

JOELMA MELISSA MALHERBE CAMARGO

Efeito da aplicação de nitrogênio e silício em plantas de *Pinus taeda* L. (Pinaceae) na performance do pulgão-gigante-do-pinus, *Cinara atlantica* (Wilson, 1919) (Hemiptera:Aphididae)

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Área de Concentração em Entomologia, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edilson Batista de Oliveira

CURITIBA

2007

A leitura torna um homem pleno, o diálogo, um
homem preparado e a escrita, um homem exato.

Francis Bacon

Escrever é o mais próximo que os homens
chegam de ter um filho.

Norman Mailer

Escrever não é como pintar, onde se acrescenta.
Não é o que se põe na tela que o leitor vê.
Escrever é mais como a escultura, onde se remove,
se elimina para tornar o trabalho mais visível.
Até as páginas removidas de certa forma permanecem.

Elie Wiesel

AGRADEÇO

A Deus,

“...pela oportunidade de estar presente aqui e de conseguir ser a pessoa a qual Ele escolhera e acreditara ser para mim”.

DEDICO

Aos meus pais Joel e Eny,

Pelo amor e compreensão em todos estes anos de minha existência,

Ao meu irmão Francisco, minha cunhada Raquel e a fonte de inspiração de suas vidas Manuella, e ao

Querido e amado Rodolfo pelo amor, amizade, cumplicidade e apoio no trilhar de meus caminhos.

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-graduação em Entomologia da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade concedida para a realização do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisas de Florestas, pela oportunidade do desenvolvimento das atividades experimentais, uso das instalações e equipamentos.

Ao professor Dr. Edilson Batista de Oliveira pela orientação, atenção e amizade durante o período de execução deste trabalho.

Ao Centro de Diagnóstico Marcos Enrietti, SEAB – PR, pela utilização das instalações e equipamentos, em especial a Dra. Regina Célia Zonta de Carvalho, pela atenção, amizade e apoio no desenvolvimento do objeto em estudo.

A todos os pesquisadores do Laboratório de Entomologia e Solos da Embrapa Florestas.

A Maria Silvia Pereira Leite e Edson Tadeu Iede, pela orientação e por toda confiança depositada em mim durante estes anos. Por serem pessoas cativantes, humildes, amigas e enfim, por todos “empurrões”, alegrias, risos...durante todos estes anos.

A todos amigos do laboratório de Entomologia: Heloísa, Scheila, Rodrigo, Ivan, Nádia, Carla, Valéria, Rosângela, Denise, Ana, Mariane, Dalva, Fernanda e Daniel.

Ao professor Dr. Jair Campos Moraes, da Universidade Federal de Lavras – Minas Gerais, por toda atenção dedicada à realização da dissertação, pela amizade e parceria formada.

A todos os amigos do Curso de Pós-graduação em Entomologia/UFPR.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. <i>Cinara atlantica</i> : Taxonomia, distribuição geográfica e hospedeiros.....	3
2.2. Biologia.....	4
2.3. Interação afídeo-planta hospedeira.....	5
2.4. Qualidade da planta hospedeira.....	6
2.5. Estado nutricional da planta hospedeira e a ocorrência de pragas.....	10
2.6. Importância do nitrogênio na relação inseto-planta hospedeira.....	12
2.6.1. Relação nitrogênio x insetos em geral.....	12
2.6.2. Relação nitrogênio x afídeos.....	14
2.7. Importância do silício e sua relação com a repelência, preferência alimentar e produção de descendentes por insetos herbívoros.....	17
2.7.1. Relação silício x insetos em geral.....	20
2.7.2. Relação silício x afídeos.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1. Local dos experimentos.....	25
3.1.1. Experimentos.....	25
3.2. Obtenção e manutenção da criação de <i>Cinara atlantica</i>	25
3.3. Escolha do substrato padrão para os ensaios.....	26
3.4. Tratamentos.....	29

3.5. Avaliação da preferência alimentar e capacidade reprodutiva de <i>Cinara atlantica</i> em mudas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes níveis de nitrogênio e silício, a partir de ensaios com e sem chance de escolha.....	29
3.5.1. Ensaio sem chance de escolha ou confinamento.....	29
3.5.2. Ensaio com chance de escolha.....	33
3.5.2.1. Ensaio com chance de escolha em placa de Petri.....	34
3.5.2.2. Ensaio com chance de escolha em gaiola.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Experimento 1 – Efeito da aplicação de nitrogênio em plantas de <i>Pinus taeda</i> e sua relação com a biologia e a preferência alimentar de <i>Cinara atlantica</i>	37
4.1.1. Ensaio sem chance de escolha ou confinamento.....	37
4.1.2. Ensaio com chance de escolha em placa de Petri.....	46
4.1.3. Ensaio com chance de escolha em gaiola.....	50
4.2. Experimento 2 – Efeito da aplicação de silício em plantas de <i>Pinus taeda</i> e sua relação com a biologia e a preferência alimentar de <i>Cinara atlantica</i>	56
4.2.1. Ensaio sem chance de escolha ou confinamento.....	56
4.2.2. Ensaio com chance de escolha em placa de Petri.....	65
4.2.3. Ensaio com chance de escolha em gaiola.....	67
5. CONCLUSÕES.....	72
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS.....	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise nutricional (foliar) em mudas de <i>Pinus taeda</i> de viveiros comerciais de diferentes localidades.....	28
Tabela 2. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes e o total da fase ninfal de <i>C. atlantica</i> em plantas de <i>P. taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	38
Tabela 3. Viabilidade (%) dos diferentes ínstaes de ninfas de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	40
Tabela 4. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e longevidade de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	41
Tabela 5. Viabilidade (%) média (dias) do estágio adulto de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	42
Tabela 6. Fecundidade total, diária e erro padrão (Ep) do número médio de ninfas produzidas por <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	43
Tabela 7. Dados morfométricos (média \pm variação) de adultos de <i>Cinara atlantica</i> criados em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	45
Tabela 8. Teor médio de nitrogênio (g/N) por kg de substrato de plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio (N).....	46
Tabela 9. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em ramos destacados de plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio, em diferentes períodos de tempos após a liberação dos espécimes.....	48
Tabela 10. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em ramos destacados de plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio, em diferentes períodos após a liberação dos espécimes.....	51

Tabela 11. Número médio (\pm erro padrão) de ninfas/fêmea de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio, em diferentes períodos de avaliação.....	53
Tabela 12. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	57
Tabela 13. Viabilidade (%) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	59
Tabela 14. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	59
Tabela 15. Viabilidade (%) e erro padrão (%) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	61
Tabela 16. Fecundidade total, diária e erro padrão (Ep) de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	62
Tabela 17. Dados morfométricos (média \pm variação) de adultos de <i>Cinara atlantica</i> criados em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício (Si).....	65
Tabela 18. Teor médio de silício (%) por kg de substrato de plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de Si.....	66
Tabela 19. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em ramos destacados de plantas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes dosagens de silício, em diferentes períodos após a liberação dos espécimes.....	66
Tabela 20. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de <i>C. atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício, em diferentes períodos de avaliação após a liberação dos espécimes.....	68
Tabela 21. Número médio (\pm erro padrão) de ninfas/fêmea de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício, em diferentes períodos de avaliação após a liberação dos espécimes.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 (a) e (b). Ramos de <i>Pinus taeda</i> infestados com colônias de <i>Cinara atlantica</i> , provenientes de Colombo – Paraná.....	27
Figura 2. Unidade experimental (gaiola de PVC), utilizada para os ensaios sem chance de escolha ou confinamento.....	31
Figura 3. Medição de caracteres de adultos de <i>Cinara atlantica</i> criados em mudas de <i>Pinus taeda</i> com diferentes dosagens de nitrogênio e silício. (a) medição da tíbia; (b) medição da cabeça, corpo, fêmur, diâmetro do sífúnculo e III artículo antenal; (c) medição do 4º e 5º artículo rostral; (d) medição do total da antena e (e) medição do 1º e 2º artículo tarsal.....	33
Figura 4. Arena em placa de Petri utilizada para o ensaio de preferência alimentar com chance de escolha.....	35
Figura 5. Arena em gaiola de PVC utilizada para o ensaio de preferência alimentar e produção de ninfas, com chance de escolha. (a) Vista lateral e (b) Vista superior da arena em gaiola de PVC, com mudas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio e silício.....	37
Figura 6. Duração média da fase ninfal de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	39
Figura 7. Duração média dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico total de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	41
Figura 8. Fecundidade total e diária de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	43
Figura 9. Equações de regressão ajustadas para as variáveis (caracteres morfológicos) que apresentaram significância para os tratamentos pelo teste F.....	45
Figura 11. Número médio de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	52
Figura 12. Número médio de ninfas produzidas por adultos de <i>Cinara atlantica</i> situados sobre plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio.....	54

Figura 13. Níveis de nitrogênio (g/Kg) de substrato, em plantas adubadas com diferentes dosagens de nitrogênio durante um período total de 90 dias.....	56
Figura 14. Duração média da fase ninfal de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	58
Figura 15. .Duração média dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico total de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	60
Figura 16. Fecundidade total e diária de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	62
Figura 17. (a) Vista dorsal; (b) e (c) Vista ventral de possíveis fragmentos ou alterações na abertura genital de espécimes de <i>Cinara atlantica</i> que se alimentaram em mudas de <i>Pinus taeda</i> adubadas silício; (d) excreções eliminadas pelo sifúnculo de <i>Cinara atlantica</i>	64
Figura 18. Número médio de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	67
Figura 19. Número médio de adultos de <i>Cinara atlantica</i> em plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	69
Figura 20. Número médio de ninfas produzidas por adultos de <i>Cinara atlantica</i> situados sobre plantas de <i>Pinus taeda</i> adubadas com diferentes dosagens de silício.....	70
Figura 21. Níveis de Si (g/Kg) de substrato, em plantas adubadas com diferentes dosagens de silício durante um período total de 90 dias.....	71

RESUMO

Este trabalho objetivou avaliar o efeito das aplicações de nitrogênio e silício em plantas de *Pinus taeda* sob aspectos biológicos, alimentares e na capacidade reprodutiva de *Cinara atlantica* e o efeito destes nutrientes na indução de resistência ou susceptibilidade do pínus ao pulgão-gigante-do-pinus. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, avaliou-se a adubação com nitrogênio (uréia com 40% de N) e no segundo, avaliou-se a adubação de silício (ácido silícico a 1%). Os ensaios com e sem chance de escolha foram conduzidos em sala climatizada com temperatura de $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, $70\pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas, com delineamento experimental inteiramente casualizado. Os cinco tratamentos do experimento 1 foram: substrato padrão (sem aplicação de N) e com uma, duas, três e quatro doses de 0,04g de nitrogênio por tubete, com intervalo de cinco dias entre as aplicações. Para o experimento 2, os três tratamentos foram: substrato padrão (sem aplicação de Si) e com uma e quatro doses de 0,01g de silício por tubete, com intervalo de cinco dias entre as aplicações. Após a aplicação via solo das soluções contendo as respectivas doses, realizaram-se os testes de preferência sem e com chance de escolha. Para os ensaios sem chance de escolha ou confinamento, utilizou-se um indivíduo adulto áptero entre o 4º e 5º dia reprodutivo. Para os testes de preferência com chance de escolha utilizaram-se arenas em placas de Petri (ramos de pinus) e gaiolas de PVC (mudas em tubetes), onde foram liberados 20 indivíduos adultos ápteros (4º e 5º dia reprodutivo), em cada gaiola/placa (repetição). As avaliações em placas de Petri foram realizadas aos 40 e 90 minutos e às 4, 12, 18, 24, 36, 48 e 72 horas após a liberação dos insetos. Em gaiolas as avaliações foram realizadas nos primeiros quatro dias, no sétimo dia, estendendo-se este período de avaliação por mais 3 semanas. Os resultados demonstraram que a aplicação das dosagens de nitrogênio e silício influenciaram tanto a preferência alimentar como a capacidade reprodutiva de adultos de *C. atlantica*. O tratamento

4 com adição de 0,12g de nitrogênio, foi a preferida pelos afídeos não somente para a alimentação, como para a produção de descendentes. A adubação com silício conferiu resistência de *P. taeda* a *C. atlantica* influenciando assim a fase ninfal e adulta do inseto. Verificou-se a não-preferência por plantas adubadas com silício e a redução na capacidade reprodutiva de *C. atlantica*.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the effect of the fertilization of nitrogen and silicon in plants of *Pinus taeda* under aspects biological, feeding preference and reproductive capacity, and the effect of these nutrients in the resistance induction and susceptibility of pine to the giant pine aphid. Two experiments had been carried through, where in the first one it was evaluated application with nitrogen (urea 40% of N), and another with the silicon application (acid silicic 1%), with and without free choice preference tests. These experiments was carried out in controlled environmental chamber (temp. 20°C, UR 70% and photofase12h), in a completely random design. The referring five treatments to experiment 1 had been: substratum standard (without application of nitrogen), and with one, two, three and four doses with 0,04g to nitrogen, with interval of five days between the applications. For experiment 2, the three treatments had been: substratum standard (without silicon application), one and four doses with 0,01g to silicon, with intervals of five days between the applications. The applications of the doses had been saw alone. After the application of the solutions contend the dosages, had become the tests with and without free choice preference tests. For the tests without free choice preference or confinement, one specimen adult apterous w between 4th and 5th reproductive day for conduction of the experiment, where had been evaluated biological and morfometrics aspects of the aphid. Already for the tests of preference with choice free, was performed in two different arenas: Petri dishes with pine branches and PVC cages. For the tests with free choice preference in Petri dishes and PVC cages, twenty adult apterous aphids (4th and 5th) were released en each arena/cage (replication). Petri dishes were observed at 40 and 90 minutes, then 4, 12, 18, 24, 36 and 72 hours after release. Pine seedlings in PVC cages were examined in the first four days, in the seventh day, then once a week in the following three weeks. Results demonstrated that nitrogen and silicon application

has influenced as much feeding preference and reproductive rate in adults of *C. atlantica*, being that dose with 0,12g to nitrogen, or either, excellent amounts of present nitrogen in tissue of the plants, had been to the preferred not only for the feeding such as for the production the nymphs. The application the silicon conferred resistance of *P. taeda* to *C. atlantica* thus influencing the nymphal phase with greater effects in the adult phase. Another effect observed it was non-preference for plants fertilization with silicon and also the reduction in the reproductive capacity of *C. atlantica*.

1. INTRODUÇÃO

Plantas do gênero *Pinus* são espécies exóticas no Brasil, apresentando uma área plantada de 1.840.050 hectares, sendo que 57,6% dessa área concentra-se na região Sul (Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2006).

Espécies de pinus vêm sendo plantadas, em escala comercial no Brasil, há mais de 30 anos. Inicialmente, os plantios mais extensos foram estabelecidos nas Regiões Sul e Sudeste, com as espécies *Pinus taeda* para produção de matéria-prima para as indústrias de celulose e papel e *Pinus elliottii* para madeira serrada e extração de resina (Shimizu & Higa, 1981).

Segundo Penteadó *et al.*, (2000), os quase dois milhões de hectares de *Pinus* encontram-se implantados, na sua grande maioria, em extensos monocultivos. Este fato, associado a precárias condições de manejo de muitos destes plantios, têm predisposto estas áreas ao ataque de diferentes espécies de insetos e doenças.

Os pulgões do gênero *Cinara* foram registrados em plantios de *Pinus* spp. no Brasil a partir de 1996, quando foi detectada a espécie *Cinara pinivora* (Wilson, 1919) (Iede *et al.*, 1998) e em 1998 *Cinara atlantica* (Wilson, 1919) (Lazzari & Zonta de Carvalho, 2000), ambas introduzidas acidentalmente atacando plantios de *Pinus* spp. Estas espécies encontram-se amplamente distribuídas pelos estados do RS, SC, PR, SP e MG (Penteadó *et al.*, 2000).

A fisiologia, a ecologia e a etologia dos insetos herbívoros, dentre outros aspectos de sua biologia, estão inseridos dentro de um contexto nutricional. A qualidade e a quantidade de alimento ingerido, bem como a proporção entre elementos químicos e a ingestão de compostos do metabolismo secundário das plantas, podem causar maiores ou menores efeitos, interferindo

inclusive na capacidade reprodutiva desses indivíduos (Hagen *et al.*, 1984) e, por consequência, na dinâmica de suas populações (Price, 1994).

Assim, é de extrema importância o conhecimento do comportamento e da preferência alimentar, dos hábitos alimentares, das necessidades nutricionais dos insetos, e as suas consequências no crescimento, na sobrevivência, na longevidade, na reprodução, nos movimentos, nos hábitos gregários, etc. Isto permitirá o delineamento de uma estratégia de controle que inclua as mais variadas táticas (Panizzi & Parra, 1991).

Atualmente, verifica-se a necessidade por parte de viveiros comerciais em produzirem mudas com substratos adequados que favoreçam a produção de plantas que apresentem uma baixa capacidade de atrair e sustentar populações dos pulgões-gigante-do-pinus, *C. atlantica* e *C. pinivora*, devido aos danos severos causados por estes insetos às mudas.

Pretende-se nesta pesquisa, investigar a existência de relação entre a condição nutricional das plantas de *P. taeda* e a performance do pulgão-gigante-do-pinus *C. atlantica*. Foram realizados estudos para verificar a influência da adubação química pela qual as plantas são submetidas e também identificar doses de nitrogênio e silício que sejam mais atrativas ou repelentes, respectivamente, a este afídeo. Esta metodologia poderá ser incorporada a um programa de manejo integrado desta praga, podendo ser utilizada juntamente com as medidas de controle biológico e silvicultural.

Desta forma comparou-se: a) a performance de *C. atlantica*, em mudas de *P. taeda*, com substrato adubado com diferentes doses de nitrogênio e silício realizando ensaios sem chance de escolha ou confinamento e ensaios com chance de escolha ou não-preferência e b) os parâmetros morfométricos de *C. atlantica* em relação às condições nutricionais da planta hospedeira.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Cinara atlantica*: Taxonomia, distribuição geográfica e hospedeiros

Os afídeos constituem a superfamília Aphidoidea, da qual Aphididae é a maior família com aproximadamente 4.000 espécies, presentes em várias partes do mundo (Dixon, 1987a). O gênero *Cinara* (Hemiptera: Aphididae: Lachninae) inclui diversas espécies conhecidas como pulgões-gigantes-das-coníferas (Ciesla, 1991) e, de acordo com Eastop (1972), há cerca de 200 espécies descritas de *Cinara*. Todas as espécies alimentam-se de ramos, brotos e ocasionalmente raízes de coníferas das famílias Cupressaceae e Pinaceae (Ciesla, 1991).

A ampla distribuição deste grupo reflete a grande habilidade que possuem de sobreviver em condições climáticas adversas que prevalecem em regiões temperadas (Dixon, 1987a). A espécie *C. atlantica* distribui-se no leste e sudeste dos Estados Unidos e Canadá, ocorrendo também na Jamaica e Cuba (Blackman & Eastop, 1994). Na América do Sul, encontra-se presente na Argentina, Uruguai e Brasil com ocorrência nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Minas Gerais e São Paulo (Penteado *et al.*, 2000).

Os hospedeiros de *C. atlantica* no Brasil são as espécies *P. taeda* (Linnaeus, 1753), *P. elliotii* (Engelmann, 1880), *P. patula* (Schlectendahl & Chamisso, 1831) e espécies de *Pinus* tropicais (Penteado *et al.*, 2000).

Graças à importância como pragas agrícolas, os afídeos são um dos grupos de insetos mais estudados no mundo, principalmente por que muitas espécies são vetores de vírus (Eastop, 1977).

2.2. Biologia

O desenvolvimento dos afídeos é rápido, com quatro ínstares ninfais (Dixon, 1987b). Podem exibir desenvolvimento holocíclico ou anholocíclico, ou a combinação de ambos, de acordo com as condições ambientais encontradas em diferentes regiões, sendo muito mais comum o desenvolvimento anholocíclico, o qual ocorre mundialmente em grandes áreas de clima tropical, subtropical ou temperado quente (Blackman, 1974; Blackman & Eastop, 1984). A habilidade de reprodução partenogenética durante todo o ano incrementa o potencial dos afídeos como pragas, tanto em clima temperado quente quanto em clima tropical (Blackman, 1974).

Os afídeos são multivoltinos, apresentando mais de duas gerações por ano (Peña-Martinez, 1992). Reproduzem-se por partenogênese telítoca, originando exclusivamente fêmeas (Gallo *et al.*, 1978). As fêmeas que se reproduzem por partenogênese possuem óvulos que se desenvolvem após a ovulação, sendo que as ninfas também possuem embriões desenvolvendo-se dentro do seu corpo, os quais contém embriões, fato que agiliza o início da fase reprodutiva (Peña-Martinez, 1992).

Algumas características fazem com que este grupo de insetos possa tornar-se praga de diferentes culturas, tais como: alta fecundidade; polimorfismo dos indivíduos com a presença de formas ápteras e aladas, sendo que a maior parte da sua vida os afídeos são ápteros e deslocam-se muito pouco nas plantas, tornando-se alados para a dispersão em condições adversas (Carver *et al.*, 1991).

2.3. Interação entre afídeo e planta hospedeira

A condição nutricional da planta é um dos fatores que pode afetar a capacidade de suporte da planta com relação a populações de insetos. Os afídeos alimentam-se da seiva elaborada da planta que é constituída de 10 a 25% de matéria seca, representada por 90% ou mais de açúcar, principalmente sacarose (glicose + frutose), e baixas concentrações (menos de 1%) de aminoácidos e outros compostos nitrogenados (Raven *et al.*, 1996). Esses autores constataram que os afídeos tendem a preferir plantas nutricionalmente favoráveis que disponibilizem, particularmente, aminoácidos livres, e que a intensidade das infestações de afídeos pode variar de acordo com a condição nutricional da planta hospedeira.

Kennedy (1958) menciona que os afídeos polípagos selecionam sua planta hospedeira mais pelo desenvolvimento fisiológico desta do que pelo seu grupo botânico. Assim, as folhas em crescimento e as senescentes mostram-se mais suscetíveis ao ataque dos afídeos do que as folhas maduras. A hipótese para explicar tais efeitos é que a nutrição oferecida por esses dois tipos de folhas é especialmente rica em compostos orgânicos nitrogenados solúveis e de alto valor nutritivo.

Os carboidratos encontram-se presentes nas folhas das plantas como açúcares solúveis (glicose, frutose, sacarose); as proteínas constituem mais de 70% do nitrogênio encontrado nas folhas. A reprodução e o desenvolvimento de formas aladas de algumas espécies de afídeos são reduzidos quando o hospedeiro possui baixos níveis de açúcares solúveis (Dadd & Mittler, 1965).

Apesar da concentração de nitrogênio na seiva do floema ser muito baixa (Mittler, 1958; Dixon, 1970), citados por Kidd (1985) essa quantidade muda nas folhas e nos brotos conforme esses crescem e maturam.

De modo geral, plantas que sofrem estresse hídrico ou nutricional constituem melhor fonte de alimento do que plantas não-estressadas, provavelmente por possuírem maior disponibilidade de nitrogênio solúvel e menor concentração de compostos de defesa (White, 1969). Entretanto, com relação aos insetos fitófagos, nem todos respondem igualmente ao estresse da planta (Mopper & Whitham, 1992).

Rhoades (1979) complementou a hipótese de que as plantas estressadas sintetizam poucas defesas químicas e que este fato, associado à questão nutricional, torna a planta um hospedeiro atrativo a insetos herbívoros. Larsson (1989) complementa que o estresse induz mudanças na qualidade da planta e melhora a performance do inseto. Por serem insetos sugadores de seiva elaborada, os afídeos encontram nas plantas estressadas um aumento na concentração de nitrogênio solúvel, influenciando no crescimento, fecundidade, fertilidade e sobrevivência (Alstad *et al.*, 1982; Brodbeck & Strong, 1987).

2.4. Qualidade da planta hospedeira

O termo qualidade da planta hospedeira descreve os componentes da planta que afetam positivamente ou negativamente o desempenho de insetos herbívoros (Awmack & Leather, 2002). A qualidade da planta hospedeira, como a taxa de crescimento dos ramos (Price, 1991) e produção de folhas, flores e frutos (Nagakan & Yukawa, 1997; Espírito-Santo & Fernandes, 1998), podem exercer forte controle sobre as populações de seus herbívoros associados.

A qualidade da planta hospedeira é a chave determinante da fecundidade de insetos herbívoros. Alguns componentes da planta hospedeira como carbono, nitrogênio e metabólitos de defesa, podem afetar diretamente a fecundidade de herbívoros. A resposta de insetos herbívoros a

mudanças na qualidade da planta hospedeira varia dentro e entre as guildas de alimentação. Esta qualidade também pode afetar estratégias de reprodução dos insetos como o tamanho do ovo, a escolha de locais para oviposição, etc. Muitos insetos herbívoros mudam a qualidade de suas plantas hospedeiras, afetando as interações inter e intraespecíficas. O desempenho dos predadores e dos parasitóides podem também ser afetados pela qualidade da planta hospedeira (Awmack & Leather, 2002).

