 2015.

VIEIRA, S. S.; LOURENÇÃO, A. L.; DA GRAÇA, J. P.; JANEGITZ, T.; SALVADOR, M. C.; DE OLIVEIRA, M. C. N.; HOFFMANN-CAMPO, C. B. Biological aspects of Bemisia

tabaci biotype B and the chemical causes of resistance in soybean genotypes. **Arthropod-Plant Interactions**. V.10. N.6, p.525–534, 2016.

VIEIRA, S.S.; BUENO, A.F.; BOFF, M.I.C.; BUENO, R.C.O.F.; HOFFMANN- CAMPO, C.B. Resistance of Soybean Genoty pest of *Bemisia tabaci* (Genn.) Biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae), **Neotropical Entomology**, v.40, p. 117-122, 2011.

ZAGROBELNY, M.; BAK, S.; RASMUSSEM, A. V.; JORGENSEN, B.; NAUMANN, C. M.; MOLLER, B. L. Cyanogenic glucosides na plant-insect interactions. **Phytochemistry**. n.65, p.293-306, 2004.

ZHANG, P. J.; ZHENG, S.J.; VAN LOON, J. J. A.; BOLAND, W.; DAVID, A.; MUMM, R.; DICKE, M. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean. **Proceedings National Academic Science**. n.106 p.21202–21207, 2009.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poda da parte aérea das plantas de mandioca pode ser constituída como uma estratégia aparentemente eficiente e viável, embora seja necessário o refinamento de estudos sobre a interação desta prática com as características agroclimáticas locais e com os genótipos utilizados sobre o efeito na intensidade dos danos ocasionados pela cochonilha no segundo ciclo da cultura.

De maneira geral a aplicação de nitrogênio induziu os compostos secundários no período avaliado. No entanto se faz necessário a realização de estudos em períodos maiores de tempos, visando avaliar o comportamento dos compostos induzidos pelos genótipos de mandioca, bem como sua relação com o desenvolvimento da planta, mecanismos de defesas e tolerância ao ataque de insetos praga.

A indução de compostos químicos de defesa das plantas de mandioca, associado com outras táticas de controle utilizados no manejo integrado de pragas, podem ser uma alternativa a aplicação ao uso de moléculas químicas sintéticas.

Também faz-se necessário estudos do efeito dessas substâncias sobre o ciclo de desenvolvimento da *P. manihoti*, em ambiente controlado, visto que variações ambientais, como disponibilidade hídrica, temperaturas, e condições nutricionais do solo podem interferir na indução.