

**FLÁVIO LEMES FERNANDES**

**EFEITO DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA INTERAÇÃO ENTRE *Coccus viridis* E *Coffea arabica***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2007

**FLÁVIO LEMES FERNANDES**

**EFEITO DE NITROGÊNIO E DE POTÁSSIO NA INTERAÇÃO ENTRE *Coccus viridis* E *Coffea arabica***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 14 de fevereiro de 2007.

---

Prof<sup>a</sup>. Hermínia Emília Prieto Martinez  
(Co-orientadora)

---

Prof. Robert Weingart Barreto  
(Co-orientador)

---

Prof. Ney Sussumu Sakiyama

---

Prof. Eraldo Rodrigues de Lima

---

Prof. Marcelo Coutinho Picanço  
(Orientador)

A Deus, pela existência.

Aos meus pais Sandra e Antônio, pela sustentação e fiéis incentivadores, por todo amor, cuidado e atenção na minha caminhada.

Aos meus irmãos Rafael e Melissa, pela presença, amizade e essenciais para minha vida.

Ao primo Carlos, pelo companheirismo e amizade.

A minha adorável e amável noiva Maria Elisa, pelo amor e carinho, apoio e companheirismo,

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus que criou o mundo e possibilitou-me estar estudando e trabalhando na área científica na Universidade Federal de Viçosa.

Ao meus pais Antônio e Sandra, irmãos Rafael, Melissa e Carlinhos meus sinceros aplausos, por todo o sacrifício, incentivo, presença, companheirismo. Por serem magníficos e essenciais em minha vida.

À minha noiva e futura esposa pelo companheirismo, paciência e sabedoria durante estes anos convvidos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Biologia Animal, pela oportunidade de realização deste curso.

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

Ao Professor, Orientador e Amigo Marcelo Coutinho Picanço, pela orientação e amizade ao longo desses anos de convívio. Meus agradecimentos também a sua esposa Kátia e aos seus filhos Marcelo Filho, Luíza e Mayara pela convivência.

Aos amigos da República Marcelo, Daniel, Júlio, Carlos Henrique e Weylisson pela amizade, convívio e companheirismo ao longo dessa estadia em Viçosa.

Ao professor Raul Narciso Carvalho Guedes pela confiança em nós depositada e pelo bom humor de sempre.

Aos professores Hermínia, Robert, Eraldo e Ney pelas críticas e sugestões que deram quando na participação da banca examinadora.

Aos mestres do conhecimento da Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho que me acompanharam na carreira estudantil os quais foram importantes na transmissão de suas experiências e responsáveis por parte dos conhecimentos adquiridos durante a minha formação.

À secretária do Programa de Pós-graduação em Entomologia Dona Paula e Miriam pela amizade, seriedade, eficiência e aos funcionários Chico e Zé Evaristo, pela ajuda, amizade e entretenimento nos corredores da Entomologia.

Aos estagiários do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, Elisa, Valkíria, Vânia, Pablo, Renan, Júlio, Mateus Chediak, Jander, Gerson, Darley, Mateus Campos e Hudson pela amizade e valiosa ajuda durante a execução deste trabalho, sobretudo na coleta dos dados.

Aos funcionários Domingos e Itamar do Laboratório de nutrição mineral de plantas e Sérgio, Eduardo, Gulab do Laboratório de síntese de Agroquímicos.

Também, os meus sinceros agradecimentos à minha futura sogra, Dona Jovem, pela confiança depositada em mim e pelos deliciosos almoços de domingo. Ao futuro Sogro Sr. Silvério, aos cunhados Zezé e Arlindo, às cunhadas Ana e Rosa pela preocupação e presença em minha caminhada.

Aos colegas do curso de Entomologia e Agronomia pelo agradável convívio durante as disciplinas cursadas e pela relação de amizade. Ainda pelo entretenimento e divergência de idéias que propiciaram em minha formação profissional e intelectual.

E finalmente, a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

## **BIOGRAFIA**

FLÁVIO LEMES FERNANDES, filho de Antonio Miguel Fernandes e Sandra Maria Lemes Fernandes, nasceu em Lambari, Minas Gerais, em 08 de março de 1979.

Em dezembro de 1998, concluiu o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho e em março de 2000 ingressou no curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa. Durante a graduação de agosto de 2000 a março 2005 foi estagiário no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do DBA/UFV sob orientação do Prof. Marcelo Coutinho Picanço, onde desenvolveu vários trabalhos com manejo integrado pragas de hortaliças, grandes culturas, fruteiras e ornamentais. Nesse período foi bolsista de Iniciação Científica do CNPq por dois anos consecutivos, Empresa brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA CAFÉ) e do Comitê Brasileiro de Ação contra a Resistência a Inseticidas (IRAC-BR) por nove meses.

Em março de 2005, ingressou no curso de Mestrado em Entomologia na UFV, curso que concluiu em fevereiro de 2007, sendo então aceito para cursar doutorado em Entomologia nesta mesma instituição.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>10</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>32</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>33</b>

## RESUMO

FERNANDES, Flávio Lemes. M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2007. **Efeito de nitrogênio e de potássio na interação entre *Coccus viridis* e *Coffea arabica***. Orientador: Marcelo Coutinho Picanço. Co-Orientadores: Hermínia Emília Prieto Martinez e Robert Weingart Barreto.

A cochonilha verde *Coccus viridis* (Green) (Hemiptera: Coccidae) causa problemas em plantas jovens de *Coffea arabica* e em partes do dossel com baixa luminosidade. A adubação das plantas com nutrientes como o nitrogênio e o potássio pode influenciar a sobrevivência, o desenvolvimento, o crescimento, a reprodução e o comportamento dos insetos. O impacto da aplicação de doses do nitrogênio e do potássio pode ter efeitos diretos (via nutrientes na folha) e indiretos (sobre os fitoquímicos) sobre *C. viridis*. Outro impacto da adubação nitrogenada e potássica sobre a interação de *C. viridis* no cafeeiro é na tolerância das plantas às perdas causadas por este inseto-praga. Assim este trabalho teve por objetivo estudar as relações entre doses de nitrogênio e de potássio fornecidas às plantas, concentração de compostos fitoquímicos foliares e ataque de *C. viridis*, e ainda, determinar as perdas em vigor causadas por este inseto a plantas de *C. arabica*. Esta pesquisa foi conduzida em casa de vegetação. Utilizaram-se adubações de nitrogênio e de potássio em deficiência, normal e excessiva. Cada tratamento foi composto por duas plantas (infestada e não infestada). Semanalmente, contaram-se os números de adultos e de ninfas nas plantas. Foram determinados os teores dos fitoquímicos e nutrientes nas folhas para plantas infestadas e matéria seca das raízes, caule, folhas e total para plantas não infestadas. Realizou-se análise de correlação de Pearson, análise de trilha e regressão linear múltipla. Verificou-se que com a elevação dos teores de nitrogênio na solução nutritiva ocorreu aumento da intensidade de ataque de ninfas e de adultos de *C. viridis* ao cafeeiro ao longo do tempo. Verificou-se que estes nutrientes têm impacto direto através do aumento dos teores de nitrogênio nas folhas. Já o efeito indireto deve-se à redução dos teores de cafeína, ácido clorogênico e ácido cafeico nas folhas, os quais atuam possivelmente como alomônios sobre *C. viridis*. Observou-se que plantas adubadas com maiores doses de nitrogênio e de potássio tiveram menores perdas de matéria seca total, foliar, caule e menor redução do diâmetro quando atacadas pela praga.



## ABSTRACT

FERNANDES, Flávio Lemes, M.Sc., Universidade Federal of Viçosa, February, 2007.

**Nitrogen and Potassium effect on the interaction between *Coccus viridis* and *Coffea Arabica*.** Adviser: Marcelo Coutinho Picanço. Co-Advisers: Hermínia Emília Prieto Martinez and Robert Weingart Barreto.

The green cochineal *Coccus viridis* (green) (Hemiptera: Coccidae) causes problems in sapling plants of *Coffea arabica* and in parts of the canopy under low luminosity. Plant fertilization with nutrients like nitrogen and potassium may influence the survival, the development, the growth, the reproduction and the behavior of insects. The impact of the application of nitrogen and potassium doses may have direct effects (via nutrients on leaves) and indirect (on phytochemicals) on *C. viridis*. Another impact of nitrogen and potassium fertilization on the interaction of *C. viridis* on coffee trees is on the tolerance of the plants to the losses caused by this insect-pest. So far, this work aimed to study the relation among nitrogen and potassium doses given to the plants, concentration of foliar phytochemical compounds and attack of *C. viridis* and also to determine the losses incurred to plants of *C. Arabica* by this insect. This research was conducted in a green house. Deficient, normal and excessive nitrogen and potassium fertilizations were used. Each treatment was composed of two plants (infested and uninfested). Nymphs and adults were counted every week. The phytochemical and nutrient levels on leaves were determined for infested plants, and dry material of roots, stem, leaves and overall for uninfested plants. The analysis conducted were those of Pearson's correlation, path and multiple linear regressions. Raised the nitrogen levels in the nutritive solution, the intensity of nymph and adult attacks of *C. viridis* were observed throughout the experiment period. A direct impact of those nutrients was observed through the increasing levels of nitrogen on leaves. On the other hand, the indirect effect is due to the decreasing of caffeine levels, chlorogenic acid and caffeic acid on leaves that may act as allelopathic compounds on *C. viridis*. It was also observed that plants when fertilized with larger doses of nitrogen and potassium presented smaller loss of foliar, stem and total dry material as well as a smaller diameter reduction when attacked by that pest.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. As espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (robusta) são as de maior interesse econômico, constituindo 70 e 30% da produção mundial, respectivamente (AGRIANUAL, 2004). Para o ano de 2006/2007 a produção brasileira de *C. arabica* e *C. canephora* foram estimadas em 41,57 e 9,51 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (CONAB, 2005-2006). O café ocupa posição de destaque, não só pela importância econômica, mas também por exercer importante função social, pois emprega grande número de pessoas. Desta forma qualquer fator que diminua a produtividade do cafeeiro irá refletir na balança econômica do país. Neste contexto as pragas contribuem para a redução da produtividade da cultura. Dentre as pragas do café a cochonilha verde *Coccus viridis* (Green, 1889) (Hemiptera: Coccidae) causa problemas em plantas jovens de *C. arabica* e em plantas ou parte do dossel com baixa luminosidade como ocorre em plantios adensados (Hollingsworth, 2000; Steiman, 2000). Esta cochonilha tem elevado sua importância como inseto praga em cafeeiros, devido ao aumento da densidade de plantas por hectare e adubações excessivas, na busca de maiores produtividades.

Esta cochonilha foi descrita pela primeira vez por Green em 1889, como pertencente ao gênero *Lecanium*. De Lotto (1960) referiu-se a essa praga com as seguintes sinônimas: *Lecanium (Trechocoris) hesperidum africanum* Newstead; *Lecanium viride* Green; *Coccus viridis* (Green). Le Pelley (1973) transferiu-a para o gênero *Coccus*, passando esta espécie a ser denominada *Coccus viridis* (Green, 1889). Fredrick (1943) Camargó & Telles Jr. (1953) e Coste (1969) relataram os nomes vulgares recebidos por essa cochonilha, sendo os principais: pulgão verde, escama verde e escamas ovais. No Brasil ela é bem conhecida como cochonilha verde do cafeeiro (Mariconi, 1955; Gallo et al., 2002).

*C. viridis* também é praga de citrus (*Citrus* spp. L.) (Rutaceae), gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) (Rubiaceae), rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) (Sapindaceae), lichia (*Litchi chinensis* Sonn) (Sapindaceae) (Aphis, 1996 e 1998), cacau (*Theobroma cacao* L.) (Sterculiaceae), goiaba (*Psidium guajava* L.) (Myrtaceae), ixora (*Ixora* spp. L.) (Rubiaceae), noni (*Morinda citrifolia* L.) (Rubiaceae), ameixa de natal (*Carissa macrocarpa* Eckl.) (Apocynaceae), plumeria (*Plumeria rubra* L.) (Apocinaceae) (Zimmerman, 1948), macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) (Proteaceae) e orquídeas (Hollingsworth, 2000).

Os adultos possuem coloração verde pálido brilhante, apresentando corpo oval e achatado, com um sinal preto na região dorsal em forma de "U". Medem cerca de 2,5 a 3,25 mm de comprimento. Sua reprodução predominante é partenogênese telítoca,

sendo baixíssima que a ocorrência de reprodução sexuada. A presença de machos é rara. Os machos possuem asas membranosas ou ainda podem ser ápteros. Assim os indivíduos na colônia são todos fêmeas. O período de oviposição é de 50 dias e cada fêmea é capaz de produzir 150 ovos. As fêmeas são ovovíparas e a eclosão dos ovos ocorre no interior do corpo das fêmeas. Assim as fêmeas liberam as ninfas de primeiro ínstar (Robá, 1936; Fredrick, 1943; Zucchi et al., 1993; Dekle & Fasulo, 2001; Gallo et al., 2002).

Durante a fase ninfal este inseto passa por três ínstars. No primeiro ínstar as ninfas medem cerca de 0,71 mm de comprimento, possuem corpo levemente achatado, coloração amarelo-esverdeado, seis artículos antenais e longas cerdas nas placas anais. As ninfas tornam-se ativas logo que abandonam o ventre da fêmea adulta, em busca de local apropriado para sua fixação. Durante este período algumas ninfas permanecem aparentemente imóveis por determinado tempo, movimentando-se somente após algumas horas, sendo esta fixação resultado de um possível início de alimentação (Silva, 1977).

Quando as ninfas fixam o dorso sob as folhas tornam-se ligeiramente convexas com suas pernas e antenas ocultas sob o corpo. As ninfas de segundo ínstar medem cerca de 0,74 mm. No terceiro ínstar medem cerca de 0,78 mm, adquirindo formato mais convexo e coloração mais escura, podendo se verificar a presença da vulva ainda não muito nítida. O ciclo de vida completo varia de 50 a 70 dias (Fredrick, 1943; Silva, 1977; Hollingsworth, 2000).

Esta praga é encontrada nos ramos e na nervura principal das folhas. Após sua fixação, o inseto perfura as folhas com seu aparelho bucal picador-sugador e inicia a sucção da seiva. O seu ataque causa definhamento das plantas, queda de folhas e redução na produtividade devido a sucção de seiva e introdução de toxinas no sistema vascular das plantas. Pode ainda ocorrer o desenvolvimento de fumagina que utiliza como substrato as excreções fecais de *C. viridis* (Mau & Kessing, 1992; Gallo et al., 2002). A fumagina consiste do crescimento de colônias do fungo (*Capnodium* spp.) de coloração escura, que recobre a folha. Reduzem a fotossíntese e prejudicam o desenvolvimento e a produtividade da cultura (Gallo et al., 2002).