A maioria das teias alimentares é formada por três níveis tróficos: plantas, herbívoros e os inimigos naturais destes herbívoros. Como os insetos herbívoros constituem alimento para predadores e parasitóides, a abundância de herbívoros e a qualidade da planta podem afetar o terceiro nível trófico (Price *et al.*, 1980; Clancy & Price, 1987; Woods *et al.*, 1996), pois o *status* nutricional da planta afeta a sua taxa de crescimento (Washburn *et al.*, 1987), a fecundidade de fêmeas (Washburn *et al.*, 1987; Mopper & Whithan, 1992; Trumbule & Denno, 1995) e sua sobrevivência (Washburn *et al.*, 1987; Kemp & Mood, 1984; Bentz *et al.*, 1995; English-Loeb & Duffy, 1997).

A fecundidade é definida como o número de descendentes produzidos por um inseto, e a fertilidade o número de descendentes viáveis produzidos. O efeito da qualidade da planta hospedeira na diferença entre o potencial e a fecundidade obtida é relacionado conseqüentemente à estratégia reprodutiva do inseto (Awmack & Leather, 2002).

Um segundo efeito chave da qualidade da planta hospedeira na fecundidade obtida foi observado quando a qualidade da planta hospedeira é pobre, e os ovos são reabsorvidos pela fêmea para manter a sobrevivência. A maioria destas correlações é medida através de estudos da fecundidade: tais como taxas de crescimento e o tamanho do adulto. Em muitos insetos herbívoros, as medidas do tamanho, tais como o peso da pupa ou do adulto, e outras medições,

tais como o tamanho da tíbia, são correlacionadas fortemente com o potencial de fecundidade (Awmack & Leather, 2002).

O estado nutricional vem mostrando papel importante na dinâmica da população de muitos herbívoros, funcionando como indicador de qualidade da planta hospedeira. Muitos estudos mostram efeito positivo na densidade ou na performance (fecundidade do herbívoro, crescimento e desenvolvimento, sobrevivência) quando a planta recebe a adubação com nitrogênio (Cisneros & Godfrey, 2001).

Chaboussou (1969), constatou que o ataque de pragas sugadoras está relacionado aos nutrientes solúveis em forma de aminoácidos livres, açúcares reduzidos e minerais solúveis, ainda não incorporados em macromoléculas insolúveis.

Com a entrada adequada e equilibrada de aminoácidos e proteínas nas plantas hospedeiras, o crescimento e a reprodução de insetos fitófagos podem ser afetados e influenciados pela quantidade e pela qualidade das proteínas e dos aminoácidos em seu alimento (McNeill & Southwood, 1978).

Pequenas diferenças nutricionais são capazes de causar grandes mudanças no equilíbrio dos níveis populacionais de insetos, ponto este considerado de suma importância na busca para a resistência da planta ao ataque de pragas (Emden, 1978). Variedades de espécies de plantas hospedeiras, sob diferentes condições de adubação, podem causar efeitos adversos sobre a taxa de reprodução, crescimento e longevidade de insetos que delas se alimentam (Evans, 1937).

Awmack & Leather (2002), concluíram que a qualidade da planta hospedeira afeta a fecundidade de insetos herbívoros em indivíduos e na escala populacional. Segundo Emden (1966), a reprodução dos afídeos aumenta com a elevação do teor de nitrogênio solúvel no floema, como consequência do uso de adubos nitrogenados.

A qualidade nutricional da planta hospedeira tem efeito sobre a alimentação do afídeo. Afídeos que se alimentam em plantas com ótima qualidade nutricional podem ser maiores apresentando também maior potencial reprodutivo (Minks & Harrewijn, 1987). A taxa reprodutiva do afídeo *Drepanosiphum platanoidis* (Schrank) é correlacionada com o nível de nitrogênio em suas folhas hospedeiras das quais este se alimenta (Dixon, 1971).

A não-preferência por determinados hospedeiros pode ser expressa a partir da redução da fecundidade total e diária do afídeo, diminuição do seu tamanho e mortalidade elevada (Kennedy & Kishaba, 1977).

Powell *et al.*, (2004) a partir de estudos em campo e laboratório indicam que o fator principal que influencia a preferência da planta pelos afídeos é detectado após a inserção dos estiletos. Os autores concluíram ainda que a preferência pode ser determinada por características comportamentais e pelo alto índice de insetos em algumas espécies de plantas, através de provas prolongadas e pouco deslocamento entre as plantas, pois a seleção da planta hospedeira pelo inseto não é um processo aleatório, empregando assim mecanismos sensoriais e comportamentais para encontrar e reconhecer sua planta hospedeira.

Durante a alimentação é determinado o hospedeiro. Quando os nutrientes são adequados e não-tóxicos, os insetos completam seu desenvolvimento em um período normal de tempo e tornam-se adultos (Minks & Harrewijn, 1987).

De acordo com Kogan (1977), o odor e a prova da planta hospedeira podem interferir complementando o complexo sensorial do inseto. Este complemento é interpretado pelo sistema nervoso central do inseto para determinar o que a planta tem a oferecer.

A aceitação da planta pode também ser feita pela ingestão de alimento e da reprodução do inseto. Para afídeos, o início da reprodução, em especial a deposição da prole, dá indicação de

aceitação da planta como hospedeira. Afídeos podem até se alimentar em plantas com baixa qualidade nutricional, mas estes não se reproduzem (Minks & Harrewijn, 1987).

2.5. Estado nutricional da planta hospedeira e a ocorrência de pragas

Qualquer tipo de adubação que favoreça as condições fisiológicas da planta poderá conferir-lhe resistência, tendo em vista que ao fornecer-lhe os diversos nutrientes que lhe são necessários e nas proporções relativas às suas necessidades efetivas, mantêm-na em equilíbrio nutricional, possibilitando resistir mais ao ataque de agentes externos, como os insetos. Conseqüentemente, trata-se de fornecer à planta os diversos elementos que ela exige, na proporção relativa à sua necessidade efetiva. Por outro lado, tanto o excesso como a carência de um ou de diversos elementos que rompem o equilíbrio fisiológico normal da planta são capazes de diminuir sua resistência natural (Labrousse, 1932).

Boiça Júnior & Alonso (2000), ressaltam que a manifestação da resistência pode ser afetada por vários fatores ambientais, incluindo algumas práticas culturais, como adubação, e poderia ser mais bem explorada no manejo de pragas (Emden, 1966; Gallo *et al.*, 1978; Lara, 1991).

As deficiências e desequilíbrios nutricionais provocam mudanças morfológicas e bioquímicas na planta, podendo tornar certos materiais genéticos mais suscetíveis à infecção por patógenos. O uso eficiente das adubações aliadas à resistência dos materiais genéticos pode reduzir o nível de severidade e de incidência de doenças e pragas (Silveira e Higashi, 2003).

A adubação de plantas apresenta efeitos positivos e negativos na incidência de pragas e doenças (Maxwell, 1972, citado por Bortoli & Maia, 1994; Primavesi, 1988; Patriquin *et al.*,

1993; Bortolli & Maia, 1994). Enquanto Chaboussou (1987) e Primavesi (1988), ressaltam a importância do equilíbrio nutricional para se evitarem doenças e pragas, Maxwell (1972) citado por Bortolli & Maia (1994) considerou que os insetos ficam com menos vigor devido à nutrição inadequada das plantas e conseqüentemente, mais vulneráveis à ação dos produtos químicos e biológicos usados no seu controle.

As espécies de *Pinus*, de um modo geral, são conhecidas como pouco exigentes em relação a nutrientes, pois, normalmente, os plantios são realizados em sítios de baixa fertilidade, muitas vezes, em condições bastante adversas para o desenvolvimento das espécies florestais nativas. A adubação, no momento do plantio de uma floresta, juntamente com outras técnicas silviculturais, garantirá um desenvolvimento satisfatório desta, com boa produtividade a longo prazo. Essa necessidade decorre do fato de que nem sempre o solo é capaz de fornecer todos os nutrientes que as plantas precisam para crescimento adequado. Assim, as características e quantidades de adubos a aplicar dependerão das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (Gonçalves, 1995).

A manifestação da resistência pode ser afetada por vários fatores ambientais, incluindo algumas práticas culturais como adubação e irrigação, as quais poderiam ser melhores exploradas no manejo de pragas (Emden, 1966; Gallo *et al.*, 1978; Lara, 1991).

Marschner (1986) refere-se à relação existente entre a nutrição das plantas e o ataque de pragas. Há exemplos de deficiências nutricionais que favorecem o ataque de pragas, enquanto outras apresentam correlação positiva entre o bom suprimento nutricional e o aumento do ataque de insetos.

Para Lara (1991), tanto os macro como os micronutrientes podem afetar a manifestação de resistência da planta, quer seja agindo sobre o inseto, quer sobre a planta, estando essa manifestação condicionada às exigências nutricionais de cada espécie. O ataque da cigarrinha *Empoasca kraemer*; e de outros insetos, que provocam clorose nas extremidades dos folíolos do amendoimzeiro, ocorre em consequência dos baixos teores de N, P, K, Ca, Mg e Mn.

Primavesi (1994) explica que o controle ecológico de pragas não se designa apenas ao combate da praga, mas também ao fortalecimento nutricional da planta de forma equilibrada, o que é muito importante, visto que os nutrientes existem em proporções exatas para cada espécie e em níveis próprios para cada variedade.

2.6. Importância do nitrogênio na relação inseto-planta hospedeira

2.6.1. Relação nitrogênio x insetos em geral

A aplicação de adubos nitrogenados geralmente resulta em um aumento do crescimento da planta e da fecundidade do inseto. A utilização de nitrogênio freqüentemente induz a um aumento do número de espécies de insetos presente na planta hospedeira. O nitrogênio é requerido tanto pelo hospedeiro quanto pelo inseto que dele se alimenta, sendo o elemento em maior quantidade na constituição das proteínas (Jones, 1976).

A adubação nitrogenada é utilizada em grande escala na agricultura, por ser o nitrogênio um elemento requerido em grandes quantidades pela planta e estar estreitamente relacionado com o crescimento. Contudo, em excesso este elemento pode propiciar o aparecimento de pragas (Ribeiro *et al.*, 2001).

Mengel & Kirkby (1987) sugerem que o nitrogênio é utilizado como alimento pelos insetos, pois estes são em grande parte constituídos por proteínas, e para sua formação utilizam o nitrogênio como o principal mineral.

Trabalhos realizados com diferentes doses de nitrogênio, em várias culturas, mostram que muitas vezes o incremento da dose corresponde a um aumento na infestação de pragas, existindo alguns, porém, que mostram efeito contrário (Bortoli *et al.*, 2004).

Pogetto *et al.*, (2006) avaliaram o desenvolvimento de *Glycaspis brimblecombei* em folhas de *Eucalyptus camaldulensis* sob diferentes níveis de adubação com nitrogênio. O tratamento com a maior dose de nitrogênio apresentou maior duração do período de incubação e maior número de ovos, concluindo que o excesso de nitrogênio foi mais favorável ao desenvolvimento do inseto. O aumento dos níveis de nitrogênio em sorgo proporciona aumento na incidência de pulgões (Archer *et al.*, 1982).

Singh & Singh (1977) verificaram que a incidência de brocas em arroz aumentava com o aumento do nitrogênio aplicado no solo, o mesmo acontecendo com *Chilo zonellus* (Swinhoe, 1884) (Lepidoptera: Pyralidae) em milho (Zaazou *et al.*, 1970).

Outros trabalhos como os de Zing *et al.* (1982), com *Heliothis armigera* (Hubner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em algodoeiro e de Al-Zubaid & Capinera (1983), com *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) em diversas culturas, mostram que a elevação na dose de nitrogênio normalmente provoca aumento na população da praga com conseqüente elevação no prejuízo.

Coutinho *et al.* (1981), comparando o efeito da adubação com NPK e calcário sobre a ocorrência de *Diabrotica saccharalis* em sorgo sacarino, verificou que as maiores intensidades de infestações foram obtidas nas menores doses de nitrogênio. Moore & Clements (1984), estudando

a influência de adubos nitrogenados aplicados em um gramado de *Lolium perenne* L., constataram que as larvas de *Oscinella vastator* (Curtis, 1845) (Diptera: Chloropidae) foram mais abundantes nas parcelas que receberam baixas doses de nitrogênio.

Quando se trata de vários nutrientes, entre eles nitrogênio e potássio, ocorre certa controvérsia nos resultados, pois alguns autores evidenciam influência negativa deles sobre as populações das pragas, enquanto que outros mostram efeitos positivos, e alguns descrevem casos onde não existe influência alguma (Bortoli & Maia, 1994).

2.6.2. Relação nitrogênio x afídeos

Há muitos exemplos de correlações positivas entre o desenvolvimento e crescimento do inseto em relação a índices de nitrogênio em sua alimentação (McNeill & Southwood, 1978; Mattson, 1980; Scriber & Slansky, 1981; Myers & Post 1981; Strong *et al.*, 1984).

Conseqüentemente, a variação temporal e espacial em concentrações de nitrogênio da planta parece ser um fator importante que influencia a densidade populacional de insetos herbívoros (White, 1974; Mattson, 1980; Prestidge & McNeill, 1982). Esta hipótese é suportada por muitos estudos de densidades populacionais que tiveram seu acréscimo em função de plantas hospedeiras adubadas com nitrogênio (Archer *et al.*, 1982; Prestidge & McNeill, 1982).

Índices de nitrato e amônia no solo podem afetar significativamente o crescimento e a reprodução de afídeos em plantas. Muitas espécies de afídeos alimentam-se diretamente do floema, o qual contém níveis altos de nitrogênio. Harrewijn (1970) obteve correlação positiva entre a reprodução de afídeos e a quantidade de nitrogênio solúvel na planta demonstrando que determinadas quantidades de nitrogênio são essenciais para o crescimento de afídeos. Espécies

polífagas não são suscetíveis a diferentes concentrações de nitrogênio solúvel e espécies monófagas ou oligófagas podem ser mais tolerantes à variação de concentrações ou quantidades de nitrogênio solúvel.

O desenvolvimento de afídeos está correlacionado com a quantidade de N nas plantas hospedeiras. Correlações positivas têm sido verificadas entre o total de nitrogênio solúvel, e a reprodução de afídeos (Minks & Harrewijn, 1987). Taylor (1988), corrobora tal correlação onde aponta que além do aumento da fecundidade, ocorre um maior crescimento do inseto em plantas com doses elevadas de N.

Cisneros & Godfrey (2001) testaram a hipótese de que o aumento de nitrogênio na adubação aumentaria a população de afídeos do algodão e correlacionaram positivamente o aumento de nitrogênio nos tecidos das plantas com a fecundidade de *Aphis gossypii*. Na maioria dos estudos que avaliam a resposta da herbivoria à qualidade da hospedeira, o nitrogênio foi o determinante principal da qualidade da planta para insetos fitófagos. O fundamento do nitrogênio para a síntese de aminoácidos e de proteínas em todo o sistema biológico constitui ao redor 0,5-5% do tecido da planta e 10% do tecido animal (Mattson, 1980), e é considerado limitante para ambas as plantas e seus consumidores (McNeill & Southwood, 1978; Mattson, 1980; Strong *et al.*, 1984).

Sob condições do laboratório, os afídeos do algodão mostraram fecundidade elevada e curto tempo de desenvolvimento quando alimentados com plantas de algodão adubadas com nitrogênio (Rosenheim *et al.*, 1994). Emden (1966) já observara tal afirmação em seu estudo com *Myzus persicae*, que produzira maior número de descendentes de acordo com o aumento de nitrogênio solúvel em folhas de couve de bruxelas.

As dietas com níveis nitrogênio e carboidratos impactam o crescimento, sobrevivência e a reprodução do inseto (White, 1984; Joern & Behmer, 1998), sendo um dos fatores que influencia a performance de insetos (Douglas, 1993).

Altas doses de adubos nitrogenados causaram vários efeitos sobre a população de *Aphis gossypii* em algodoeiros. Comparando afídeos que se alimentaram em plantas tratadas com nitrogênio e aqueles que se alimentaram em plantas não-tratadas, observou-se que a adubação com nitrogênio tem efeito significativamente positivo sobre a fecundidade, mas nenhum efeito sobre o peso do afídeo (Rosenheim *et al.* 1994).

Plantas hospedeiras adubadas atraem insetos herbívoros para alimentar-se de seus tecidos, não somente porque as concentrações do nitrogênio aumentam, mas também porque as concentrações de aleloquímicos defensivos diminuem (Mihaliak & Lincoln, 1985; Waring *et al.*, 1985; Larsson *et al.*, 1986; Bryant *et al.* 1987; Gershenzon, 1984).

McGarr (1943) correlacionou positivamente o número de afídeos com a adubação com nitrogênio. Isely (1946) relatou que o número de ninfas por fêmea e a duração do período reprodutivo do afídeo do algodão foram superiores para aqueles que se alimentaram em plantas que continham solos com altos níveis de N quando comparados àqueles afídeos que se alimentaram em plantas deficientes em nitrogênio.

Villamayor (1976) relatou que o número de afídeos do algodão era maior em plantas que receberam adubação com nitrogênio, quando comparado ao não adubado.

De acordo com Mattson (1980), a adubação nitrogenada aumenta a atividade fotossintética da planta e estimula as divisões celulares, determinando aumento no teor de proteínas e na biomassa total. Por outro lado, a adubação nitrogenada provoca alterações na quantidade e qualidade do nitrogênio presentes na planta, uma vez que aumenta os níveis de N solúvel,

principalmente como aminoácidos livres, os quais podem ser assimilados por diversas espécies de insetos.

Kennedy (1958), revisou os efeitos da variação fisiológica nas plantas e sua suscetibilidade aos afídeos nos termos de seleção da planta hospedeira, crescimento da planta e a senescência, relações de stress hídrico, reforçando a importância da qualidade do alimento disponível aos afídeos.

El-Tigani & El-Amin (1962) revisaram os trabalhos de muitos autores que estudaram o efeito dos nutrientes principais de plantas em diversas espécies de afídeos. Os autores conduziram também uma série de experiências usando diversas espécies de afídeos em diversas plantas hospedeiras que forneciam quantidades variadas de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, concluindo que a adubação mineral normal aumentou a susceptibilidade das plantas aos afídeos.

Sumariando a literatura disponível, os efeitos positivos e negativos em populações de afídeos, foram relacionados com o aumento e decréscimo da fonte de nitrogênio à planta. Os resultados não parecem se opor devido à realização de estudos com diferentes espécies de afídeos e às diferenças entre estudos em campo e laboratório. Há uma evidência circunstancial considerável que a reprodução de afídeos é aumentada por níveis elevados de nitrogênio orgânico solúvel no floema.

2.7. Importância do silício e sua relação com a repelência, preferência alimentar e capacidade reprodutiva de insetos herbívoros

A adubação das culturas com produtos ricos em silício resultam em aumentos significativos no crescimento e na produtividade de muitas gramíneas e em algumas espécies não

gramíneas têm sido observados aumentos de produtividade com o aumento de disponibilidade de silício no solo (Elawad *et al.*, 1979).

A absorção desse micronutriente pelas plantas ocorre na forma de ácido monossilícico (H_4SiO_4). Korndörfer *et al.*, (2000) citam que o Si no interior das plantas é considerado pouco móvel, sendo que o seu transporte da raiz até a parte aérea se dá através do xilema e depende da taxa de transpiração, como para todos os outros nutrientes.

Acredita-se que este micronutriente possa diminuir a incidência de doenças, o ataque de insetos além de uma maior proteção contra herbívoros, incluindo os insetos fitófagos. Isso ocorre devido à acumulação de silício abaixo da cutícula das folhas, que oferece resistência mecânica contra estes organismos. Além disso, o silício acumulado pode estimular o crescimento e a produção vegetal através de várias ações indiretas, como o aumento na capacidade fotossintética, por deixar as folhas mais eretas; decréscimo na susceptibilidade ao acamamento; como a redução da toxidez de Mn, Fe e Na e a diminuição na incidência de patógenos (Korndörfer, 1999).

A barreira física proporcionada pelo silício nas células epidérmicas não é o único mecanismo de combate à penetração das hifas de fungos ou ataque de insetos. Resultados recentes de pesquisa sugerem que o fornecimento de Si tem aumentado a resistência da soja ao cancro da haste e à mancha olho de rã (*Cercospora* sp.). Em plantas de pepino, o silício age no tecido hospedeiro afetando os sinais entre o hospedeiro e o patógeno, resultando em uma ativação mais rápida e extensiva dos mecanismos de defesa da planta, provavelmente em função da produção de fitoalexinas produzidas nas plantas após o ataque de microorganismos ou estresse, que podem agir como substâncias inibidoras ou repelentes, desempenhando função importante na resistência a fungos e aos insetos (Chérif *et al.*, 1994).

As fontes de silício normalmente utilizadas em pesquisas são: metassilicatos de sódio e potássio, além do ácido silícico, com efeitos semelhantes. A melhor fonte é o ácido silícico, pois só contém silício. Quando são utilizadas fontes com Ca e Mg, o correto seria aplicar o equivalente de Ca e Mg nos demais tratamentos. Assim, quando é utilizado o ácido silícico não ocorre este problema (Rafi *et al.*, 1997).

O silício está envolvido em inúmeras características físicas das plantas, e envolvido em uma série de eventos fisiológicos, favorecendo a fotossíntese. A falta do mesmo pode, portanto, resultar em diminuição da capacidade biológica da planta e resistir às condições adversas do meio ambiente. Este elemento está diretamente relacionado com a nutrição da planta (Rafi *et al.*, 1997).

São poucos os trabalhos com silício, muitas vezes subestimando-se o significado deste elemento dentro da biologia vegetal. É importante o incentivo das pesquisas relacionadas, por exemplo, com a eficiência de fontes e sua utilização, levantamentos nutricionais, principalmente de regiões arrozeiras e canavieiras, caracterização dos cultivares das diversas espécies quanto ao tipo de absorção do silício, interações nutricionais, além da inclusão do mesmo nas formulações das soluções nutritivas, especialmente em ensaios de tolerância a estresses nutricionais. Além disso, são relevantes os estudos envolvendo a relação entre a nutrição mineral e as doenças e pragas das diversas culturas particularmente no caso do Si (Lima Filho *et al.*, 1999).

O silício é o segundo elemento em abundância na crosta terrestre, encontrando-se logo após o oxigênio. Ele se acumula nos tecidos de todas as plantas, representando entre 0,1 a 10% da matéria seca das mesmas. Entretanto, mesmo não sendo essencial na nutrição das plantas, sua absorção traz inúmeros benefícios. São reconhecidas as suas influências na resistência das plantas ao ataques de insetos, nematóides, bactérias e fungos, na melhoria do estado nutricional, na

redução da transpiração e, possivelmente, também em alguns aspectos da eficiência fotossintética (Epstein, 1999). Além destas influências, o autor ainda cita que o silício é um elemento químico envolvido em funções físicas de regulação da evapo-transpiração e capaz de formar uma barreira de resistência mecânica à invasão de fungos e bactérias no interior da planta, dificultando também, o ataque de insetos sugadores e herbívoros.

Uma das estratégias de ação do MIP é a regulação das populações de insetos-praga abaixo do nível de dano econômico. Práticas culturais como a adubação da planta com silício, mesmo não sendo este um nutriente essencial, tem induzido resistência em muitas espécies vegetais, principalmente em gramíneas. Essa prática pode ser usada em genótipos suscetíveis, que já possuem boas características agronômicas, proporcionando uma redução no emprego de inseticidas. O silício está presente na parede do xilema, no qual tem a função de aumentar sua resistência à compressão durante a tensão respiratória (Raven, 1983).

2.7.1. Relação silício x insetos em geral

Pesquisas mais recentes demonstraram que o silício, mesmo não sendo considerado um elemento essencial, quando colocado à disposição das plantas contribui para o seu crescimento, aproveitamento de nutrientes e indução de resistência às doenças fúngicas e aos insetos-praga (Lanning & Linko, 1961; Comhaire, 1965; Chérif *et al.*, 1992).

Adlaka (1964) observou que a sensibilidade de vários cultivares de cana-de-açúcar para a broca do colmo *Scirpophaga nivella* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) estava associada a fatores como o teor de silício das plantas. Blum (1968), analisando as características anatômicas de genótipos de sorgo quanto à resistência mecânica das plântulas à penetração de larvas de dípteros

da família Muscidae, observou que os genótipos resistentes caracterizaram-se por distinta lignificação, pela maior espessura das paredes celulares e pela presença de alta densidade de armações de silício (parecidos com halteres) na epiderme abaxial da base das bainhas das folhas.

Além da barreira física, devido à acumulação na epiderme das folhas, o silício ativa genes envolvidos na produção de compostos secundário do metabolismo, como os polifenóis, e enzimas relacionadas com os mecanismos de defesa das plantas. (Lima Filho, 2005).

O silício, ao ser absorvido pelas plantas, é facilmente translocado no xilema e tem tendência natural a se polimerizar. Na planta, a sílica concentra-se nos tecidos de suporte do caule e nas folhas, podendo ser encontrada em pequenas quantidades nas sementes (Savant *et al.*, 1997).

Em cultura de arroz, a resistência das plantas à broca-do-colmo *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) foi positivamente correlacionada com o teor de silício, determinado em 20 variedades (Djain & Pathak 1967). Para a espécie *Chilo suppressalis* (Walker) (= *suppressalis*), que também danifica essa cultura, Tayabi & Azizi (1984) verificaram que a aplicação de 500kg/ha de silicato de potássio proporcionou o aumento do número de panículas/planta, panículas/m² e de grãos/m², e a redução de mais da metade do número de lagartas por m². Respostas semelhantes foram observadas por Sawant *et al.* (1994) para a lagarta-amarela-do-colmo *Scirpophaga incertulas* (Walker), com a adição de 2 kg de casca de arroz carbonizada (rica em silício)/m² de canteiro. Para delfacídeos, tripes e mosca-da-galha, a aplicação de silício contribuiu para a redução da população desses insetos-praga nessa cultura (Subramanian & Gopalswamy 1988; Salim & Saxena 1992).

A preferência de oviposição do gorgulho-das-pastagens *Listronotus banariensis* (Kruschel) foi afetada negativamente pela maior deposição do silício na superfície inferior de folhas

oriundas de plantas de centeio tratadas com silicato de sódio (Barker, 1989). Em plantas de sorgo, Carvalho *et al.* (1999) verificaram que a aplicação de silício, via solo, causou redução na preferência e na reprodução do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani).

Larvas de *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) alimentadas com plantas que apresentavam altos níveis de silício tiveram suas mandíbulas danificadas (Djain & Pathak, 1967).

Goussain *et al.*, (2002) estudaram o efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797). Não foi observado efeito do silício na duração da fase larval e pupal, peso de pupa e na mortalidade de pupas. Entretanto, verificaram maior mortalidade e aumento de canibalismo em grupos de lagartas ao final do 2º ínstar, e maior mortalidade de lagartas individualizadas no 2º e 6º instares, quando foram alimentadas com folhas de plantas de milho tratadas com silício, em comparação com a testemunha. Observou que as mandíbulas das lagartas, nos seis instares, apresentaram desgaste acentuado na região incisora quando em contato com folhas com maior teor de silício. A aplicação de silício pode dificultar a alimentação de lagartas, causando aumento de mortalidade e canibalismo e, portanto, tornando as plantas de milho mais resistentes à lagarta-do-cartucho.

2.7.2. Relação silício x afídeos

A maior resistência ao ataque de insetos por plantas com nível ótimo de silício nos tecidos está sendo alvo de estudo por um número cada vez maior de pesquisadores no Brasil. Alguns resultados de pesquisa incluem o pulgão verde em trigo e sorgo, lagarta do cartucho em milho, broca do colmo em cevada, broca da cana-de-açúcar, lagarta do colmo em arroz, gafanhoto verde,

etc. A planta pode responder ao estímulo invasor da praga aumentando a absorção de silício, como foi constatado em Citrus e pastinaca (Lima Filho, 2005).

Existem muitas informações disponíveis sobre a utilização do silício em diversas plantas e culturas, dando maior ênfase ao crescimento e produtividade de gramíneas, legumes e cereais de maior importância econômica (Carvalho *et al.*, 2003).

Poucos esforços tem sido dedicados a espécies arbóreas, como eucalipto e pinus que são espécies amplamente utilizadas nos reflorestamentos no Brasil. A partir de alguns estudos, verificou-se que este micronutriente pode ser absorvido por um grande número de espécies de plantas sob condições de solo variáveis (Jones & Handreck, 1967). Espécies da família Pinaceae são capazes de absorver grandes quantidades de Si. (Werner & Roth, 1983).

Segundo Goussain *et al.*, (2005), alterações químicas e indução de resistência estão provavelmente envolvidas na redução da performance do pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) sem, entretanto, alterar seu período de alimentação.

Plantas de trigo (*Triticum aestivum* L.) tratadas com silício, mostraram efeito adverso sobre o desenvolvimento de *S. graminum*. A penetração de estiletes não foi afetada pelos tratamentos com silício. Contudo, os estiletes foram retirados mais frequentemente das plantas tratadas com silício, o que reduziu o tempo de prova. O xilema e o floema foram igualmente alcançados em todos os tratamentos e os pulgões continuaram se alimentando no floema por períodos similares. Entretanto, a excreção de honeydew foi reduzida no tratamento com silício, indicando menor taxa de ingestão ou maior retenção de seiva no corpo do pulgão (Goussain *et al.*, 2005).

Moraes *et al.*, (2004) estudaram a interação tritrófica: trigo, pulgão-verde *S. graminum* e seus inimigos naturais-chave e verificaram que a aplicação de silício aumentou o grau de resistência das plantas de trigo, diminuindo a preferência do pulgão-verde em relação à

testemunha. Esse resultado pode estar relacionado à barreira mecânica proporcionada pela deposição de sílica na parede celular, o que dificultaria a penetração do estilete no tecido da planta, como também ao aumento na síntese de compostos de defesa da planta. Entretanto, não foi observado nenhum efeito indireto da aplicação de silício nas características biológicas tanto do predador como do parasitóide.

Gomes *et al.*, (2005) verificaram que a adubação silicatada e a infestação prévia com pulgões induzem resistência em plantas de trigo a *S. graminum*.

Carvalho *et al.*, (1999) avaliaram o efeito do silício como indutor de resistência de plantas de sorgo ao pulgão-verde *S. graminum*, e obtiveram como resultados, tanto nos testes de preferência com chance como sem chance de escolha, redução na preferência e na reprodução do pulgão-verde.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 – Local dos experimentos

Os experimentos foram realizados no Departamento de Zoologia da Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba – PR e no Laboratório de Entomologia da Embrapa Florestas, Colombo – PR, no período de junho de 2005 a novembro de 2006.

3.1.1 – Experimentos

Os experimentos foram divididos em dois, no primeiro avaliou-se o efeito do nitrogênio, utilizando-se como fonte de N uréia a 40%. No segundo experimento, avaliou-se o efeito do silício, no qual a fonte utilizada foi o ácido silícico puro a 1%. Tais experimentos foram subdivididos em ensaios sem chance de escolha ou confinamento e com chance de escolha ou não-preferência.

3.2 – Obtenção e manutenção da criação de *Cinara atlantica*

Os insetos utilizados para o início da criação foram coletados em ramos de *P. taeda* infestados com colônias de *C. atlantica* (Figura 1 a e 1 b) provenientes do município de Colombo – PR. Os ramos foram transportados ao laboratório e os afídeos transferidos para mudas de *P.*

taeda com idade aproximada de 120 dias. Estas mudas foram desinfetadas com hipoclorito de sódio a 1% e vistoriadas para eliminar infestações prévias de insetos.

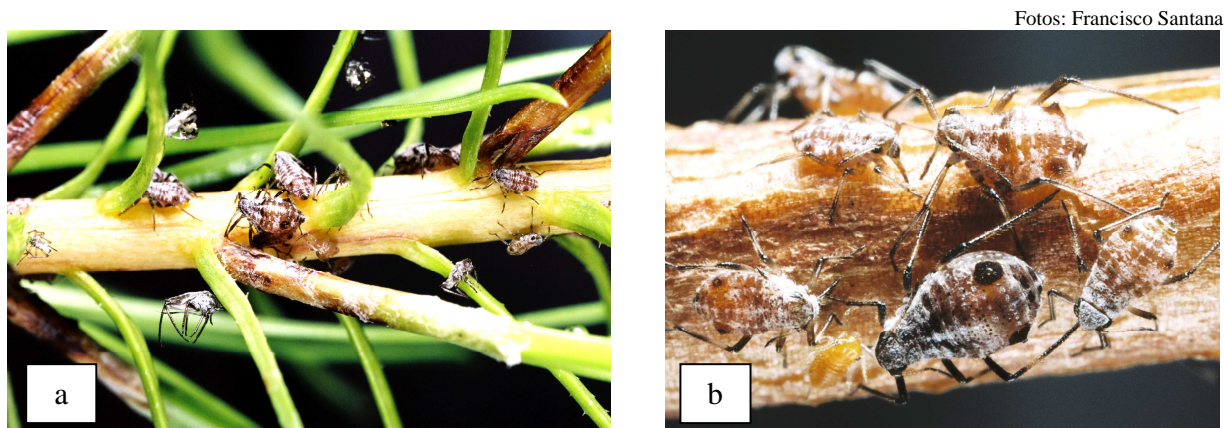


Figura 1 (a) e (b). Ramos de *Pinus taeda* infestados com colônias de *Cinara atlantica*, provenientes de Colombo – Paraná.

Para iniciar a criação monoclonal foi escolhido aleatoriamente, um adulto áptero. Conforme as ninfas eram produzidas, estas foram transferidas para novas mudas, as quais eram molhadas diariamente com 3 ml de água destilada.

Cada planta foi colocada em uma gaiola de PVC de 30 cm de altura x 10 cm de diâmetro. A criação foi acondicionada em sala climatizada, com temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Semanalmente os descendentes excedentes produzidos eram transferidos novamente para gaiolas com novas plantas.

3.3 – Escolha do substrato padrão para os ensaios

Para a realização dos ensaios foi utilizado como substrato padrão aquele que apresentou em sua composição menor nível de nitrogênio, a partir das análises nutricionais.

Foram feitas análises em 15 plantas de *P. taeda* com aproximadamente 150 dias, referentes a quatro viveiros comerciais de diferentes localidades (Tabela 1). Para a realização da análise (tecido foliar), as acículas foram secas em estufas com circulação forçada de ar a uma temperatura de 70-75°C até peso constante. Após a secagem foi feita a moagem do material foliar em moinho Willey com peneira de malha 20. Em seguida foi realizada a análise foliar pelo método sugerido por Sarruge & Haag (1974). As amostras foram digeridas por via úmida, empregando-se a digestão nitro-perclórica.

Os teores de P foram determinados colorimetricamente pelo método Vanado-Molibdato de Amônia, e os teores de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Cu por espectrometria de absorção atômica. Os teores de N foram determinados pelo método Semi-Micro-Kjeldahl.

Tabela 1. Análise nutricional (foliar) em mudas de *Pinus taeda* de viveiros comerciais de diferentes localidades.

Viveiros comerciais	g/kg				
	N	P	K	Ca	Mg
Viveiro 1	24,94	2,82	6,79	2,73	1,16
Viveiro 2	29,78	3,14	11,14	6,52	1,54
Viveiro 3	43,77	3,86	11,81	3,15	1,38
Viveiro 4	22,43	3,68	8,24	3,12	2,02

A partir da análise (Tabela 1), foram escolhidas as mudas do viveiro 4 para a realização dos ensaios. Tais mudas além de conter menor nível de N na análise nutricional (tecido foliar) foram as que apresentaram menor nível de N na composição de seu substrato (4g/kg de substrato), enquanto que os viveiros 1, 2 e 3 apresentaram 5, 6 e 7g/kg de substrato, respectivamente.

As doses foram ajustadas de acordo com a percentagem do nível agrônômico utilizado na Embrapa Florestas, Colombo/PR para a adubação de crescimento de *P. taeda*, o qual utiliza para

cada 1000 tubetes com capacidade de 21g de substrato, 8g de uréia a 40% dissolvida em 1000 ml de água destilada. Como foram utilizados somente 500 tubetes, utilizou-se 4g de uréia para 500 ml de água destilada.

Após a realização das conversões para o número de tubetes utilizados nos tratamentos, as percentagens utilizadas foram 0, 50, 100, 150 e 200% do nível indicado, estabelecendo-se as seguintes doses: (0), (0,04), (0,08), (0,12) e (0,16) gramas em cada tubete, com capacidade de 21g de substrato. Para cada tratamento foi ajustada a dose e aplicada 6 ml da solução em cada tubete.

No segundo experimento, para os tratamentos com silício utilizou-se o ácido silícico puríssimo ($\text{SiO}_2 \cdot \text{XH}_2\text{O}$), administrando-se duas doses, uma baixa totalizando 0,5g/kg de substrato, a qual corresponde a 1 t de Si/ha e outra alta, com 2g/kg de substrato, correspondendo a 4t de Si/ha. Tais doses ajustadas para os tubetes com capacidade de 21g.

Para a análise nutricional do teor de Si (tecido foliar) fez-se a transferência das alíquotas de 5 ml dos sobrenadantes dos extratos da digestão alcalina em microondas das amostras e das soluções padrão de 0; 2,0; 4,0 e 8,0 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1} \text{Si}$ para copinhos plásticos, adicionou-se 15 mL de água deionizada acrescentando 1,0 mL de solução de Ácido Clorídrico (HCl) 50% e 2,0 ml de solução de Molibdato de Amônio Tetra hidratado ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 10%. Agitou-se levemente aguardando de 5 a 10 minutos até que se formasse uma coloração amarela em todas as amostras.

Foram acrescentados 2,0 mL de solução de Ácido Oxálico ($\text{CO}_2\text{H}_2\text{H}_2\text{O}$) e calibrado o espectrofotômetro com as soluções padrão de Si, em comprimento de onda de 410 nm. Após este procedimento fez-se a leitura das amostras, onde as quantidades de Si foram dadas em porcentagem, de acordo com expressão: % Si = leitura x 0,045.

3.4 – Tratamentos

Para testar o efeito da adubação com uréia contendo 40% de N e ácido silícico a 1% sobre aspectos biológicos, preferência alimentar e capacidade reprodutiva de *C. atlantica*, as plantas foram adubadas com quatro níveis de nitrogênio e dois níveis de silício, sendo as doses parceladas.

Os tratamentos utilizados para o experimento 1 foram os seguintes: T1 – substrato padrão sem aplicação de N; T2 – substrato padrão + uma dose de 0,04g de N por tubete; T3 – substrato padrão + duas doses de 0,04g de N por tubete; T4 – substrato padrão + três doses de 0,04g de N por tubete; T5 – quatro doses de 0,04g de N por tubete, com intervalo de cinco dias entre as aplicações, para evitar efeito de fitotoxicidade nas plantas.

Para o experimento 2 foram testadas duas doses de silício, sendo os seguintes tratamentos: T1 – sem aplicação de Si; T2 – uma dose de 0,01g de Si por tubete e T3 – quatro doses de 0,01g de Si por tubete, com intervalos de 5 dias entre as aplicações. As aplicações das doses foram via solo.

3.5 – Avaliação da preferência alimentar e capacidade reprodutiva de *C. atlantica* a diferentes níveis de nitrogênio e silício, a partir de ensaios sem e com chance de escolha

3.5.1 – Ensaio sem chance de escolha ou confinamento

O ensaio foi conduzido em sala climatizada com temperatura de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$, fotofase de 12 horas e umidade relativa de $70 \pm 10\%$. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado,

consistindo de cinco tratamentos para o experimento 1, e três para o experimento 2, ambos com 35 repetições.

A fim de medir a capacidade reprodutiva, sobrevivência e outros aspectos biológicos de indivíduos de *C. atlantica* em plantas de *P. taeda* adubadas com diferentes doses de N e Si, foi realizado um ensaio sem chance de escolha ou confinamento, cuja metodologia foi a seguinte: mudas de *P. taeda* referentes ao viveiro quatro, escolhido para a realização dos ensaios, com idade aproximada de 120 dias foram previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 1%, estas foram acondicionadas em gaiolas de PVC com 37 cm de altura x 10 cm de diâmetro, com três aberturas laterais fechadas com tela anti-afídeo presa com velcro, e uma abertura na parte superior fechada com transparência (Figura 2).

Em cada gaiola foi colocada uma muda de *Pinus* em tubete com aproximadamente 20 cm de altura, apoiada por espuma grossa.



Figura 2. Unidade experimental (gaiola de PVC), utilizada para os ensaios sem chance de escolha ou confinamento.

As plantas foram adubadas com uréia e ácido silícico pela aplicação via solo. Estas foram irrigadas com 6 ml de água destilada a cada dois dias.

Quinze dias após aplicação dos nutrientes, com o auxílio de um pincel fino, foi colocado em cada muda de *P. taeda*, um espécime adulto áptero de *C. atlantica*, obtido após a última ecdise ninfal, em cada muda. Entre o 4º e 5º dia reprodutivo, a fêmea foi retirada e, das ninfas produzidas, uma foi escolhida aleatoriamente para condução do ensaio. Foram feitas observações diárias para avaliação dos seguintes parâmetros no estágio ninfal: número e duração de cada ínstar, duração total do período ninfal. No estágio adulto avaliou-se os seguintes parâmetros: período pré-reprodutivo, período reprodutivo, período pós-reprodutivo, longevidade, fecundidade total e diária e duração do ciclo de vida.

Outro parâmetro avaliado foi o estudo da morfometria, realizado com os indivíduos de *C. atlantica* criados em plantas de *P. taeda* sobre diferentes condições nutricionais. Estes foram fixados em álcool 70% e, posteriormente, montados em lâminas permanentes conforme Martin (1983). As lâminas foram devidamente etiquetadas de acordo com os indivíduos criados em plantas de diferentes substratos (tratamentos). Sob microscópio e com o auxílio de uma ocular micrométrica foram avaliados os seguintes caracteres morfológicos: comprimento do corpo; da antena; da tíbia, do fêmur, primeiro e segundo tarsômeros posteriores; comprimento do III, IV, V e VI (base e processo terminal) artículos antenais; comprimento do último segmento rostral (IV+V); diâmetro da base do sifúnculo (Figura 3).

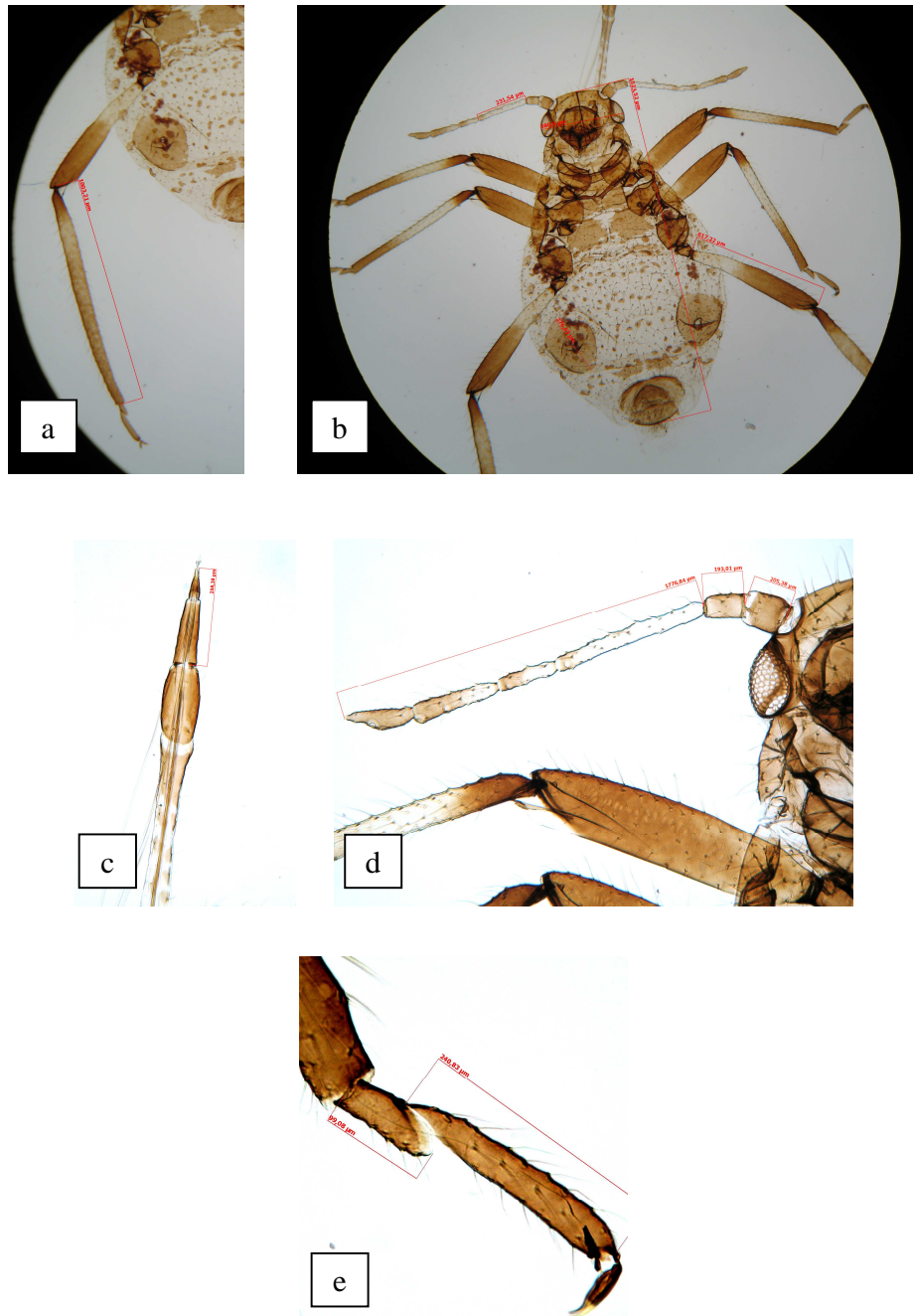


Figura 3. Medição de caracteres de adultos de *Cinara atlantica* criados em mudas de *Pinus taeda* com diferentes doses de nitrogênio e silício. (a) medição da tíbia; (b) medição da cabeça, corpo, fêmur, diâmetro do sífúnculo e III artícuo antenal; (c) medição do 4º e 5º artícuo rostral; (d) medição do total da antena e (e) medição do 1º e 2º artícuo tarsal.

A análise dos dados foi feita a partir da análise de variância (ANOVA) e Tukey a 5% de significância. Para a análise dos caracteres morfométricos foram ajustadas equações de regressão, para as variáveis que apresentaram significância pelo teste F ao nível de significância $p \leq 0,05$.

Para o ensaio sem chance de escolha, realizaram-se quatro análises nutricionais (tecido vegetal), sendo a primeira na instalação do experimento (sem aplicação das doses), e as demais 15, 45 e 90 dias após aplicação, utilizando para isto cinco plantas de cada tratamento, as quais seguiram os mesmos procedimentos para análise realizada no item 3.3.

3.5.2 – Ensaio com chance de escolha

As plantas utilizadas para o ensaio foram às mudas dos tratamentos descritos no item 3.4 com o mesmo substrato e doses. O objetivo deste ensaio foi avaliar a resposta da seleção de indivíduos de *C. atlantica* a ramos e mudas de *P. taeda* adubadas com diferentes doses de N e Si e expostas em iguais condições. A avaliação deste ensaio foi baseada no número de afídeos que elegeram cada uma das fontes de alimento e a preferência na produção de ninfas de *C. atlantica* em cada tratamento.

Foram realizadas quatro análises nutricionais das plantas, utilizando-se cinco plantas de cada tratamento, as quais seguiram os mesmos procedimentos do item 3.3.

3.5.2.1 – Ensaio com chance de escolha em placa de Petri

A metodologia empregada para este ensaio foi a seguinte: para a montagem da arena foram utilizadas placas de Petri (arenas) (Figura 4), com 15 cm de diâmetro contendo ao fundo uma folha de papel filtro umedecida com água destilada.



Figura 4. Arena em placa de Petri utilizada para o ensaio de preferência alimentar com chance de escolha.

Como se pode observar na (Figura 4), foram dispostos em cada placa cinco ramos (experimento 1) e três ramos (experimento 2) de *P. taeda* com 4 cm de comprimento cada um, equidistantes entre si e correspondentes a cada tratamento. Estes foram dispostos na placa de Petri. Simultaneamente à preparação das placas, selecionou-se 20 adultos ápteros (entre o 4º e 5º dia reprodutivo) de *C. atlantica*. Após seleção, procedeu-se à liberação dos indivíduos no centro de cada placa. As avaliações foram efetuadas aos 40 e 90 minutos, 4, 12, 18, 24, 36, 48 e 72 horas a partir da liberação dos pulgões nas placas, onde realizaram-se leituras do número de pulgões que se encontravam sobre cada ramo de *P. taeda*. Os testes estatísticos utilizados foram ANOVA e Tukey a 5% de significância.

3.5.2.2 – Ensaio com chance de escolha em gaiola

Mudas de *P. taeda*, com aproximadamente 4 meses de idade, em tubetes, foram colocadas em gaiolões (arenas) de PVC com 30 cm de diâmetro e 40 cm de altura (Figura 5), onde os tratamentos dos experimentos 1 (aplicação de N) e 2 (aplicação de Si) foram dispostos aleatoriamente e separadamente. Para o experimento 1, foram dispostas cinco mudas na arena e para o experimento 2, somente três mudas, referentes estes aos tratamentos já descritos. Utilizaram-se também 20 espécimes adultos entre o 4º e 5º dia reprodutivo os quais foram liberados no centro da arena.

Foram observadas quais plantas eram escolhidas para alimentação e conseqüentemente para a produção de ninfas de *C. atlantica*, quantificando o número de insetos e retirando-os com pincel.

A metodologia utilizada neste ensaio foi semelhante à do item 3.5.2.1, alterando-se apenas o tempo de avaliação que se estendeu por mais um período de quatro semanas. As avaliações foram feitas no 1º, 2º, 3º, 4º, 7º, 14º, 21º e 28º dia, totalizando um mês de avaliação. Avaliou-se não somente a preferência alimentar, mas também a preferência na produção de ninfas pelas fêmeas. Para tal estudo, utilizaram-se mudas de *P. taeda* tratadas e não-tratadas com uréia e ácido silícico, totalizando 10 repetições por tratamento, com uma repetição por gaiola.

Os testes estatísticos utilizados foram ANOVA e Tukey a 5% de significância.