A nutrição das plantas pode influenciar a sobrevivência, o desenvolvimento, crescimento, reprodução e comportamento dos insetos (Scriber, 1982; Mattson & Scriber, 1987; Awmack & Leather, 2002). O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais estudados quanto aos efeitos na interação inseto-planta, devido às funções que desempenham no metabolismo vegetal. O nitrogênio é essencial para a síntese de proteínas, sendo também um dos nutrientes que mais influenciam o metabolismo

vegetal. Presente na forma de proteínas e aminoácidos, é um nutriente essencial e o que mais limita a nutrição dos insetos.

O potássio participa nos processos de ativação enzimáticos essenciais para a síntese de proteínas, divisão celular e metabolismo dos carboidratos em plantas e animais (Marschner, 1995). Além disso, o fornecimento de potássio é importante para estimular o crescimento meristemático das plantas contribuindo para aumentar a produção de ramos e folhas (Perrenoud, 1990) nas quais a cochonilha verde se alimenta.

A alta disponibilidade do nitrogênio e potássio no floema torna a seiva com maior conteúdo nutricional para os insetos sugadores, uma vez que aumentam a concentração dos aminoácidos livres, proteínas e carboidratos solúveis (Buchanan et al., 2000). Também esta maior disponibilidade destes dois nutrientes pode retardar a maturação dos tecidos e diminuir sua lignificação (Marschner, 1995; Taiz & Zeiger, 1998).

Por outro lado as substâncias do metabolismo secundário são importantes na relação inseto-planta por atuarem como aleloquímicos (Van Dam et al., 1995). Dentre os compostos secundários presentes em *C. arabica* um dos grupos mais abundantes são os compostos fenólicos ácido clorogênico, ácido cafeico e o composto nitrogenado cafeína. O ácido cafeico (intermediário da síntese do ácido clorogênico) (Ky et al., 2007), ácido clorogênico e cafeína (1,3,7-trimethylxanthine) constituem compostos secundários que são produzidos por muitas espécies de plantas. Dentre estas espécies de plantas estão incluídas o café (*C. arabica*), chá (*Camellia sinensis* L.) (Theaceae) e mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) (Aquifoliaceae) (Ashihara & Crozier, 2001). Estas substâncias desempenham papel de defesa química da planta contra o ataque de insetos fitófagos (Nathanson, 1984; Bernays et al., 2000).

No entanto não existem trabalhos que identifiquem as relações entre doses de nutrientes fornecidas à planta, concentração de nutrientes e de compostos fitoquímicos na planta e ataque de *C. viridis* e, ainda as implicações dessas doses nas perdas causadas e no vigor das plantas de *C. arabica* infestadas pela praga.

Assim este trabalho teve por objetivo estudar as relações entre doses de nitrogênio e de potássio fornecidas às plantas, concentração de compostos fitoquímicos foliares e ataque de *C. viridis*, e ainda, determinar as perdas em vigor causadas por este inseto a plantas de *C. arabica*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa de fevereiro de 2005 a junho de 2006, com temperatura de  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ , umidade relativa de 50-70% e fotofase de  $11,90 \pm 0,04$  horas.

Foram utilizadas sementes de café *C. arabica*, variedade Catuaí vermelho, linhagem IAC 15. Antes da semeadura realizou-se o tratamento da areia grossa a ser utilizada como substrato para o cultivo das plantas, com ácido clorídrico à 10% por 24 horas. Após este tratamento foram realizadas 10 lavagens da areia com água de torneira, para redução de sua acidez. Finalmente foi realizada uma lavagem da areia com água destilada para retirada de argilas, matéria orgânica e nutrientes presentes (Pozza et al., 2001). Parte desta areia tratada foi destinada para a semeadura de 300 sementes em bandejas plásticas de 80 cm de comprimento x 5 cm de largura x 10 cm de altura. Foram realizadas irrigações diárias até o transplantio.

Quando as mudas atingiram o estágio de “orelha de onça” selecionaram-se 99 plantas as quais foram transplantadas para vasos plásticos de 5L de capacidade. Para isso, utilizou-se a outra parte da areia tratada para o enchimento dos vasos. Foi transplantado uma muda por vaso. Abaixo de cada vaso foi colocado um recipiente plástico de 3 L, recoberto com papel alumínio para coletar a solução drenada de areia.

O pH foi ajustado diariamente antes de realizar as irrigações. As medidas foram tomadas com potenciômetro portátil (digimed modelo DM2), devidamente calibrado. Para a manutenção do pH entre 5,5 e 6,5 foram utilizados hidróxido de sódio ( $\text{NaOH } 0,1 \text{ mol.m}^{-3}$ ) ou ácido clorídrico ( $\text{HCl } 0,1 \text{ mol.m}^{-3}$ ). Todos os dias foi aplicado 0,5 L da solução nutritiva sobre os vasos plásticos de 5 L. A água resultante do excesso do escoamento da irrigação era recolhida nos recipientes coletores de drenagem localizados abaixo do vaso. A água evapotranspirada era repostada diariamente com água destilada até 0,5 L com auxílio de um frasco graduado.

### 2.1. Criação de *C. viridis*

Foram realizadas criações de *C. viridis* em plantas de *C. arabica*, variedade catuaí vermelho. As cochonilhas foram coletadas de folhas de café em plantações comerciais de Viçosa, MG. As cochonilhas coletadas foram mantidas em gaiolas de madeira (100 cm de comprimento x 50 cm de largura x 90 cm de altura) recobertas por organza branca apoiadas sobre bancadas e protegidas de formigas e parasitóides. Para

tanto, as gaiolas ficavam no interior de casas de vegetação recobertas por sombrite 50%. A criação das cochonilhas foi realizada em local distante dos experimentos para se evitar infestações indesejadas.

## **2.2. Delineamento experimental e tratamentos**

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com nove tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram dispostos em arranjo fatorial 3 (deficiência, normal e excesso de nitrogênio) x 3 (deficiência, normal e excesso de potássio). As doses de nitrogênio foram: 0,042; 0,210 e 0,420 g/L. As doses de potássio foram: 0,0468; 0,234 e 0,468 g/L (adaptado de Jaenh, 1980). Cada tratamento foi composto por duas plantas (planta 1= infestada e planta 2= não infestada). Estas plantas foram separadas em casas de vegetação, para não permitir a ocorrência de cochonilhas nos tratamentos não infestados.

Ainda foi usado nas soluções nutritivas 0,031 g/L de P; 0,020 g/L de Ca, 0,064 g/L de S, 500 µg/L de B, 20 µg/L de Cu, 500 µg/L de Fe, 500 µg/L de Mn, 10 µg/L de Mo e 50 µg/L de Mn (Jaenh, 1980).

## **2.3. Avaliação da intensidade de ataque de ninfas e adultos de *C. viridis***

Quando as plantas possuíam oito meses de idade elas foram infestadas com *C. viridis*. Para tanto, duas folhas provindas da criação, contendo cerca de 50 ninfas e 20 adultos de *C. viridis* foram colocadas em contato com as folhas de uma planta de cada parcela por 48 horas. Semanalmente, contaram-se os números de adultos e de ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstares em cada parcela. As avaliações dos números de ninfas e de adultos de *C. viridis* foram realizadas até 110 dias após a infestação.

## **2.4. Avaliação da área foliar, diâmetro do caule e altura das plantas**

Após o transplântio, quinzenalmente avaliaram-se a altura das plantas, a área foliar total e o diâmetro do caule tanto das plantas infestadas como das não infestadas com *C. viridis*. A avaliação da altura das plantas foi realizada usando-se régua graduada em milímetros. Já o diâmetro do caule foi medido na base, na porção mediana e na inserção do primeiro par de folhas no caule usando-se um paquímetro graduado em milímetros. Para medição da área foliar foi fotografada cada folha usando-se máquina fotográfica digital (Nikon Coolpix 4500) empregando-se uma escala de 1 cm em cada imagem. Posteriormente, as áreas das folhas foram obtidas usando-se o programa Quant (Fernandes Filho et al., 2001).

## **2.5. Determinação do teor de fitoquímicos, nutrientes nas folhas e matéria seca das plantas**

Quando as plantas atingiram 11 meses de idade elas foram retiradas dos vasos e separadas em raízes, caule e folhas. As raízes foram lavadas em água corrente até a eliminação da areia aderida. As folhas foram lavadas com água destilada para eliminação das cochonilhas e dos resíduos existentes.

As folhas foram acondicionadas em sacos de papel permeável à retirada de umidade das folhas, e em seguida foram levadas para um cômodo contendo um aparelho desumidificador (ARSEC modelo 160), permanecendo neste cômodo durante seis dias (Silva, 2001). Ao final deste período oito folhas foram submetidas à moagem com moedor IKA modelo A11 basic, para posterior análise dos fitoquímicos.

Posteriormente as raízes, caule e folhas foram inseridas em estufa de ventilação forçada, à temperatura de 75 °C onde permaneceram até que apresentassem peso constante. Após a secagem realizou-se a pesagem de raízes, caules e folhas em balança eletrônica com precisão de 0,001g.

## **2.6 Determinação dos teores de nutrientes nas folhas**

As análises dos teores de nutrientes foram realizadas no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Fitotecnia, empregando-se 1 g de material moído/planta, para a extração e quantificação dos teores de K, P, Ca, Mg, Fe, S, Cu, Zn e Mn.

Para determinar o N total as amostras moídas foram submetidas à digestão sulfúrica, e para as demais determinações empregou-se o extrato resultante da digestão nitroperclórica (Johnson & Ulrich, 1959). O teor de N-total foi determinado pelo método Kjeldahl (Bremner, 1965). O teor de P foi dosado colorimetricamente pelo método de redução do fosfomolibdato pela vitamina C de acordo com Braga & Defélipo (1974). O teor de K foi determinado por fotometria de emissão de chama. Os teores de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Já o teor de S foi determinado por turbidimetria do sulfato (Blanchar et al., 1965).

### **2.6.1. Determinação dos teores de compostos fitoquímicos nas folhas**

#### **2.6.1.1. Extração dos compostos fitoquímicos**

Após a secagem e moagem das folhas separou-se 1 g de cada amostra em erlenmeyers de 50 mL contendo 20 mL de metanol (álcool metílico P.A.) para extração

dos compostos fitoquímicos. Os erlenmeyers foram colocados em banho maria a  $50 \pm 5$  °C por 2 horas. O extrato foi filtrado usando-se papel filtro de 9,0 cm de diâmetro (porosidade 3,0  $\mu\text{m}$ , tipo 10) em funil de vidro com capacidade de 50 mL. O material obtido da filtração foi submetido à evaporação em evaporador rotativo (modelo MA) a 45 °C e 500 mm Hg até que restassem 3 mL de extrato.

O extrato foi filtrado a vácuo em cartucho de extração em fase sólida (SPE, sílica, C18) para a retenção de clorofila. Para tanto, o cartucho foi colocado dentro de uma rolha de borracha de 6 cm de diâmetro, a qual foi acoplada a um kitasato (Kimax®) conectado a uma bomba de vácuo a pressão de 500 mm Hg. O extrato sem clorofila foi armazenado em vidros de 10 mL para posterior diluição e análise no cromatógrafo.

#### **2.6.1.2. Identificação e quantificação dos compostos fitoquímicos**

Para a identificação e quantificação dos compostos fitoquímicos foram adaptadas as metodologias descritas por Casal et al. (2000), Campa et al. (2005), Aresta et al. (2005) e Rodrigues et al. (2006). O método mais adequado constitui de uma combinação das metodologias usadas por estes autores. Foram aqueles os que proporcionaram a escolha da melhor separação dos picos, menor tempo de retenção, maior precisão e estabilização do aparelho.

As amostras armazenadas nos vidros foram diluídas com metanol (Álcool metílico P.A.) até completar o volume de 10 mL. Desta solução retirou-se uma alíquota de 0,5 mL que foi re-diluída em metanol até obter-se 10 mL de solução. Esta solução foi filtrada usando-se uma seringa de vidro de 10 mL (HAMILTON) acoplada a uma unidade filtrante com membrana de polietileno de 0,45 $\mu\text{m}$  de poro (Millipore HV, 13 mm não estéril, fêmea slip).

Após a filtragem retirou-se com uma micro-seringa de 100  $\mu\text{L}$  (HAMILTON) 20  $\mu\text{L}$  da solução para a injeção em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC). Foi utilizado cromatógrafo composto de duas bombas Shimadzu (modelo 10 AD) e detector ultra violeta Shimadzu (modelo SPD-10 A), com ajuste de detecção para o comprimento de onda de 272 nm. A coluna utilizada foi de Lichrosorb de fase reversa (modelo RP-18). A fase móvel foi formada por uma solução de metanol:água:ácido acético (70:30:0,5), com fluxo de 0.9 mL/minuto.

Para se definir o pico e o tempo de retenção de cada composto, seus padrões foram injetados em conjunto e separadamente nas concentrações de 0, 10, 20, 40, 80, 120 e 160  $\mu\text{g/mL}$ . O tempo de retenção foi utilizado para identificação dos compostos



fitoquímicos por meio de comparações entre os cromatogramas das amostras com os padrões injetados no HPLC. Após a identificação realizou-se a quantificação dos teores dos compostos. Confeccionaram-se curvas de calibração entre a área abaixo do pico em função das concentrações. As melhores curvas foram aquelas com coeficiente de determinação de 99,9%. A partir destas curvas e dos resultados das áreas abaixo dos picos quantificaram-se os teores dos compostos fitoquímicos.

## **2.7. Análises estatísticas**

### **2.7.1. Efeito das concentrações de nutrientes na solução nutritiva sobre ninfas e adultos de *C. viridis***

Para estudar o efeito direto das concentrações do nitrogênio e potássio sobre a intensidade do ataque de ninfas e adultos de *C. viridis* realizou-se análise de regressão linear múltipla a  $p < 0,05$ .

### **2.7.2. Efeito das concentrações de nutrientes na solução nutritiva e nas folhas sobre as concentrações de compostos fitoquímicos de *C. arabica* e, de compostos fitoquímicos sobre a densidade de ninfas e adultos de *C. viridis***

Para o estudo do efeito dos nutrientes nos teores de compostos fitoquímicos e destes na densidade de ninfas e adultos de *C. viridis* utilizou-se análise de trilha. As variáveis utilizadas nesta análise foram selecionadas através de correlação de Pearson a  $p < 0,10$ .

A análise de trilha foi realizada utilizando os procedimentos PROC REG e PROC CALIS do SAS (SAS Institute, 2002) segundo Mitchell (1993). O diagrama de trilha testado está indicado na Figura 1. As interações entre as variáveis foram representadas por coeficientes de correlação.

O coeficiente de trilha (coeficiente de regressão) quantifica a intensidade de cada efeito direto na variável resposta (Li, 1975; Mitchell, 1993; Sokal & Rohlf, 1995). O efeito indireto de uma variável é calculado quando a trilha passa por uma ou mais variáveis intermediárias até chegar à variável resposta. Um coeficiente indireto é obtido através do produto de todos os coeficientes ao longo de uma trilha (Li, 1975; Sokal & Rohlf, 1995). Quando o efeito direto possui o mesmo sinal do efeito total a relação causal é verdadeira e a magnitude dos efeitos é dada pelo valor de  $R^2$  (Cruz, 2003).

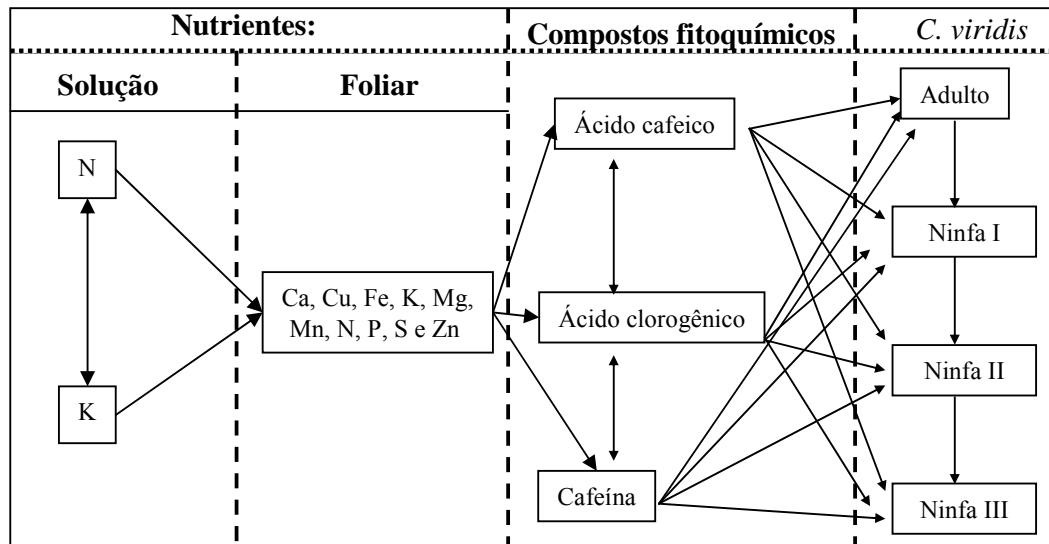


Figura 1. Diagrama testado na análise de trilha para estudo da interação entre nutrientes na solução e folhas, compostos fitoquímicos na folha e densidades de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em *Coffea arabica*. As interações entre variáveis independentes e dependentes foram representadas por coeficientes de correlação (setas bidirecionais) e regressão (setas unidirecionais), respectivamente.

### 2.7.3. Efeito das doses de nitrogênio e de potássio sobre as perdas causadas por *C. viridis* no desenvolvimento das plantas

Utilizando-se os dados da última avaliação do desenvolvimento das plantas calcularam-se as perdas causadas para cada característica (matéria seca, área foliar, altura e diâmetro do caule). Para tanto se utilizou a seguinte fórmula:

$P_d = VC_{PNA} - VC_{PA}$ , onde:

$P_d$  = Perdas para cada característica;

$VC_{PNA}$  = Valor da característica para as plantas não atacadas;

$VC_{PA}$  = Valor da característica para as plantas atacadas por *C. viridis*.

Os dados de perdas e de desenvolvimento das plantas foram submetidos a análise de regressão linear múltipla em função das doses de nitrogênio e de potássio a  $p < 0,05$ .

### 3. RESULTADOS

Os níveis de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva, os teores dos macro, micronutrientes e dos compostos fitoquímicos nas folhas estão listados na Tabela 1.

#### **3.1. Intensidade de ataque de adultos e ninfas de *C. viridis* em *C. arabica* em função de doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva**

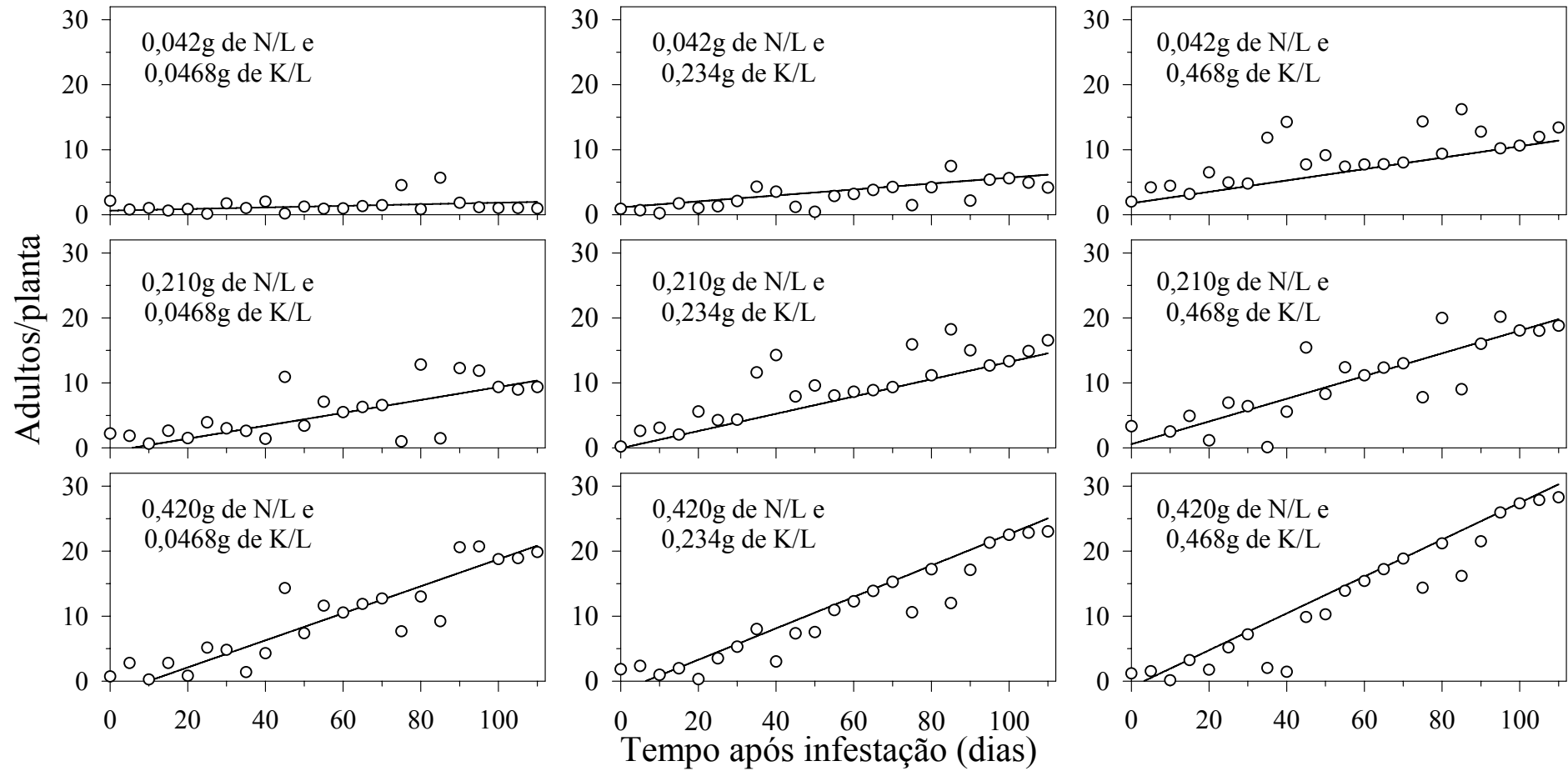
Verificou-se que a intensidade de ataque de adultos e de ninfas de *C. viridis* apresentou aumento ao longo do tempo em todos os tratamentos. O tratamento que apresentou menor intensidade de ataque de adultos e de ninfas de *C. viridis* foi aquele em que as plantas foram submetidas a menores doses de nitrogênio (0,042 g/L) e potássio (0,0468 g/L). Nestas doses a densidade de *C. viridis* foi cerca de 2 adultos/planta e 50 ninfas/planta aos 110 dias após a infestação das plantas. A maior intensidade de ataque de adultos e de ninfas foi verificado para plantas submetidas as maiores doses de nitrogênio (0,420 g/L) e de potássio (0,468 g/L). Nestas a densidade de *C. viridis* foi cerca de 30 adultos/planta e 185 ninfas/planta aos 110 dias após a infestação das plantas (Figuras 2 e 3).

Portanto, plantas submetidas a doses baixas de nitrogênio e de potássio apresentam menores intensidades de ataque de adultos e de ninfas de *C. viridis* ao longo do tempo. Por outro lado o aumento das doses de nitrogênio e de potássio proporcionou o aumento da intensidade de ataque de adultos e de ninfas. Isto é, plantas mais bem nutridas favorecem uma maior intensidade de ataque de *C. viridis*. Ao contrário, plantas mal nutridas possuem baixa intensidade de ataque de *C. viridis* (Figuras 2 e 3).

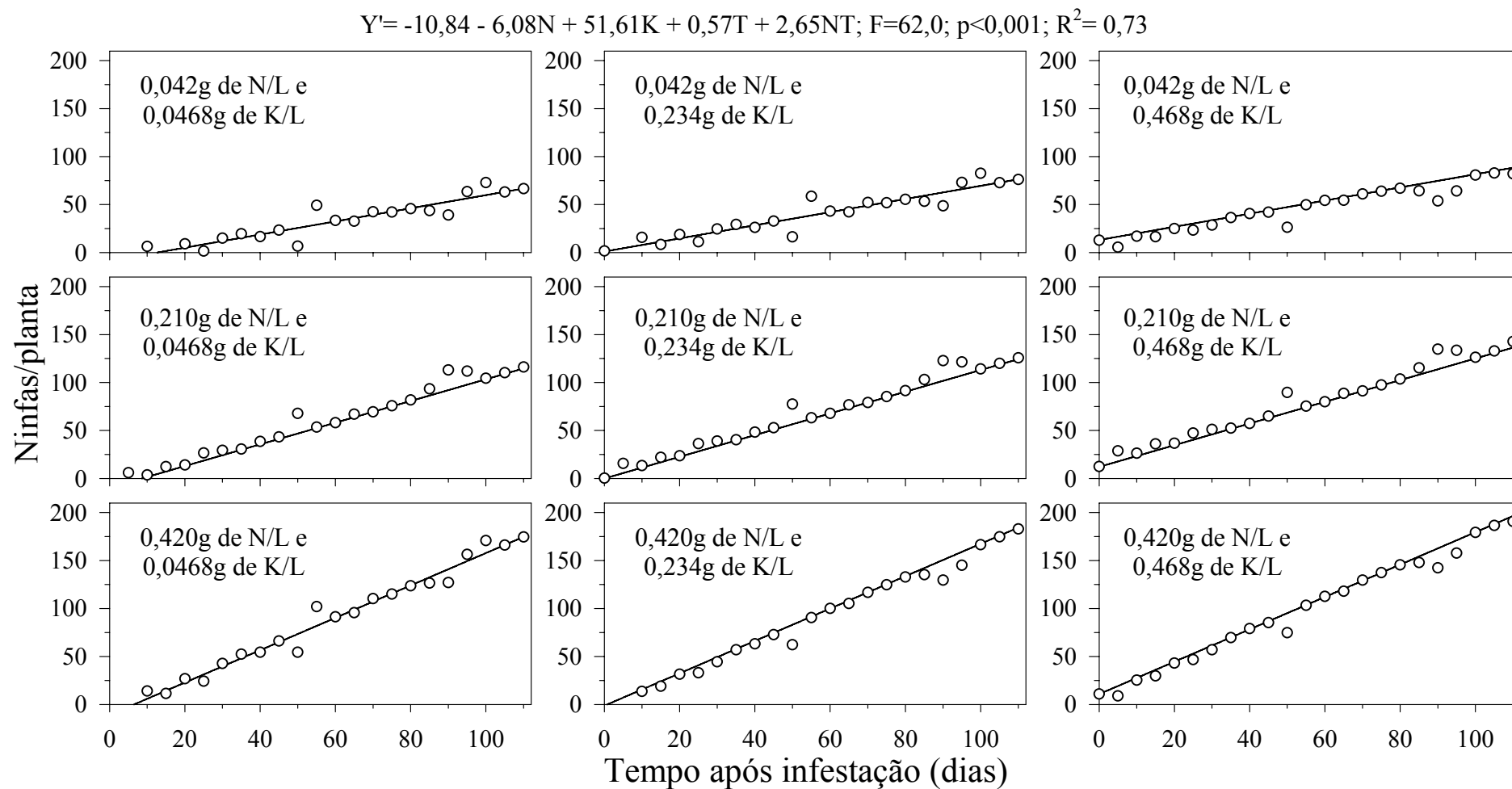
**Tabela 1** - Teores de nutrientes na solução nutritiva, nutrientes e compostos fitoquímicos nas folhas de *Coffea arabica*. Viçosa, MG. 2005-2006.