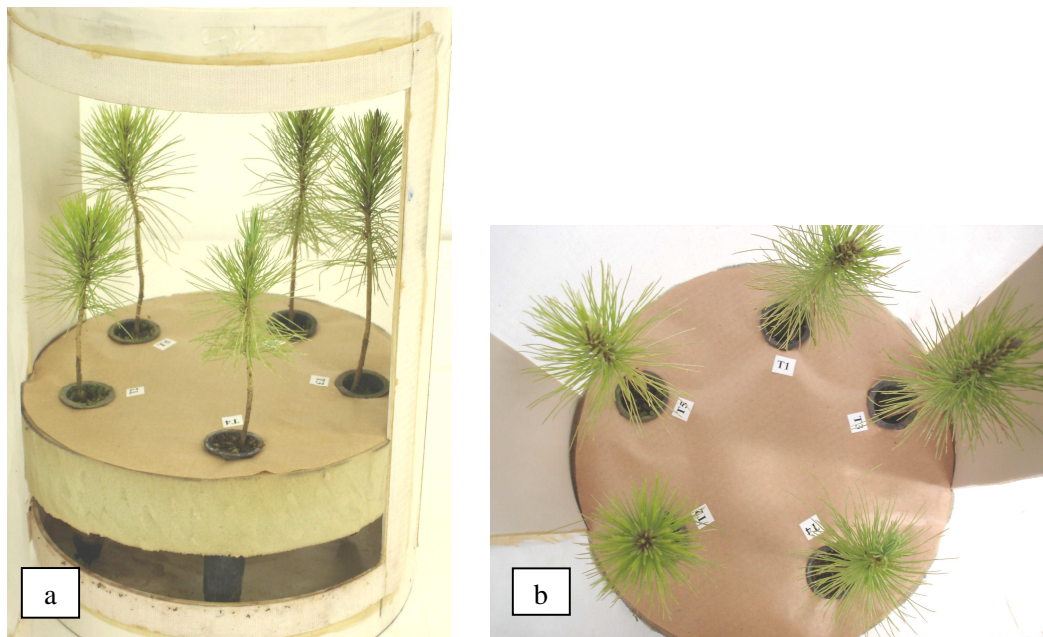


Figura 5. Arena em gaiola de PVC utilizada para avaliação do ensaio de preferência alimentar e capacidade reprodutiva de *C. atlantica*, com chance de escolha. (a) Vista lateral e (b) Vista superior da arena em gaiola de PVC, com mudas de *Pinus taeda* tratadas com diferentes doses de nitrogênio.

Para avaliação do ensaio foram feitas observações diárias verificando quais mudas foram preferidas para alimentação e conseqüente deposição da prole, totalizando o número de descendentes produzidos por cada adulto em determinadas mudas adubadas com diferentes doses de nitrogênio e silício.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Experimento 1 - Efeito da aplicação de nitrogênio em plantas de *Pinus taeda* e sua relação com a biologia e a preferência alimentar de *Cinara atlantica*.

4.1.1. Ensaio sem chance de escolha ou confinamento

As ninfas de *Cinara atlantica* apresentaram quatro ínstaes em todos os tratamentos testados (Tabela 2). Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por Ottati (1999) e Zaleski (2003) em condições de laboratório. Apenas no terceiro ínstar foram obtidos valores significativos, onde os tratamentos com adição de nitrogênio apresentaram tendência crescente da duração média com o aumento da dose de N. Nos demais ínstaes não se observou à influência do nitrogênio na duração dos mesmos.

Tabela 2. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes e do total da fase ninfal de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Tratamentos	Ínstaes				Fase ninfal
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Quarto	
T1 - Testemunha	2,30 ± 0,00a	2,10 ± 0,03a	2,65 ± 0,06b	3,50 ± 0,04a	10,55 ± 0,08a
T2 - 0,04 g/N	2,50 ± 0,17a	2,20 ± 0,23a	2,95 ± 0,22b	3,00 ± 0,16a	10,65 ± 0,53a
T3 - 0,08 g/N	2,10 ± 0,15a	2,30 ± 0,24a	3,25 ± 0,26ab	3,05 ± 0,27a	10,60 ± 0,46a
T4 - 0,12 g/N	1,85 ± 0,14a	1,65 ± 0,12a	3,45 ± 0,22ab	2,95 ± 0,31a	9,90 ± 0,50a
T5 - 0,16 g/N	2,15 ± 0,19a	2,20 ± 0,23a	3,80 ± 0,34a	3,35 ± 0,34a	11,50 ± 3,30a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O quarto ínstar foi relativamente mais longo que os demais ínstaes (Tabela 2 e Figura 6), em quase todos os tratamentos com exceção daqueles com maior dose de N, corroborando assim com as observações de Zaleski (2003) e Ottati (2004). Wang & Tsai (2000) explicaram que o fato do quarto ínstar ser mais longo que os anteriores pode ser causado pelas maiores trocas fisiológicas que ocorrem durante o desenvolvimento deste ínstar para a fase adulta.

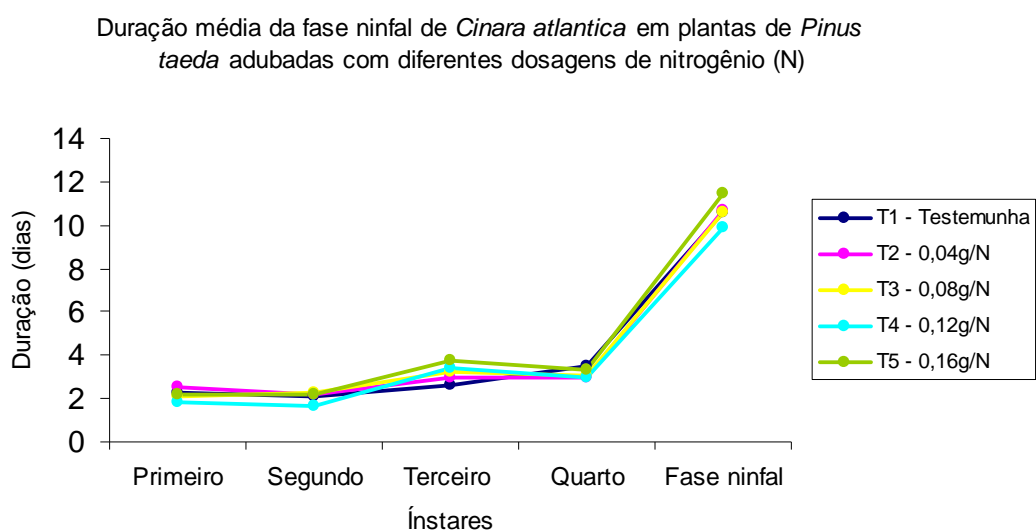


Figura 6. Duração média da fase ninfal de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

A sobrevivência foi de 100% no primeiro, segundo e terceiro ínstaes, para aqueles afídeos criados em plantas que não receberam aplicação de nitrogênio (testemunha) (Tabela 3).

Tabela 3. Viabilidade (%) e erro padrão (%) dos diferentes ínstaes de ninfas de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Tratamentos	Viabilidade (%) Fase ninfal				
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Quarto	Fase Ninfal
T1 - Testemunha	100± 0a	100± 0a	100± 0a	90± 0,45a	91± 0,40a
T2 – 0,04 g/N	83± 0,70a	80± 0,80a	90± 0,45a	95± 0,23a	100± 0a
T3 – 0,08 g/N	100± 0a	100± 0a	90± 0,45a	90± 0,45a	100± 0a
T4– 0,12 g/N	80± 0,80a	90± 0,45a	100± 0a	96± 0,19a	90± 0,45a
T5 – 0,16 g/N	85± 0,63a	100± 0a	100± 0a	100± 0a	85± 0,63a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

As taxas de sobrevivência observadas entre os tratamentos com aplicação de nitrogênio, não diferiram estatisticamente entre si e da testemunha, variando de 80 a 100% nos quatro ínstaes ninfais. Na fase ninfal, observa-se um decréscimo na viabilidade para o tratamento com maior dose de nitrogênio (0,16 g/N tubete), entretanto este não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos. Apesar deste tratamento receber maior dose de N, não foi o apresentou maior valor (g/Kg), ou seja, teor de N em suas acículas nas análises nutricionais realizadas aos 15, 45 e 90 dias. Por motivo desconhecido, este não foi capaz de absorver totalmente a dose total aplicada.

Nevo & Coll (2001) e Harrewijn (1970) observaram que a aplicação de doses de N, não devem exceder o nível ótimo indicado, pois níveis adequados são essenciais para o desenvolvimento dos afídeos. Corroborando a tais afirmações, Dale (1988) cita que altas doses de nitrogênio podem afetar negativamente a performance de afídeos.

Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à duração dos períodos pré-reprodutivo e reprodutivo de *C. atlantica* (Tabela 4 e Figura 7). Para o período pós-reprodutivo, obteve-se para os tratamentos com maiores doses de nitrogênio, valores significativos, diferindo estatisticamente dos tratamentos 1 e 2.

Tabela 4. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo e longevidade de *C. atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Tratamentos	Período Pré-reprodutivo	Período Reprodutivo	Período Pós-reprodutivo	Longevidade	Ciclo biológico (dias)
T1 - Testemunha	4,35 ± 0,10a	21,35 ± 0,45a	10,25 ± 0,30b	36,40 ± 0,70a	45,60 ± 0,79a
T2 – 0,04 g/N	3,30 ± 0,30a	17,65 ± 2,06a	10,43 ± 1,48b	31,20 ± 3,10a	38,90 ± 2,86a
T3 – 0,08 g/N	3,90 ± 0,38a	20,30 ± 1,91a	13,10 ± 2,28a	37,20 ± 2,90a	45,00 ± 3,19a
T4 – 0,12 g/N	3,20 ± 0,28a	20,00 ± 1,67a	14,50 ± 1,48a	37,90 ± 2,37a	43,90 ± 2,37a
T5 – 0,16 g/N	3,60 ± 0,48a	19,15 ± 2,29a	15,60 ± 1,54a	38,35 ± 2,94a	45,55 ± 2,94a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

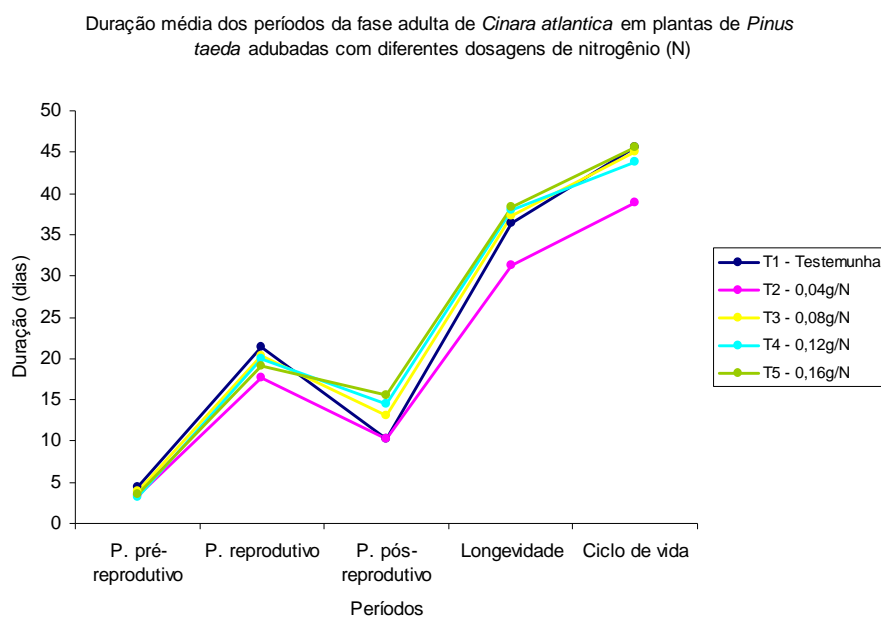


Figura 7. Duração média dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico total de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

Em relação à longevidade, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, contudo em todos os tratamentos a longevidade foi superior a média obtida

por Zaleski (2003), que foi de 30,39 dias, para a temperatura de 20°C, podendo tal aspecto ser explicado pela quantidade de nitrogênio no substrato utilizado pela autora.

De acordo com Cisneros & Godfrey (2001), respostas de afídeos a adubação com doses de nitrogênio foram observadas nas taxas de sobrevivência. Estes autores ressaltam ainda que afídeos criados em altos níveis de N, são menos suscetíveis a inseticidas do que aqueles criados em plantas com baixos níveis.

A viabilidade do estágio adulto não apresentou diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5. Viabilidade (%) média (dias) do estágio adulto de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Viabilidade (%) Fase adulta					
Tratamentos	Período Pré-reprodutivo	Período Reprodutivo	Período Pós-reprodutivo	Longevidade	Ciclo biológico
T1 - Testemunha	90 ± 0,45a	90 ± 0,45a	80 ± 0,80a	100 ± 0a	95 ± 0,23a
T2 - 0,04 g/N	85 ± 0,63a	100 ± 0a	90 ± 0,45a	80 ± 0,80a	90 ± 0,45a
T3 - 0,08 g/N	100 ± 0a	100 ± 0a	90 ± 0,45a	90 ± 0,45a	95 ± 0,23a
T4 - 0,12 g/N	80 ± 0,80a	80 ± 0,80a	85 ± 0,63a	100 ± 0a	90 ± 0,45a
T5 - 0,16 g/N	80 ± 0,80a	100 ± 0a	90 ± 0,45a	100 ± 0a	90 ± 0,45a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A capacidade reprodutiva, em relação ao número total de ninfas/fêmea ao longo do período reprodutivo foi uma das variáveis que sofreu forte influência da adubação com diferentes doses de nitrogênio (Tabela 6).

Tabela 6. Fecundidade total, diária e erro padrão (Ep) do número médio de ninfas produzidas por *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Tratamentos	Fecundidade total ninfas/fêmea	Fecundidade diária ninfas/fêmea
T1 - Testemunha	21,20 ± 0,51a	1,14 ± 0,02a
T2 - 0,04 g/N	24,45 ± 2,60a	1,70 ± 0,020a
T3 - 0,08 g/N	23,50 ± 2,30a	1,25 ± 0,11a
T4 - 0,12 g/N	31,95 ± 2,49b	1,62 ± 0,08a
T5 - 0,16 g/N	24,40 ± 2,80a	1,48 ± 0,17a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Os indivíduos de *C. atlantica* mantidos em plantas adubadas com adição de 0,12 gramas/tubete foram os que originaram um número significativamente maior de ninfas em relação à testemunha e aos demais tratamentos (Figura 8). Foi observado que mesmo na menor dose de N, a fecundidade total foi afetada e os tratamentos 2, 3, 4 e 5 apresentaram maiores valores que a testemunha.

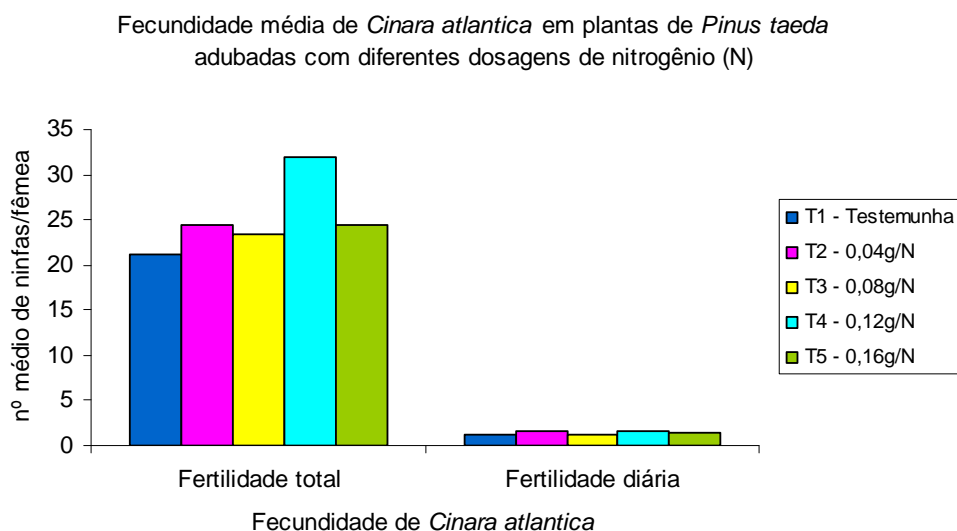


Figura 8. Fecundidade total e diária de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

Apesar da dose aplicada ao tratamento 4 ser menor que a do tratamento 5, foi a que apresentou maior teor de N em todas as análises (Tabela 8).

Vários autores esclarecem que os afídeos, assim como os demais insetos tendem a preferir as plantas que forneçam alimento nutricionalmente favorável ao seu desenvolvimento. Diferentes espécies ou variedades de plantas hospedeiras, sob diferentes condições de adubação, podem ter efeitos adversos sobre a taxa reprodutiva, crescimento e longevidade de insetos que destas se alimentam (Evans, 1937), o que pode ser comprovado neste estudo.

Segundo Emden (1966), a reprodução dos pulgões aumenta com a elevação do teor de nitrogênio solúvel no floema, como consequência do uso de adubos nitrogenados. Embora a concentração de nitrogênio na seiva do floema seja geralmente muito baixa (Mittler, 1958; Dixon, 1970), sabe-se que esta quantidade muda nas folhas e nos brotos conforme crescem e maturam.

Rosenheim *et al.*, (1994) verificaram sob condições de laboratório que os afídeos do algodão *A. gossypii* mostraram alta capacidade reprodutiva e um ciclo de desenvolvimento curto (duração do estágio ninfal e adulto) em mudas de algodão adubadas com nitrogênio. O mesmo foi verificado nesse estudo, onde o tratamento 4 com dose alta de N, foi o substrato onde os indivíduos tiveram maior média da fecundidade total e menor duração (dias) de alguns ínstares.

Para a medição de caracteres de *C. atlantica*, verificou-se que o comprimento do corpo, comprimento total da antena, fêmur, tíbia e diâmetro do sifúnculo apresentaram valores significativos (Tabela 7), onde as maiores médias foram obtidas para o tratamento 4. Para estas variáveis que apresentaram significância pelo teste F, foram ajustadas equações de regressão, que estão apresentadas na Figura 9.

Tabela 7. Dados morfométricos (média ± variação) de adultos de *Cinara atlantica* criados em plantas de *Pinus taeda* tratadas com diferentes doses de nitrogênio.

Caracteres (mm)	T1 – Testemunha (n=10)	T2 - 0,04g/N (n=10)	T3 - 0,08g/N (n=10)	T4 - 0,12g/N (n=10)	T5 – 0,16g/N (n=10)
Comprimento do corpo*	2,38 (1,96 - 2,66)	2,57 (2,23-3,11)	2,56 (1,98-3,21)	2,83 (2,41-3,64)	2,55 (2,25-2,95)
Largura da cabeça**	0,58 (0,53 - 0,65)	0,58 (0,57-0,61)	0,59 (0,55-0,69)	0,61 (0,55-0,71)	0,60 (0,55-0,63)
Comprimento total da antena*	0,83 (0,71 - 0,95)	1,08 (1,02-1,26)	1,07 (1,01-1,25)	1,12 (0,99-1,31)	1,10 (0,98-1,23)
Artículo antenal III**	0,35 (0,28 - 0,42)	0,38 (0,37-0,47)	0,38 (0,35-0,42)	0,40 (0,35-0,49)	0,40 (0,32-0,45)
Artículo antenal IV**	0,15 (0,12 - 0,20)	0,16 (0,15-0,19)	0,16 (0,15-0,23)	0,17 (0,14-0,20)	0,16 (0,13-0,20)
Artículo antenal V**	0,19 (0,16 - 0,22)	0,20 (0,20-0,24)	0,19 (0,17-0,24)	0,21 (0,18-0,24)	0,20 (0,17-0,24)
Base do artículo antenal VI**	0,10 (0,09 - 0,12)	0,10 (0,11-0,12)	0,11 (0,11-0,12)	0,11 (0,10-0,12)	0,11 (0,11-0,12)
Processo terminal**	0,04 (0,03 - 0,05)	0,04 (0,04-0,05)	0,05 (0,04-0,05)	0,04 (0,04-0,05)	0,04 (0,03-0,05)
Artículo rostral IV**	0,16 (0,15 - 0,18)	0,16 (0,16-0,19)	0,17 (0,11-0,18)	0,17 (0,17-0,20)	0,16 (0,13-0,20)
Artículo rostral V**	0,07 (0,06 - 0,08)	0,06 (0,06-0,07)	0,07 (0,05-0,08)	0,07 (0,07-0,08)	0,07 (0,06-0,08)
Comprimento do fêmur*	0,86 (0,66 - 1,00)	0,92 (0,93-1,18)	1,00 (0,71-1,23)	1,02 (1,49-2,09)	0,93 (0,73-1,18)
Comprimento da tíbia*	1,49 (1,14 - 1,74)	1,60 (1,64-1,96)	1,70 (1,27-2,05)	1,76 (1,49-2,09)	1,60 (1,43-1,96)
Artículo tarsal II**	0,08 (0,08 - 0,10)	0,09 (0,10-0,11)	0,09 (0,07-0,12)	0,09 (0,08-0,11)	0,09 (0,07-0,10)
Artículo tarsal II**	0,21 (0,18 - 0,24)	0,23 (0,23-0,26)	0,22 (0,20-0,26)	0,22 (0,20-0,26)	0,22 (0,21-0,25)
Sifúnculo*	0,35 (0,25 - 0,46)	0,41(0,43-0,49)	0,42 (0,30-0,60)	0,48 (0,30-0,64)	0,42 (0,31-0,57)

* Variáveis significativas pelo teste F ao nível de significância $p \leq 0,05$.

** Variáveis não significativas pelo teste F ao nível de significância $p \leq 0,05$.

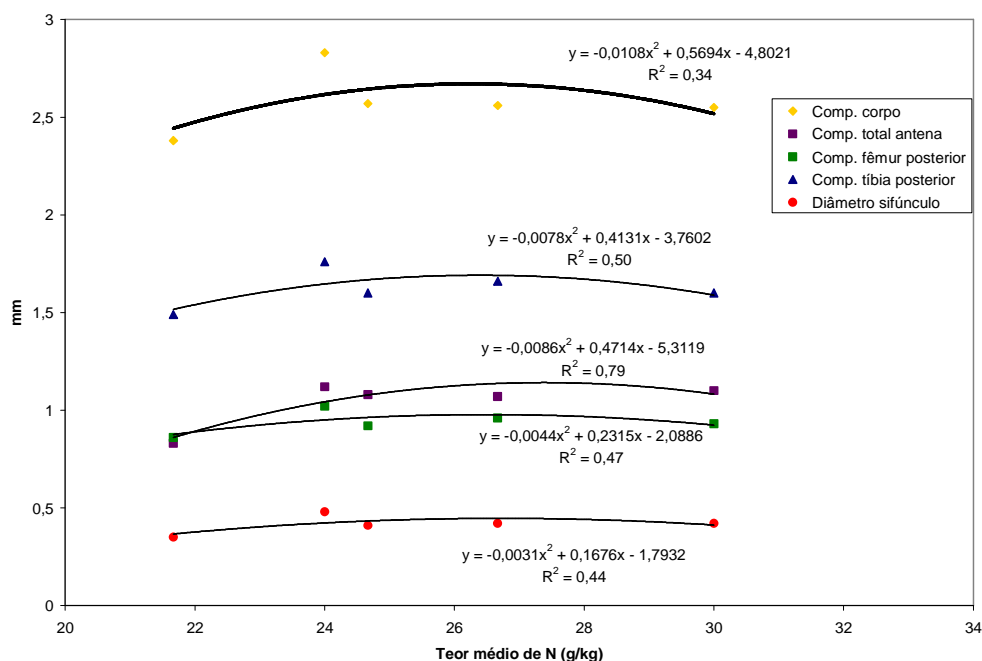


Figura 9. Equações de regressão ajustadas para as variáveis (caracteres morfológicos) que apresentaram significância para o tratamento 4 (0,12 g/N por tubete) pelo teste F.

Utilizou-se para o ajuste das regressões como variável independente o teor médio de N, em vez das doses utilizadas nos tratamentos, onde a partir disso, várias variáveis podem ser explicadas pelo aumento do teor de N.

Os insetos criados em plantas do tratamento 4 com adição de (0,12g de nitrogênio/tubete) foram maiores e as plantas apresentaram maior teor de N (Tabela 8).

Tabela 8. Teor médio de nitrogênio (g/N) por kg de acículas de plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio (N).

Tratamentos	0 dias	15 dias	45 dias	90 dias	Média de N
	g/N por kg	g/N por kg	g/N por kg	g/N por kg	g/N por Kg
T1 - Testemunha	13	16	24	25	21,7
T2 - 0,04g/N	13	19	26	29	24,7
T3 - 0,08g/N	13	21	28	31	26,7
T4 - 0,12g/N	13	25	30	35	30,0
T5 - 0,16g/N	13	23	26	23	24,0

Cinara atlantica é uma espécie que varia extremamente no tamanho, nas medidas de estruturas do corpo e em sua cor (Pepper & Tissot, 1973). O tamanho do corpo dos afídeos é correlacionado freqüentemente com a fecundidade e a taxa intrínseca de crescimento (Dixon, 1991).

Os indivíduos criados em plantas do tratamento 4, foram aqueles que apresentaram maior média da fecundidade total/capacidade reprodutiva e caracteres morfológicos maiores em relação aos demais tratamentos, confirmando com as observações de Minks & Harrewijn (1987) os quais relatam que a qualidade nutricional das plantas hospedeiras tem forte efeito sobre a alimentação dos afídeos. Quando estes se alimentam em plantas com ótima qualidade aumentam seu potencial reprodutivo e são insetos maiores, quando comparados a outros que se alimentaram em plantas com baixa qualidade nutricional.