Nutrientes na solução (g/L)		Nutrientes na folha										Compostos fitoquímicos (mg/g de folha)		
Nitrogênio	Potássio	Macronutrientes (g/kg de folha)						Micronutrientes (mg/kg de folha)				Ácido clorogênico	Ácido cafeico	Cafeína
		Nitrogênio	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio	Enxofre	Ferro	Zinco	Cobre	Manganês			
0,0420	0,0468	27,83	0,47	72,90	10,03	1,97	4,64	109,36	7,50	1,68	130,97	0,88	0,05	11,15
0,0420	0,2340	15,62	0,62	94,50	13,68	3,34	3,04	148,90	9,36	3,58	121,55	0,68	0,17	4,20
0,0420	0,4680	33,51	0,29	93,50	7,80	2,86	3,75	125,62	9,59	3,89	145,12	1,03	0,04	20,28
0,2100	0,0468	37,83	0,57	96,75	11,03	2,97	5,64	149,36	8,50	2,68	140,97	1,28	0,02	25,17
0,2100	0,2340	26,27	0,96	111,00	7,20	4,18	1,49	103,62	9,53	3,69	259,70	0,73	0,09	8,73
0,2100	0,4680	18,29	0,44	106,90	9,53	2,64	1,81	111,03	8,84	2,96	180,21	0,73	0,12	6,73
0,4680	0,0468	29,10	1,21	28,20	11,14	3,54	1,69	80,60	12,00	3,80	101,20	1,02	0,05	13,94
0,4680	0,2340	36,38	0,55	83,50	11,05	3,15	3,65	129,13	9,53	3,81	128,62	1,19	0,02	21,42
0,4680	0,4680	38,57	0,39	93,75	9,92	3,47	1,25	167,93	11,53	3,44	124,24	1,76	0,02	28,79

$$Y = 0,78 - 7,07N + 2,68K - 0,018T + 0,18KT + 0,52NT; F=92,0; p<0,001; R^2 = 0,68$$



**Figura 2** - Densidade de adultos de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em *Coffea arabica* em função de doses de nitrogênio (N) e de potássio (K) na solução nutritiva e do tempo após a infestação das plantas (T). Viçosa, MG. 2005-2006.



**Figura 3** - Densidade de ninfas de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em *Coffea arabica* em função de doses de nitrogênio (N) e de potássio (K) na solução nutritiva e do tempo após a infestação das plantas (T). Viçosa, MG. 2005-2006.

### 3.2. Seleção de variáveis que compuseram a análise de trilha

Verificou-se que dentre os nutrientes estudados apenas os teores de nitrogênio ( $r=0,92$ ,  $p<0,01$ ;  $r=0,69$ ,  $p=0,01$ ), potássio ( $r=0,94$ ,  $p<0,01$ ;  $r=0,59$ ,  $p=0,08$ ) e zinco ( $r=0,63$ ,  $p=0,07$ ;  $r=0,59$ ,  $p=0,08$ ) nas folhas correlacionaram-se com as doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva (Tabela 2). A inclusão dos teores de potássio e zinco foliares tornaram o modelo da trilha não significativo pelo teste de  $\chi^2$  a  $p>0,05$ . O modelo de trilha incluindo as doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva, os teores de nitrogênio foliar e de compostos fitoquímicos foi significativo pelo teste de qui-quadrado ( $\chi^2=12,11$ ;  $gl=5$ ;  $p=0,21$ ) (Figura 4A).

Verificou-se que dentre os compostos fitoquímicos estudados, os teores do ácido clorogênico correlacionaram-se com as intensidades de ataque de adultos ( $r=-0,59$ ;  $p=0,09$ ), ninfa de primeiro ( $r=-0,71$ ;  $p=0,03$ ), segundo ( $r=-0,83$ ;  $p<0,01$ ) e terceiro ( $r=-0,65$ ;  $p=0,05$ ) ínstaes de *C. viridis*. Observou-se que os teores de cafeína correlacionaram-se com as densidades populacionais de adultos ( $r=-0,67$ ;  $p=0,04$ ) e ninfas de primeiro ínstar ( $r=-0,71$ ;  $p=0,03$ ). Verificou-se correlação entre os teores de cafeína e do ácido cafeico ( $r=-0,63$ ;  $p=0,047$ ) (Tabela 3 e 4). Verificou-se pela análise de trilha que a inclusão dos compostos fitoquímicos tornou o modelo significativo pelo teste de  $\chi^2$  a  $p>0,05$ . Portanto, os componentes utilizados no estudo foram o ácido clorogênico, cafeína e ácido cafeico.

Verificou-se que entre os estádios de *C. viridis*, as densidades de adultos correlacionaram-se com as densidades de ninfas de primeiro ínstar ( $r=0,97$ ;  $p<0,01$ ), ninfas de primeiro com ninfas de segundo ínstar ( $r=0,77$ ;  $p<0,01$ ) e ninfas de segundo com ninfas de terceiro ínstar ( $r=0,72$ ;  $p<0,01$ ) (Tabela 5). Verificou-se pela análise de trilha que a inclusão de todos os estádios do ciclo de vida de *C. viridis* tornou o modelo significativo pelo teste de  $\chi^2$  a  $p>0,05$ . Portanto os estádios de adultos, ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstaes foram incluídos no modelo.

Verificou-se que o modelo composto pelos compostos fitoquímicos e intensidade de ataque de ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstaes de *C. viridis* foi significativo pelo teste de qui-quadrado ( $\chi^2=14,31$ ;  $gl=6$ ;  $p=0,11$ ) (Figura 4B).

**Tabela 2** - Correlações de Pearson entre as doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva com os teores de nutrientes na folha de *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

Nutrientes na folha	Nutriente na solução	
	Nitrogênio	Potássio
Nitrogênio	0,92*	0,69*
Fósforo	0,41	-0,46
Potássio	0,94*	0,59**
Cálcio	-0,42	-0,22
Magnésio	0,21	0,32
Enxofre	-0,18	0,44
Ferro	-0,46	-0,02
Zinco	0,63**	0,59**
Cobre	0,57	-0,13
Manganês	0,21	0,56

\*<sup>e</sup>\*\*\* Correlação significativa pelo teste t a  $p < 0,05$  ou  $p < 0,10$ , respectivamente.

**Tabela 3** - Correlações de Pearson entre os teores dos compostos fitoquímicos na folha com as densidades dos estádios de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

Compostos fitoquímicos na folha	Densidades dos estádios de <i>C. viridis</i>			
	Adultos	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III
Acido cafeico	0,04	-0,49	-0,46	-0,39
Cafeína	-0,67*	-0,70*	-0,19	0,01
Acido clorogênico	-0,59**	-0,71*	-0,83*	-0,65*

\*<sup>e</sup>\*\*\* Correlação significativa pelo teste t a  $p < 0,05$  ou  $p < 0,10$ , respectivamente.

**Tabela 4** - Correlações de Pearson entre os teores de compostos fitoquímicos nas folhas de *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

Compostos fitoquímicos na folha	Ácido cafeico	Cafeína
Cafeína	-0,63**	.
Acido clorogênico	0,54	0,20

\*<sup>e</sup>\*\*\* Correlação significativa pelo teste t a  $p < 0,05$  ou  $p < 0,10$ , respectivamente.



**Tabela 5** - Correlações de Pearson das densidades dos estádios de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em folhas de *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

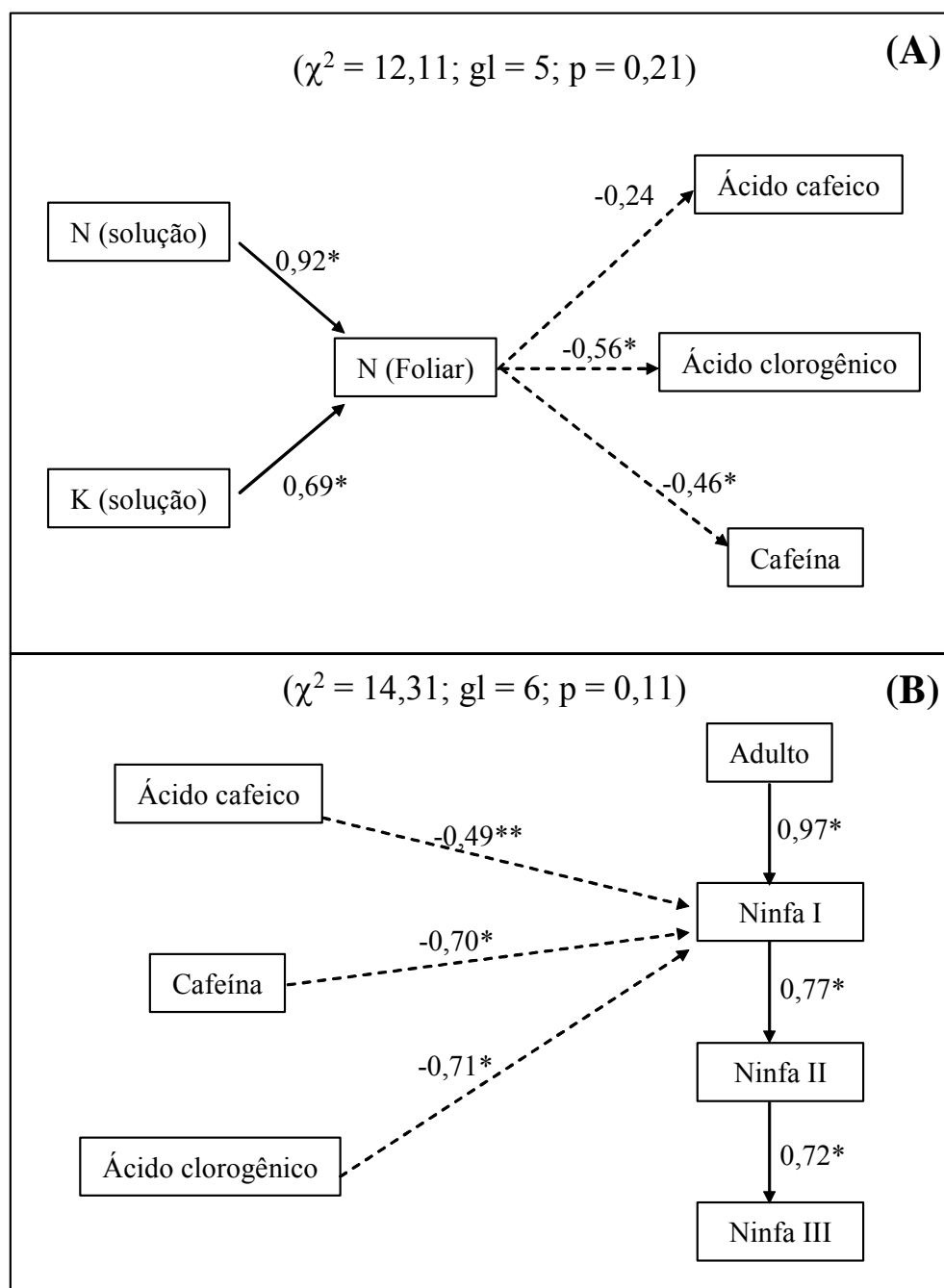
Estádios de <i>C. viridis</i>	Adultos	Ninfa I	Ninfa II	Ninfa III
Ninfa I	0,97*	.	.	.
Ninfa II	0,72*	0,77*	.	.
Ninfas III	0,37	0,42	0,72*	.

\* e \*\* Correlação significativa pelo teste t a  $p < 0,05$  ou  $p < 0,10$ , respectivamente.

### 3.3. Análise de trilha

Verificou-se que o aumento dos níveis de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva propiciou de forma direta o aumento do teor de nitrogênio nas folhas. O aumento do teor de nitrogênio nas folhas resultou em redução dos teores dos fitoquímicos: ácido cafeico, ácido clorogênico e cafeína (Tabela 6 e Figura 4A). Portanto, o aumento dos teores de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva proporcionou o aumento dos teores foliares de nitrogênio e estes propiciaram a redução dos teores dos compostos fitoquímicos ácido cafeico, ácido clorogênico e cafeína nas folhas.

Verificou-se que o aumento dos teores dos compostos fitoquímicos: ácido cafeico, cafeína e ácido clorogênico propiciaram de forma direta a redução na intensidade de ataque de ninfas de primeiro ínstar de *C. viridis*. Observou-se que os teores destes compostos propiciaram de forma indireta a redução da intensidade de ataque de ninfas de segundo e terceiro ínstar. Verificou-se que houve relação entre as densidades de adultos sobre ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar (Tabela 7 e Figura 4B). Portanto, o aumento dos teores do ácido cafeico ( ), cafeína ( ) e ácido clorogênico ( ) nas folhas propiciou redução de 9,51 ninfas de primeiro ínstar/planta para 1,13 ninfas de primeiro ínstar/planta.



**Figura 4** - (A) Diagrama da trilha da interação entre doses de nitrogênio (N) e de potássio (K) na solução nutritiva, nitrogênio e compostos fitoquímicos nas folhas. (B) Diagrama da trilha da interação entre compostos fitoquímicos nas folhas e intensidade de ataque de adultos e ninfas 1º, 2º e 3º instar de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) a *Coffea arabica*. Viçosa, MG. 2005-2006. Setas tracejadas indicam efeito negativo e setas contínuas efeito positivo. \* e \*\* Coeficientes de correlação significativos pelo teste t a  $p < 0,05$  e  $p < 0,10$ , respectivamente.

**Tabela 6** - Efeitos direto, indireto e total dos componentes da trilha entre as doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva, teor de nitrogênio e teores de ácido cafeico, ácido clorogênico e cafeína nas folhas de *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

Nutriente	Efeitos do ácido cafeico			Efeitos do ácido clorogênico			Efeitos da cafeína			Efeitos do teor de N foliar		
	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total
Dose de N na solução	·	-0,22	-0,22	·	-0,51	-0,51	·	-0,42	-0,42	0,92	·	0,92
Dose de K na solução	·	-0,16	-0,16	·	-0,39	-0,39	·	-0,32	-0,32	0,69	·	0,69
Teor de N foliar	-0,24	·	-0,24	-0,56	·	-0,56	-0,46	·	-0,46	·	·	·
R <sup>2</sup>	-----			-----			-----			-----		
		0,17			0,25			0,39			0,48	
F		1,15			2,27			5,10			11,10	
p		0,06			0,04			0,03			0,03	

**Tabela 7** - Efeitos diretos, indiretos e totais dos componentes da trilha entre os teores de compostos fitoquímicos nas folhas sobre a intensidade de ataque de ninfas de 1º, 2º e 3º instar e adultos de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) em *Coffea arabica* Viçosa, MG. 2005-2006.

Variáveisb	Efeitos de Ninfa de 1º instar			Efeitos de Ninfa de 2º instar			Efeitos de Ninfa de 3º instar		
	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total
Teor de ácido cafeico	-0,49	.	-0,49	.	-0,38	-0,38	.	-0,27	-0,27
Teor de cafeína	-0,70	.	-0,70	.	-0,54	-0,54	.	-0,39	-0,39
Teor de ácido clorogênico	-0,71	.	-0,71	.	-0,55	-0,55	.	-0,39	-0,39
Adultos de <i>C. viridis</i>	0,97	.	0,97	.	0,75	0,75	.	0,54	0,54
Ninfa I de <i>C. viridis</i>	.	.	.	0,77	.	0,77	.	0,55	0,55
Ninfa II de <i>C. viridis</i>	.	.	.	.	.	.	0,72	.	0,72
R <sup>2</sup>		0,84			0,59			0,52	
F		31,15			10,34			7,85	
P		<0,01			<0,01			0,02	

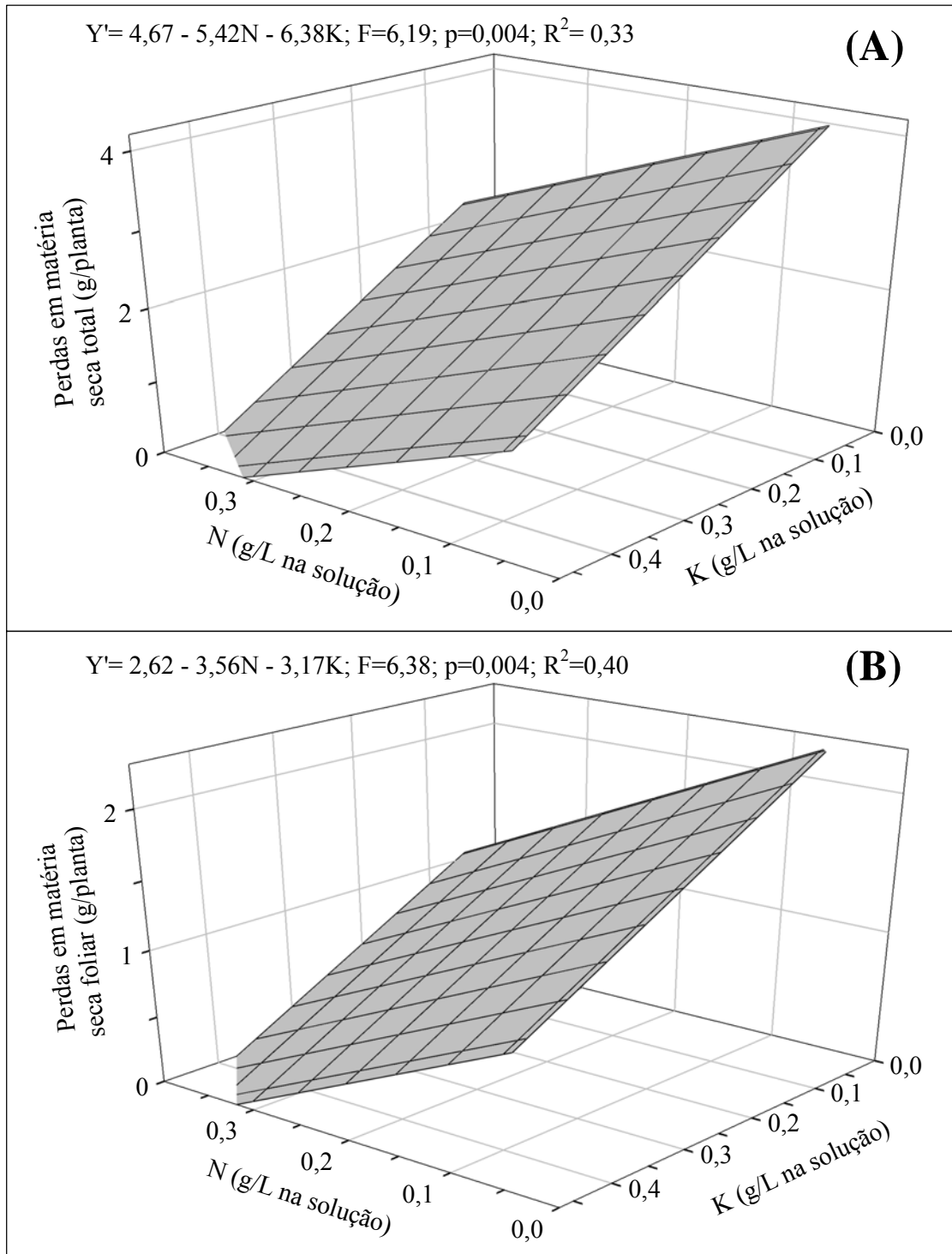
### **3.4. Impacto do ataque de *C. viridis* nas perdas de crescimento em *C. arabica* em função das doses de nitrogênio e de potássio na solução**

Verificaram-se que as plantas atacadas por *C. viridis* apresentaram menor desenvolvimento em termos de matéria seca total, foliar, do caule e diâmetro caule que as plantas não atacadas.

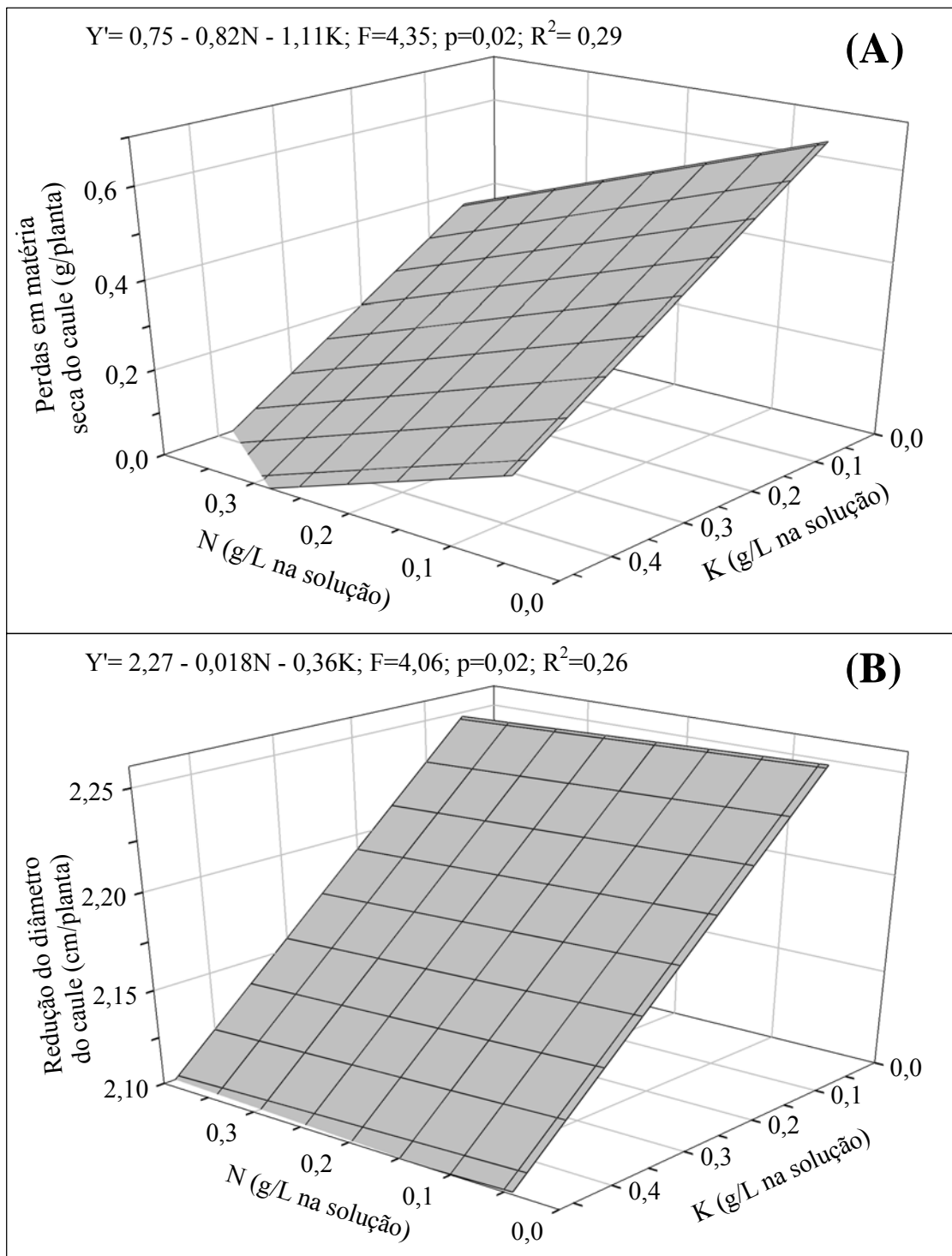
Verificou-se que as perdas causadas por *C. viridis* e o desenvolvimento das plantas em termos de matéria seca total, foliar, do caule e do diâmetro caule em função de doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva ajustaram-se a modelos lineares de superfície de resposta. Não foram encontrados ajustes significativos para as perdas causadas por *C. viridis* e do desenvolvimento das plantas em termos de matéria seca da raiz, altura das plantas e área foliar em função das doses de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva.

Verificou-se a ocorrência de maiores perdas causadas por *C. viridis* e menor desenvolvimento das plantas quando estas foram submetidas a baixas doses de nitrogênio e de potássio. As doses de nitrogênio e de potássio que proporcionaram maiores perdas de matéria seca total (4,00 g/planta); foliar (2,35 g/planta) e do caule (0,64 g/planta) e redução do diâmetro do caule (0,15 cm/planta) foram 0,042 g/L de nitrogênio e 0,0468 g/L de potássio (Figuras 5A, 5B, 6A e 6B). Estas doses de nitrogênio e de potássio foram as que proporcionaram a máxima produção de matéria seca total (9,20 e 13,85 g/planta), foliar (3,85 e 4,18 g/planta), do caule (0,96 e 1,62 g/planta) e diâmetro do caule (0,67 e 0,64 cm/planta) em plantas infestadas e não infestadas respectivamente (Figuras 7A e 7B; 8A e 8B; 9A e 9B; 10A e 10 B).

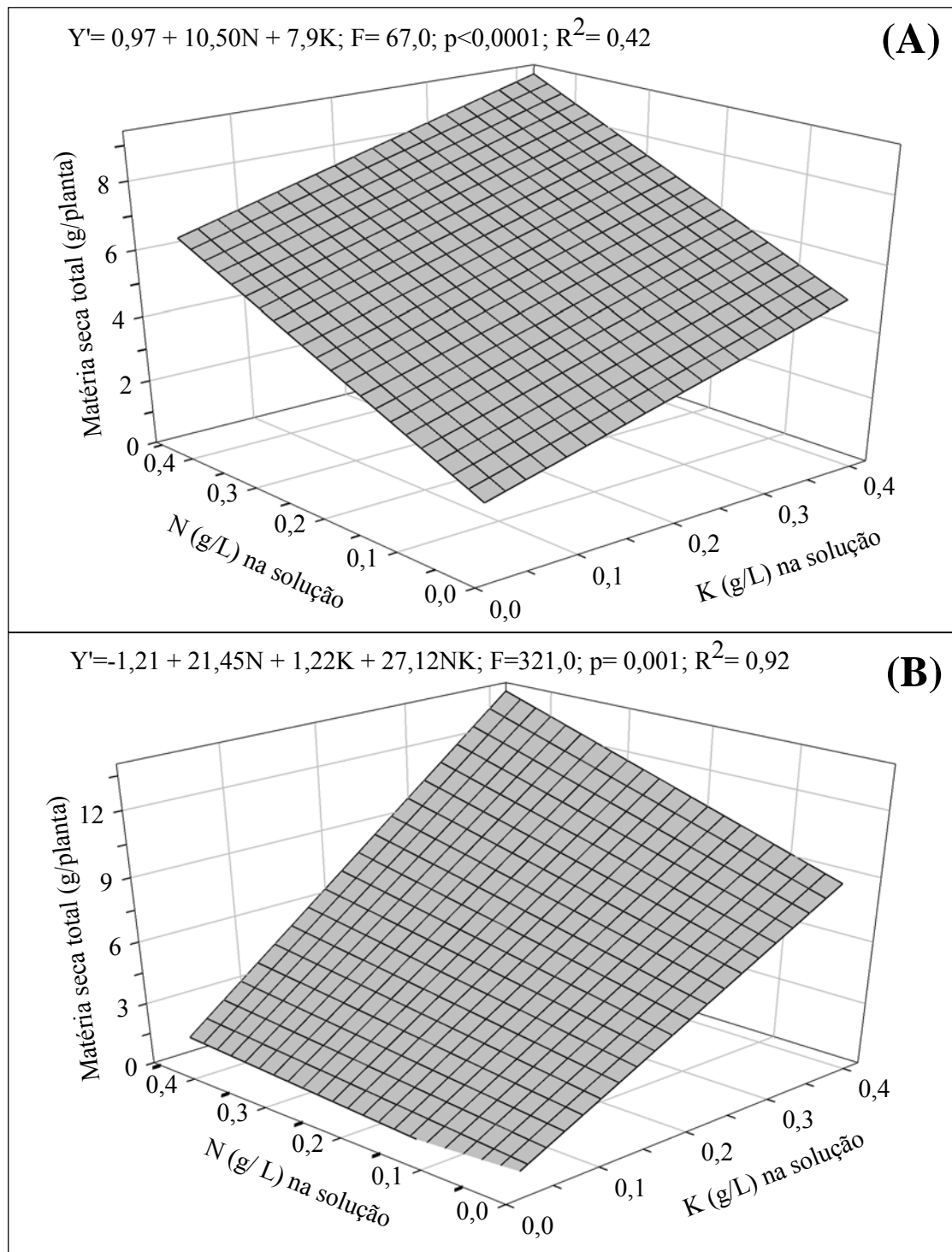
Portanto, plantas de *C. arabica* atacadas por *C. viridis* com baixas adubações nitrogenadas e potássicas possuem menor desenvolvimento e toleram menos o ataque. Ao contrário, plantas com altas adubações possuem maior desenvolvimento e toleram maior o ataque de *C. viridis*.



**Figura 5** - (A) Perdas em matéria seca total e (B) foliar devido ao ataque de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) a *Coffea arabica* em função de doses de nitrogênio (N) e de potássio (K) da solução nutritiva Viçosa, MG. 2005-2006.