De acordo com Nevo & Coll (2001), a adubação com nitrogênio afeta traços morfológicos dos afídeos e estes também são correlacionados por sua vez positivamente com a fecundidade, cor e tamanho.

A qualidade da planta hospedeira é conhecida por ser um fator importante que afeta a produção das formas de afídeos, a taxa de desenvolvimento, e a fecundidade (Dixon, 1987b). Estudos ilustram que efeitos da adubação com compostos nitrogenados estão correlacionados com a cor e o tamanho dos afídeos, e que estes efeitos podem ser detectados através das gerações.

Outros autores relatam também que estruturas morfológicas de *Aphis gossypii* podem ser correlacionadas com o peso e o tamanho do corpo, onde este por sua vez é correlacionado freqüentemente com a fecundidade (Dixon, 1991).

4.1.2. Ensaio com chance de escolha em placas de Petri

Os resultados obtidos no teste de livre escolha mostraram diferença estatística significativa entre os tratamentos quanto a preferência dos pulgões em todas as avaliações realizadas para o ensaio com chance de escolha (Tabela 9).

Tabela 9. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de *Cinara atlantica* em ramos destacados de plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio, em diferentes períodos de tempos após a liberação dos espécimes.

Avaliações	Número de adultos de <i>Cinara atlantica</i> por ramo de <i>Pinus taeda</i>				
	Tratamentos				
	T1 – Testemunha	T2 - 0,04g/N	T3 - 0,08g/N	T4 - 0,12g/N	T5 - 0,16g/N
40 minutos	3,20 \pm 0,29a	2,60 \pm 0,17ab	1,40 \pm 0,12b	3,20 \pm 0,20a	2,20 \pm 0,15ab
90 minutos	3,50 \pm 0,20a	2,20 \pm 0,11ab	1,40 \pm 0,12b	3,70 \pm 0,29a	2,70 \pm 0,26a
4 horas	1,30 \pm 0,09b	1,70 \pm 0,13b	1,30 \pm 0,09b	4,80 \pm 0,34a	3,10 \pm 0,17a
12 horas	1,20 \pm 0,10b	1,20 \pm 0,12b	0,60 \pm 0,09c	4,80 \pm 0,26a	3,70 \pm 0,23a
18 horas	1,10 \pm 0,12b	0,90 \pm 0,15b	0,90 \pm 0,09b	5,30 \pm 0,28a	3,70 \pm 0,27a
24 horas	1,10 \pm 0,12b	2,00 \pm 0,17ab	1,50 \pm 0,18b	3,70 \pm 0,31a	3,30 \pm 0,08a
36 horas	1,20 \pm 0,10b	1,60 \pm 0,14b	2,20 \pm 0,15ab	3,70 \pm 0,31a	3,30 \pm 0,08a
48 horas	0,30 \pm 0,06b	0,80 \pm 0,11ab	0,40 \pm 0,06b	2,20 \pm 0,15a	1,70 \pm 0,18a
72 horas	0	0	0	0	0
Média Total:	1,43	1,44	1,07	3,48	2,63

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Nas duas primeiras avaliações realizadas aos 40 e 90 minutos, o número médio de indivíduos de *C. atlantica* que se encontravam sobre os ramos correspondentes ao tratamento 3 diferiram estatisticamente da testemunha e dos tratamentos com maior dose de N. O tratamento 3 apresentou menor média de adultos/ramo, o que dificulta afirmar que seja não-preferência a tais ramos, pois as avaliações aos 40 e 90 minutos, além de serem muito próximas não são suficientes para se confirmar a eleição definitiva pela planta hospedeira.

Observou-se que após a liberação dos pulgões na arena, estes se moviam ativamente pelos ramos antes de iniciar a prova dos mesmos, corroborando com as observações de Ribeiro *et al.*, (2001) em ensaios de preferência de *C. atlantica* em mudas adubadas com nitrogênio, onde os afídeos antes de se estabelecer em plantas de *P. taeda*, deslocavam-se bastante. Somente após aos

90 minutos, a grande maioria dos pulgões começou a se situar sobre algum ramo, obtendo-se maiores médias para os tratamentos com maiores doses de nitrogênio.

Nas avaliações subseqüentes as 4, 12 e 18 horas, as médias foram significativas para os tratamentos com maiores doses de N, os quais diferiram dos demais e os ramos foram preferidos para alimentação, discordando das observações de López (1998) que observou as maiores diferenças entre plantas suscetíveis e resistentes de melão a *Aphis gossypii* (Glover, 1877) somente 18 horas após a liberação dos indivíduos.

As 24, 36 e 48 horas após liberação dos indivíduos na arena, os tratamentos com maiores doses diferiram estatisticamente da testemunha, obtendo-se maiores médias de adultos/ramo de *P. taeda*.

Após as 48 horas (Tabela 9 e Figura 10), ocorreu um decréscimo no número de adultos/ramo, confirmando os resultados obtidos nas avaliações de preferência alimentar com chance de escolha, feitas por López (1998) com plantas de melão (folhas) resistentes e susceptíveis a *Aphis gossypii*. Esta salienta, que os ensaios de preferência alimentar não devem exceder 36 horas de avaliação, devido à dissecação e perda da turgescência da planta, sendo assim considerada pouco adequada aos pulgões como fonte de alimento, o que foi observado também para os ramos de *P. taeda*.

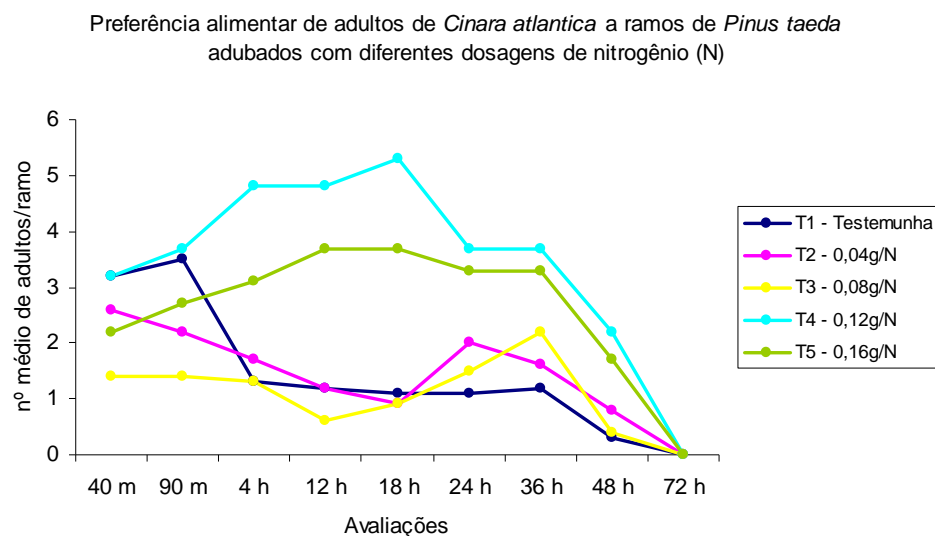


Figura 10. Número médio de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

O tratamento com dose de 0,12 g de N/tubete, além de apresentar durante a maioria das avaliações maiores valores médios, demonstrou ser o preferido ou adequado à alimentação de *C. atlantica*, quando se comparou o número total médio de afídeos/ramo. Este apresentou um valor de 3,48 afídeos/ramo, enquanto que a testemunha apresentou número médio total de 1,43 afídeos/ramo, respectivamente.

Segundo Powell (2004) a preferência por determinadas plantas hospedeiras pode ser determinada por características comportamentais e pelo alto índice de insetos em algumas espécies de plantas, ou também a partir, de provas prolongadas (alimentação), e pouco deslocamento entre as plantas.

A seleção da planta hospedeira pelo inseto não é um processo aleatório, estes empregam mecanismos sensoriais e comportamentais para encontrar e reconhecer sua planta hospedeira. De acordo com Kogan (1977), o odor e a prova da planta hospedeira podem interferir

complementando o complexo sensorial do inseto. Este complemento é interpretado pelo sistema nervoso central do inseto para determinar o que a planta tem a oferecer.

Durante a alimentação é determinado o hospedeiro e a aceitação da planta pode também ser definida através da ingestão de alimento. Quando os nutrientes são adequados e não-tóxicos, os insetos completam seu desenvolvimento em um período normal de tempo e tornam-se adultos.

4.1.3. Ensaio com chance de escolha em gaiola

Na primeira avaliação 24 horas após liberação dos afídeos na arena, não obteve-se diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio, em diferentes períodos após a liberação dos espécimens.

Número de adultos de <i>Cinara atlantica</i> por muda de <i>Pinus taeda</i>					
Tratamentos					
Avaliações	T1 – Testemunha	T2 - 0,04g/N	T3 - 0,08g/N	T4 - 0,12g/N	T5 - 0,16g/N
1º dia	2,00 \pm 0,35a	2,80 \pm 0,29a	1,60 \pm 0,23a	2,80 \pm 0,34a	1,50 \pm 0,27a
2º dia	1,60 \pm 0,23b	3,60 \pm 0,35ab	1,40 \pm 0,13b	4,70 \pm 0,59a	1,20 \pm 0,19b
3º dia	1,30 \pm 0,21b	2,40 \pm 0,23ab	1,70 \pm 0,14ab	3,30 \pm 0,38a	2,30 \pm 0,39ab
4º dia	1,20 \pm 0,11b	2,60 \pm 0,29a	1,80 \pm 0,18ab	2,80 \pm 0,38a	2,30 \pm 0,38a
7º dia	1,20 \pm 0,11b	2,70 \pm 0,27a	1,20 \pm 0,11b	2,80 \pm 0,39a	2,40 \pm 0,36a
14º dia	1,60 \pm 0,18a	2,10 \pm 0,23a	1,60 \pm 0,23a	2,80 \pm 0,33a	2,40 \pm 0,33a
21º dia	0,70 \pm 0,12b	0,90 \pm 0,16b	1,60 \pm 0,23a	2,10 \pm 0,12a	1,80 \pm 0,21a
28º dia	0,30 \pm 0,06b	0,30 \pm 0,06b	1,30 \pm 0,13a	1,80 \pm 0,18a	1,20 \pm 0,19a
Média Total:	1,10	1,93	1,35	2,56	1,67

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

No 2º e 3º dia de avaliação, o tratamento 4 apresentou valores significativos superiores, diferindo da testemunha e dos tratamentos 3 e 5.

Após a terceira avaliação, foram observadas diferenças significativas somente nas avaliações realizadas no 4º, 7º, 21º e 28º dias após liberação dos insetos na arena. Os tratamentos com adição de nitrogênio foram os preferidos para alimentação, obtendo-se valores que diferiram da testemunha (sem adição de N).

Apesar da diferença apresentada no 28º dia entre os tratamentos, foi o tratamento 4 que apresentou maior média total durante as avaliações (Figura 11). O tratamento 4 obteve média total de 2,56 adultos/muda, enquanto que para o tratamento 5 e a testemunha foi de 1,67 e 1,10 afídeos/muda, respectivamente.

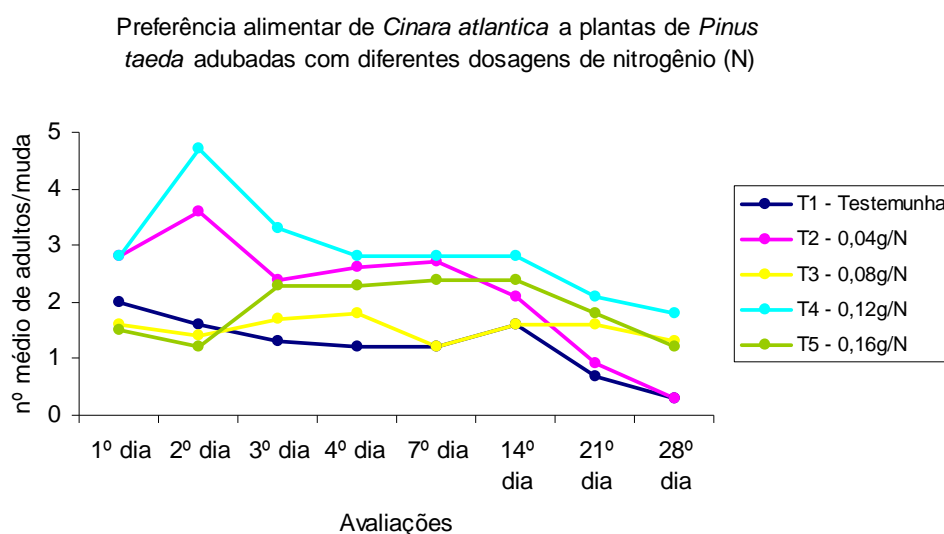


Figura 11. Número médio de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

A tomada de decisões por afídeos para colonizar uma planta é um processo complexo que envolve uma variedade de estímulos e respostas (Klingauf, 1987). Fatores que contribuem para a

escolha de plantas hospedeiras por afídeos incluem: cor, forma (aparência), presença e número de tricomas, tecidos e etc (Courtney & Kibota, 1990), mas a decisão de aceitação ou rejeição de uma planta como já citado anteriormente, é a prova (Dadd & Mittler, 1965; Pollard, 1973).

As provas podem variar de poucos segundos há minutos. O tempo total é comumente suficiente para os afídeos decidirem se se estabelecem e alimentam-se ou continuam a procurar por outro hospedeiro que seja de sua preferência (Montllor *et al.*, 1983; Mittler, 1988).

A capacidade reprodutiva dos adultos foi medida a partir do número de ninfas produzidas nas avaliações. Nas cinco primeiras avaliações (1º, 2º, 3º, 4º e 7º dia) após liberação dos afídeos na arena obteve-se diferença significativa entre os tratamentos, onde o tratamento 4 foi o preferido para alimentação e conseqüentemente, para a deposição da prole de *C. atlantica* (Tabela 11 e Figura 12).

Tabela 11. Número médio (\pm erro padrão) de ninfas/fêmea de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio, em diferentes períodos de avaliação.

Número de ninfas produzidas por *Cinara atlantica*
Tratamentos

Avaliações	T1 – Testemunha	T2 - 0,04g/N	T3 - 0,08g/N	T4 - 0,12g/N	T5 - 0,16g/N
1º dia	0,60 \pm 0,12b	0,50 \pm 0,12b	0b	1,20 \pm 0,31a	1,10 \pm 0,31a
2º dia	0b	0,40 \pm 0,09b	0,20 \pm 0,06b	1,90 \pm 0,22a	0,30 \pm 0,09b
3º dia	0b	1,70 \pm 0,30a	0,60 \pm 0,09b	2,70 \pm 0,68a	0,70 \pm 0,13b
4º dia	0,40 \pm 0,09b	1,50 \pm 0,20a	0,90 \pm 0,15b	1,50 \pm 0,34a	1,40 \pm 0,26a
7º dia	3,40 \pm 0,47b	7,50 \pm 1,43a	1,90 \pm 0,25b	9,00 \pm 1,71a	2,80 \pm 0,44b
14º dia	6,20 \pm 0,71a	8,60 \pm 1,21a	3,70 \pm 0,34b	9,70 \pm 1,39a	7,60 \pm 1,16a
21º dia	2,00 \pm 0,35b	1,50 \pm 0,40b	3,90 \pm 0,38b	9,80 \pm 1,04a	7,80 \pm 0,86a
28º dia	8,30 \pm 0,81a	4,70 \pm 0,77b	15,30 \pm 1,00a	10,30 \pm 1,23a	9,90 \pm 1,52a
Média Total:	20,9	26,4	26,5	46,1	31,6

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Além destas observações, o tratamento 4, com adição de 0,12 gramas de N/tubete foi o que apresentou média total de 46,1 ninfas, enquanto que o tratamento 5 e a testemunha, apresentaram média de 31,6 e 20,9 respectivamente.

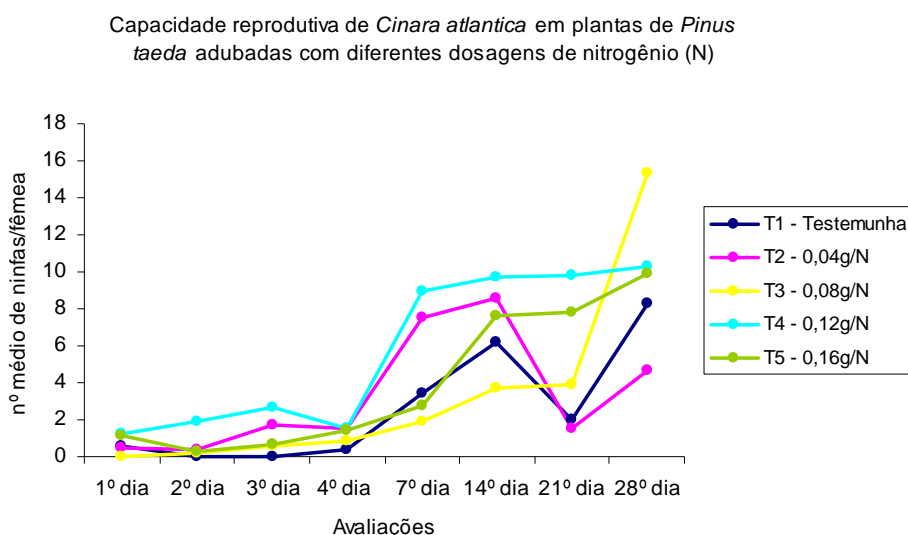


Figura 12. Número médio de ninfas produzidas por adultos de *Cinara atlantica* situados em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de nitrogênio.

O crescimento e a reprodução de insetos fitófagos podem ser influenciados pela quantidade e qualidade de proteínas e aminoácidos em sua alimentação (McNeill & Southwood, 1978). De acordo com Kairo (1999) e Dixon (1970), características no crescimento e reprodução de afídeos são influenciadas pela quantidade de nitrogênio solúvel em suas plantas hospedeiras.

O nitrogênio é importante, pois pode determinar a fecundidade de insetos herbívoros, e aos afídeos em mudanças na qualidade da seiva do floema, contudo afídeos podem sobreviver em plantas com baixos níveis de nitrogênio. (Awmach & Leather, 2002).

Nevo & Coll (2001), observaram efeito significativo na fecundidade de fêmeas de *Aphis gossypii*, as quais produziram número elevado de descendentes em plantas adubadas com alto índice de N (150% do índice agrônomo indicado para adubação de plantas/algodão). Cisneros

& Godfrey (2001) perceberam que além da adubação com nitrogênio modificar o índice de N da planta, influencia a performance de *A. gossypii* e os níveis populacionais. Tal fato, também foi verificado por Emden (1966), em resultados obtidos para *Myzus persicae*, que produziu maior número de descendentes de acordo com o aumento de nitrogênio solúvel em folhas de couve de bruxelas.

A taxa reprodutiva do afídeo *Drepanosiphum platanoidis* (Schrank) foi correlacionada com o nível de nitrogênio em suas folhas hospedeiras das quais este se alimenta (Dixon, 1970).

Para afídeos, o início da reprodução, em especial a deposição da prole, indica a aceitação da planta como hospedeira. Afídeos podem até se alimentar em plantas com baixa qualidade nutricional, mas estes não se reproduzem (Minks & Harrewjin, 1987).

A não-preferência pode ser expressa a partir da redução da fecundidade total e diária, diminuição do tamanho do pulgão, mortalidade elevada (Kennedy & Kishaba, 1977), ao contrário do que foi verificado nos ensaios sem e com chance de escolha, onde se obtiveram maiores valores para tais características em plantas adubadas com altas doses de nitrogênio.

Em relação às análises realizadas (Figura 13) para os ensaios sem chance de escolha ou confinamento e com chance de escolha, o tratamento que recebeu aplicação de maior dose de nitrogênio (tratamento 5), não foi o que apresentou maior quantidade em gramas/kg, ou seja, maior teor de N como já mostrado anteriormente na (Tabela 8).

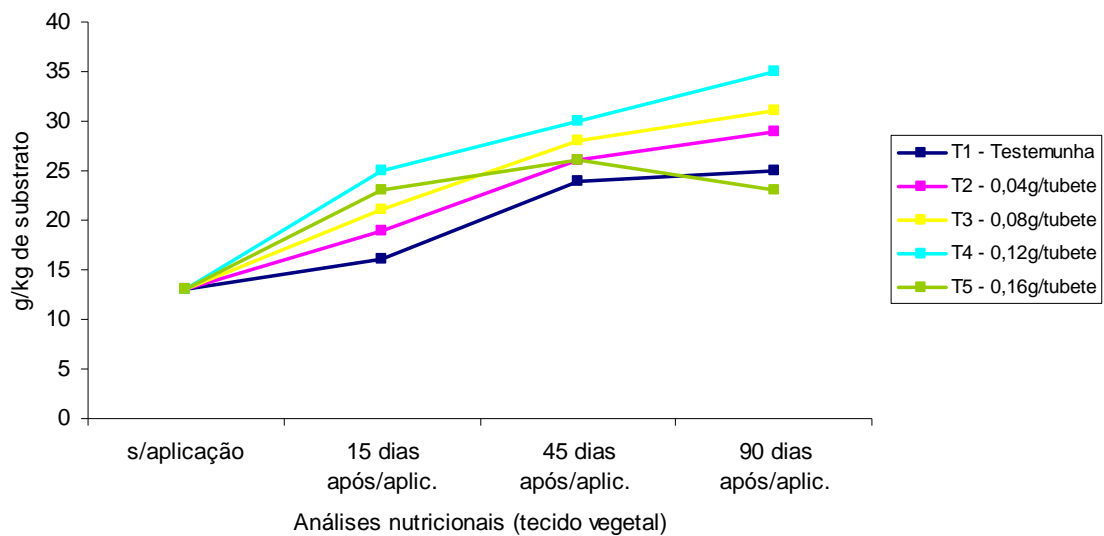


Figura 13. Níveis de nitrogênio (g/Kg) de substrato, em plantas adubadas com diferentes doses de nitrogênio durante um período total de 90 dias.

Apesar do tratamento 5 não ter sido o preferido para alimentação e conseqüentemente para reprodução do inseto em estudo, este apresentou a segunda maior média para a produção de ninfas, como demonstra a (Tabela 11). O tratamento 5, como verificado anteriormente, recebeu a maior dose de nitrogênio parcelada, mas não foi o que apresentou maior nível de nitrogênio. Tal fato pode ser explicado pela aplicação parcelada ao invés de uma aplicação total, o que pode ter influenciado os resultados.

De acordo com observações feitas por Kidd *et al.*, (1990), a aplicação de nitrogênio pode afetar a quantidade de aleloquímicos presentes na planta hospedeira, e em alguns casos, estes acabam sendo mais importantes que a concentração de N solúvel, afetando assim a performance dos afídeos. Dale (1988), relata que a aplicação de nitrogênio deve obedecer a uma escala indicada, onde as quantidades acima ou abaixo desta podem ser prejudiciais no desempenho de afídeos.

4.2. Experimento 2 – Efeito da aplicação de silício em plantas de *Pinus taeda* e sua relação com a biologia e a preferência alimentar de *Cinara atlantica*.

4.2.1. Ensaio sem chance de escolha ou confinamento

O efeito do silício não influenciou o número de ínstars de *C. atlantica*, ou seja, o pulgão-gigante-do-pinus passou por quatro ínstars ninfais (Tabela 12), como já observado por Blackman (1987) e Dixon (1987b) para os afídeos de um modo geral e constatado por Ottati (1999) e Zaleski (2003) que obtiveram o mesmo número de ínstars para este inseto em condições de laboratório.

Tabela 12. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstars de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Tratamentos	Ínstars				Fase Ninfal
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Quarto	
T1 - Testemunha	2,30 ± 0,00a	2,10 ± 0,15a	2,65 ± 0,27b	3,50 ± 0,19b	10,55 ± 0,39b
T2 - 0,01g/Si	2,27 ± 0,26a	3,09 ± 0,32a	5,27 ± 0,52a	6,00 ± 0,53a	16,63 ± 0,87a
T3 - 0,04g/Si	2,75 ± 0,28a	2,75 ± 0,73a	4,25 ± 0,52a	6,08 ± 0,44a	15,83 ± 1,34a

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Em relação à duração dos ínstars, foi observado efeito do silício para a duração do terceiro e quarto ínstar e para a duração total da fase ninfal (Tabela 1). Os tratamentos 2 e 3 com dose de 0,01 e 0,04 gramas de silício por tubete, tiveram maior duração (dias) diferindo estatisticamente da testemunha, sem aplicação de Si. O quarto ínstar foi relativamente mais longo

que os três primeiros ínstar em todos os tratamentos, como verificado por Zaleski (2003) e Ottati (2004) (Figura 14).

O silício teve efeito sobre a fase ninfal do inseto onde para os tratamentos com aplicação de silício, obteve-se maiores médias significativas de duração (dias). A fase ninfal do inseto foi mais extensa em relação àqueles criados em plantas sem aplicação de silício, ou seja, estes demoraram mais tempo para completarem a fase ninfal e tornarem-se adultos.