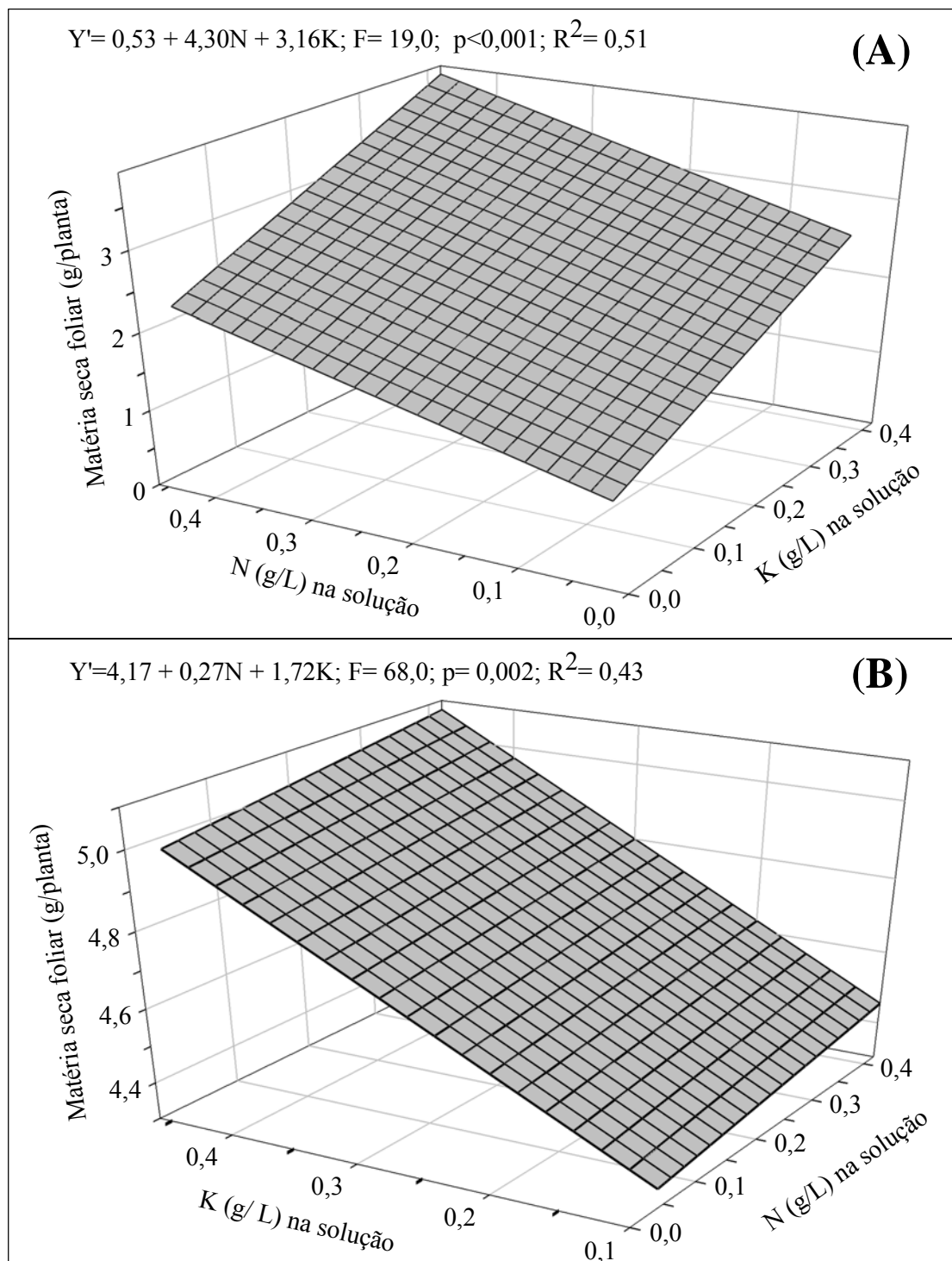


**Figura 6** - (A) Perdas de matéria seca e (B) redução do diâmetro do caule devido ao ataque de *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) a *Coffea arabica* em função de doses de nitrogênio (N) e de potássio (K) da solução nutritiva Viçosa, MG. 2005-2006.

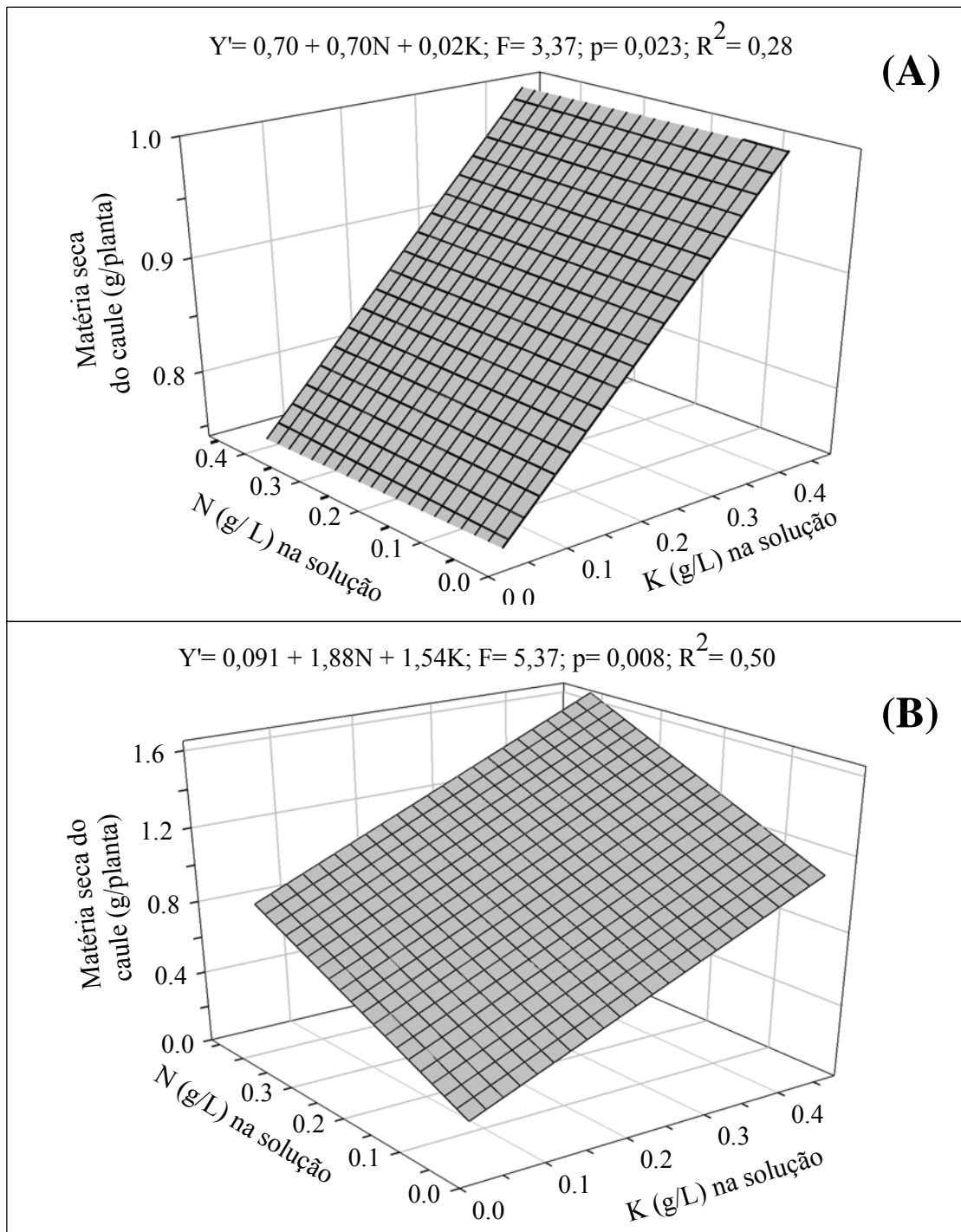


**Figura 7-** Efeito das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) sobre a matéria seca total de plantas de *Coffea arabica* (A) infestadas e (B) não infestadas por *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) (Viçosa, MG-2005-2006)

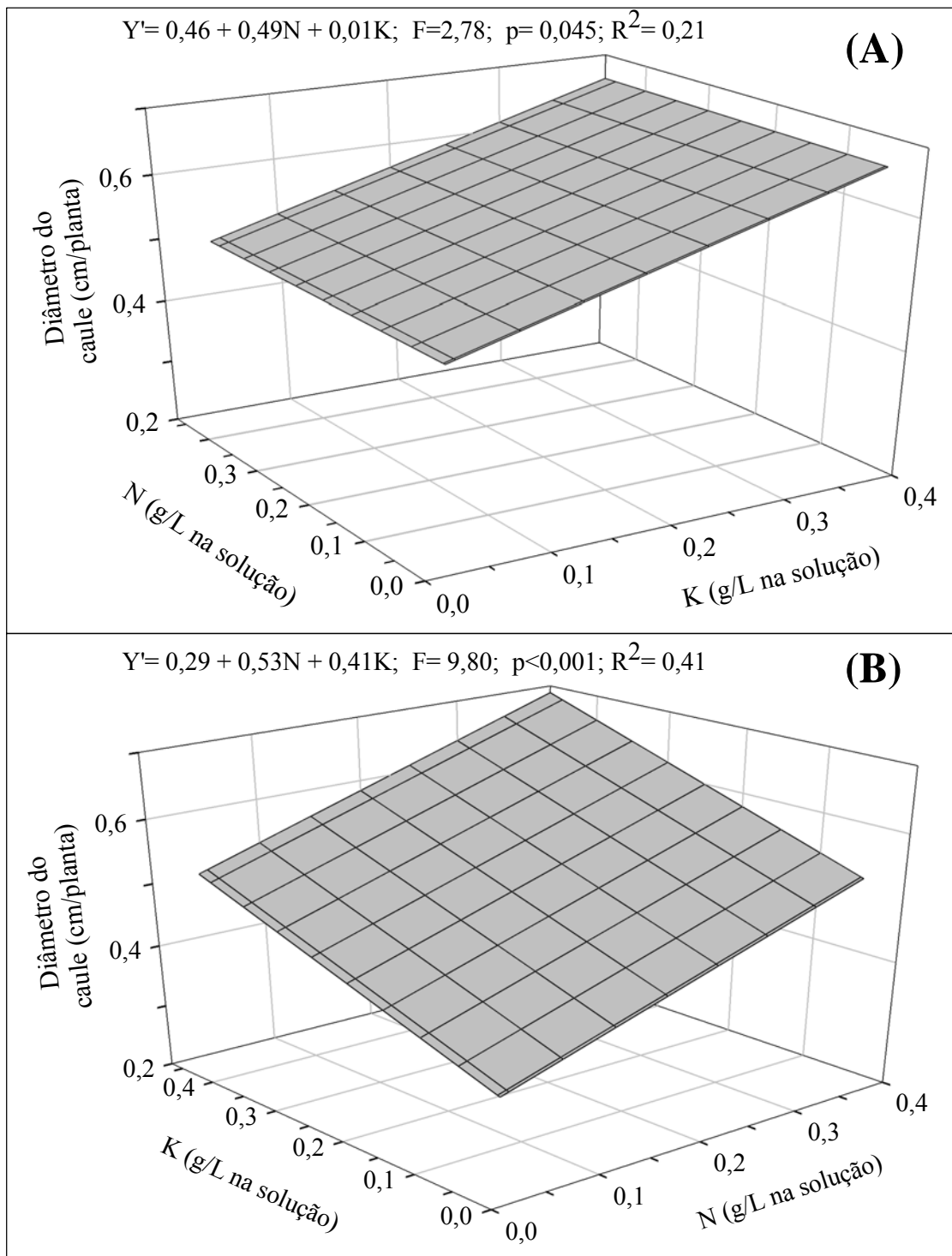




**Figura 8-** Efeito das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) sobre a matéria seca foliar de plantas de *Coffea arabica* (A) infestadas e (B) não infestadas por *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) (Viçosa, MG-2005-2006).



**Figura 9** - Efeito das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) sobre a matéria seca do caule de *Coffea arabica* (A) infestadas e (B) não infestadas por *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) (Viçosa, MG-2005-2006).



**Figura 10** - Efeito das doses de nitrogênio (N) e potássio (K) sobre o diâmetro do caule em plantas de *Coffea arabica* (A) infestadas e (B) não infestadas por *Coccus viridis* (Hemiptera: Coccidae) (Viçosa, MG-2005-2006)

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1.1. Impacto dos nutrientes e compostos fitoquímicos sobre *C. viridis*

Verificou-se que com a elevação dos teores de nitrogênio e de potássio na solução nutritiva ocorreu aumento do ataque de ninfas e de adultos de *C. viridis* ao cafeeiro ao longo do tempo. O impacto da aplicação de doses maiores de nitrogênio e de potássio pode ter efeitos diretos e indiretos sobre a densidade de *C. viridis*. Verificou-se neste trabalho que estes nutrientes têm impacto direto através do aumento dos teores de nitrogênio nas folhas. Já o efeito indireto foi devido à redução dos teores de cafeína, ácido clorogênico e ácido cafeico nas folhas.

Com relação ao efeito direto de nutrientes sobre o ataque de insetos têm-se verificado que o aumento das doses de nitrogênio e de potássio as quais as plantas são submetidas provocam alterações na quantidade e qualidade dos nutrientes presentes na planta e utilizados na alimentação de insetos fitófagos (Bernays & Chapman, 1994).

O efeito direto do nitrogênio ocorre devido ao fato da maior disponibilidade de nitrogênio no floema enriquecer o alimento, aumentando os teores de aminoácidos livres, carboidratos solúveis e lipídeos de cadeia simples, os quais constituem fonte alimentar de fácil digestão pelos insetos (Mattson, 1980; Buchanan et al., 2000).

Por outro lado o uso de doses elevadas de nitrogênio na adubação reduz as barreiras físicas à alimentação de insetos sugadores como *C. viridis*. Barreiras estas, que em folhas de *C. arabica* 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 (como lignina, celulose e hemicelulose) 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, 2004).

Assim, verifica-se que a aplicação de doses elevadas de nitrogênio ocorre aumento da reprodução (Panda & Khush, 1995), desenvolvimento (Kerslake et al. 1998), crescimento e sobrevivência (Salim & Saxena, 1991) de insetos.

Hogendorp et al. (2006) verificaram que a maior adubação nitrogenada ocorreu aumento do ataque e reprodução de *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) em *Solenostemon scutellarioides* (Coleus) (Lamiaceae). Bastos et al. (2003) atribuíram a redução do ataque de *Empoasca kraemeri* (Ross & Moore) (Hemiptera: Cicadellidae) e *Thrips tabaci* (Lind) (Thysanoptera: Thripidae) a *Phaseolus*

*vulgaris* L. (Leguminosae) ao aumento dos teores de substâncias de estrutura química complexa como celulose, hemicelulose e lignina. Endem (1966), verificou que em couve-de-bruxelas (*Brassica oleracea* L.) que receberam doses mais elevadas de nitrogênio foi maior a reprodução do inseto sugador *Myzus persicae* (Sulzer). Caixeta et al. (2004) verificaram que ocorreu maior ataque *L. coffeella* em plantas de *C. arabica* que receberam maior adubação nitrogenada. Segundo estes autores tal fato ocorreu devido ao aumento dos teores de proteínas, decréscimo nos teores de lignina, amido e açúcares solúveis totais nas plantas.

O potássio funciona em processos osmóticos e ativador enzimático participando das reações de fosforilação e síntese de proteínas (Faquim, 1994). De Bortoli et al. (2005) estudando o efeito de doses de potássio sobre o desenvolvimento de *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) em plantas de Sorgo, verificaram que doses excessivas de potássio favoreceram o crescimento destas lagartas.

Assim, quando o cafeicultor faz uso de adubações nitrogenadas e potássicas excessivas contribui para o aumento da intensidade de ataque de *C. viridis* em *C. arabica*, pois devem existir alimentos mais palatáveis e mais disponíveis para os insetos, possibilitando aumento da reprodução, crescimento, desenvolvimento e sobrevivência. O qual foi verificado nos resultados.

A correlação positiva entre o estágio de adulto seguidos por ninfas de primeiro, segundo e terceiro ínstar de *C. viridis* pode estar relacionado ao fato dos insetos estarem sob condições controladas (temperatura e ausência de chuvas), sem inimigos naturais e ausência de impacto de inseticidas (Kytö et al., 1996; Frago 2000).

O efeito indireto dos nutrientes nas folhas de *C. arabica* sobre as ninfas de primeiro ínstar de *C. viridis* são devidos ao aumento do nitrogênio e do potássio que reduzem os teores de ácido clorogênico, ácido caféico e cafeína. A redução destes compostos causada pela elevação dos teores foliares do nitrogênio e potássio está relacionada à hipótese do balanço carbono/nutriente. O excesso destes nutrientes faz com que esta relação se reduza. Com isso o carbono é alocado principalmente para o crescimento, diminuindo a concentração de compostos de defesa formados à base de carbono. A presença de maior disponibilidade destes nutrientes estimula o crescimento de folhas novas, aumenta a força do dreno e a demanda por carboidratos, diminuindo a quantidade de compostos orgânicos destinados à síntese de compostos fitoquímicos (Bryant et al., 1983).

Por outro lado, plantas que apresentam deficiência de nitrogênio e de potássio podem alocar maior quantidade de carbono para a produção de compostos secundários

de defesa (Herms & Mattson, 1992). Malta et al. (2003) estudando o efeito de diferentes doses de nitrogênio sobre a composição química dos grãos de café, verificaram que doses elevadas de nitrogênio reduziram a produção de ácido clorogênico. Este mesmo autor verificou que doses excessivas deste nutriente reduziram a concentração de compostos fenólicos totais em *C. arabica*. Mazzafera (1999) observou que a redução do potássio causa diminuição do teor de cafeína nas folhas.

O efeito direto de cafeína, ácido clorogênico e ácido cafeico sobre a população de ninfas de primeiro ínstar de *C. viridis* pode estar relacionado aos efeitos dos aloinóis antixenóticos, deterrentes destes compostos sobre o comportamento de busca e preferência pela alimentação de *C. viridis*. Estes mecanismos são utilizados pelas plantas para se defender de oviposição e ataque dos insetos herbívoros (Gatehouse, 2002; Ribeiro et al., 2005). 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.

Kennedy & Schaefer (1975) verificaram redução do ataque dos dois primeiros ínstars de *Amphorophora agathonica* Hottes (Hemiptera: Aphididae) à plantas de framboesa com deficiência nutricional. Bentz et al. (1995) verificaram baixa intensidade de ataque dos primeiros ínstars de *Bemisia tabaci* Genn. (Hemiptera: Aleyrodidae) em plantas de *Euphorbia pulcherrima* Willd (Euphorbiaceae) sem fornecimento de nutrientes. Inbar et al. (2001) verificaram baixo desenvolvimento de insetos sugadores em tomateiro *Lycopersicon esculentum* L. (Solanaceae) com altos níveis de aleloquímicos sob baixos teores de nutrientes.

Dentre os compostos fitoquímicos presentes nas folhas de *C. arabica* verificou-se alguns trabalhos relacionando o efeito deterrente de cafeína sobre insetos, Rizvi et al. (1980); Nathanson (1984); Frischknecht et al. (1986); Castellanos & Espinosa-Garcia (1997); Hewavitharanage et al. (1999) relatam efeito deterrente de cafeína sobre vários grupos de insetos. Calatayud et al. (1994) verificaram efeito deterrente da cafeína sobre a cochonilha (*Phenacoccus manihoti* Mat.-Ferr.) (Hemiptera: Pseudococcidae) em plantas de Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (Euphorbiaceae).

Em relação ao ácido clorogênico Sauvion et al. (2004) verificaram ação de deterrência do ácido clorogênico sobre o inseto sugador (*Acyrtosiphon pisum* Harris) (Hemiptera: Aphididae) em *Canavalia ensiformis* L. (Fabaceae). Urbanska et al. (2000) verificou efeito deterrente do ácido clorogênico em vários afídeos sugadores. Segundo Zurita et al., (2000) quando trabalhavam com (*Dalbulus maidis*) (Delong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em híbridos de milho *Zea mays* (Graminae), verificaram que

as baixas intensidades de ataque aos híbridos pode estar associada a ação de ácido clorogênico. Ramiro et al. 2006 verificaram redução do ataque de *L. coffeella* em plantas de *C. arabica* sob altas concentrações de ácido clorogênico. O ácido clorogênico foi reportado ainda em tomateiros causando redução do ataque em algumas pragas desta cultura (Isman & Duffey, 1982; Matsuda & Senbo, 1986; Wilkens et al., 1996; English-Loeb et al., 1997).

Não foram encontrados trabalhos relatando o efeito do ácido cafeico a insetos sugadores. No entanto Santiago et al. (2005) verificou interação do ácido cafeico com as baixas intensidades de ataque de (*Sesamia nonagrioides* Lefèbvre) (Lepidoptera: Noctuidae) em plantas de *Z. mays*. A importância maior do ácido cafeico intermediário da síntese de ácido clorogênico se encontra na correlação positiva com a cafeína. Esta relação se deve a ocorrência de aumento da complexação do ácido clorogênico com a cafeína, para que esta seja transportada para o interior da célula (Horman & Viani, 1972; Martin et al., 1987). Esta demanda do ácido clorogênico possibilita aumento do processo de síntese via ácido cafeico (Mazzafera et al., 1996).

Portanto, é provável que os compostos fitoquímicos atuem como deterrentes alimentares a *C. viridis* em *C. arabica*. Há uma tendência dos produtores terem maior ataque em seus cafeeiros quando as plantas estão submetidas a excesso de nitrogênio e potássio.

#### **4.1.2. Impacto de *C. viridis* e nutrientes sobre as perdas em *C. arabica***

Segundo Trumble et al. (1993) a maior disponibilidade 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. Assim, com a maior disponibilidade de nutrientes há mais recursos nutricionais tanto a serem usados pela planta no seu desenvolvimento como pelo inseto na sua alimentação (Panda & Khush, 1995).

Como observado neste trabalho, Huhta et al. (2000) verificaram que plantas de mostarda (*Erysimum strictum* Gaertn.) foram mais tolerantes ao ataque de insetos fitófagos quando se encontravam bem nutridas. De Bortoli et al. (2005) para o sorgo atacado por *Diatraea saccharalis* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) e Miyasaka et al. (2007) para *Pennisetum clandestinum* Hoechst (Poaceae) atacada por *Sipha flava* Forbes (Hemiptera: Aphididae) verificaram que as plantas que receberam maiores doses de

potássio apesar de serem mais atacadas por estes insetos sofreram menores perdas do às que receberam menores doses deste nutriente.

Outra razão para que os cafeeiros que receberam maior adubação nitrogenada e potássica tenham tolerado mais o ataque de *C. viridis* é o fato de que plantas melhor nutridas têm maior capacidade de ativação de mecanismos de tolerância a este ataque. No caso de insetos sugadores como *C. viridis* estes mecanismos são ativados quando o inseto succiona a seiva. Como isto ocorre ainda não se conhece. Uma das hipóteses para esta ativação é que plantas mais bem nutridas, possivelmente, tenham maior capacidade de degradação das toxinas que os insetos sugadores injetam no sistema vascular durante sua alimentação (Funk, 2001).

Portanto, os mecanismos utilizados pelas plantas de *C. arabica* para tolerar mais o ataque de *C. viridis* ainda não são explicados. Não havendo trabalhos na interação deste inseto na cultura do cafeeiro.



## 5. CONCLUSÕES

- ✓ Doses mais elevadas na adubação nitrogenada e potássica favorecem o ataque de *Coccus viridis* ao cafeeiro.
  
- ✓ Doses mais elevadas de nitrogênio e de potássio propiciam a elevação dos teores de nitrogênio nas folhas do café. A elevação dos teores de nitrogênio nas folhas reduz os teores de ácido cafeico, cafeína e ácido clorogênico nas folhas. O aumento dos teores destes três compostos nas folhas desfavorecem o ataque de ninfas de primeiro ínstar de *C. viridis*.
  
- ✓ Plantas de *Coffea arabica* que recebem maior adubação nitrogenada e potássica toleram mais o ataque de *C. viridis*.

## 6. LITERATURA CITADA

- AGRIANUAL **Anuário da Agricultura Brasileira**, FNP Consultoria e Comércio: São Paulo, 2004, 536p.
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service) Movement of rambutan fruit, *Nephellum lappaceun*, from Hawaii into other regions of the United States. PPQ. Qualitative, pathway-initiated pest risk assessment. **Plant Protection and Quarantine**, Aphis, US Department of Agriculture, 1996.
- APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service). Part 318-Hawaiian and Territorial quarantine notices, subpart-Hawaiian fruits and vegetables. **Plant protection and Quarantine**, Aphis, US Department of Agriculture, 7 CFR 318.13. 1998.
- ARESTA, A.; PALMISANO, F.; ZAMBONIN, C.G. Simultaneous determination of caffeine, theobromine, theophylline, paraxanthine and nicotine in human milk by liquid chromatography with diode array. **Food Chemistry**, v.93, n.1, p.177-181, 2005.
- ASHIHARA H.; CROZIER, A. Caffeine: a well known but little mentioned compound in plant science. **Trends Plant Science**, v.6, n.9, p.407-413, 2001.
- AWMACK, C.S.; LEATHER, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. **Annual Review Entomology**, v.47, p.817-844, 2002.
- BASTOS, C.S.; GALVÃO, J.C.C.; PICANÇO, M.C.; CECOM, P.R.; PEREIRA, P.R.G. Incidência de insetos fitófagos e de predadores no milho e no feijão cultivados em sistema exclusivo e consorciado. **Ciência Rural**, v.33 n.3, p.391-397, 2003.
- BENTZ, J. et al. Nitrogen fertilizer effect on selection, acceptance, and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Environmental Entomology**, v.24, n.1, p.40-45, 1995.
- BERNAYS, E. A.; CHAPMAN, R. F. **Host-plant selection by phytophagous insects**, Ed. Chapman & Hall, New York, 1994, 310p.
- BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F.; SINGER, M.S. Sensitivity to chemically diverse phagostimulants in a single gustatory neuron of a polyphagous caterpillar. **Journal Comparative Physiology**, v.186, n.1, p.13-19, 2000.
- BLANCHARD, R.W.; REHM, G.; CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. **Proceedings-Soil Science Society of America**, v.29, n.1, p.71-72, 1965.
- BRAGA, J.M.; DEFELIPO, B. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, n.113, p.73-85, 1974.
- BREMNER, J.M. Total nitrogen In: Black, C.A. **Methods of soil analysis**, Madison: American Society of Agronomy, 1965, p.1149-1178.
- BRYANT, J.P.; CHAPIN, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance of boreal plants in relation to vertebrate herbivory. **Oikos**, v.40, n.13, p.357-368, 1983.

- BUCHANAN, B.B.; GRUISSEM, W.; JONES, R.L. **Biochemistry and Molecular Biology of Plants**, American Society of Plant Physiologists, Rockville, MD, 2000, 1366p.
- CAIXETA, S.L.; MARTINEZ, H.E.P.; PIKANÇO, M.C.; CECON, P.R.; ESPOSTI, M.D.D.; AMARAL, J.F.T. Nutrição e vigor de mudas de cafeeiro e infestação por bicho mineiro. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1429-1435, 2004.
- CALATAYUD, P.A.; RAHBÉ, Y.; TJALLINGII, W.F.; TERTULIANO, M.; LE RÜ, B. Electrically recorded feeding behaviour of cassava mealybug on host and non-host plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.72, n.3, p.219-232, 1994.
- CAMARGO, R.A.Q.; TELLER, J.R. O café no Brasil: sua aclimação e industrialização: Rio de Janeiro, **Serviço de Informação Agrícola-Série Estudos Sociais**, v.11, n.41, 1953, 1255p.
- CAMPA, C.; VENKATARAMAIAH, M.; KOCHKO, A.; LE GAL L.; BOURGEOIS M, MOREAU, C.; HAMON, S.; NOIROT, M. Candidate gene strategy for the study of the chlorogenic acid biosynthesis. **Proceedings of the 20<sup>o</sup> International Scientific Colloquium on Coffee**, International Scientific Association on Coffee, Paris, p.644-650, 2005.
- CASAL, S.; OLIVEIRA, B.; FERREIRA, M.A. HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. **Food Chemistry**, v.68, n.4, p.481-485, 2000.
- CASTELLANOS, I.; ESPINOSA-GARCIA, F.J. Plant secondary metabolite diversity as a resistance trait against insects: a test with *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and seed secondary metabolites. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 25, n.7, p.591-602, 1997.
- CONAB **Café: análise perspectiva do mercado-safra 2006/2007**. Brasília, 2006, 8p.[Internet]. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acessado em de janeiro de 2006.
- COSTE, R. **El café**, Barcelona, Blume Tuset, 1969, 285p.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**, Viçosa: UFV, 2003, 585p.
- DE BORTOLI, S.A.; DÓRIA, H.O.S.; ALBERGARIA, N.M.M.S.; BOTTI, M.V. Aspectos biológicos e dano de *Diatraea saccharalis* (Fabr.,1794) (Lepidoptera: Pyralidae) em sorgo cultivado sob diferentes doses de nitrogênio e potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.2, p.267-273, 2005.
- DE LOTTO, G. The green scales of coffee in Africa South of the Sahara (Homoptera: Coccidae). **Bulletim Entomologic Research**, v.51, n.2, p.389-402,1960.
- DEKLE G.W, FASULO T.R. **Dec. Green Scale, Coccus viridis (Green)**. University of Florida. Florida Cooperative Extension Office. 2001. [Internet]. Disponível em: <[http://www.edis.ifas.ufl.edu/body\\_in436](http://www.edis.ifas.ufl.edu/body_in436)>. Acessado em 01 de Janeiro de 2007.
- EMDEN, H.F.V.; BASHFORD, M.A. A comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* in relation to soluble nitrogen concentration and leaf age (leaf position) in the Brussels sprout plant. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.12, n.3, p.351-364, 1966.