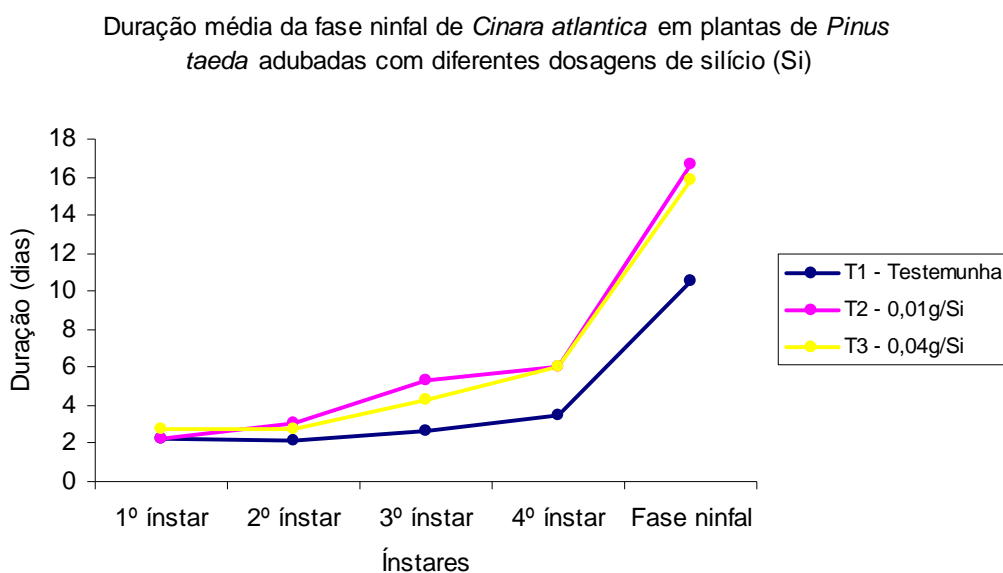


Figura 14. Duração média da fase ninfal de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

Não foi observada mortalidade das ninfas do pulgão no primeiro, segundo e terceiro ínstar quando alimentadas em plantas que não receberam silício (testemunha). As taxas de sobrevivência não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, em relação a fase ninfal observando efeito do silício, o qual aplicado na maior dose causou quase 38% de mortalidade do inseto (Tabela 13).

Tabela 13. Viabilidade (%) do 1º, 2º, 3º e 4º ínstaes de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Tratamentos	Viabilidade (%) Fase Ninfal				
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Quarto	Fase Ninfal
T1 - Testemunha	100 ± 0a	100 ± 0a	100 ± 0a	90 ± 0,45a	91 ± 0,40a
T2 - 0,01g/Si	90 ± 0,45a	89 ± 0,48a	100 ± 0a	90 ± 0,45a	85 ± 0,63a
T3 - 0,04g/Si	94 ± 0,28a	80 ± 0,80a	90 ± 0,45a	86 ± 0,60a	62 ± 1,17b

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto à duração dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo e para a longevidade (Tabela 14).

Tabela 14. Duração média (dias) e erro padrão (Ep) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Tratamentos	Período Pré-reprodutivo	Período Reprodutivo	Período Pós-reprodutivo	Longevidade	Ciclo Biológico
T1 - Testemunha	4,35 ± 0,48a	21,35 ± 2,03a	10,25 ± 1,36b	36,40 ± 3,13a	45,60 ± 3,57a
T2 - 0,01g/Si	4,81 ± 1,75a	5,54 ± 2,10b	19,50 ± 0,26a	30,80 ± 8,44a	50,70 ± 3,04a
T3 - 0,04g/Si	1,83 ± 0,73b	3,41 ± 1,90b	4,25 ± 2,25c	9,50 ± 4,14b	38,60 ± 2,12a

*Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A menor duração no período pré-reprodutivo de adultos de *C. atlantica* foi observada no tratamento com maior dose de silício (Figura 15).

Duração média dos períodos da fase adulta de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes dosagens de silício (Si)

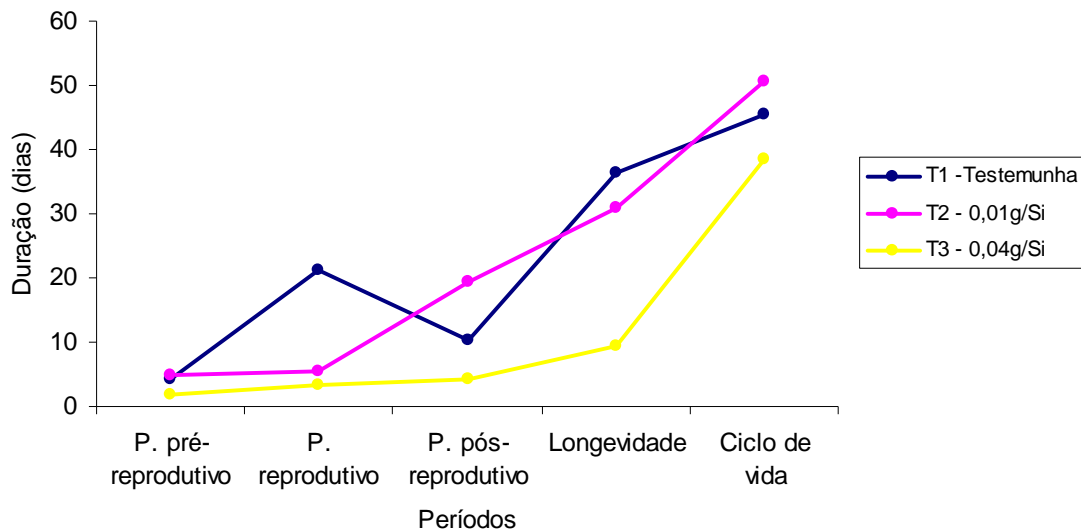


Figura 15. Duração média dos períodos pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico total de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

Contudo, a redução no período pré-reprodutivo em função da aplicação de silício discorda das observações de Basagli *et al.* (2003) que não encontraram diferenças significativas para esta característica biológica em relação ao pulgão-verde *S. graminum*, em trigo, possivelmente em função da maior dose empregada neste ensaio.

Adultos de *C. atlantica* apresentaram maior duração do período reprodutivo com 21,35 dias em plantas da testemunha, sendo esse valor quase cinco vezes maior que nas plantas que receberam aplicações de silício, confirmando os dados obtidos por Goussain *et al.* (2005) nos quais a aplicação de silício, via solo, apresentou um decréscimo significativo no período reprodutivo do pulgão-verde *S. graminum*. Também a duração média do período pós-reprodutivo

para os tratamentos com silício foram significativamente afetados, diferindo assim dos valores obtidos para a testemunha.

A menor longevidade foi observada em indivíduos mantidos em plantas de *P. taeda* tratadas com silício na maior dose (Tabela 15).

Tabela 15. Viabilidade (%) e erro padrão (%) do período pré-reprodutivo, reprodutivo, pós-reprodutivo, longevidade e ciclo biológico de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Tratamentos	Viabilidade (%) Fase Adulta			Longevidade	Ciclo Biológico
	Período Pré-Reprodutivo	Período Reprodutivo	Período Pós-Reprodutivo		
T1 - Testemunha	90 ± 0,45a	90 ± 0,45a	80 ± 0,8a	86 ± 0,60a	95 ± 0,23a
T2 - 0,01g/Si	80 ± 0,80ab	73 ± 0,98b	82 ± 0,73a	78 ± 0,85ab	85 ± 0,63ab
T3 - 0,04g/Si	73 ± 0,98b	64 ± 1,15b	70 ± 1,05a	69 ± 1,06b	78 ± 0,85b

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O total de ninfas produzidas (Figura 16) ao longo do período reprodutivo também foi afetado pelos tratamentos com silício, constatando-se um número significativamente maior nas plantas que não receberam este mineral.

Fecundidade média de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes dosagens de silício (Si)

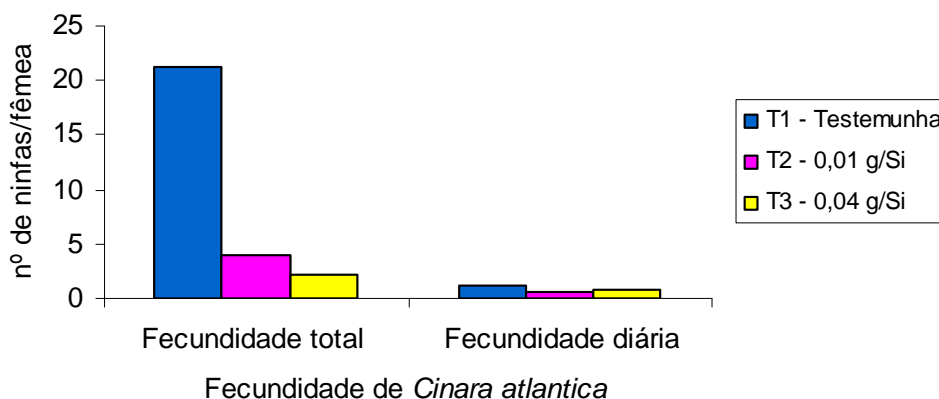


Figura 16. Fecundidade total e diária de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

A variação obtida (Tabela 16) assemelha-se a encontrada por Moraes e Carvalho (2002) e Basagli *et al.* (2003) que verificaram que a capacidade reprodutiva de *S. graminum* foi afetada pela aplicação de silicato de sódio.

Tabela 16. Fecundidade total, diária e erro padrão (Ep) de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Tratamentos	Fecundidade total ninfas/fêmea	Fecundidade diária ninfas/fêmea
T1 - Testemunha	21,20 ± 2,28a	1,14 ± 0,13a
T2 - 0,01g/Si	3,90 ± 1,72b	0,60 ± 0,20a
T3 - 0,04g/Si	2,25 ± 0,93b	0,70 ± 0,32a

* Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Segundo Drees (1993), a taxa de reprodutiva de afídeos é dependente principalmente da qualidade do alimento, o que foi observado neste trabalho. Um dos efeitos da qualidade da planta hospedeira sobre a fecundidade total de afídeos, observada em plantas com baixa qualidade é a reabsorção dos embriões pela fêmea, que utiliza este mecanismo para manter sua sobrevivência (Awmack & Leather, 2002). Esta tendência foi confirmada por (Leather, 1983), na qual os afídeos que se alimentavam em plantas com baixa qualidade nutricional reabsorviam primeiramente os embriões mais novos, apesar do custo associado com a reabsorção de um grande número da prole, enquanto continuavam a amadurecer embriões durante toda sua vida adulta. Além disso, os afídeos mal nutridos apresentavam forte tendência a morrer antes que depositassem toda sua prole (Leather, 1985).

Este fato pode explicar o fato de apenas 46% e 33% das fêmeas colocarem ninfas, respectivamente, nos tratamentos que receberam menor e maior dose de silício. Contudo, na testemunha todas as fêmeas colocaram ninfas normalmente, sem apresentar nenhum tipo de alteração visível e nem mesmo dificuldade para realizar a deposição da prole, diferentemente do que se observou em alguns indivíduos dos tratamentos com aplicação de silício, que apresentaram tais alterações (Figura 17).

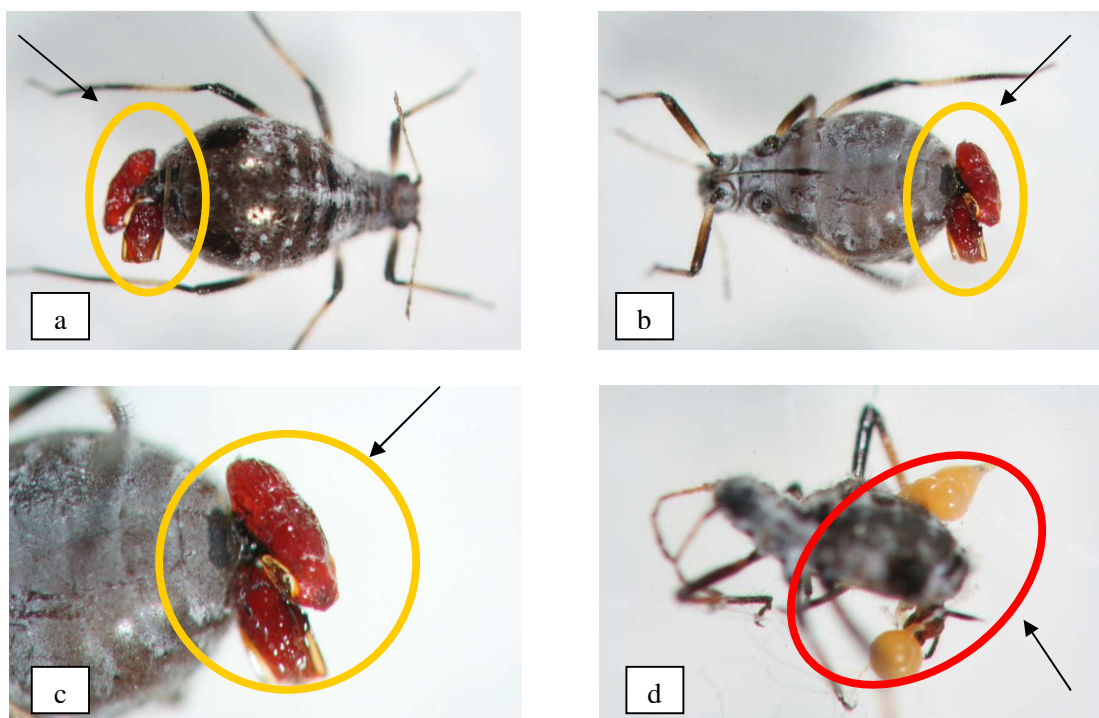


Figura 17. (a) Vista dorsal; (b) e (c) Vista ventral de fragmentos ou alterações na abertura genital (tubo anal) de espécimes de *Cinara atlantica* que se alimentaram em mudas de *Pinus taeda* adubadas com silício; (d) excreções eliminadas pelo sífúnculo de *Cinara atlantica*.

Além disso, estes indivíduos não se reproduziram, mas alimentavam-se normalmente, confirmando assim que as alterações químicas e a indução da resistência estão provavelmente envolvidas na redução da performance do pulgão sem, entretanto, alterar seu período de alimentação. Conclusões estas obtidas também por Goussain *et al.*, (2005) quando estudou o efeito do silício aplicado em plantas de trigo, na biologia e comportamento alimentar de *S. graminum*.

Para a medição de caracteres de *C. atlantica*, não foi verificada significância para os caracteres entre os tratamentos, os quais não diferiram estatisticamente entre si pelo teste F ao nível de ($p \leq 0,05$) (Tabela 17).

Tabela 17. Dados morfométricos (média ± variação) de adultos de *Cinara atlantica* criados em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício (Si).

Caracteres (mm)	T1 - Testemunha (n=10)	T2 - 0,01g/Si (n=10)	T3 - 0,04g/Si (n=10)
Comprimento do corpo**	2,28 (1,96 - 2,66)	2,19 (1,70 - 2,74)	2,10 (1,70 - 2,78)
Largura da cabeça**	0,58 (0,53 - 0,65)	0,53 (0,45 - 0,61)	0,58 (0,53 - 0,73)
Comprimento total da antena**	0,83 (0,71 - 0,95)	0,95 (0,74 - 1,20)	0,98 (0,84 - 1,19)
Segmento antenal III**	0,35 (0,28 - 0,42)	0,32 (0,24 - 0,43)	0,33 (0,22 - 0,43)
Segmento antenal IV**	0,15 (0,12 - 0,20)	0,14 (0,10 - 0,19)	0,15 (0,12 - 0,19)
Segmento antenal V**	0,19 (0,16 - 0,22)	0,18 (0,11 - 0,24)	0,19 (0,17 - 0,24)
Base do segmento antenal VI**	0,10 (0,09 - 0,12)	0,10 (0,08 - 0,11)	0,10 (0,10 - 0,12)
Processo terminal**	0,04 (0,03 - 0,05)	0,04 (0,03 - 0,05)	0,04 (0,04 - 0,05)
Segmento rostral IV**	0,16 (0,15 - 0,18)	0,15 (0,16 - 0,17)	0,16 (0,15 - 0,19)
Segmento rostral V**	0,07 (0,06 - 0,08)	0,06 (0,06 - 0,07)	0,06 (0,05 - 0,08)
Comprimento do fêmur**	0,86 (0,66 - 1,00)	0,86 (0,69 - 1,05)	0,88 (0,69 - 1,22)
Comprimento da tíbia**	1,49 (1,14 - 1,74)	1,55 (1,27 - 1,88)	1,59 (1,27 - 2,00)
Segmento tarsal II**	0,08 (0,08 - 0,10)	0,08 (0,07 - 0,10)	0,09 (0,07 - 0,11)
Segmento tarsal III**	0,21 (0,18 - 0,24)	0,21 (0,19 - 0,25)	0,22 (0,20 - 0,25)
Sifúnculo**	0,35 (0,25 - 0,46)	0,34 (0,22 - 0,50)	0,36 (0,26 - 0,60)

* Variáveis significativas pelo teste F ao nível de significância $p \leq 0,05$.

** Variáveis não significativas pelo teste F ao nível de significância $p \leq 0,05$.

Apesar do silício afetar a biologia de *C. atlantica* como verificado neste estudo, não afetou a morfologia do mesmo. Foi possível concluir que nem mesmo o tamanho do rostro dos afídeos foi afetado, podendo isto ter ocorrido ao acaso ou evidenciado que realmente o nutriente não afeta a alimentação do inseto e sim sua capacidade reprodutiva. De acordo com Goussain *et al.*, (2005) que investigaram o comportamento alimentar de *S. graminum* em plantas de trigo tratadas com silício, foi possível verificar que a penetração dos estiletos não é afetada pelo uso do nutriente e que tais alterações químicas e a indução da resistência estão envolvidas na redução da performance do afídeo, sem, entretanto, alterar seu período de alimentação.

Em relação às análises nutricionais de tecido realizadas para as plantas de *P. taeda*, observou-se um aumento significativo no teor de silício em *P. taeda*, aos 15, 45 e 90 dias respectivamente, após a adubação nas plantas (Tabela 18). Resultados semelhantes à estudo

foram obtidos por vários autores em diferentes culturas (Bennett 1982, Hodson & Sangster 1998, Carvalho *et al.*, 1999, Goussain et al. 2002).

Tabela 18. Teor médio de silício (%) por kg de acícula de plantas de *Pinus taeda* tratadas com diferentes doses de Si.

Tratamentos	Teor de Si (g/Kg)				
	0 dias	15 dias	45 dias	90 dias	Média
T1 – Testemunha	0,3	0,43	0,62	0,25	0,40
T2 – 0,01 g de Si	0,3	0,97	0,81	0,57	0,66
T3 – 0,01 g de Si	0,3	1,35	0,94	0,64	0,80

4.2.2. Ensaio com chance de escolha em placas de Petri

O número de indivíduos de *C. atlantica* que se encontravam sobre os ramos correspondentes aos tratamentos 1, 2 e 3 diferiram estatisticamente entre si em quase todas as avaliações realizadas, a exceção da avaliação as 48 e 72 horas (Tabela 19).

Tabela 19. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de *Cinara atlantica* em ramos destacados de plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício, em diferentes períodos após a liberação dos espécimes.

Avaliações	Número de adultos de <i>Cinara atlantica</i> /ramo de <i>Pinus taeda</i>		
	Tratamentos		
	T1 - Testemunha	T2 - 0,01g/Si	T3 - 0,04g/Si
40 minutos	3,20 \pm 0,93a	1,70 \pm 0,51b	1,20 \pm 0,71b
90 minutos	3,50 \pm 0,65a	2,50 \pm 0,79a	1,30 \pm 0,66b
4 horas	3,50 \pm 0,68a	2,30 \pm 0,81a	0,70 \pm 0,42b
12 horas	3,60 \pm 0,56a	1,40 \pm 0,42b	0,40 \pm 0,30b
18 horas	3,60 \pm 0,56a	1,10 \pm 0,60b	0,10 \pm 0,09b
24 horas	1,10 \pm 0,40a	0,50 \pm 0,22b	0,40 \pm 0,21b
36 horas	1,20 \pm 0,32a	0,30 \pm 0,09b	0,30 \pm 0,21b
48 horas	0,30 \pm 0,21a	0,10 \pm 0,09a	0,20 \pm 0,13a
72 horas	0	0	0
Média Total:	2,0	1,2	0,5

* Médias seguidas de letras diferentes, nas linhas, diferem significativamente pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Nas avaliações aos 90 minutos e 4 horas, onde a grande maioria dos pulgões começou a se situar sobre algum ramo, o tratamento 3 (0,04g/Si) diferiu estatisticamente dos demais sendo assim, pouco preferido pelos afídeos.

As 12, 18, 24 e 36 horas após início do ensaio, foram obtidos valores significativos para os tratamentos com aplicação de silício, os quais diferiram da testemunha que apresentou número elevado de indivíduos situados sobre ramos de pinus sem aplicação de silício (Figura 18).

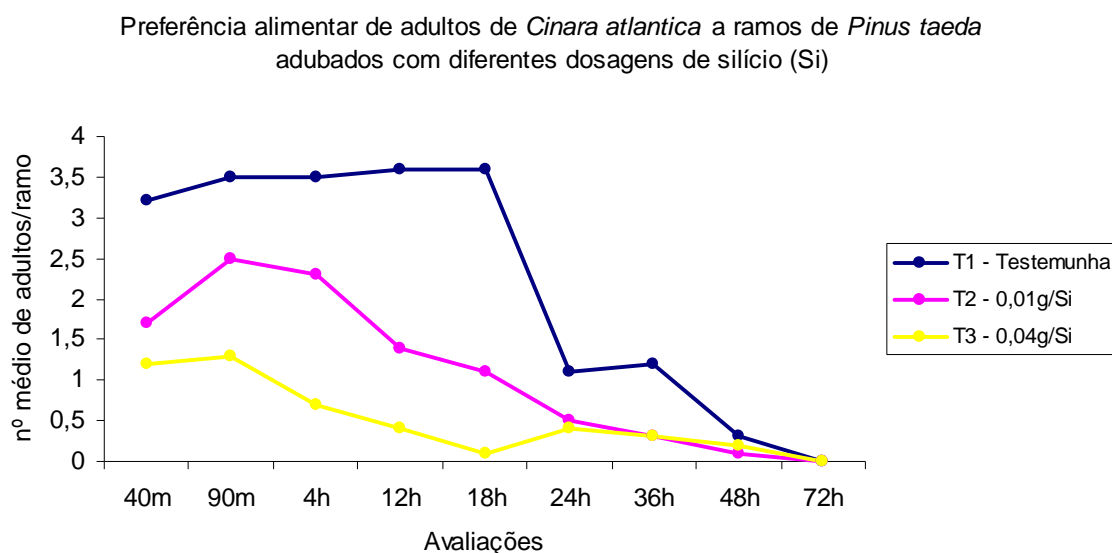


Figura 18. Número médio de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

Após as 36 horas, houve um decréscimo no número de afídeos em todos os tratamentos, sendo que na última avaliação, nenhum indivíduo foi observado nos ramos de *Pinus*. Este fato, possivelmente, deve-se a dissecação dos ramos que perderam a turgescência e secaram. De acordo com López (1998), 36 horas da exposição de discos de folhas de melão é um tempo adequado para se avaliar mecanismos de resistência do tipo não-preferência a pulgões. Contudo,

Carvalho *et al.*, (1999) observaram diferenças significativas para *S. graminum* em trigo tratado com silício após 63 horas, muito próximo das 72 horas recomendadas por Cruz *et al.* (1998).

Nesse teste, a maior diferença significativa foi observada às 18 horas. De modo semelhante, López (1998) observou que as maiores diferenças entre plantas (folhas) suscetíveis e resistentes de melão a *A. gossypii* foram às 18 horas.

4.2.3. Ensaio com chance de escolha em gaiola

A diferença entre os tratamentos foi significativa nas avaliações realizadas para o ensaio, com exceção da leitura realizada no 21º dia, que não apresentou valores estatisticamente distintos entre os tratamentos. Nas demais avaliações, para o tratamento com maior dose de silício não houve preferência alimentar por indivíduos de *C. atlantica* (Tabela 20 e Figura 19).

Tabela 20. Número médio (\pm erro padrão) de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício, em diferentes períodos de avaliação após a liberação dos espécimes.