- ENGLISH-LOEB, G.; DUFEY, S.S. Drought stress in tomatoes: Changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. **Oikos**, v.79; n.2, p.456-468, 1997.
- ESCARRE, J.; LEPART, J.; SENTUC, J.J. Effects of simulated herbivory in the three old field Compositae with different inflorescence architectures. **Oecologia**, v.105, n.4, p.501-508, 1996.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL, 1994. 227p.
- FELTON, G.W.; EICHENSEER, H. Herbivore saliva and its effects on plant defense against herbivores and pathogens. In: Agrawal A.A.; Tuzun, S.; Bent, E. Ed. **Induced plant defenses against pathogens and herbivores**. St. Paul, MN: APS, 1999, p.19-36.
- FERNANDES FILHO, E. I. ; VALLE, F. X. R. ; LIBERATO, J. R. **QUANT - A software to quantify plant disease severity**. 2001.
- FRAGOSO, D. B. **Resistência e sinergismo a inseticidas fosforados em populações de *Leucoptera coffeella* (Guer-Menev) (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. Viçosa, UFV, 2000. 34p. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- FREDRICK, J.M. Some preliminary investigations of the green scale, *Coccus viridis* (Green), in south Florida. **Florida Entomologist**, v.26, n.2, p.12-15, 1943.
- FRISCHKNECHT, P.M.; ULMER-DUFEK, J.; BAUMANN, T.W. Purine alkaloid formation in buds and developing leaflets of *Coffea arabica*: expression of an optimal defence strategy? **Phytochemistry**, v.25, n.3, p.613-616, 1986.
- FUNK, C.J.. Alkaline phosphatase activity in whitefly salivary glands and saliva. **Archive Insect Biochemistry Physiology**, v.46, n.4, p.165-174, 2001.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C., BERT FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A., ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**, Piracicaba, FEALQ, 2002, 920p.
- GATEHOUSE, J.A. Plant resistance towards insect herbivores: A dynamic interaction. **New Phytologist**, v.156, n.2, p.145-169, 2002.
- 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.
- HEWAVITHARANAGE, P.; KARUNARATNE, S.; KUMAR, N.S. Effect of caffeine on shot hole borer beetle (*Xyleborus fornicatus*) of tea (*Camellia sinensis*). **Phytochemical**, v.51, n.1, p.35-41, 1999.
- HODAR J, ZAMORA R & CASTRO J Host utilisation by moth and larval survival of pine processionary caterpillar *Thaumetopoea pityocampa* in relation to food quality in three Pinus species. **Ecological Entomology**, v.27, n.2, p.292-301, 2002.
- 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.

- HOLLINGSWORTH, R.G. Green scale as a quarantine pest in Hawaii. *Chronica Horticulturae*. **Magazine of the International Society for Horticultural Science**, v.10, n.4, p-15-17, 2000.
- HORMAN, I.; VIANI, R. The nature and confirmation of the caffeine-clorogenate complex of coffee. **Journal Food Science**, v.37, n.6, p.925-927, 1972.
- HUHTA, A.P.; HELLSTRÖM, K.; RAUTIO, P.; TUOMI, J. A test of the compensatory continuum: fertilization increases and below-ground competition decreases tolerance of tall wormseed mustard (*Erysimum strictum*). **Evolutionary Ecology**, v.14, n.4, p.353-372, 2000.
- INBAR, M.; DOOSTDAR, H.; MAYER, R.T. Suitability of stressed and vigorous plants to various insect herbivores. **Oikos**, v.94, n.2, p.228-235, 2001.
- ISMAN, M.B.; DUFFEY, S.S. Phenolic compounds in foliage of commercial tomato cultivars as growth inhibitors to the fruit worm, *Heliothis zea*. **Journal American Society Horticultural Science**, v.107, n.3, p.167-170, 1982.
- JAEHN, A. **Efeitos de nitrogênio e de potássio em *Meloidogyne incognita* como parasito ao cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Piracicaba, ESALQ, 1980, 47p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Escola Superior Luiz de Queiroz, 1980.
- JOHNSON, C.M.; ULRICH, A. **Analytical methods for use in plants analyses**. Los Angeles: University of California, v.766, p.32-33, 1959.
- KENNEDY, G.G.; SCHAEFERS, G.A. Role of nutrition in the immunity of red raspberry to *Amphorophora agathonica* Hottes. **Environmental Entomology**, v.4, n.3, p. 115-119, 1975.
- KERSLAKE, J.E.; WOODIN, S.J.; HARTELY, S.E. Effects of carbon dioxide and nitrogen enrichment on a plant-insect interaction: the quality of *Calluna vulgaris* as a host for *Operophtera brumata*. **New Phytologist**, v.140, n.1, p.43-53, 1998.
- KOMBRINK, E.; SOMSSICH, I.E. Pathogenesis related proteins and plant defense. In: Carroll C.G.; Tudzynski, P. Ed. **Plant relationships**, Berlin: Springer-Verlag. 1997, p.107-128.
- KY, C.L.; LOUARN, J.; GUYOT, B.; CHARRIER, A.; HAMON, S.; NOIROT, M. Relations between and inheritance of chlorogenic acid contents in an interspecific cross between *Coffea pseudozanguebariae* and *Coffea liberica* var dewevrei. **Theoretical and applied genetics**, v.98, n.3, p.628-637, 2007.
- KYTÖ, M.; NIEMELÄ, P.; LARSSON, S. Insects on trees: population and individual response to fertilization. **Oikos**, v.75, n.4, p.148-159, 1996.
- LE PELLE, R.H. **Las plagas del café**. Barcelona, Labor, 1973, 693p.
- LI, C.C. **Path analysis: a primer**. Boxwood, Pacific Grove, 1975.
- 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 Agrotecnologia**, v.27, n.6, p.1246-1252, 2003.
- MARICONI, F.A.M. **A cochonilha verde do cafeeiro**. BoZrn. Suphia. Sem. Café. São Paulo, v.30, p.36-37, 1955.

- MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plantas**. 2<sup>a</sup> ed. Academic, 1995, 889p.
- MARTIN, R.; LILLEY, T.H.; FALSHAW, C.P.; HASLAM, E.; BEGLEY, M.J.; MAGNOLATO, D. The caffeine-potassium chlorogenate molecular complex. **Phytochemistry**, v.26, n.1, p.273-279, 1987.
- MATTSON, W.J. Herbivory in relation to plant nitrogen content. **Annual Review Ecology and Systematic**, v.11, p.119-161, 1980.
- MATTSON, W.J.; SCRIBER, J.M. Nutritional ecology of insect folivores of woody plants: nitrogen, water, fiber, and mineral considerations. In: Slansky, F.Y & Rodriguez, J.G. Ed. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. John Wiley, New York, 1987, p.105-146.
- MATSUDA K.; SENBO, S. Chlorogenic acid as a feeding deterrent for the Salicaceae-feeding leaf beetle, *Lochmaea capreae cribrata* (Coleoptera: Chrysomelidae) and other species of leaf beetles. **Journal Applied Entomology and Zoology**, v.21, n.2, p.411-416, 1986.
- MAU, R.F.L.; KESSING, J.L.M. *Coccus viridis* (Green). CTAHR; University of Hawaii at Hilo; Beaumont Research Center. 1992. [Internet]. Disponível em: <[http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/c\\_viridi.htm](http://www.extento.hawaii.edu/kbase/crop/Type/c_viridi.htm)>. Acessado em 01 de janeiro de 2007.
- MAZZAFERA, P.; YAMAOKA-YANO, D.M.; VITÒRIA, A.P. Para que serve a cafeína em plantas? **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.8, n.1, p.67-74, 1996.
- MAZZAFERA, P. Mineral nutrition and caffeine content in coffee leaves. **Bragantia**, v.58, n.2, p.387-391, 1999.
- MCKEY, D. Adaptive patterns in alkaloid physiology. **American Naturalist**, v.108, n.1, p.305-320, 1974.
- MITCHELL, R.J. Path analysis: pollination. In: Scheiner, S.M. & Gurevitch, J. Ed. **Design and analysis of ecological experiments**, New York, Chapman & Hall.1993, p.211-231.
- MIYASAKA, S.C.; HANSEN, J.D.; FUKUMOTO, G.K. Resistance to yellow sugarcane aphid: screening kikuyu and other grasses. **Crop Protection**, v.26, n.4, p.503-510, 2007.
- NATHANSON, J.A. Caffeine and related methylxanthines: possible naturally occurring pesticides. **Science**, v.226, n.4671, p.184-187, 1984.
- PANDA, N.; KHUSH, G.S. **Host plant resistance to insects**, 1995, 431p.
- PHELAN, P.L.; NORRIS, K.H.; MASON, J.F. Soil-management history and host preference by *Ostrinia nubilalis*: evidence for plant mineral balance mediating insect-plant interactions. **Environmental Entomology**, v.25, n.6, p.1329-1336, 1996.
- PONTIUS, J.A.; HALLETT, R.A.; JENKINS, J.C. Foliar Chemistry Linked to Infestation and Susceptibility to Hemlock Woolly Adelgid (Homoptera: Adelgidae). **Environment Entomology**, v.35, n.1, p.112-120, 2006.

- POZZA, A.A.A.; MARTINEZ, H.E.P.; CAIXETA, S.L.; CARDOSO, A.A.; Zambolim, L.; POZZA, E.A. Influência da nutrição mineral na intensidade da mancha-de-olho-pardo em mudas de cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.1, p.53-60, 2001.
- RAMIRO, D.A.; GUERREIRO-FILHO, O.; MAZZAFERA, P. Phenol Contents, Oxidase Activities, and the Resistance of Coffee to the Leaf Miner *Leucoptera coffeella*, **Journal of Chemical Ecology**, v.32, n.9, p.1977-1988, 2006.
- RIBEIRO, A.P.O.; OTONI, W.C.; PIKANÇO, M.C.; GALVAN, T.L.; PEREIRA, E.J.G.; PICOLI T.E. A.; SILVA, D.J.H. Resistência de berinjela transgênica contendo o gene orizacistatina a *Mechanitis polymnia* e *Mechanitis lysimnia*. **Acta Scientiarum**, v.27, n.4, p.647-650, 2005.
- RIZVI, S.J.H.; PANDEY, S.K.; MUKERJI, D.; MATHUR, S.N. 1,3,7-Trimethylxanthine, a new chemosterilant for stored grain pest - *Callosobruchus chinensis*. **Zeitschrift fur Angewandte entomologie**, v.90, n.3, p.777-778, 1980.
- ROBÁ, R.P. La escama verde del café."Coccus viridis Green". **Revista cafet Colômbia**, v.6, p.88-92, 1936.
- RODRIGUEZ, J.G. Ed. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates**, New York, John Wiley & Sons, 2006, 1016p.
- SALIM, M.; SAXENA, R.C. Nutritional stresses and varietal resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. **Crop Science**, v.31, n.3, p.797-805, 1991.
- 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.
- SAS. 2002. Version 8.1, **SAS Institute Inc.**, Cary, NC, USA.
- SAUVION, N.; CHARLES, H.; FEBVAY, G.; RAHBE', Y. Effects of jackbean lectin (ConA) on the feeding behaviour and kinetics of intoxication of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.110, n.1, p.31-44, 2004.
- SCRIBER, J.M. The behavior and nutritional physiology of southern armyworm larvae as a function of plant species consumed in earlier instars. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v.31, n.2, p.359-369, 1982.
- SILVA, F.M. **Fitoquímicos como potenciais mediadores da flutuação sazonal de *Leucoptera coffeella* e de seus inimigos naturais**. Viçosa, 2003, 39p., (Tese - Doutorado em Entomologia), 39p.
- SILVA, C.G. **Biologia e danos de *Coccus viridis* (Green, 1889) (Homoptera-Coccidae) em mudas de café (*Coffea arabica* L.)**. Piracicaba, ESALQ, 1977, 58p. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 58p.
- SIQUEIRA-JÚNIOR, C.L.; FERNANDES, K.V.S.; MACHADO, O.L.T.; CUNHA, M.; GOMES, VRENE M.; MOURA, D.; JACINTO, T. 87 KDa tomato cystatin exhibits properties of a defense protein and forms protein crystals in prosystemin

- overexpressing transgenic plants. **Plant Physiology: Biochemistry**, v.40, n.3, p.247-254, 2002.
- SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. *Biometry the Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. 3 ed edn. New York. Freeman 1975.
- STEIMAN, S. Coffee as a crop with emphasis on Hawaii. *Stairway to Coffee*. 2000. [Internet]. Disponível em: <http://www.grayskies.net/honeybear/crop.html>. Acessado em 01 de fevereiro.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.309-334.
- 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.
- URBANSKA, A.; LESZCZYNSKI, B.; MATOK, H. **Defence metabolism of grain aphid against cereal phenolics**, 2º International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-2), v.1, n.1, p.1-30, 1998
- VAN DAM, N.M.; VUISTER L.W.M.; BERGSHOEFF, C.; VOS, H.; VAN, D.; MEIJDEN, E. The “raison d’être” of pyrrolizidine alkaloids in *Cynoglossum officinale*: Deterrent effect against generalist herbivores. **Journal Chemical Ecology**, v.21, n.5, p.507-523, 1995.
- WILKENS, R.T.; SPOERKE, J.M.; STAMP, N.E. Differential responses of growth and two soluble phenolics of tomato to resource availability. **Ecology**, v.77, n.1, p.247-258, 1996.
- ZEHLER, E.; KREIPE, H.; GETHING, P.A. **Sulfato de potássio e cloreto de potássio: sua influência na produção e na qualidade das plantas cultivadas**, Campinas, Fundação Cargil, 1986, 111p.
- ZIMMERMAN, E.C. **Insects of Hawaii: Homoptera: Sternorrhyncha**. Honolulu, University of Hawaii, v.5, 1948, 464p.
- ZUCCHI, R.A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**, Piracicaba, FEALQ, 1993, 139p.
- ZURITA, Y.A.V.; ANJOS, N.; WAQUIL, J.M. Aspectos biológicos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) em híbridos de milho (*Zea mays* L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.29, n.2, p.347-352, 2000.