Número de adultos de <i>Cinara atlantica</i> /muda de <i>Pinus taeda</i>			
Tratamentos			
Avaliações	T1 - Testemunha	T2 - 0,01g/Si	T3 - 0,04g/Si
1º dia	2,00 \pm 1,13a	0,90 \pm 0,60b	1,10 \pm 0,50b
2º dia	1,60 \pm 0,73a	1,00 \pm 0,63ab	1,10 \pm 0,58b
3º dia	1,30 \pm 0,68a	1,30 \pm 0,78a	0,60 \pm 0,26b
4º dia	2,00 \pm 0,63a	1,50 \pm 0,98ab	1,10 \pm 0,50b
7º dia	1,90 \pm 0,68a	1,00 \pm 0,39ab	0,80 \pm 0,41b
14º dia	1,60 \pm 0,57a	1,50 \pm 1,17a	0,20 \pm 0,13b
21º dia	0,70 \pm 0,39a	0,30 \pm 0,29a	0,30 \pm 0,15a
28º dia	1,10 \pm 0,34a	0,10 \pm 0,09b	0,10 \pm 0,09b
Média Total:	1,5	0,9	0,6

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Preferência alimentar de adultos de *Cinara atlantica* a ramos de *Pinus taeda* adubadas com diferentes dosagens de silício (Si)

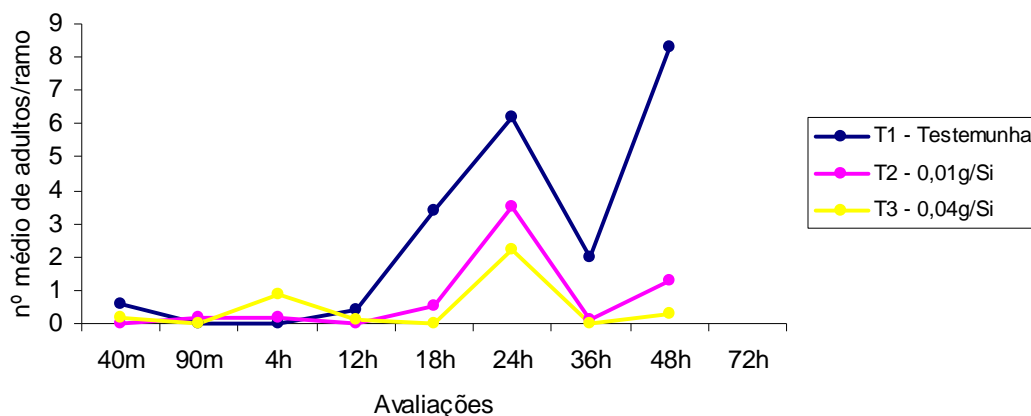


Figura 19. Número médio de adultos de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

Outro aspecto avaliado neste ensaio foi à capacidade reprodutiva de *C. atlantica*. Somente na avaliação realizada após o 4º dia, obtiveram-se valores significativos entre os tratamentos, sendo estes pouco expressivos para plantas que receberam aplicação de silício (Tabela 21).

Tabela 21. Número médio (\pm erro padrão) de ninfas/fêmea de *Cinara atlantica* em plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício, em diferentes períodos de avaliação após a liberação dos espécimes.

Avaliações	Número de ninfas produzidas por <i>Cinara atlantica</i>		
	Tratamentos		
	T1 - Testemunha	T2 - 0,01g/Si	T3 - 0,04g/Si
1ºdia	0,60 \pm 0,39a	0,0a	0,20 \pm 0,19a
2ºdia	0a	0,20 \pm 0,19a	0,0a
3ºdia	0a	0,20 \pm 0,19a	0,90 \pm 0,43a
4ºdia	0,40 \pm 0,30a	0a	0,10 \pm 0,09a
7ºdia	3,40 \pm 1,51a	0,50 \pm 0,50b	0,0b
14ºdia	6,20 \pm 2,27a	3,50 \pm 2,86b	2,20 \pm 0,92b
21ºdia	2,00 \pm 1,12a	0,10 \pm 0,09b	0,0b
28ºdia	8,30 \pm 2,57a	1,30 \pm 0,69b	0,30 \pm 0,29b
Média Total:	20,9	5,8	3,7

*Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem significativamente entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Na última avaliação, no 28º dia o tratamento com a maior dose de silício afetou mais a capacidade reprodutiva dos afídeos que produziram em média 0,30 ninfas, enquanto que afídeos criados em plantas com menor dose e sem aplicação de silício produziram em média 1,30 ninfas e 8,30 ninfas, respectivamente.

A partir da média total obtida nos tratamentos fica evidente o efeito do nutriente sobre a capacidade reprodutiva do afídeo. Plantas que não receberam aplicação de silício foram cinco vezes mais preferidas para alimentação e deposição da prole, quando comparadas a plantas que receberam aplicação (Figura 20).

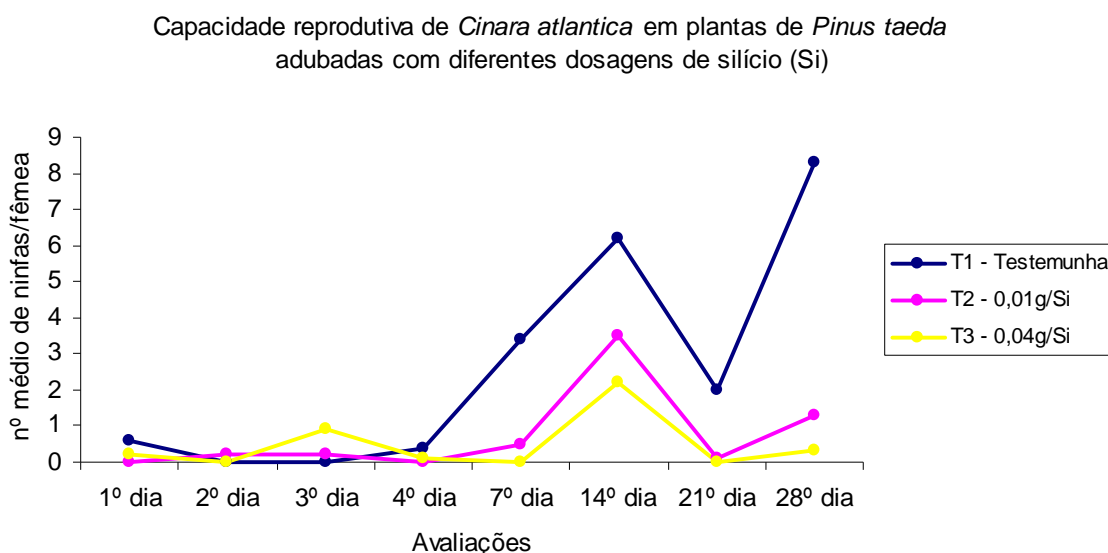


Figura 20. Número médio de ninfas produzidas por adultos de *Cinara atlantica* situados sobre plantas de *Pinus taeda* adubadas com diferentes doses de silício.

Carvalho *et al.*, (1999) e Moraes e Carvalho (2002) confirmam tal diferença a partir de estudos com adultos de *S. graminum* onde a taxa reprodutiva variou em função da aplicação de silício e dos genótipos de sorgo, sendo praticamente o dobro nas folhas de plantas que não receberam aplicação de silício Também Basagli *et al.*, (2003) obtiveram diferenças significativas

na produção total de ninfas, sendo os valores praticamente o dobro em plantas não-tratadas com silício.

Os resultados desta pesquisa demonstram que o silício acumulado nas plantas de *Pinus* afetou tanto a preferência alimentar como a capacidade reprodutiva de *C. atlantica*. Provavelmente tal fato decorreu da barreira mecânica formada na parede das células e/ou a presença de toxinas na seiva induzidas por este elemento o que caracteriza a não-preferência por determinadas plantas Hanisch, (1980). Estas acabam sendo menos utilizadas pelo inseto para alimentação e oviposição, quando comparadas as demais mantidas sob iguais condições. Contudo, outros estudos são necessários para uma melhor avaliação desta técnica alternativa no manejo de pulgões em viveiros de pinus.

Comparando as análises nutricionais realizadas aos 15 dias antes da aplicação, com aquelas realizadas aos 45 e 90 dias após a última aplicação de ácido silícico, observou-se um aumento significativo no teor de silício em plantas de *P. taeda*, sendo cerca de três vezes maior em plantas que receberam a maior dose de silício em relação à testemunha, aos 15 e 90 dias da sua aplicação (Figura 21). Resultados semelhantes foram obtidos por vários autores em diferentes culturas (Okuda & Takahashi, 1964; Bennett, 1982; Hodson & Sangster, 1998; Carvalho *et al.*, 1999; Goussain *et al.* 2002).

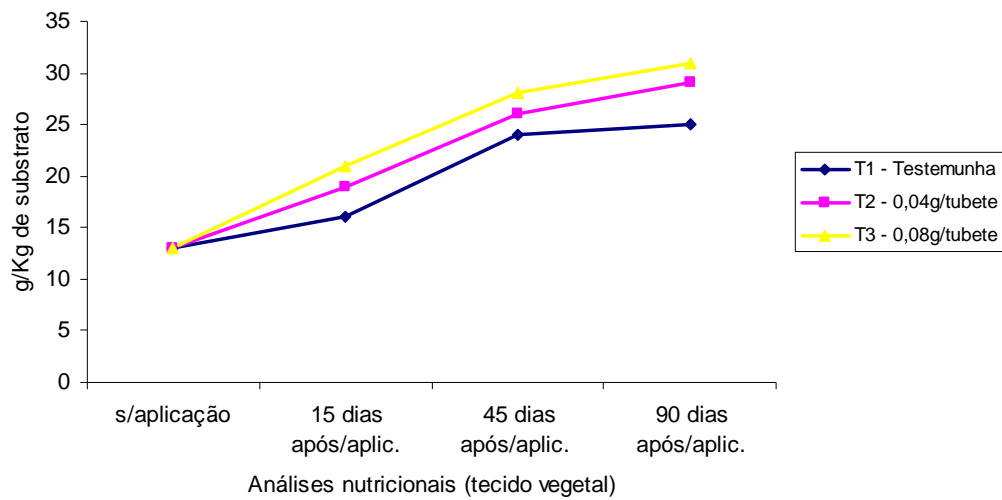


Figura 21. Níveis de Si (g/Kg) de acícula, em plantas adubadas com diferentes doses de silício durante um período total de 90 dias.

Os resultados obtidos sugerem que o silício acumulado nas plantas de pinus afetou a preferência alimentar e a capacidade reprodutiva de *C. atlantica*, provavelmente em virtude da barreira mecânica formada pela ação do nutriente, e dificultando assim a penetração dos estiletes, e/ou de toxinas induzidas por sua presença. Entretanto, outras pesquisas são necessárias para uma melhor avaliação desta técnica alternativa de manejo de pulgões em viveiros de pinus.

5. CONCLUSÕES

- ⊗ A adubação com diferentes níveis de nitrogênio afetaram a duração apenas do 3º ínstar de *Cinara atlantica*, e os menores valores na duração dos ínstaes foram obtidos para o tratamento 4.
- ⊗ Em relação à fase adulta, observou-se diferença significativa na fecundidade do inseto, obtendo-se maiores valores (ninfas/fêmea) para o tratamento 4 (0,12g/N por tubete).
- ⊗ O maior nível de nitrogênio foi obtido para o tratamento 4, que apesar de receber menor dose que o tratamento 5, apresentou nas análises nutricionais (tecido vegetal/acículas) maior teor de N.
- ⊗ O tratamento 4 foi aquele que apresentou indivíduos com maiores medidas: como o comprimento do corpo, comprimento total da antena, fêmur, tibia e diâmetro do sifúnculo.
- ⊗ O tratamento 4 foi o preferido por adultos de *C. atlantica* para alimentação e deposição da prole.
- ⊗ Plantas de *P. taeda* com maiores teores de nitrogênio são mais atrativas ao pulgão-gigante-do-pinus.
- ⊗ Plantas de *Pinus taeda* são capazes de absorver o silício.
- ⊗ A aplicação de silício induz resistência de *P. taeda* ao pulgão-gigante-do-pinus *C. atlantica*, influenciando assim a fase ninfal do inseto. Contudo, os efeitos foram mais expressivos na fase adulta do pulgão.
- ⊗ Em relação à preferência alimentar e a capacidade reprodutiva de *C. atlantica*, a aplicação de silício reduziu tanto a alimentação como a produção de ninfas, onde plantas de *P. taeda* adubadas com silício tiveram efeito repelente, sendo assim não-preferidas pelo inseto.

⊗ A aplicação de silício em mudas de *P. taeda* não afetou caracteres morfológicos do afídeo.

⊗ O tratamento com maior dosagem de silício foi o que mais afetou os aspectos biológicos dos afídeos onde estes, demonstraram não-preferência para determinadas plantas tanto para alimentação quanto para produção de ninfas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo representa uma contribuição às outras táticas já implantadas e utilizadas no manejo integrado de pragas (MIP), especificamente ao controle do pulgão-gigante-do-pinus *C. atlantica*. Também contribui para que sejam realizados estudos mais específicos em relação aos principais nutrientes utilizados em substratos para produção de mudas de pinus, e sua relação com o aparecimento de pragas.

A busca por parte de viveiros comerciais em produzirem mudas com substratos adequados que favoreçam a produção de plantas que apresentem uma baixa capacidade de atrair e sustentar populações dos pulgões-gigante-do-pinus, *C. atlantica* e *C. pinivora*, é grande, devido aos danos severos causados por estes insetos às mudas.

Ainda é evidente a necessidade de incorporar outras táticas ao programa de manejo integrado, utilizando-as juntamente com as medidas de controle biológico e silvicultural. Uma tática possível se ser implementada e incorporada é a adubação com silício, que mesmo não sendo um nutriente requerido pelas plantas, atua no ótimo crescimento das mesmas auxiliando em processos como a fotossíntese e melhorando também sua arquitetura. Este forma uma barreira mecânica, a qual diminui a incidência de pragas tornando as plantas mais resistentes. Contudo, estudos mais aprofundados devem ser realizados, testando doses menores que venham diminuir o custo para implementação do mesmo em viveiros e futuramente em campo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLAKHA, P.A. Studies of factores responsible for resistance to top borer on different varieties of sugarcane. *Indian Journal Sugarcane Research Development*. 83:343-344. 1964.

ALSTAD, D.N.; EDMUNDS, G.F., Jr.; WEINSTEIN, L.H. Air pollution and insect populations. *Annual Review Entomolog.*, 27: 369-384. 1982.

AL-ZUBAID, F. S.; CAPINERA, J. C. Aplication of different nitrogen levels to the most plant and cannibalistic behavior of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*. College Park, v. 12, p. 1687-1689, 1983.

ARCHER, D.B.; TOWNSEND, R.; MARKHAM, P.G. Detection of *Spiroplasma citri* in plants and insects hosts by ELISA. *Plant Pathology*. 31(4):299-306. 1982.

AWMACK, C.S & LEATHER, S.R. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology*. London. 47:817-44. 2002.

BARKER, G.M. Grass host preferences of *Listronotus banariensis* (Coleóptera: Curculionidae). *Journal Econ.Entomology*. 82: 1807-1816. 1989.

BASAGLI, M.A.B.; MORAES, J.C.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. E.; GONÇALVES-GERVÁSIO, R. D. C. R. Efeito da aplicação de silicato de sódio na resistência de plantas de trigo ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera:Aphididae). *Neotropical Entomology*. Vacaria. 32(4):659-663. 2003.

BENNETT, D. M. An ultrastructural study on the development of silicified tissue in the leaf tip of barley (*Hordeum sativum* Jess). *Annals of Botany*. London. 50:229-237. 1982.

BENTZ, J.; REEVES, J.; BARBOSA, P.; FRANCIS, B. Nitrogen fertilizer on selection, acceptance and suitability of *Euphorbia pulcherrima* (Euphorbiaceae) as a host plant to *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, v.4, p. 40-45, 1995.

BLACKMAN, R.L. & EASTOP, V.F. *Aphids on the world's crops: An identification and information guide*. Wiley and Sons. New York. 1984.

BLACKMAN, R.L. & EASTOP, V.F. *Aphids on the world's crops: An identification and information guide*. The Natural History Museum. London. 987p. 1994.

BLACKMAN, R.L. Life cycle variation in *Myzys persicae* (Sulz.) (Homoptera:Aphididae) in different parts of the world, in relation to genotype and environment. *Bulletim of Entomological Research*. England, v.63, p.595-607, 1974.

BLACKMAN, R.L. Reproduction, cytogenetics and development. *In*: MINKS, A.K.; HARREWINJN, P. World Crop Pests Aphids: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevier, cap. 3, p. 163-196, 1987.

BLUM, A. Anatomical phenomena in seedlings of sorghum varieties resistant to the sorghum shoot fly *Atherigona varia soccata*. *Crop Science*, 8:388-391. 1968.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; ALONSO, A.M. Efeito da adubação na manifestação da resistência de feijoeiro ao ataque de caruncho em testes com e sem chance de escolha. *Bragantia*, Campinas, v. 59, n. 1, p. 35-43, 2000.

BORTOLI, S. A. de & MAIA, I. G. Influência da aplicação de fertilizantes na ocorrência de pragas. *In*: Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. Icone, São Paulo, p. 53-63. 1994.

BORTOLI, S. A. DE; DÓRIA, H. O. S.; ALBERGARIA, N. M. M. S.; BOTTI, M. V. Aspectos biológicos de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lepidoptera: Pyralidae) em *Sorghum bicolor* (L.) Moench sob diferentes níveis de potássio, em laboratório. *Boletim de Sanidad Vegetal - Plagas*, Madrid, v. 29, n. 4, p. 575-580, 2004.

BRODBECK, B.; STRONG, D. Amino acid nutrition of herbivorous insects and stress to host plants. p. 347-364, *In*: P. Barbosa and J. C. Schultz (eds.). Insect Outbreaks. Academic Press, San Diego. 1987.

BRYANT, J.P; CHAPION, F.S.; KLEIN, D.R. Carbon/nutrient balance in boreal plants in relation to vertebrate herbivory. *Oikos*, v.4, p.357-368, 1987.

CARVALHO, R.; NETO, A.E.F.; CURI, N.; RESENDE, A.V. Absorção e translocação de silício em mudas de eucalipto cultivadas em latossolo e cambissolo. *Ciência e Agrotecnologia Lavras*, v.27, n.3, p.491-500. 2003.

CARVALHO, S.K., MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G. Efeito do silício na resistência do sorgo (*Sorghum bicolor*) ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rondani) (Homoptera: Aphididae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*. Piracicaba, v.28, p.505-510, 1999.

CARVER, M.; GROSS, F.F.; WOODWASRD, T.E. Hemiptera. *In: The insects of Australia – A textbook for students and research workers*. CSIRO ed. Melbourne University Press. p. 429-509. 1991.

CHABOUSSOU, F. *Plantas doentes pelo uso de agrotóxicos: a teoria da trofobiose*. São Paulo: L & PM, 253p. 1987.

CHABOUSSOU, F. Recherches sur les fact de pululation des acariens phytophages de la vigne à la suit des traitements pesticides du fenillage. Thèse. Paris, *Faculté de Sciences*, 238 p. 1969.

CHERIF, F.M., BENHAMOU, N., MENZIES, J.G.; BELANGER, R.R. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Phytium ultimum*. *Physiology and Molecular Plant Pathology*. 41:411-425. 1992.

CHÉRIF, M.; ASSELIN, A.; BÉLANGER, R.R. Defense responses induced by soluble silicon in cucumber roots infected by *Pythium* spp. *Phytopathology* 84:236- 242. 1994.

CIESLA, W.M. Cypress aphid, *Cinara cupressi* in eastern and Southern Africa. *FAO plant Protection Bulletin*. Roma, 39:82-93, 1991.

CISNEROS, J. J. & GODFREY, L. D. Midseason pest status of the cotton aphid (Homoptera: Aphididae) in California cotton: Is nitrogen a key factor? *Environmental Entomology*, 30(3): 501-510, 2001.

CLANCY, K.M.; PRICE, P.W. 1987. Rapid herbivore growth enhances enemy attack: sublethal plant defenses remain a paradox. *Ecology* 68:733-736.

COMHAIRE, M. El papel de la silica para los vegetales. *Annual Inst. Biol. Univ. Nac. México* 25:35-38. 1965.

COURTNEY, S.P. & KIBOTA, T.T. Mother doesn't know best: selection of hosts by ovipositing insects. *In: Insect Plant Interactions*, ed. EA Bernays, 3: 161-188. Boca Raton, FL:CRC. 1990.

COUTINHO, E. L. M. *et al.*, Efeito do N, P, K e calcário sobre a incidência de *Diatraea saccharalis* (Fabr.,1794) (Lep.-Pyralidae) em sorgo sacarino. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA*, 7., 1981, Fortaleza. Resumos... Fortaleza: SEB, p. 208. 1981.

CRUZ, I.; VENDRAMIN, J.D.; OLIVEIRA, A.C. Determinação do período de avaliação de não-preferência de sorgo ao pulgão-verde, *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27:299-302. 1998.

DADD, R. H.; MITTLER, T. E. Studies on the artificial feeding of the aphid *Myzus persicae* (Sulzer)- III. Some major nutritional requirements. *Journal of Insect Physiology*, London, v. 11, p. 717-743, 1965.

DALE, D. Plant-mediated effects of soil mineral stresses on insects. *In*: E. A. Heinrichs (ed.), *Plant Stress-Insect Interactions*. John Wiley & Sons, New York, pp. 35-110. 1988.

DIXON, A.F.G. Ecological interactions of aphids and their host plants, pp. 7-19. *In*: R. K. Camphell and R. D. Eikenbary (eds.), *Aphid-plant genotype interactions*. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. 1991.

DIXON, A.F.G. & WRATTEN, S.D. Laboratory studies in aggregation size and fecundity in the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. *Bulletim Entomology Research*, 61:97-111. 1971.

DIXON, A.F.G. Parthenogenetic reproduction and the rate of increase in aphids, *In*: A.K. Minks & P. Harrewinjn (eds.), *Aphids: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam: Elsevier, v.2A, p.269-287.1987a.

DIXON, A.F.G. *Quality and availability of food for a sycamore aphid population*. *Animal Populations in Relation to their Food Resources* (ed. by A. Watson), pp. 271-287. Blachwell, Oxford. 1970.

DIXON, A.F.G. The way of life aphids: host specificity, speciation and distribution. *In*: A.K. Minks & P. Harrewijn (eds.). *World crop pests Aphids: their biology, natural enemies and control*. Amsterdam: Elsevier. Cap. 4.4. p.197-207. 1987b.

DJAMIN, A. & M.D. PATHAK. Role of silica in resistance to asiatic rice borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in rice varieties. *Journal Economic Entomology*, 60: 347-351. 1967.

DOUGLAS, A.E. The nutritional quality of phloem sap utilized by natural aphid populations. *Ecological Entomology*, 18, 31-38. 1993.

DREES, B.M. Aphid management. College Station Texas A & M University. *Disponível em*: <http://entowww.tamu.edu/extension/bulletim/uc/uc-031.html>. Acesso em: 01/09/2006. 1993.

EASTOP, V.F. A taxonomic review of the species of *Cinara* Curtis occurring in Britain (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of the British Museum (Natural History) entomology*. London, 27 (2):101-186, 1972.

EASTOP, V.F. World wide importance of aphid as virus vector. *In*: HARRIS, K.F.; MARAMOROSCH, K. (Ed.). *Aphids as virus vector*. New York: Academic Press, p.4-47. 1977.

EBERT, T.A. Aphids and Plant Nitrogen. *Disponível em:*

[http://eap.mcgill.ca/_private/vl_head.htm]. Acessado em 20/03/2005. 1996.

ELAWAD, S. H. & GREEN Jr., V. E. Silicon and the rice plant environment: a silicon and the rice plant environmental: a review of recent research. *Revista IL Riso*, v.28, n.2, p.235-253, 1979.

EL-TIGANI, M. & EL-AMIN, B. Der einfluss der mineraldungung der pflanzen auf entwicklung und vermehrung von blattlausen. *Wiss. Z. Univ. rostock* 11:307-324. 1962.

EMDEN, H.F. VAN Studies on the relations of insect and host plant. III. – a comparison of the reproduction of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*. (Hemiptera:Aphididae) on Brussels spout plant supplied with different rates of nitrogen and potassium. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 9:444-460, 1966.

ENDEM, H.F. VAN. In: Host Plant Resistance to insects and mites. (di Ponti, O.M.B., ed.). *In press*. 1978.

ENGLISH- LOEB, G.; DUFEY, S. S. Dought stress in tomatoes: Changes in plant chemistry and potential nonlinear consequences for insect herbivores. *Oikos*, v. 79; p. 456-468, 1997.

EPSTEIN, E. Silicon. *An. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 641-664. 1999.

ESPÍRITO-SANTO, M. M. & FERNANDES, G.W. Abundance of *Neopelma baccharis* (Homoptera: Psyllidae) galls on the dioecious shrubs *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae). *Environmental Entomology*, 27:870-876, 1998.

EVANS, A.C. Physiological relationships between insects and their host plants. *Rothamsted Experimental Station*, Harpenden. p.558-572. 1937.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; *et al.*, *Manual de Entomologia Agrícola*. São Paulo: Agronômica Ceres, 531p. 1978.

GERSHENZON, J. Changes in the levels of plant secondary metabolite production under water and nutrient stress. Pp. 273-320. *In*: B. N. Timmermann; C. Steelink; F. A. Loewus (eds.). *Phytochemical adaptations to stress. Recent Advances in Phytochemistry*, vol. 18, Plenum Press, New York. 1984.

GOMES, F.B.; MORAES, J.C.; SANTOS, C.D. dos; GOUSSAIN, M.M. Resistance induction in wheat plants by silicon and aphids. *Scientia Agrícola* (Piracicaba). V. 62, n.6, p.547-551. 2005.

GONÇALVES, J.L.M. Recomendações de adubação para Eucalyptus, Pinus e espécies típicas da Mata Atlântica. *Documentos Florestais*, Piracicaba, v.15, p.1-23, 1995.

GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito do silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*. Vacaria. 31:305-310. 2002.

GOUSSAIN, M.M.; PRADO, E.; MORAES, J. C. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera:Aphididae). *Neotropical Entomology*. Vacaria. 34(5), p.807-813, sept/oct., 2005.

HAGEN, K.S.; DADD, R.H.; REEE, J. The food of insects. In: HUFFAKER, C. B., RABB, R. L. (Eds.). *Ecological Entomology*. New York: John Wiley & Sons, 1984.

HANISCH, H.C. Zun einfluss der stickstoffdungung und vorbeugender spritzung von natronwasser glas zu weizenpflanzen auf deren widerstandsfahigkeit gegen getreideblattlause. *Kali-Driefe*. 15: 287-296. 1980.

HARREWIJN, P. Reproduction of the aphid *Myzus persicae* related to the mineral nutrition of potato plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 13:307-319. 1970.

HODSON, M.J. & SANGSTER, A.G. Mineral deposition in the needles of white spruce [*Picea glauca* (Moench.) Voss.]. *Annals of Botany*, Oxford. 82:375-385. 1998.

IEDE, E.T.; LAZZARI, S.M.N.; PENTEADO, S.R.C.; ZONTA DE CARVALHO, R.C. & RODRIGUEZ-TRENTINI, R.F. Ocorrência de *Cinara pinivora* (Homoptera:

Aphididae:Lachninae) em reflorestamentos de *Pinus* spp. no sul do Brasil. Congresso Brasileiro de Zoologia. Recife, PE. *Anais*. p. 141. 1998.

ISELY, R.B. The cotton aphid. *Ark. Agric. Exp. Sta. Bull.* n° 462. 1946.

JOERN, A.; BEHMER, S.T. Impact of diet quality on demographic attributes in adult grasshoppers and the nitrogen limitation hypothesis. *Ecology Entomology*. 23:174-184. 1998.

JONES, F.G.W. Pest, resistance and fertilizers: fertilizer use and plant health. In: Coll International Potash Institute, 12., Bern. *Proceedings*. Bern. 1976.

JONES, L.H.P. & HANDRECK, K.A. Sílica in soils, plants, and animals. *Adv. Agron.* 19:107-149. 1967.

KAIRO, M.T.K. Ecology and biocontrol of Cupressaceae feeding *Cinara* with reference to a new invasive species in Africa. *PhD Thesis*, University of London. 1997.

KEMP, W.P.; MOOD, U.L. Relationships between regional soils and foliage characteristics and western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) outbreak frequency. *Environmental Entomology*, v. 13, p.1291-1297, 1984.

KENNEDY, G.G. & KISHABA, A.N. Response of alate melon aphids to resistant and susceptible muskmelon lines. *Journal Econ. Entomology* 70:407-410. 1977.

KENNEDY, J.S. Physiological conditions of the host plant and susceptibility to aphid attack. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 1:50-65, 1958.

KIDD, N.A.C. & TOZER, D.J. Host plant and crowding effects in the induction of alatae in the large pine aphid, *Cinara pinea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 35: 37-42, 1985.

KIDD, N.A.C.; SMITH, S.D.J.; LEWIS, G.B.; CARTER, C.I. Interactions between host-plant chemistry and the population dynamics of conifer aphids. *In*: A.D. Watt, S. R. 1990.

KLINGAUF, F. A. Host finding and acceptance. Aphids: their Biology, Natural Enemies and Control, vol. a (ed. by A.K. Mink and P. Harrewijn), pp. 209-223. *Elsevier Science*, New York. 1987.

KOGAN, M. The role of chemical factors in insect/plant relationships. *In*: Proceedings of the XV International Congress of Entomology, Washington, pp. 211-227. 1977.

KORNDÖRFER, G.H. & GASCHO, G.J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. *In*: Congresso Nacional de Arroz Irrigado, 1., Pelotas. *Anais*. Pelotas. pp.313-316. 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; SNYDER, G.H.; ULLOA, M.; DATNOFF, L.E. Calibration of soil and plant silicon for rice production. *Journal Plant Nutritional*. New York. 2000.

LABROUSSE, F. La Fécondité du sol. Paris, Annales, Agronomiques, 311p. 1932.

LANNING, F.C. & Y. LINKO. Absorption and deposition of silica by four varieties of sorghum. *Journal Agronomic Food Chemical*. 9:463-465. 1961.

LARA, F.M. *Princípios de resistência de plantas à insetos*. 2.ed. São Paulo: Ícone, 1991.

LARSSON, S. Stressful times for the plant stress, insect performance hypothesis. Copenhagen, *Oikos*. 25:277-283, 1989.

LARSSON, S.; WIRÉN, A.; LUNDGREN, L.; ERICSSON, T. Effects of light and nutrient stress on leaf phenolic chemistry in *Salix dayclados* and susceptibility to *Galerucella lineola* (Coleoptera). *Oikos* 47:205-210. 1986.

LAZZARI, S.M.N.; CARVALHO, R.C.Z. Aphids (Homoptera: Aphididae:Lachninae:Cinarini) on *Pinus* spp. and *Cupressus* sp. In: Southern Brazil. In: International Congress of Entomology, XXI. Foz do Iguaçu, PR. *Anais*. p. 493. 2000.

LEATHER, S.R. Evidence of ovulation after adult moult in the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. Dordrecht. 33:348-349.1983.

LEATHER, S.R. Oviposition preferences in relation to larval growth rates and survival in the pine beauty moth, *Panolis flammea*. *Ecology Entomology*. London. 10:213-217. 1985.

LIMA FILHO, O.F. de. O silício e a resistência das plantas ao ataque de fungos patogênicos. <http://www.embrapa.br/noticias/artigos/folder.2005-artigo> *Review of recent research*. Revista IL RISO 28:235-253. Acessado em 14/05/2006. 2005

LIMA FILHO, O.F.; LIMA, M.T.G.; TSAI, S.M. *O silício na agricultura*. p. 1-7. (Encarte Técnico – Informe Agrônômico, 87). 1999.

LÓPEZ, B. M. *Evaluación y caracterización de las resistencias en melón a Aphis gossypii Glover y a la transmisión no persistente de virus por este vector*. 1998. 195 p. Tesis Doctoral Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Madrid. 1998.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: *Academic Press*, 647p. 1986.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. New York. *Academic Press*, 1995.

MARTIN, J. H. The identification of common aphid pest of tropical agriculture. *Tropical Pest Management*. Brisbane. 29:395-411. 1983.

MATTSON, W.J., Jr. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review Ecology Sys*. 11: 119-161. 1980.

MATTSON, W.J.; HAACK, R.A. The role of drought stress in islands provoking outbreaks of phytophagous insects. *In: Barbosa P, Schultz J, editors. Insect outbreaks: ecological and evolutionary perspectives. Academic Press, Orlando, FL, 365-407. 1987.*

MAXWELL, F.G. Host plant resistance to insects: nutritional and pest management relationships. *In: Rodriguez, J.G. Insect and mite nutrition. Amsterdam: North-Holland, p.599-609. 1972.*

MCGARR, R. L. Relation of fertilizers to the development of the cotton aphid in 1941 and 1942. *Journal Econ. Entomology. 36:64. 1943.*

MCNEILL, S.; SOUTHWOOD, T.R.E. The role of nitrogen in the development of insect/plant relationships. *In: Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevolution, ed. J.F. Harborne, H.F. van Emden, pp.77-98. London:Academic, 1978.*

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. *Principles of plant nutrition. Bern : International Potash Institute, 687p. 1987.*

MIHALIAK, C. A. & LINCOLN, D. E. Growth pattern and carbon allocation to volatile leaf terpenes under nitrogen-limiting conditions in *Heterotheca subaxillaris* (Asteraceae). *Oecologia, 66: 423-426. 1985.*

MINKS, A.K. & HARREWIJN, P. eds. *Aphids: their biology, natural enemies and control. volume A. World Crop Pests, 2A. Elsevier, Amsterdam, NL. 1987.*

MITTLER, T. E. Studies on the feeding and nutrition of *tuberolachnus-salignus* (gmelin) (Homoptera, Aphididae) the nitrogen and sugar composition of ingested phloem sap and excreted honeydew. *Journal exp. Biol.* 35, 74. 1958.

MITTLER, T.E. Applications of artificial feeding techniques for aphids, p. 145-170. *In*: A.K. Minks & P. Harrewijn, World crop pests - aphids: their biology, natural enemies and control. Amsterdam, Elsevier, 2B, 364 p. 1988.

MONTLLOR, C.B.; CAMPBELL, B.C.; MITTLER, T. E. Natural and induced differences in probing behaviour of two biotypes of the greenbug, *Schizaphis graminum*, in relation to resistance in sorghum. *Entomologia experimentalis et applicata.* 34, 99-106. 1983.

MOOPER, S. & WHITHAN, T.G. The plant stress paradox: effects on piny on sawfly sex rations and fecundity. *Ecology*, v.73, p.515-525, 1992.

MOORE, D.; CLEMENTS, R. O. Stem boring diptera in perinnial eyegrass in relation to fertilizer. *Annals Of Applied Biology*, Warwick, v. 105, n. 1, p. 1-6, 1984.

MORAES, J. C. & CARVALHO, S.P. Indução de resistência em plantas de sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. ao pulgão-verde *Schizaphis graminum* (Rond., 1852) (Hemiptera:Aphididae) com a aplicação de silício. *Ciências e Agrotecnologia.* Lavras. v.26, n.6, p.1185-1189. 2002.

MORAES, J.C.; GOUSSAIN, M.M.; BASAGLI, M.A.B. Silicon influence on the tritrophic interaction: wheat plants, the greenbug *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae), and its natural enemies, *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera:Chrysopidae) and *Aphidius colemani viereck* (Hymenoptera: Aphidiidae). *Neotropical Entomology*, Vacaria. v.33, n.5, p.619-624. 2004.

MYERS, J.H. & POST, B.J. Plant nitrogen and fluctuations of insect populations: a test with the cinnabar moth – tansy ragwort system. *Oecologia* 48: 151-156. 1981.

NAGAKAN, P.O. & YUKAWA, J. Synchronization with host plant phenology and gall site preference of *Dimipponaphis autumnna* (Homoptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 32:81-90, 1997.

NEVO, E. & COLL, M. Effect of nitrogen fertilization on *Aphis gossypii* (Homoptera:Aphididae): variation in size, color, and reproduction. *Journal of Economic Entomology*. Lanham. 94(1):27-32. 2001.

OKUDA, A. & TAKAHASHI, E. The role of silicon, In Hopkins, J. The mineral nutrition of the rice plant. *Proceedings Symposium International Rice Research*, 123-146. 1964.

OTTATI, A.L.T. *Aspectos bioecológicos do pulgão-gigante-do-pinus Cinara atlantica (Wilson, 1919) Hemiptera (Aphididae), em pinus spp. (Pinaceae)*. 133 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu-SP. 2004.

OTTATI, E.L. *Relatório de estágio curricular supervisionado, realizado na Klabin – Fabricadora de papel e celulose S/A*. 52 f. Relatório de conclusão de curso (Engenharia Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu 1999.

PANIZZI, A.R. E PARRA, J.R. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. São Paulo - SP, Editora Manole Ltda. p.359.1991.

PATRIQUIN, D.G.; BAINES, D.; ABOUD, A. Soil fertility effects on pests and diseases. *In*: COOK, H.F. & LEE, H.C., eds. *Proceedings of the Third International Conference on Sustainable Agriculture*. Londres: Wye College Press, p. 161-174. 1993.

PEÑA-MARTINEZ, M.R. Biología de áfidos y su relación con la transmisión de virus. *In*: URIAS-M., C.; RODRIGUEZ-M.; ALEJANDRE-A.,T. *Afidos como vectores de virus em México*. V.I. México: Centro de Fitopatología, Montecillo, p.11-35, 1992.

PENTEADO, S.R.C. Pulgão do Pinus – Nova Praga Florestal. *In*: 1º Simpósio do Cone Sul sobre manejo de pragas e doenças de pinus. Curitiba, PR. *Anais. Série Técnica IPEF*. V. 13, nº 33, 2000.

PENTEADO, S.R.C.; TRENTINI, R.F.; IEDE, E.T.; FILHO, W.R. Ocorrência, distribuição, danos e controle de pulgões do gênero *Cinara* em *Pinus spp.* no Brasil. *Revista Floresta*. Curitiba. v. 30, nº 1 e 2, p. 55-64, 2000.

PEPER, J.O.; TISSOT, A.N. Pine feeding species of *Cinara* in the Eastern U.S. (Homoptera:Aphididae). *Fla. Agr. Expt. Sta. Mono. Series. 3*: 1-140, 1973.

POGETTO, M.H. F. A. D.; WILCKEN, C. F.; FERNANDES, D. M.; COUTO, E.B.; WINCKLER, D. C. F.; LIMA, A. C. V.; FILHO, P. J. F.; OLIVEIRA, N. C. Influência da aplicação de diferentes doses de nitrogênio e potássio em mudas de *Eucalyptus camaldulensis* na biologia de *Glycaspis brimblecombei* (Hemiptera:Psyllidae). XXI Congresso Brasileiro de Entomologia. Recife, Pernambuco, Brasil. *Resumos. Cd-room. 2006.*

POLLARD, D.G. Plant penetration by feeding aphids (Hemiptera:Aphidoidea): a review. *Bulletin of Entomological Research, Cambridge. 62*, 631-674. 1973.

POWELL, G.; TOSH, C.; HARDIE, J. Parturition by colonizing aphids: no correlation with phloem ingestion. *In: Aphids in a New Millennium*, ed. J-C Simon, C-A dedryver, C. Ripe, M. Hulle, pp. 485-489. Paris: INRA. 2004.

PRESTIDGE, R.A.; MCNEILL, S. 1982. The role of nitrogen in the ecology of grassland Auchenorrhyncha (Homoptera). *Symp. Brit. Ecol. Soc. 22*:257-281.

PRICE, P.W. Phylogenetic constraints, adaptive syndromes and emergent properties: from individuals to population dynamics. *Researches on Population Ecology*, 36:3-14, 1994.

PRICE, P.W. The plant vigor hypothesis and herbivore attack. *Oikos*, 62:244-251, 1991.

PRICE, P.W.; BOUTON, C.E.; GROSS, P.; MCPHERON, B.A., THOMPSON, J.N.; WEIS, A.E. Interactions among three trophic levels: influence of plants on interactions between insects, herbivores and natural enemies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11:41-65, 1980.

PRIMAVESI, A.M. *Manejo ecológico de pragas e doenças*. São Paulo: Nobel, 137 p. 1988.

PRIMAVESI, A.M. *Manejo ecológico de pragas e doenças: técnicas alternativas para a produção agropecuária e defesa do meio ambiente*. São Paulo: Nobel, 137p. 1994.

RAFI, M.M.; EPSTEIN, E.; FALK, R.H. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal Plant Physiology*, London. v.151, p.497-501, 1997.

RAVEN, H. P.; EVERT, F.R.; EICHHORN, S.E. *Biologia Vegetal*. Editora Guanabara Koogan S.A. Rio de Janeiro, 587p. 1996.

RAVEN, J.A. Phytophages of xylem and phloem: A comparison of animal and plant sapfeeders. *Adv. Ecol. Res.* 13:135-234. 1983.

RHOADES, D. F. Evolution of plant chemical defense against herbivores. *In*: Rosenthal, G. A. and Janzen, D. H. (eds), *Herbivores: their interaction with secondary plant metabolites*. Academic Press, London, pp. 3-54. 1979.

RIBEIRO, M. M.; SOUSA, N.J.; REISSMANN, C. B.; DITTRICH, A.E.; CORRÊA, D.R.; FARIA, A.B.C. Avaliação da influência da adubação nitrogenada em *Pinus taeda*, sobre a ocorrência de *Cinara* sp (Hemiptera: Aphididae), o pulgão do pinus. Simpósio sobre *Cinara*. Curitiba. *Cd-room*. 2001.

ROSENHEIM, J.A.; WILHOIT, L.R.; COLFER, R.G. Seasonal biology and polyphenotypism of the cotton aphid, *Aphis gossypii*, in Califórnia, pp. 125-131. *In: Proceedings, Beltwide Cotton Research Conference*. National Cotton Council, Memphis, TN. 1994.

SALIM, M. & SAXENA, R.C. Iron, silica and aluminium stresses and varietal resistance in rice: effects on whitebacked planthopper. *Crop Science*. 32:212-219. 1992.

SARRUGE, J.R.; H.P. HAAG. *Análise química em plantas*. Piracicaba, ESALQ. 56p. 1974.

SAVANT, N.K.; SNYDER, G.D.; DATNOFF, L.E. Silicon in management and sustainable rice production. *Advances in Agronomy*, London. V. 58, p. 151-199. 1997.

SAWANT, A.S., PATIL, V.H.; SAVANT, N.K. Rice hull ash applied to seedbed reduces deadhearts in transplanted rice. *Inter. Rice Res. Notes* 19: 20-21. 1994.

SCRIBER, J.M.; SLANSKY, F. The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review Entomology*. 26:183-211. 1981.

SHIMIZU, J.Y. & HIGA, A.R. Variação racial do *Pinus taeda* L. no Sul do Brasil até o sexto ano de idade. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, 2: 1-25. 1981.

SILVEIRA, R.L.V.A. & HIGASHI, E.N. Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto. *Circular Técnica IPEF*. n.200, p.1-13. 2003.

SINGH, R. & SINGH, M. P. Studies on varietal – cum – manurial responses on the incidence of paddy stemborer (*Tryporyza incertulas* Wilk.). *Madras Agricultural Journal*, Coimbatore, v. 64, n. 4, p. 247-251, 1977.

STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, R. Insects on plants: community patterns and mechanisms. Blackwell, Oxford. 1984.

SUBRAMANIAN, S. & GOPALASWAMY, A. Effect of silicate materials on rice crop pests. *Inter. Rice Res. Newsl.* 13: 32. 1988.

TAYABI, K. & AZIZI, P. Influence of silica on rice yield and stem-borer (*Chilo supremain*) in Rasht/Iran 1979-1980. *Pesticides* 18: 20-22. 1984.

TAYLOR, M. F. J. Field measurement of the dependence of life history on plant nitrogen and temperature for a herbivorous moth. *Journal of Applied Ecology* 57: 873-891. 1988.

TRUMBULE, R.B.; DENNO, R. F. Light intensity, host-plant irrigation, and habitat-related mortality as determinants of the abundance of azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Environmental Entomology*, v. 24; p.898-908, 1995.

VILLAMAYOR, F.G., Jr. Insect infestation and yield of cotton as affected by nitrogen fertilization. *Philippine Journal Crop Science*. 1: 65-67. 1976.

WANG, L.H.; TSAI, C.L. Effects of temperature on the deformity and sex differentiation of tilapia, *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Experimental Zoology*, v.286, p.534-537, 2000.

WARING, R.H.; PITMAN, G.B. Modifying lodgepole pine stands to change susceptibility to mountain pine beetle attack. *Ecology* 66: 889-897. 1985.

WASHBURN, J.O.; GRACE, J.K; FRANKIE, G.W. Population response of mesembryanthei and *Pulvinaria delotoi* (Homoptera: Coccidae) to nitrogen and water conditions of their host plant. *Environmental Entomology*, v.16, p.286-295, 1987.

WERNER, D. & ROTH, R. Silica metabolism. In: Lauchli, A.; Bielecki, R. L. Encyclopedia of plant physiology. New Series, Berlin: Springer-Verlag, v. 15B, p. 682-694, 1983.

WHITE, T. C. R. An index to measure weather-induced stress of trees associated with outbreaks of psyllids in Australia. *Ecology*, 50:905-909, 1969.

WHITE, T.C.R. A hypothesis to explain outbreaks of looper caterpillars, with special reference to populations of *Selidosema suavis* in a plantation of *Pinus radiata* in New Zealand. *Oecologia* (Berlin) 16: 279-301. 1974.

WHITE, T.C.R. The abundance of invertebrate herbivores in relation to the availability of nitrogen in stressed food plants. *Oecologia* (Berlin) 63: 90-105. 1984.

WOODS, J.O. *et al.*, Growth of coyote willow and the attack and survival of a mid-rib galling sawfly, *Euura* sp. *Oecologia*, v.108, p. 714-722, 1996.

ZAAZOU, H. M.; EL-NAHAL, A. K. M.; BISHARA, M. A. The effect of certain cultural practices on the infestation of rice by *Chilo agamennon* Bles. and *Tryporiza incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae). *Bulletin De La Societe Entomologique D' Egypte*, Le Caire, v. 54, p. 149-154, 1970.

ZALESKI, S.R.M. *Biologia, danos e determinação dos limites térmicos para o desenvolvimento de Cinara atlantica (Wilson, 1919) (Hemiptera:Aphididae) em Pinus taeda L. (Pinaceae)*. Dissertação de mestrado. UFPR. Curitiba, 70 p. 2003.

ZING, Y. L.; CONG, P. Y.; JIANG, L. R. Effects of nitrogen fertilizer application of the cotton plant and the bollworm. *Acta Entomologica Sinica*, Peking. V.25, n. 1, p.16-23. 1982.

ANEXOS

Identificação		g/Kg					%g/Kg
Amostra viveiro 4	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Si
A	33203	12,45	2,71	9,75	2,92	1,35	0,3
B	33204	14,64	2,86	11,60	3,33	1,46	0,3

Anexo 1. Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda* com idade de 4 meses, sem adição de Si.

Identificação		g/Kg					mg/Kg				% g/Kg
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
T1 - Testemunha	33863	23,81	3,35	8,95	2,50	1,43	5,35	124,78	456,94	47,66	0,43
T2 - 0,01g/tubete	33873	25,86	2,51	10,32	4,74	2,13	3,33	186,85	461,20	57,58	0,97
T3 - 0,04g/tubete	33874	25,42	2,68	9,89	4,88	2,02	4,03	273,73	546,45	46,73	1,35

Anexo 2. 1º Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda*, após 15 dias da aplicação de Si.

Identificação		g/Kg					mg/Kg				% g/Kg
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
T1 - Testemunha	34319	25,49	3,49	8,87	3,12	1,53	2,87	71,84	430,59	72,62	0,62
T2 - 0,01g/tubete	34324	23,08	4,62	8,10	3,10	1,63	3,49	69,83	505,38	71,69	0,81
T3 - 0,04g/tubete	34325	23,95	3,33	7,63	2,88	1,47	3,10	55,26	317,21	55,80	0,94

Anexo 3. 2º Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda*, após 45 dias da aplicação de Si.

Identificação		g/Kg					mg/Kg				% g/Kg
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	Si
T1 - Testemunha	34351	24,10	3,08	9,91	5,89	1,41	5,43	118,11	953,25	85,10	0,25
T2 - 0,01g/tubete	34356	22,71	2,56	9,72	4,65	1,27	5,43	77,73	668,23	67,97	0,27
T3 - 0,04g/tubete	34357	20,96	3,01	9,63	5,42	1,59	5,50	86,65	925,61	74,94	0,64

Anexo 4. 3º Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda*, após 90 dias da aplicação de Si.

Identificação		g/Kg					mg/Kg			
Amostra viveiro 4	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
A	33203	12,45	2,71	9,75	2,92	1,35	7,52	249,28	436,58	51,98
B	33204	14,64	2,86	11,60	3,33	1,46	7,83	255,28	440,19	57,46

Anexo 5. Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda* com idade de 4 meses, sem adição de N.

Identificação		g/Kg					mg/Kg			
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
T1 - Testemunha	33263	16,81	3,16	9,29	2,23	1,37	4,42	120,90	428,81	46,66
T2 – 0,04 g/tubete N	33264	19,52	3,49	8,61	2,90	1,28	4,50	125,71	355,49	63,16
T3 – 0,08 g/tubete N	33265	21,15	2,68	9,89	4,88	2,02	4,03	273,73	546,51	46,73
T4 – 0,12 g/tubete N	33266	25,02	2,51	10,32	4,74	2,13	3,33	186,85	461,20	57,58
T5 – 0,16 g/tubete N	33267	23,08	2,77	8,95	5,38	2,41	3,57	165,15	650,46	47,12

Anexo 6. Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda* após 15 dias da aplicação de N.

Identificação		g/Kg					mg/Kg			
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
T1 - Testemunha	34319	24,49	3,49	8,87	3,12	1,53	2,87	71,84	430,59	72,62
T2 – 0,04 g/tubete N	34320	26,07	4,31	10,58	3,49	1,57	3,02	96,33	311,63	69,21
T3 – 0,08 g/tubete N	34321	28,89	3,48	10,96	3,90	1,67	2,95	81,69	299,00	73,63
T4 – 0,12 g/tubete N	34322	30,62	3,34	9,15	3,93	1,74	2,25	92,07	342,47	67,81
T5 – 0,16 g/tubete N	34323	26,08	3,24	9,91	3,79	1,33	2,48	105,56	459,65	63,94

Anexo 7. Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda* após 45 dias da aplicação de N.

Identificação		g/Kg					mg/Kg			
Tratamentos	Código amostra	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
T1 - Testemunha	34343	25,10	3,08	9,91	5,89	1,41	5,43	118,11	953,25	85,10
T2 – 0,04 g/tubete N	34344	29,65	2,81	10,10	7,70	1,29	5,12	106,41	905,68	90,21
T3 – 0,08 g/tubete N	34345	31,97	2,21	11,73	6,98	1,36	4,19	69,75	706,36	78,51
T4 – 0,12 g/tubete N	34346	35,06	2,45	8,68	7,00	1,55	4,34	86,65	925,61	74,48
T5 – 0,16 g/tubete N	34347	23,53	2,51	10,20	6,70	1,22	3,88	79,36	872,22	59,06

Anexo 8. Análise nutricional (tecido foliar) dos principais macro e micronutrientes em plantas de *Pinus taeda* após 90 dias da aplicação de N.

